



Pszenica ozima
Fot. Zygmunt Nita

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 231/2004



Pszenica ozima. Fot. Zygmunt Nita

RADZIKÓW 2004
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Dyrektor: Prof. dr hab. Edward Arseniuk

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

HENRYK J. CZEMBOR (Przewodniczący — Editor-in Chief),
JAN BOJANOWSKI, SŁAWOMIR PROŃCZUK, MARIA RAKOWSKA,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, JERZY SZYRMER,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

MATERIAŁY Z SYMPOZJUM

**GRUP PROBLEMOWYCH DS. HODOWLI PSZENICY, PSZENŻYTA, ŻYTA,
JĘCZMIENIA, OWSA I KUKURYDZY**

ZAKOPANE, 27–31 STYCZNIA 2003

KOMITET ORGANIZACYJNY

PROF. DR HAB. EDWARD ARSENIUK
DR JACEK WAGA
DR ANNA STRZEMBICKA
DOC. DR HAB. HELENA GRZESIK
DR TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI
DR ANDRZEJ BICHOŃSKI
MGR TADEUSZ ZAWISKI

OFICJALNY SPONSOR SYMPOZJUM

SYNGETA, CROP PROTECTION SP.Z O.O.

POZNAŃ UL. TOWAROWA 35

SPONSORZY SYMPOZJUM

KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH
PRECOPTIC, CO. WOJCIECHOWSCY
PROSCIENTIUM
DAR NATURY, PK-DISTRIBUTION SP. Z O.O.
BAHLEN SWEET
INTERMAG
PIEKARNIA HANKPOL
TYSKIE BROWARY KSIĄŻECE
ZPHC MANLESS

WARSZAWA UL. WSPÓLNA 7
WARSZAWA, UL. ARKUSZOWA 60
WARSZAWA, UL. WIEJSKA 7
KRAKÓW, UL. VETULANIEGO 1 A
SKAWINA, UL. PIŁSUDSKIEGO 1
OSIEK 174/AK/ OLKUSZA
KRAKÓW, OSIEDLE II PUŁKU LOTNICZEGO
TYCHY UL. MIKOŁOWSKA 5
BŁONIE K/WARSZAWY, UL. BIENIEWICKA 115

BOGUSŁAWA ŁUGOWSKA**ZOFIA BANASZAK****WIOLETTA WÓJCIK****WIOLETTA GRZMIL**

Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o. Choryń

Zależność plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźble od jego składowych

The effect of yield components on seed yield of semi-dwarf winter wheat

W sezonie wegetacyjnym 2001–2002, przeprowadzono badanie plonu dla 25 genotypów pszenicy ozimej o skróconym źdźble. Stwierdzono istotną dodatnią korelację prostą plonu ziarna z masą 1000 ziaren, z liczbą ziaren w kłosie, z liczbą kłosów na 1 m² oraz z liczbą kłosów w kłosie. Większa liczba kłosów w kłosie i większa liczba kłosów na 1 m² może być podstawą do pierwszej selekcji genotypów o relatywnie wysokim potencjale plonotwórczym pojedynczej rośliny w młodszych materiałach hodowlanych. Stosując analizę współczynników ścieżek wykazano, że głównymi składowymi determinującymi zmienność plonu ziarna z jednostki powierzchni dla testowanych pszenic ozimych o skróconym źdźble była masa 1000 ziaren oraz liczba kłosów na 1 m², a w mniejszym stopniu liczba kłosów w kłosie.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, formy pszenicy o skróconym źdźble, plon ziarna, pszenica ozima, składowe plonu, współczynniki korelacji

Path coefficient analysis based on the results for 25 lines of semi-dwarf winter wheat showed high direct effects of 1000 grain weight, ear density, number of spikelets and number of grains per spikelet on plot grain yield. Significant simple correlation between yield and a number of spikelets per ear and a number of grains per ear was found. An analysis of ear variables can be used as an indicator in a selection program. Increases in grain number were associated with increases in 1000 kernels weight that varied according to severity of dwarfism and varietals background.

Key words: correlation coefficients, yield components, yield of grain, path analysis, semi-dwarf wheat lines, winter wheat

WSTĘP

W uprawie pszenicy ozimej w Europie nastąpił wyraźny wzrost areалу uprawy odmian o skróconym źdźble. Zmniejszenie wysokości roślin pszenicy osiągnięto dzięki wprowadzeniu genów karłowatości i półkarłowatości (Flintham i in., 1997). Wyższe plonowanie pszenic z genami półkarłowatości wynika nie tylko ze zwiększonej odporności na wyleganie, ale także z obserwowanego przez wielu autorów plejotropowego efektu

zwiększenia liczby ziaren w kłosie (Jamali i in., 2000). Odmiany z genami karłowatości *Rht* odznaczają się wyższą płodnością kłoska, zawierają więcej ziarniaków w kłosie, ale mają niższą masę 1000 ziaren (Kowalczyk i in., 1999).

Analiza kłosa pozwala na zidentyfikowanie cech plonotwórczych, których wpływ na plon jest decydujący. Ma to szczególne znaczenie dla hodowców przy selekcji materiałów hodowlanych (Cerana i in., 2002). Ocena uwarunkowania plonu, spowodowanego przez dużą liczbę różnorodnych cech plonotwórczych, może dostarczyć wiedzy o ich ilościowej roli w kształtowaniu plonu. Bardzo pomocną metodą w tym zakresie jest analiza regresji i korelacji, oraz analiza ścieżek. Określają one siłę związku dwu lub wielu cech, a także pozwalają na prześledzenie wzajemnych związków przyczynowo-skutkowych, które zachodzą między plonem a skorelowanymi cechami plonotwórczymi (Rozbicki i in., 1998, 1999; Drzazga, 2000; Mądry, 2002).

Celem pracy było określenie, które składowe plonu są najważniejsze dla kształtowania oraz przewidywania wielkości plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźbłę. Szczególną uwagę zwrócono na te składowe plonu, które mogą być przydatne przy selekcji materiałów hodowlanych we wczesnych pokoleniach.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w Choryni w sezonie 2001–2002 dla 25 odmian i rodów pszenicy ozimej o skróconym źdźbłę oraz 5 wzorcowych odmian wysokich w układzie bloków kompletnych, w 3 powtórzeniach. Powierzchnia każdego poletka wynosiła 10 m², obsada — 450 ziaren/m². Przy doborze obiektów do doświadczenia sugerowano się zarówno wysokością roślin, jak i pochodzeniem. Za genotypy o skróconym źdźbłę uznano rośliny o wysokości 50–90 cm, przypuszczalnie posiadające geny karłowatości na podstawie komponentów rodzicielskich. Wysokość roślin 5 odmian wzorcowych (bez genów karłowatości) wynosiła średnio 110 cm.

Na poletkach doświadczalnych wyznaczono powierzchnię 1m², z której ścięto kłosa i wykonano na nich pomiary biometryczne. Oceniano 7 cech: liczbę kłosów na 1 m², liczbę kłosków w kłosie, liczbę ziaren w kłosku, masę ziaren w kłosku, liczbę ziaren w kłosie, masę ziaren w kłosie i masę 1000 ziaren. Pomiary wykonano dla każdej cechy na 30 kłosach z każdego poletka.

W oparciu o średnie arytmetyczne (z poletek) wartości cech dla 25 genotypów o skróconym źdźbłę obliczono korelacje między badanymi składowymi plonu i plonem ziarna z poletka. Na podstawie uzyskanych danych doświadczalnych wykonano analizę regresji wielokrotnej krokowej. Stosowano eliminację wsteczną składowych plonu z równania regresji wielokrotnej polegającą na każdorazowym testowaniu współczynników regresji cząstkowej i eliminowaniu cechy składowej plonu o najmniejszej wartości statystyki *t*. Otrzymano na tej podstawie liniowe równanie regresji wielokrotnej z następującymi cechami przyczynowymi: liczba kłosków w kłosie, liczba kłosów/m², liczba ziaren w kłosku i masy 1000 ziaren. Zatem w równaniu liniowej regresji wielokrotnej znalazły się cztery iloczynowe składowe plonu ziarna. Dla oceny związków

zachodzących między plonem (cecha skutkowa) a tymi składowymi (cechy przyczynowe), zastosowano metodę współczynników ścieżek.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zmienność plonu ziarna genotypów pszenicy ozimej o skróconym źdźble i jego składowych wraz z odniesieniem do wzorcowych odmian wysokich podano w tabeli 1. Obserwowano podobną średnią obsadę kłosów na 1 m² zarówno u genotypów wysokich jak i o skróconym źdźble. Odmiany o skróconym źdźble wykazały się wyższą: średnią liczbą kłosków w kłosie (17,6), średnią liczbą ziaren w kłosku (3,07) i średnią liczbą ziaren w kłosie (43,9) oraz wyższym średnim plonem z poletka (887g), w porównaniu z odmianami wysokimi. Odmiany wysokie natomiast charakteryzowały się wyższą: średnią arytmetyczną dla masy ziaren w kłosku (0,20g), masy ziaren w kłosie (2,10g) i również dla MTZ (49,6g). Podobne wyniki dla karłowych, półkarlowych i wysokich izogenicznych linii pszenicy jarej uzyskali Miralles i Slater (1995).

Tabela 1

Zmienność plonu ziarna i jego składowych w odmianach/rodach pszenicy ozimej o skróconym źdźble.
Doświadczenie Danko 2001/02 (liczba jednostek doświadczalnych = 100)
Variability of seed yield and its components in semidwarf winter wheat cultivars/strains. Danko trial 2001/02 (number of experimental units = 100)

Cechy Traits	Odmiany o skróconym źdźble Semidwarf cultivars				Odmiany wysokie Tall cultivars
	wartości średnie i rozstęp means and range	odchylenie standardowe standard deviation	błąd średni standard mean standard error	współczynnik zmienności % coefficient of variation %	wartości średnie mean
Liczba kłosów na 1 m ² Number of spikes/1 m ²	491,7 (367–682)	60,2	6,95	12,2	490,1
Liczba kłosków w kłosie Number of spikelets/ear	17,6 (14,8–20,3)	1,55	0,17	8,8	16,9
Liczba ziaren w kłosku Number of grains/spikelet	3,07 (2,60–3,67)	0,25	0,02	8,2	2,80
Masa ziaren w kłosku Weight of grain /spikelet	0,14 (0,09–0,18)	0,02	0,002	12,8	0,20
Liczba ziaren w kłosie Number of grains/ear	43,9 (32,7–56,2)	5,42	0,62	12,3	40,7
Masa ziaren w kłosie Weight of grains/ear	1,82 (1,29–2,42)	0,28	0,03	15,2	2,10
Masa tysiąca ziaren Thousand grains weight	42,4 (30,6–49,9)	4,88	0,56	11,5	49,6
Plon ziarna z 1 m ² Grain yield per 1 m ²	887 (621–1051)	115,4	13,3	13,0	788

U badanych odmian stwierdzono silne korelacje proste plonu ziarna ze składowymi plonu (tab. 2). Najsilniej dodatnio z plonem skorelowane były liczba kłosków w kłosie (cecha ta charakteryzowała się stosunkowo niskim współczynnikiem zmienności — 8,8%) oraz masa ziaren w kłosie (zakres zmienności od 1,29–2,42). Kowalczyk (1999a) otrzymał dla niektórych mieszańców F4 z genami karłowatości istotnie wyższą liczbę kłosków

w kłosie i większą masę ziarniaków z kłosa. W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono, by liczba ziaren w kłosie wpłynęła negatywnie na redukcję masy 1000 ziaren (zakres zmienności od 30,6–49,9), pomimo uzyskania słabej nieistotnej ujemnej korelacji pomiędzy liczbą ziaren w kłosie a masą 1000 ziaren. Odnotowano również istotną korelację plonu z liczbą ziaren w kłosie ($r = 0,357$), przy dużej zmienności tej cechy od 32,7–56,2. Podobną zależność uzyskali Kowalczyk i wsp. (1999 b). Większa liczba kłosków w kłosie mogłaby być podstawą do selekcji genotypów o relatywnie wysokim potencjale plonotwórczym pojedynczej rośliny w obrębie selekcji młodszych materiałów hodowlanych tego typu. Nie stwierdzono natomiast istotnej korelacji między liczbą ziarniaków w kłosku a plonem. Analiza korelacji prostych nie daje w tej kwestii wiążącej i wartościowej dla hodowcy informacji o znaczeniu cech plonotwórczych we wczesnej selekcji, często też plony ziarna z kłosów mogą być zróżnicowane w zależności od roku, tła genetycznego oraz genów karłowatości (Miazga i in., 1993; Dencis i in., 2000).

Tabela 2

Macierz współczynników korelacji dla plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźble i jego składowych (n = 75)

Coefficients of correlation between grain yield and its components in semi-dwarf winter wheat

Cecha Trait	Liczba kłosów na 1 m ² No. of spikes/ 1 m ²	Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets/ ear	Liczba ziaren w kłosku No. of grains/ spikelet	Masa ziarna w kłosku Weight of grains / spikelet	Liczba ziaren w kłosie No. of grains/ ear	Masa ziarna w kłosie Weight of grains/ ear	Masa tysiąca ziaren Thousand grains weight	Plon ziarna na 1 m ² Grain yield / 1 m ²
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	Y
X2	-0,293**							
X3	-0,340*	0,402*						
X4	-0,423*	0,337*	0,293**					
X5	-0,426*	0,771*	0,846*	0,356*				
X6	-0,551*	0,721*	0,362*	0,770*	0,658*			
X7	-0,251**	0,082	-0,382*	0,667*	-0,204	0,586*		
Y	0,267**	0,555*	0,097	0,521*	0,357*	0,652*	0,467*	

*, ** Istotność odpowiednio przy $P = 0,01$, $P = 0,05$

*, ** Significant at $P = 0.01$, $P = 0.05$, respectively

W pogłębionej analizie związków przyczynowo-skutkowych plonu z jego czterema składowymi przeprowadzonych metodą współczynników ścieżek, stwierdzono duży dodatni wpływ bezpośredni na plon ziarna każdej składowej plonu: liczby kłosków w kłosie, liczby ziaren w kłosku, liczby kłosów/ m², i masy 1000 ziaren (tab. 3). Okazało się, że w tworzeniu plonu ziarna form pszenicy o skróconej słomie największe znaczenie miała masa tysiąca ziaren i liczba kłosów na 1 m². Podobne zależności dla pszenicy jarej uzyskał Drzazga (2000). Ogólny wpływ (korelacja prosta) liczby kłosów z jednostki powierzchni na plon był niższy ($r = 0,267$) niż wpływ bezpośredni (współczynnik ścieżki równy 0,773), z powodu pośredniego ujemnego wpływu tej składowej poprzez liczbę kłosków w kłosie (-0,158), liczbę ziaren w kłosku (-0,151) i poprzez masę 1000 ziaren (-0,197). Uzyskano cenne informacje o roli składowych plonu (cech plonotwórczych) obserwowanych wcześniej w czasie rozwoju roślin. Taka właśnie ocena uwarunkowania

plonu przez cechy plonotwórcze interesuje hodowcę najbardziej przy wyborze z poletek selekcyjnych form o jak największych możliwościach plonotwórczych. Interesujący jest charakter związku plonu i liczby ziarniaków w kłosku.

Tabela 3

Efekty bezpośrednie (podkreślone) i pośrednie składowych plonu determinujących plon pszenicy ozimej o skróconym źdźble (n = 75)
Direct (underlined) and indirect effects of yield components on grain yield of semi-dwarf winter wheat (n = 75)

Cecha Trait	Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets/ ear	Liczba ziaren w kłosku No. of grains/ spikelet	Liczba kłosów na 1 m ² No. of spikes/ 1 m ²	Masa tysiąca ziaren Thousand grains weight	Korelacja prosta z plonem ziarna Simple correlation with grain yield
	X1	X2	X 3	X4	
X1	<u>0,539</u>	0,217	-0,158	-0,219	0,555*
X2	0,178	<u>0,444</u>	-0,151	-0,185	0,097
X3	-0,227	-0,263	<u>0,773</u>	-0,194	0,267**
X4	0,064	-0,300	-0,197	<u>0,786</u>	0,467*

Współczynnik determinacji wielokrotnej $R^2 = 91,1\%$; Multiple correlation coefficient $R^2 = 91,1\%$
 Zmienność resztkowa = 0,290; Random factor = 0.290

Jak się okazało niski współczynnik korelacji między tymi cechami wynikał z ujemnych efektów pośrednich tej zmiennej poprzez liczbę ziaren na 1 m², jak również masę 1000 ziaren. Efekty te kompensował istotny dodatni wpływ bezpośredni liczby ziaren w kłosku na plon (współczynnik ścieżki = 0,444). Otrzymana dodatnia korelacja prosta plonu z liczbą kłosków (0,555) oraz duży bezpośredni wpływ liczby kłosków w kłosie na plon (współczynnik ścieżki = 0,539) może stanowić miarodajną pomoc przy wyborze plennych form pszenicy o skróconym źdźble.

WNIOSKI

1. Na podstawie wyników uzyskanych przy pomocy analizy ścieżek stwierdzono, że głównymi składowymi determinującymi zmienność plonu ziarna z jednostki powierzchni dla testowanych pszenic ozimych o skróconym źdźble była masa 1000 ziaren oraz liczba kłosów na 1 m².
2. Liczba kłosków w kłosie i liczba ziaren w kłosku mogą być również istotnymi wskaźnikami plenności przy selekcji materiałów pszenicy ozimej o skróconym źdźble we wczesnych etapach prac hodowlanych.

LITERATURA

- Cerana M. M., Gil S. P., Maich R. H. 2002. Plant breeding scheme on the flower number and grain yield components in bread wheat. Cereal Res. Commun. 30 (3/ 4): 307 — 313.
- Dencic S., Kastori R., Kobiljski B., Duggan B. 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. Euphytica 113: 43 — 52.
- Drzazga T. 2000. Zastosowanie analizy współczynników ścieżek dla oceny wpływu komponentów plonu na plon ziarna pszenicy jarej. Biul. IHAR 216: 319 — 322.

- Flintham J. E., Angus W. J., Gale M. D. 1997. Heterosis, overdominance for grain yield, and alpha-amylase activity in F₁ hybrids between near-isogenic *Rht* dwarf and tall wheats. *J. Agric. Sci.* 129: 371 — 378.
- Jamali K. D., Arain M. A., Ahmad M. 2000. Comparative performance of semi-dwarf wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Wheat Information Service* 90: 45 — 46.
- Kowalczyk K., Tarkowski Cz., Miazga D., Kraska P. 1999 a. Wpływ genów *Rht1*, *Rht1+2* i *Rht3* na elementy plonowania mieszańców pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). *Pam. Puł.* 118: 227 — 231.
- Kowalczyk K., Miazga D., Tarkowski Cz. 1999 b. Wykorzystanie genów karłowatości w hodowli pszenicy i pszenżyta. *Biul. IHAR* 211: 39 — 44.
- Mądry W. 2002. Statystyczne badanie zależności między zmienną zależną, a ilościowymi zmiennymi przyczynowymi: Analiza regresji wielokrotnej, metody analizy plonu. Materiały z seminarium „Metody statystyczne w pracach badawczych i hodowlanych” IHAR Radzików, 18–19.11.2002: 1 — 15.
- Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K. 1993. Plejotropowy efekt genów karłowatości RHT w liniach izogenicznych pszenicy Maris Huntsman i Maris Widgeon. *Biul. IHAR* 187: 47 — 57.
- Miralles D. J., Slater G. A. 1995. Yield, biomass and yield components in dwarf, semi-dwarf and tall isogenic lines of spring wheat under recommended and late sowing dates. *Plant Breeding* 114 (5): 392 — 396.
- Rozbicki J., Mądry W. 1998. Uwarunkowania plonu ziarna pszenżyta ozimego przez jego składowe i wybrane cechy botaniczno-rolnicze łanu w zmiennych warunkach uprawowych i pogodowych. *Biul. IHAR* 205/206: 195 — 203.
- Rozbicki J., Mądry W. 1999. Zależność plonu ziarna pszenżyta ozimego od jego składowych na plantacjach produkcyjnych. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A*, 114: 110 — 114.

STANISŁAW JEDYŃSKI**DARIUSZ ZALEWSKI**Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Analiza genetyczna cech wpływających na jakość plonu pszenicy ozimej

Genetic analysis of characters associated with grain quality in winter wheat

W pracy przedstawiono wyniki analizy genetycznej dla dwóch wskaźników jakości ziarna: liczby sedymentacji Zeleny'ego i liczby opadania Hagberga. Odziedziczalność liczby sedymentacji była dość wysoka w 1999 (57%) i wysoka w 2000 roku. (76%). Stwierdzono również istotną współzależność między wartościami liczby sedymentacji uzyskanymi w 1999 i 2000 roku ($r = 0,44$). Odziedziczalność liczby opadania była znacznie niższa (49% i 44%), a współczynnik korelacji między wartościami z dwóch lat wynosił zero. Analiza dialleliczna wykazała, że obydwie cechy były warunkowane częściowym dominowaniem w 1999 roku i pełnym dominowaniem w 2000 roku. Wysokie wartości liczby sedymentacji były związane z genami recesywnymi, natomiast wysoką ekspresję liczby opadania warunkowały geny dominujące.

Słowa kluczowe: analiza dialleliczna, jakość ziarna, liczba opadania Hagberga, odziedziczalność, pszenica ozima, test sedymentacji Zeleny'ego

Heritability and diallel analysis techniques were used to study the genetic basis of two grain quality parameters: Zeleny sedimentation value and Hagberg falling number. Heritability for sedimentation value was fairly high in 1999 ($h^2 = 57\%$) and high in 2000 ($h^2 = 76\%$). There was also significant correlation between sedimentation values obtained in 1999 and 2000 ($r = 0.44$). Heritability estimates for Hagberg falling number were lower ($h^2 = 49\%$ in 1999 and 44% in 2000) and there was no correlation between values from the two years. Diallel analysis revealed that both characters were determined by partial dominance in 1999 and full dominance in 2000. High values of sedimentation were associated with recessive genes, whereas high Hagberg falling number was governed by dominant genes.

Key words: diallel analysis, grain quality, Hagberg falling number, heritability, winter wheat, Zeleny sedimentation test

WSTĘP

Bezpośrednia ocena wartości wypiekowej mąki nie jest możliwa w początkowym okresie programu hodowlanego ze względu na dużą liczbę selekcionowanych roślin i ich niewielki plon ziarna. Stąd też zachodzi konieczność stosowania prostych wskaźników

jakości, które są szybkie w oznaczeniu, a zarazem wysoce skorelowane z cechami reologicznymi ciasta i objętością chleba.

Najczęściej stosowane parametry jakości ziarna pszenicy to zawartość białka ogólnego, liczba sedymentacji Zeleny'ego i poziom aktywności α -amylazy oznaczony według metody Hagberga i powszechnie nazywany liczbą opadania Hagberga. Liczba sedymentacji jest miernikiem zarówno ilości, jak i jakości białka i wykazuje znacznie wyższą niż zawartość białka korelację z objętością chleba. Stąd też ocenę zawartości białka ogólnego można pominąć w trakcie selekcji we wczesnych pokoleniach mieszańcowych (Zeleny i in., 1960). Zagadnieniu przydatności wskaźnika sedymentacji do oceny właściwości wypiekowych mąki pszenicy poświęcono wiele uwagi (Greenaway i in., 1966; Baker i Cambell, 1971; Boggini i Nilsson, 1976; Trethowan i in., 2001), mało jest natomiast prac dotyczących sposobów działania genów i odziedziczalności tej cechy. Przeprowadzono również wiele badań nad aktywnością α -amylazy i określono wpływ różnych czynników na porastanie ziarniaków pszenicy (Kettlewell i in., 1999; Lunn i in., 1999 a; 1999 b; Major i in., 1999; Naylor, 1999). Brak jest jednak wiarygodnych informacji o odziedziczalności liczby opadania Hagberga. Jedną z przyczyn może być utrudnienie spowodowane koniecznością przeprowadzenia analiz na ziarnie zebranym w fazie dojrzałości fizjologicznej, co w przypadku pokoleń segregujących jest bardzo uciążliwe i pracochłonne ze względu na duże różnice we wczesności poszczególnych roślin (Witkowska i Witkowski, 1992).

Celem pracy było poznanie odziedziczalności i sposobów działania genów określających liczbę sedymentacji Zeleny'ego i liczbę opadania Hagberga.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 28 mieszańców F_1 uzyskanych w krzyżowaniu diallelicznym 8 linii wyprowadzonych z następujących odmian: Alba, Aleta, Almari, Elena, Emika, Kamila, Kobra i Maltanka. Doświadczenia założono metodą losowanych bloków w dwóch powtórzeniach w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do AR we Wrocławiu, w latach 1999–2000. Nasiona wysiano punktowo w rozstawie 20x10 cm. Ilość i jakość białek oznaczono mikrometodą Greenaway'a i in. (1966), która jest modyfikacją testu Zeleny'ego (1947). Aktywność α -amylazy oznaczono według metody Hagberga (1960) i Partena (1964). Powtarzalność średnich wartości linii i mieszańców w kolejnych latach dla obu cech określono za pomocą współczynnika korelacji prostej. Współczynnik odziedziczalności oszacowano na podstawie regresji potomstwa względem średniej rodziców, przyjmując w wąskim sensie $h^2 = b$. Analizę genetyczną wykonano według metody Haymana (1954) i Jinksa. (1954). Adekwatność modelu addytywno-dominującego testowano za pomocą współczynnika regresji W_r (kowariancji) względem V_r (wariancji).

WYNIKI I DYSKUSJA

Dla liczby sedymentacji oszacowano dość wysoką odziedziczalność, która w 1999 roku wynosiła 57%, a w 2000 roku — 76%. Świadczy to o przewadze addytywnych efektów genetycznych nad środowiskowymi warunkującymi tę cechę (tab. 1).

Tabela 1

Średnie wartości liczby sedymentacji i liczby opadania linii i mieszańców F₁ pszenicy ozimej oraz odziedziczalność

Mean sedimentation values and Hagberg falling number for parental lines and F₁ hybrids of winter wheat and heritability

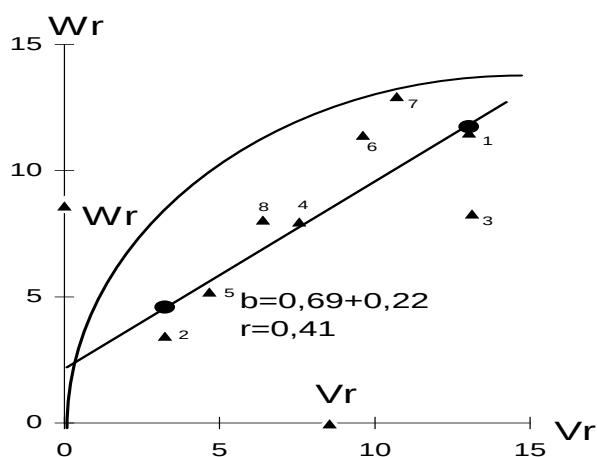
Linia, mieszaniec Line, hybrid	Liczba sedymentacji (cm ³) Sedimentation value		Liczba opadania (sec.) Hagberg falling number	
	1999	2000	1999	2000
Alba	22,0	29,3	331	126
Aleta	22,2	26,3	373	275
Almari	29,5	35,3	257	215
Elena	20,5	28,3	115	302
Emika	24,8	27,3	323	283
Kamila	22,0	26,0	329	266
Kobra	33,0	39,0	325	280
Maltanka	22,2	25,7	318	275
Alba × Aleta	22,8	21,7	320	204
Alba × Almari	32,0	29,0	245	201
Alba × Elena	23,0	25,3	132	244
Alba × Emika	26,7	21,7	285	235
Alba × Kamila	22,0	24,0	292	279
Alba × Kobra	26,0	24,7	283	282
Alba × Maltanka	21,3	20,7	352	198
Aleta × Almari	24,0	26,7	367	291
Aleta × Elena	24,7	18,3	325	267
Aleta × Emika	25,5	22,7	376	268
Aleta × Kamila	22,3	23,0	372	263
Aleta × Kobra	24,7	23,3	345	252
Aleta × Maltanka	20,0	20,3	331	269
Almari × Elena	29,2	24,7	198	220
Almari × Emika	31,2	25,3	328	196
Almari × Kamila	28,8	25,7	323	227
Almari × Kobra	33,5	28,0	329	263
Almari × Maltanka	23,3	23,0	352	296
Elena × Emika	27,8	21,0	264	216
Elena × Kamila	23,7	21,3	122	231
Elena × Kobra	25,5	20,7	140	316
Elena × Maltanka	23,7	21,0	145	248
Emika × Kamila	28,3	22,0	347	259
Emika × Kobra	28,7	25,3	240	291
Emika × Maltanka	25,2	23,0	343	280
Kamila × Kobra	28,5	24,0	347	283
Kamila × Maltanka	23,3	23,7	350	279
Kobra × Maltanka	28,3	27,0	338	281
Odziedziczalność w wąskim sensie Heritability in narrow sense	0,57	0,76	0,49	0,44
Współczynnik korelacji Correlation	0,44*		0,00	

Wartość istotna przy $p = 0,05$

Significant at $p = 0.05$

Na znaczną stabilność tej cechy w latach wskazuje współczynnik korelacji między wartościami z obydwu lat badań ($r = 0,44$). Wysokie wartości wskaźnika odziedziczalności liczby sedymentacji stwierdzili również inni badacze (Sosulski i Kaul, 1966; Boyadijeva, 1973; Borghi i in., 1975). Malawko-Murawska i wsp. (1989) uzyskali dla 30 mieszańców diallelicznych szeroki zakres wartości współczynnika odziedziczalności (0–83%) w zależności od zróżnicowania genetycznego form rodzicielskich danej kombinacji mieszańcowej.

Regresję W_r względem V_r dla liczby sedymentacji przedstawiono na rysunku 1 i 2.

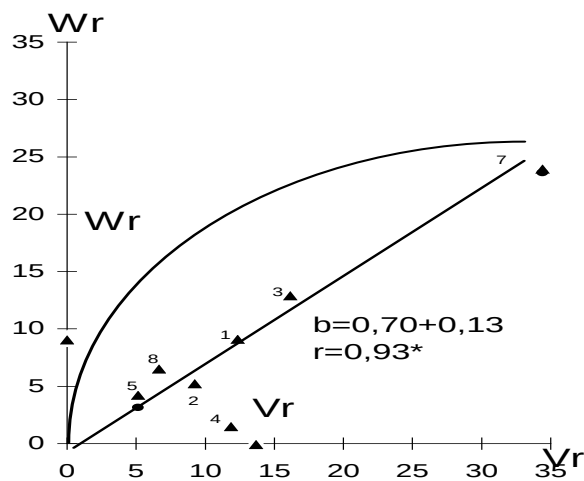


Dotyczy rysunków 1–4; Concerns figures 1–4

Rys. 1. Regresja W_r względem V_r dla liczby sedymentacji — 1999 rok. Linie: 1. Alba, 2. Aleta, 3.

Almari, 4. Elena, 5. Emika, 6. Kamila, 7. Kobra, 8. Maltanka

Fig. 1. The W_r/V_r graph for sedimentation value — 1999. Lines: 1. Alba, 2. Aleta, 3. Almari, 4. Elena, 5. Emika, 6. Kamila, 7. Kobra, 8. Maltanka



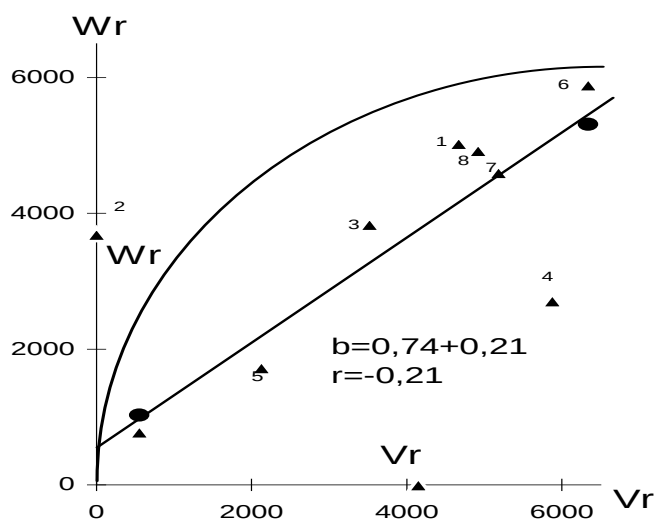
Rys. 2. Regresja W_r względem V_r dla liczby sedymentacji — 2000 rok

Fig. 2. The W_r/V_r graph for sedimentation value — 2001

Położenie prostych regresji wskazuje, że w 1999 roku cecha ta była uwarunkowana częściowym dominowaniem, a w roku 2000 wystąpiło pełne dominowanie. W obydwu latach badań linie Aleta, Elena, Emika i Maltanka zawierały geny dominujące natomiast Almari i Kobra miały geny recesywne. Kamila, która w 1999 roku miała przewagę genów recesywnych została wyeliminowana z analizy w 2000 w celu uzyskania adekwatności modelu addytywno-dominującego. Wysokie wartości liczby sedymentacji były związane z genami recesywnymi, ale tylko w 2000 roku zależność ta była wysoce istotna ($r = 0,93$). Podobne wyniki uzyskali Malawko-Murawska i wsp. (1989) oraz Lonc i Zalewski (1996). Natomiast badania Hsu i Sosulskiego (1969) wskazywały na związek genów recesywnych z niskimi wartościami tej cechy.

Odziedziczalność liczby opadania Hagberga wynosiła 49% w 1999 roku i 44% w 2000 roku, ale brak było jakiegokolwiek zależności między wartościami z dwóch lat ($r = 0$), co świadczy o tym, że aktywność α -amylazy jest w silnym stopniu warunkowana przebiegiem pogody w czasie dojrzewania ziarniaków.

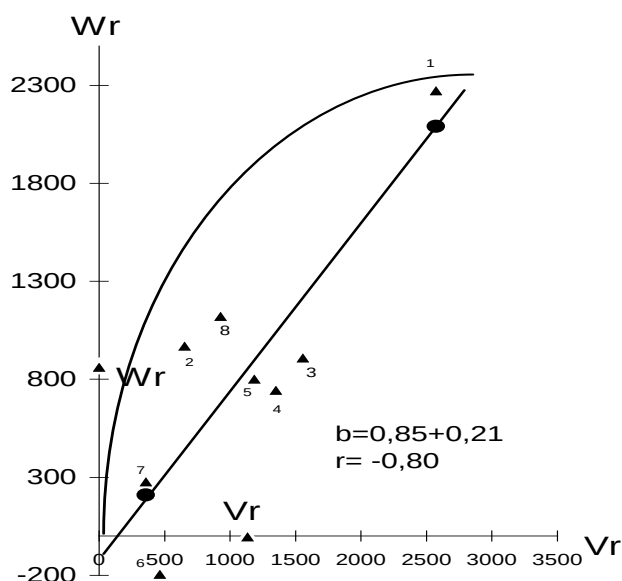
Graficzna analiza dialleliczna wykazała, że liczba opadania była determinowana częściowym dominowaniem w 1999 i pełnym dominowaniem w 2000 roku (rys. 3, 4).



Rys. 3. Regresja W_r względem V_r dla liczby opadania — 1999 rok
Fig. 3. The W_r/V_r graph for falling number — 1999

Porównanie rozmieszczenia punktów reprezentujących poszczególne linie na rysunku 3 i 4 wskazuje na małą stabilność efektów genetycznych większości badanych linii i tak na przykład Kamila i Kobra w 1999 roku miały przewagę genów recesywnych, a w 2000 znalazły się w grupie linii zawierających więcej genów dominujących. Jedynie linie Almari i Elena w obydwu latach miały w przybliżeniu równą liczbę genów recesywnych i dominujących. Wysoką ekspresję liczby opadania warunkowały geny dominujące, ale zależność ta była istotna tylko w 2000 roku ($r = -0,80$). Częściowe dominowanie

w dziedziczeniu liczby opadania Hagberga wykazali w swoich badaniach Lonc i Zalewski (1996).



Rys. 4. Regresja W_r względem V_r dla liczby opadania — 2000 rok
Fig. 4. The W_r/V_r graph for Hagberg falling number — 2000

WNIOSKI

1. Stosowanie liczby sedymentacji Zeleny'ego jako wskaźnika jakości ziarna pszenicy we wczesnych pokoleniach mieszańcowych jest uzasadnione ze względu na wysoką odziedziczalność i stabilność tej cechy w latach.
2. Selekcja na niską aktywność α -amylazy na podstawie liczby Hagberga może być mało skuteczna w związku ze stosunkowo niską odziedziczalnością i małą stabilnością efektów genetycznych warunkujących tę cechę.

LITERATURA

- Baker R. J., Cambell A. B. 1971. Evaluation of screening tests for quality of bread wheat. *Can. J. Plant Sci.* 51: 449 — 455.
- Boggini G., Nilsson G., 1976. Correlation between prediction tests and baking quality in winter wheat. *Cereal Res. Commun.* 4: 3 — 16.
- Borghi B., Boggini G. Corino L. 1975. Breeding for quality in common wheat, In: Early selection in F_2 and F_3 generations. *Cereal Res. Commun.* 3: 205 — 214.
- Boyadjieva D. 1973. Inheriting sedimentation value in backcross hybrids belonging to *Triticum aestivum* L. *Cereal Res. Commun.* 2: 11 — 20.
- Greenaway W. T., Hurst N. S., Neustadt M. H., Zeleny L. 1966. Micro sedimentation test for wheat. *Cereal Sci. Today* 11: 197 — 199.
- Hagberg S., 1960. A rapid method for determining alpha-amylase activity. *Cereal Chem.* 37: 218 — 222.

- Hayman B. I. 1954. The theory and analysis of diallel crosses. *Genetics* 39: 789 — 809.
- Hsu C. S., Sosulski F. W. 1969. Inheritance of protein content and sedimentation value in diallel crosses of spring wheat (*Triticum aestivum*). *Can. J. Genet. Cytol.* 11: 967 — 976.
- Jinks J. L. 1954. The analysis of continuous variation in a diallel cross of *Nicotiana rustica* varieties. *Genetics* 39: 767 — 788.
- Kettlewell P. S., Lunn G. D., Major B. J., Scott R. K., Froment M. A., Naylor R. E. L. 1999. Development of a scheme for pre-harvest prediction of Hagberg falling number in wheat. Eighth International Symposium on Pre-Harvest Sprouting in Cereals 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 1: 9 — 14.
- Lonc W., Zalewski D. 1996. Analiza dialleliczna cech ilościowych mieszańców F₂ pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 200: 267 — 275.
- Lunn G., D., Kettlewell P. S., Major B. J., Scott R. K. 1999 a. The contribution of pericarp activity and pre-maturity sprouting to alpha-amylase activity in wheat grain. Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 1: 278 — 289.
- Lunn G. D., Scott R. K., Kettlewell P. S., Major B. J. 1999 b. Evaluation of the Belderok temperature-dormancy relationship in the UK, Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 2: 190 — 198.
- Major B. J., Kettlewell P. S., Lunn G., D., Scott R. K. 1999. Controlled-environment cabinet studies investigating the effect of transient temperature changes on pre-maturity alpha-amylase activity in winter wheat. Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1999, 2: 209 — 218.
- Malawko-Murawska Z., Jedyński S., Kadłubiec W., Lonc W. 1989. Ocena wartości technologicznej ziarna mieszańców pszenicy ozimej na podstawie białka ogólnego, liczby sedymentacji i teoretycznej objętości chleba. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 382: 161 — 174.
- Naylor R. E. L. 1999. Grain size, germination and α -amylase activity in wheat. Eighth International Symposium on Pre-harvest Sprouting in Cereals, 1998. D. Weipert Association of Cereal Research D-32756 Detmold, Germany, 1998, 2: 199 — 208.
- Perten H. 1964. Application of the falling number method for evaluating alpha-amylase activity. *Cereal Chem.* 41: 127 — 140.
- Sosulski F. W., Kaul A. K. 1966. A note on the inheritance of sedimentation value in two wheat crosses. *Cereal Chem.* 43: 623 — 625.
- Trethowan R. M., Pena R. J., Van Ginkel M. 2001. The effect of indirect tests for grain quality on the grain yield and industrial quality of bread wheat. *Plant Breeding* 120: 509 — 512.
- Witkowska K., Witkowski E. 1992. Zależność porostania pszenicy ozimej od terminu pobierania prób. *Biul. IHAR* 184: 25 — 29.
- Zeleny L. 1947. A simple sedimentation test for estimating the bread baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chem.* 24: 465 — 475.
- Zeleny L., Greenaway W. T., Gurney G. M., Fifield C. C., Lebsock K. 1960. Sedimentation value as an index of dough-mixing characteristics in early-generation wheat selections. *Cereal Chem.* 37: 673 — 678.

JERZY NAWRACAŁA¹**WITOLD BRZEZIŃSKI**²

Katedra Genetyki i Hodowli Roślin

¹ Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu² Stacja Doświadczalna Oceny Odmian, Słupia Wielka

Wczesna selekcja genotypów pszenicy o potencjalnie dobrej jakości wypiekowej

Early selection of wheat genotypes with potentially good breadmaking quality

Wykonano krzyżowanie dialleliczne pomiędzy ośmioma odmianami pszenicy ozimej, należącymi do grup jakościowych A, B i C i różniących się składem HMW-GS. Z roślin pokolenia F₁ rosnących w szklarni, zebrano ziarniaki F₂, na których połówkach przeprowadzono elektroforezę SDS-PAGE. Selekcjonowano segreganty homozygotyczne pod względem wszystkich alleli kodujących HMW-GS. W kombinacjach Zyta × Korweta, Roma × Zyta, Mobela × Begra i Roma × Mobela wyselekcjonowano homozygotyczne segreganty o wysokiej (10 i 9 punktów), wyższej od odmian rodzicielskich, liczbie punktów jakościowych podjednostek gluteninowych.

Słowa kluczowe: gluteniny, pszenica, punkty jakościowe, wczesna selekcja

Diallel crosses between eight winter wheat varieties of A, B and C quality group and differing in HMW-GS composition were made. From F₁ plants growing in greenhouse, F₂ kernels were collected and halves of the kernels were electrophoreses with SDS-PAGE. Segregants homozygotic in all alleles encoding HMW-GS were selected. In cross combinations Zyta × Korweta, Roma × Zyta, Mobela × Begra and Roma × Mobela homozygotic segregants with high quality scores of glutenin subunits (10 and 9 score), exceeding those higher for parental varieties, were selected.

Key words: glutenins, wheat, quality score, early selection

WSTĘP

Białka zapasowe występujące w endospermie ziarniaków pszenicy — gluteniny i gliadyny, są głównie odpowiedzialne za wartość wypiekową. Gluteniny stanowią około 45% całości białek endospermu i dzielą się na wysokocząsteczkowe podjednostki białek gluteninowych (HMW-GS) i niskocząsteczkowe podjednostki białek gluteninowych (LMW-GS) o wielkości od 30 kd do 120 kd (Redaeli i in., 1995). Wysokocząsteczkowe gluteniny stanowią jedynie 10% wszystkich białek zapasowych, ale generują 50–70% zmienności cech technologicznych (Węgrzyn i Waga, 1999). Wielokrotnie wykazano związek pomiędzy obecnością poszczególnych podjednostek białek gluteninowych

a jakością wypiekową ziarna. Stwierdzono, np. że podjednoski 5+10 i 7+9 korzystnie wpływają na jakość, natomiast podjednostki 2+12 i 6+8 niekorzystnie (Waga i Cygankiewicz, 1996). Podobnie Bichoński i Stachowicz (1998) obserwowali, że najwyższe oceny wartości technologicznych w większości przypadków były związane z blokami białkowymi Glu-B1 7+9 i Glu-D1 5+10, natomiast rody charakteryzujące się najniższą ilością punktów w końcowej ocenie jakości powiązane były z blokami Glu-B1 6+8 i Glu-D1 2+12.

Geny kodujące HMW-GS są zlokalizowane w trzech kompleksowych loci Glu A1, Glu B1 i Glu D1 znajdujących się na długich ramionach chromosomów 1A, 1B i 1D. Zasadniczą klasyfikację alleli występujących w tych loci podał (Payne i Lawrence, 1983). Niezależne dziedziczenie podjednostek kodowanych przez allele znajdujące się na różnych chromosomach, oraz stosunkowo łatwa identyfikacja wysokocząsteczkowych glutenin metodą elektroforezy stanowią, że wysokocząsteczkowe gluteniny są dobrymi markerami pomagającymi w selekcji genotypów o dobrej jakości wypiekowej. Galowa i wsp. (1998) stwierdzili, że HMW-GS mogą być wykorzystane jako marker molekularny jakości wypiekowej. Hodowcy coraz częściej wykorzystują markery gluteninowe do przeprowadzenia takiej selekcji. Jednak w hodowli najczęściej najpierw prowadzi się selekcję na cechy rolnicze np. odporność, potencjał plonowania, a następnie wyprowadzone linie sprawdza się dopiero pod względem cech wartości technologicznych ziarna.

Celem pracy była jak najszybsza, przeprowadzona na ziarniakach zebranych z roślin pokolenia F₁ (endosperm i zarodek — pokolenie F₂), identyfikacja segregantów homozygotycznych pod względem wszystkich alleli kodujących HWM-GS, charakteryzujących się korzystnym składem podjednostek.

MATERIAŁ I METODY

Do doświadczenia wybrano osiem odmian pszenicy ozimej Begrę, Korwetę, Zytę, Mobełę, Mikon, Romę Rysę i Almari reprezentujące różne grupy wartości technologicznej A, B i C (Kaczyński, 2001). Odmiany różniły się także (oprócz Korwety i Romy) składem podjednostek białek gluteninowych. Krzyżowanie dialleliczne pomiędzy ośmioma odmianami pszenicy ozimej przeprowadzono w 2001 roku w Rolniczym Gospodarstwie Doświadczalnym Dłóń. Ziarniaki mieszańcowe z piętnastu kombinacji krzyżówkowych, wysiano bezpośrednio po zbiorze. Rośliny pokolenia F₁ prowadzono w szklarni Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Poznaniu wg metodyki podanej w Instrukcji Wdrożeniowej „Przystosowanie i wdrożenie metody pojedynczych nasion do hodowli pszenicy ozimej” (Nawracała, 2002). Ziarniaki z roślin F₁ zbierano w lutym 2002 roku. Na połówkach ziarniaków zebranych z roślin pokolenia F₁ wykonano w Laboratorium Elektroforetycznym „WIBEX” elektroforezę SDS-PAGE według metodyki podanej przez Brzezińskiego (1993). W obrazach elektroforetycznych identyfikację białek gluteninowych przeprowadzono na podstawie opracowania „Katalog elektroforetyczny odmian zbóż zarejestrowanych w Polsce” (Brzeziński, 2003) Analizowano rozkład białek gluteninowych (HMW-GS) w zależności od kombinacji krzyżowania pod kątem identyfikacji układów homozygotycznych.

WYNIKI

Wyniki analizy elektroforetycznej przedstawiono w tabeli 1. Genotypy homozygotyczne zidentyfikowano w każdej kombinacji krzyżówkowej. Najwięcej homozygot znaleziono w kombinacjach krzyżówkowych (Mikon × Begra, Roma × Begra, Rysa × Mobela, Almari × Rysa), w których komponenty rodzicielskie różniły się pod względem jednej pary alleli (tab. 1).

Tabela 1

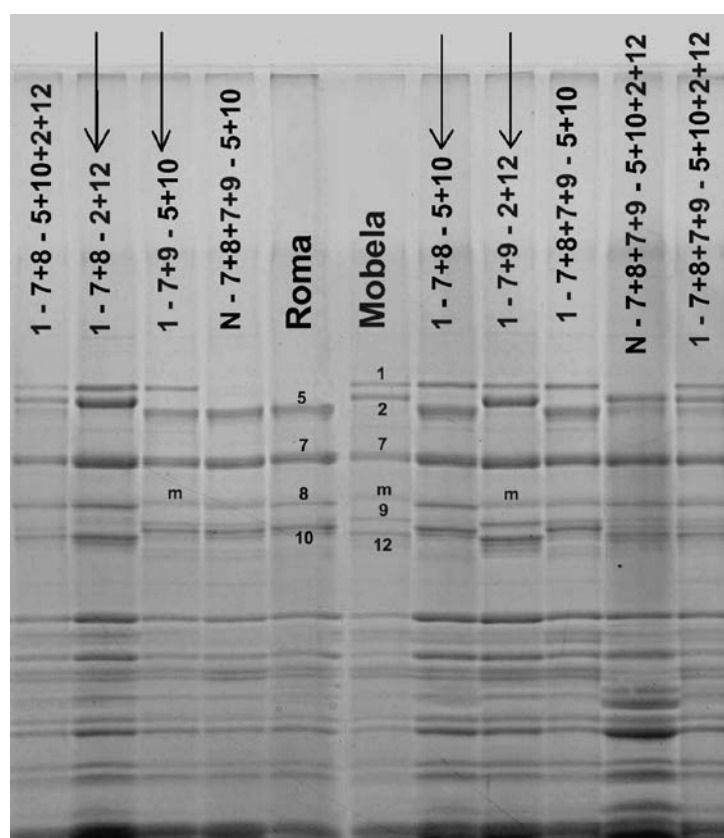
Wyselekcjonowane homozygoty z wybranych kombinacji krzyżówkowych
Homozygots selected from tested cross combinations

Kombinacja krzyżówkowa Cross combination	Liczba ziarniaków wyselekcjonowanych Number of selected kernels	Układ podjednostek gluteninowych na chromosomach HMW-GS loci			Punktacja jakościowa podjednostek gluteninowych Breadmaking quality scores
1	2	3	4	5	6
		1 A	1 B	1 D	
Zyta × Korweta	2	2*	7+8	5+10	10
	3	2*	7+9	5+10	9
	2	null	7+8	5+10	8
	1	null	7+8	5+10	7
Zyta × Begra	2	2*	7+9	5+10	9
	1	2*	7+9	2+12	7
Korweta × Begra	5	null	7+9	5+10	7
Roma × Zyta	1	null	7+8	2+12	6
	1	2*	7+9	2+12	7
	1	null	7+9	5+10	7
Mobela × Begra	5	1	7+9	5+10	9
	4	1	7+9	2+12	7
	2	null	7+9	5+10	7
	1	null	7+9	2+12	5
Mikon × Begra	13	1	7+9	5+10	9
	2	null	7+9	5+10	7
Roma × Begra	8	null	7+8	5+10	8
	7	null	7+9	5+10	7
Zyta × Almari	4	2*	7+9	2+12	7
	2	2*	6+8	2+12	6
Begra × Almari	3	null	7+9	5+10	7
	2	null	6+8	5+10	6
	2	null	7+9	2+12	5
Roma × Mobela ¹	1	null	6+8	2+12	4
	4	1	7+8	5+10	10
	2	1	7+8	2+12	8
	3	1	7+9	5+10	9
	5	1	7+9	2+12	7
	2	null	7+8	5+10	8
	2	null	7+9	5+10	7
Rysa × Mobela	2	null	7+9	2+12	5
	6	1	7+9	2+12	7
Rysa × Mobela	6	null	7+9	2+12	5
	3	1	7+9	5+10	9
Mikon × Rysa	1	1	7+9	2+12	7
	1	null	7+9	5+10	7

1	2	3	4	5	6
Almari × Roma	1	null	7+8	5+10	8
	2	null	7+8	2+12	6
	1	null	6+8	2+12	4
Almari × Rysa	4	null	7+9	2+12	5
	2	null	6+8	2+12	4
Almari × Mikon	3	1	7+9	5+10	9
	1	1	6+8	5+10	8
	1	null	6+8	2+12	4

1 — W kombinacji krzyżówkowej Roma × Mobela analizowano 60 ziarniaków

1 — In Roma × Mobela cross combination 60 kernels were analyzed



Rys. 1. Rozdział elektroforetyczny białek gluteninowych w ziarniakach F₂ i odmianach rodzicielskich.

Liczby przy prążkach oznaczają poszczególne wysokocząsteczkowe podjednostki gluteninowe. Strzałkami zaznaczono ziarniaki homozygotyczne. Prążek m jest nieskatalogowaną podjednostką występującą w odmianie Mobela

Fig. 1. Electrophoretic pattern of HMW-GS in F₂ wheat kernels and parental varieties. The band numbers correspond to high molecular weight glutenin subunits. Homozygotic kernels are marked with arrows. Band m is not catalogued subunit present in cv. Mobela

W takich kombinacjach, teoretycznie układy homozygotyczne typu rodzicielskiego powinny występować w połowie badanych ziarniaków. W związku z małą liczbą analizowanych ziarniaków (20) obserwowano od 6 (Almari × Rysa) do 15 homozygot (Roma × Begra). W tego typu kombinacjach krzyżówkowych nie można oczywiście znaleźć segregantów o większej liczbie punktów jakościowych podjednostek gluteninowych niż komponenty rodzicielskie. W kombinacjach krzyżówkowych, w których odmiany rodzicielskie różniły się pod względem dwóch par alleli, możliwe do znalezienia były cztery układy homozygotyczne. Tylko w kombinacji Mobela × Begra i Begra × Almari zidentyfikowano wszystkie cztery możliwe układy homozygotyczne (tab. 1). Wśród segregantów kombinacji Mobela × Begra znaleziono segreganty o większej liczbie punktów jakościowych (9) niż komponenty rodzicielskie. W pozostałych kombinacjach, z czterech możliwych, znaleziono trzy, dwa lub jeden układy homozygotyczne. W kombinacjach Zyta × Begra, Zyta × Roma i Mobela × Begra wyselekcjonowano ziarniaki mające 9 punktów jakościowych. W kombinacjach krzyżówkowych, w których odmiany rodzicielskie różniły się pod względem wszystkich trzech par alleli, możliwych do znalezienia było osiem układów homozygotycznych. Najwięcej, siedem układów homozygotycznych wyodrębniono z kombinacji Roma × Mobela, w której analizowano 60 ziarniaków. W pozostałych kombinacjach: Zyta × Korweta, Roma × Zyta i Almari × Mikon znaleziono cztery lub trzy układy homozygotyczne (tab. 1). Homozygotyczne segreganty o wysokiej (10 i 9 punktów), wyższej od odmian rodzicielskich, liczbie punktów jakościowych podjednostek gluteninowych zidentyfikowano w kombinacjach Zyta × Korweta i Roma × Mobela (rys. 1).

DYSKUSJA

W doświadczeniu przeprowadzono analizy elektroforetyczne na ziarniakach F_2 zebranych w szklarni już w lutym 2002 roku. Tak wczesną selekcję umożliwiło powiązanie analiz elektroforetycznych z metodą pojedynczych nasion, którą prowadzono otrzymany materiał. Ponieważ ekspresja genów kodujących podjednostki białek gluteninowych nie zależy od wpływu środowiska sprawdzenie obecności poszczególnych bloków można było przeprowadzić na ziarniakach zebranych z roślin rosnących w szklarni.

Proste dziedziczenie mendlowskie genów kodujące podjednostki białek gluteinowych sprawia, że identyfikacja układów homozygotycznych w otrzymanych obrazach elektroforetycznych w większości kombinacji krzyżówkowych nie stanowiła problemu. Znając genotyp komponentów rodzicielskich łatwo można przewidzieć, jakie segreganty mogą wystąpić w pokoleniu F_2 , a więc możemy teoretycznie przewidzieć, jakie obrazy elektroforetyczne będziemy obserwować. W niektórych przypadkach jednak obraz elektroforetyczny prążków jest podobny dla różnych genotypów. Z takim problemem spotkano się przy identyfikacji homozygot pod względem podjednostek kodowanych chromosomem 1A, w przypadku kombinacji krzyżówkowych, w których komponenty rodzicielskie miały podjednostki 1 i null lub 2* i null. W takich przypadkach obraz elektroforetyczny heterozygoty null,1 jest podobny do obrazu homozygoty 1,1 a obraz heterozygoty null, 2* jest podobny do obrazu homozygoty 2*, 2*. Należy pamiętać o tym, że przeprowadzana

analiza elektroforetyczna dotyczy białek zapasowych endospermu, dlatego też nawet przy monogenicznym uwarunkowaniu danej podjednostki gluteninowej, w kombinacjach krzyżowania, w których komponenty rodzicielskie różnią się pod względem obecności danego allelu, w pokoleniu F₂ występują cztery różne genotypy (np. AAA, AAa, Aaa i aaa), przekładające się na cztery obrazy prążka. Heterozygotę można by odróżnić po intensywności wybarwienia prążka. Takie rozróżnienie intensywności zabarwienia prążka na podstawie pomiarów densytometrycznych przeprowadzili Autran i wsp. (1975) analizując dziedziczenie białek gliadynowych. Stwierdzili jednak, że identyfikację utrudniał fakt, że względna zmiana intensywności zabarwienia prążka była mniejsza niż by to teoretycznie wynikało z różnicy pomiędzy klasami. Branland (1983) ustalając sposób dziedziczenia białek gliadynowych na podstawie analizy ziarniaków F₂ podzielił intensywność wybarwienia prążków na pięć klas (+++, ++, +, trace, 0) mimo, że teoretycznie możliwe są tylko cztery klasy. Bezpośrednia identyfikacja allelu null jest możliwa przez markery RAPD. Bustos i wsp. (2000) określili startery do identyfikacji genów kodujących podjednostki gluteninowe na chromosomach 1A i 1D, w tym allelu null. W przypadku trudności z rozróżnieniem homozygoty od heterozygoty ostatecznym rozstrzygnięciem będzie analiza ziarniaków zebranych z roślin F₂.

W doświadczeniu wyselekcjonowano ziarniaki homozygotyczne, zawierające korzystne bloki gluteninowe (np. 2*-7+8-5+10, 1-7+9-5+10), o wysokiej liczbie punktów jakościowych podjednostek gluteninowych. Można podać bardzo wiele przykładów prac potwierdzających związek pomiędzy odpowiednim składem podjednostek gluteninowych a dobrą jakością wypiekową. Branland i wsp. (2001) stwierdzili, że na test Zeleny'ego w największym stopniu pozytywnie wpływały podjednostki 2* i 5+10. Ivanov i wsp. (1998) otrzymali statystycznie istotną korelację pomiędzy punktami jakościowymi a niektórymi cechami jakościowymi oraz ustalili, że największy pozytywny wpływ na jakość miały podjednostki 5+10, a następnie 2*. Rodriguez-Quijano i wsp. (2001) przeprowadzając dokładną analizę wpływu HMW podjednostek typu x i y, stwierdzili, że podjednostka 5 ma silniejszy korzystny wpływ na test sedymentacji SDS niż podjednostka 10. Dodatnia korelacja pomiędzy punktami jakościowymi podjednostek gluteninowych a indeksem glutenu została odnotowana przez Jurkovic i wsp. (2000). Tohver i wsp. (2001) badając właściwości wypiekowe otrzymanych z Finlandii 26 linii i 12 odmian stwierdzili, że najlepsze były genotypy zawierające podjednostki gluteninowe 2*, 14+15, 7+8 i 5+10. Bronneke i wsp. (2000) sprawdzili skład HMW-GS w 156 niemieckich odmianach pszenicy. Stwierdzili, że dodatni wpływ na wartość wypiekową miały podjednostki 1, 2*, 7+9, 14+15, 17+18 i 5+10. Najwyższą wartość rapid mix test (RMT) wykazywały odmiany o składzie 1-7+9-5+10. W Polsce szczegółowe badania przeprowadzili Waga (1996) oraz Węgrzyn i Waga (1999). Analizowali oni związek pomiędzy poszczególnymi blokami gluteninowymi a parametrami jakości technologicznej ziarna. Stwierdzili istotny związek pomiędzy blokami gluteninowymi kodowanymi chromosomem 1A a liczbą sedymentacji, elastyczności E1 i E2, rezystencji oraz stałości ciasta. Bloki kodowane chromosomem 1D wpływały na zmienność wszystkich parametrów technologicznych z wyjątkiem czasu rozwoju ciasta. Z najwyższą średnią rozpatrywanych cech technologicznych powiązane były istotnie bloki Glu 1A 1, Glu 1B

7+9 i Glu 1D 5+10. Alleliczne warianty bloków gluteninowych Glu A1 Null, Glu B1 6+8 i Glu D1 2+12 związane były z niskimi średnimi wartościami cech technologicznych. Stwierdzili oni jednocześnie, że bloki Glu A1 1 i Glu D1 5+10 obserwowano u odmian charakteryzujących się niskimi wartościami plonu, plonu ziaren z kłosa oraz liczby ziaren z kłosa. Bloki Glu A1 null i Glu D1 2+12 związane były natomiast z najwyższymi średnimi wartościami parametrów struktury plonu. Świadczy to o tym, że bloki oddziałujące korzystnie na jakość technologiczną są jednocześnie związane z niskimi wartościami parametrów struktury plonu, natomiast bloki oddziałujące na jakość niekorzystnie pozostają w związku z wysoką plennością.

Wyselekcjonowanie homozygoty pod względem alleli kodujących podjednostki gluteninowe posiadającej korzystny skład HMW-GS, o wysokiej liczbie punktów jakościowych nie gwarantuje automatycznie wyprowadzenia linii o bardzo dobrej jakości wypiekowej. Wiadomo z wcześniejszych badań, że skład białek gluteninowych jest odpowiedzialny za jakość ziarna tylko w 40–50% (Bedo i in., 1995). Np. Tohver i wsp. (2001) nie znaleźli istotnej korelacji pomiędzy punktami jakościowymi a testem Zelenego. Linie hodowlane o najkorzystniejszej liczbie punktów — 10 miały wartość testu Zelenego pomiędzy 48 a 68 ml, ale żadna z tych linii nie miała najlepszej wartości wypiekowej. Jost i wsp. (1994) wyprowadzając 21 linii siostrzanych mających ten sam korzystny skład podjednostek gluteninowych (2*-7+9-5+10) obserwował dużą, istotną zmienność pod względem zawartości białka i innych cech jakościowych. Odmiana pszenicy jarej Solitaire, która zawierała optymalną kompozycję podjednostek gluteninowych miała mąkę o optymalnej elastyczności, ale o zbyt małej rozciągliwości (Blackman i Payne, 1987). Przykłady przytoczone powyżej wskazują, że nie zawsze genotypy o korzystnym składzie HMW-GS posiadają dobrą jakość wypiekową. Można stwierdzić jednak, że pośród linii pszenicy posiadających korzystne podjednostki gluteninowe potencjalnie można wyselekcjonować linie o dobrej jakości technologicznej ziarna. Natomiast szansa na znalezienie linii o dobrej jakości wypiekowej pośród linii z niekorzystnym składem podjednostek gluteninowych jest znikoma.

WNIOSKI

1. Selekcja genotypów homozygotycznych, charakteryzujących się korzystnym składem wysokocząsteczkowych glutenin (HMWG) jest możliwa w ziarniakach F₂.
2. W przypadku, kiedy komponenty rodzicielskie różnią się pod względem podjednostek 1 i null oraz 2* i null kodowanych przez GluA1 loci, homozygotyczność wyselekcjonowanych ziarniaków z podjednostką 1 lub 2* wymaga potwierdzenia w potomstwie.
3. W kombinacjach Zyta × Korweta, Roma × Zyta, Mobela × Begra i Roma × Mobela wyselekcjonowano homozygotyczne segreganty o wysokiej, wyższej od odmian rodzicielskich, liczbie punktów jakościowych podjednostek gluteninowych.
4. W kombinacjach krzyżówkowych, w których odmiany rodzicielskie różnią się pod względem trzech par alleli, w celu znalezienia wszystkich możliwych segregantów należy wykonać analizy około 200 ziarniaków.

LITERATURA

- Autran J. C., Bourdet A. 1975. L'identification des varietes de ble: etablisement d'un tableau general de determination fonde sur le diagramme electrophoretique des gliadines du grain. Ann. Amelior. Plantes 25: 288 — 301.
- Bedo Z., Karpati G., Vida J., Kramarik L., Lang L. 1995. Good breadmaking quality wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes with 2 + 12 subunits composition at the Glu-D1 locus. Cereal Res. Commun. 23:283 — 291.
- Bichoński A., Stachowicz M. 1998. Powiązanie białek gliadynowych i gluteninowych z wybranymi cechami technologicznymi rodów i odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR 208: 43 — 46.
- Blackman J. A., Payne P. J. 1987. Grain quality in wheat breeding. Lupton E. G. H. (ed.), Chapman and Hall, London: 454 — 485.
- Branlard G. 1983. Study of genetic determination of 20 gliadyn bands. Theor. Appl. Genet. 64: 155 — 162.
- Branlard G., Dardevet M., Saccomano R., Lagoute F., Gourdon J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. Proceedings of the 6th International Wheat Conference, 5–9 June 2000, Budapest, Hungary: 157 — 167.
- Bronneke V., Zimmermann G., Killermann B. 2000. Effect of high molecular weight glutenins and D-zone gliadins on bread-making quality in German wheat varieties. Cereal Res. Commun. 28: 187 — 194.
- Brzeziński W. 1993. Katalog elektroforetyczny pszenic polskich. Wiadomości Odmianoznawcze Z. 54: 5 — 11.
- Brzeziński W. 2003. Katalog elektroforetyczny odmian zbóż zarejestrowanych w Polsce. (w druku).
- de Bustos A., Rubio P., Soler C., Garcia P., Jouve N. 2001. Marker assisted selection to improve HMW-glutenins in wheat. Proceedings of the 6th International Wheat Conference, 5–9 June, 2000. Budapest, Hungary: 188 — 194.
- Galova Z., Smolkowa H., Michalik I., Gregova E. 1998. Prediction of breadmaking quality of wheat grain on the base of electrophoretic spectra of HMW glutenin subunits. Rostl. Vyroba 44 (3): 111 — 116.
- Ivanov P., Todorov I., Stoeva I., Ivanova I. 1998. Biochemical and technological characteristics of *Triticum aestivum* lines from two crosses between high and low breadmaking quality cultivars. Cereal Res. Commun. 26 (4): 455 — 461.
- Jost M., Fister R., Vapa L., Javornik B. 1994. Variation of breadmaking quality traits within wheat sister lines having the same HMW glutenin subunits composition. Proc. of Int. Colloquium "Impact of Biotechnology on Agriculture": 273 — 279.
- Jurkovic Z., Sudar R., Drezner G., Horvat D. 2000. The HMW glutenin subunit composition of OS wheat cultivars and their relationship with bread-making quality. Cereal Res. Commun. 28 (3): 271 — 277.
- Kaczyński L. Lista opisowa odmian 2000. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Słupia Wielka 2001: 17 — 33.
- Nawracała J. 2002. Instrukcja Wdrożeniowa. „Przystosowanie i wdrożenie metody pojedynczych nasion do hodowli pszenicy ozimej”. Sprawozdanie z tematu zleconego AWRSP: 1 — 33.
- Payne P., Lawrence G. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, and Glu-D1 which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. Cereal Res. Commun. Vol. 11, No 1: 29 — 35.
- Redaelli R., Morel M. H., Autran J. C., Pogna N. E. 1995. Genetic analysis of low Mr glutenin subunits fractionated by two-dimensional electrophoresis (A-PAGE × SDS-PAGE). J. Cereal Sci. 21:5 — 13.
- Rodriguez-Quijano M., Nieto-Taladriz M. T., Gomez M., Vazquez J. F. 2001. Quality influence comparison of some x- and y- type HMW glutenin subunits coded by Glu-D1 locus. Proceedings of the 6th International Wheat Conference, 5–9 June 2000, Budapest, Hungary: 188 — 194.
- Thover M., Koppel R., Ingver A. 2001. Characterization of gliadin and HMW glutenin subunit alleles and their relation to bread-making quality in common spring wheat cultivars and breeding lines. Cereal Res. Commun. 29 (3/ 4): 405 — 412.
- Waga J. 1996. Charakterystyka frakcji białek gliadynowych i gluteninowych odmian i rodów pszenicy ozimej z kolekcji IHAR i ich związek z liczbą sedymentacji. Biul. IHAR 197: 3 — 13.

- Waga J., Cygankiewicz A. 1996. Możliwości oszacowania jakości technologicznej ziarna pszenicy na podstawie wyników analizy elektroforetycznej białek gliadynowych i gluteninowych. Biul. IHAR 197: 15 — 20.
- Węgrzyn S., Waga J. 1999. Powiązanie białek gluteninowych ze zmiennością ważniejszych cech użytkowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 211: 55 — 68.

HENRYK J. CZEMBOR**ANDRZEJ ANIOŁ**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Wytworzenie materiałów wyjściowych pszenicy ozimej tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu

Creation of prebreeding material of winter wheat tolerant to aluminium toxicity

W okresie 5 lat prowadzono selekcję w obrębie 20 populacji mieszańcowych F₄ pszenicy ozimej pochodzących ze skrzyżowania 13 linii tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu z 9 odmianami o wysokiej wartości gospodarczej. Prace selekcyjne prowadzono według klasycznej metody hodowli rodowodowej. Wyboru pojedynków i ich rozmnożeń dokonywano na podstawie oceny wizualnej w porównaniu do odmian wzorcowych. W następnych latach wybrane rody oceniano w doświadczeniach porównawczych. Z 20 populacji wyjściowych wyselekcjonowano 7 rodów tolerancyjnych na glin o wysokiej wartości gospodarczej. Rody te przekazano do Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie jako źródła tolerancji na glin.

Słowa kluczowe: glin, hodowla, pszenica ozima, tolerancja

During 5 years, selection was conducted in 20 F₄ populations of winter wheat, which were obtained from crosses between 13 lines tolerant to toxic concentration of aluminium and 9 cultivars with high economic value. Selection was conducted according to the classical pedigree breeding method. Single plants were chosen and increased based on their visual scoring in comparison to standard cultivars. During next years, the selected breeding lines were scored in comparative trials. From the 20 initial populations, 7 breeding lines tolerant to toxic concentration of aluminium and with high economic value were selected. These breeding lines were provided to the Gene Bank in Plant Breeding and Acclimatization Institute at Radzików as sources of tolerance to aluminium.

Key words: aluminium, breeding, winter wheat, tolerance

WPROWADZENIE

Od dawna znany jest niekorzystny wpływ niskiego pH na plony zbóż (Anioł, 1989). W zakresie odczynu obojętnego i zasadowego glin występuje w glebie w formach nierozpuszczalnych. W miarę obniżania się pH glin przechodzi do toksycznych dla roślin form rozpuszczalnych w roztworze glebowym. Najbardziej toksycznymi dla roślin są $\text{AlO}_4\text{Al}_{12}(\text{OH})_{24}(\text{H}_2\text{O})_{12}^{7+}$ (oznaczany potocznie Al_{13}) oraz $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ (Al^{3+}) (Kinraide, 1991). Pierwsze symptomy szkodliwego działania glinu obserwuje się na korzeniach.

Ulegają one skręceniu i zgrubieniu, a wzrost elongacyjny zostaje spowolniony lub całkowicie zahamowany. Wtórnymi efektami uszkodzenia korzeni przez glin jest ograniczone pobieranie składników mineralnych i podwyższona wrażliwość na suszę wywołana niemożnością pobierania wody z głębszych warstw gleby.

Większość tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu odmian pszenicy pochodzi z Brazylii, gdzie duże połacie gruntów rolnych ma gleby kwaśne. Najbardziej znaną jest odmiana pszenicy jarej BH 1146, którą używa się na świecie jako wzorca tolerancyjności na glin w badaniach genetycznych, fizjologicznych oraz w pracach hodowlanych. Odmiana BH 1146 autorstwa Ildefonso Correia powstała w wyniku krzyżowania PG1//Frenteira/Mentana i została zarejestrowana w Brazylii w 1955 roku. Uprawiana była do późnych lat osiemdziesiątych (Camargo i Filho, 2000).

W Polsce odsetek gruntów ornych o kwaśnym odczynie szacuje się na poziomie 60%, z czego 24% to gleby o pH poniżej 4,5 (Boguszewski, 1980).

Polskie odmiany pszenicy wykazują niską tolerancję na toksyczne działanie glinu i nie nadają się do uprawy na glebach o znacznym stopniu zakwaszenia ($\text{pH} < 5,5$), z dużą ilością aktywnych, toksycznych form glinu (Anioł, 1989; Wiewióra, 1999; 2001).

Celem podjętej pracy było wprowadzenie do genomu pszenicy ozimej dobrze zaadaptowanej do polskich warunków klimatyczno-glebowych tolerancyjności na toksyczne działanie glinu.

MATERIAŁ I METODA

Do wytworzenia materiałów wyjściowych pszenicy ozimej tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu wykorzystano 20 populacji mieszańcowych F_4 wcześniej poddanych selekcji pozytywnej na obecność cechy tolerancyjności. Populacje te pochodzą ze skrzyżowania linii tolerancyjnych: R 21, R 25, R 301, R 305, R 321, R 342, R 345, R 355, R 356, R 2111, R 2210, R 2813, R 32310, z odmianami o wysokiej wartości gospodarczej w polskich warunkach glebowo-klimatycznych (tab. 1). Ustabilizowane pod względem tolerancyjności na glin i zimotrwałości, linie pszenicy ozimej uzyskano na początku lat osiemdziesiątych w Pracowni Stresu Mineralnego IHAR w Radzikowie z kombinacji krzyżówkowej: brazylijska odmiana pszenicy jarej BH 1146 jako źródło tolerancyjności na glin i polska odmiana Grana jako źródło wysokiej wartości gospodarczej.

W latach 1998 do 2002 wzięty do badań materiał opracowano z zastosowaniem metody hodowli rodowodowej:

- rok 1998, wybór pojedynków (kłosów) z populacji F_4 ,
- rok 1999, rozmnożenie wybranych pojedynków, ocena wizualna na wartość gospodarczą (zdrowotność, długość okresu wegetacji, wysokość roślin, wykształcenie kłosów i ziarniaków) w porównaniu do dwóch odmian wzorcowych Sakwa i Elena, wybór linii o potencjalnie wysokiej wartości gospodarczej,
- rok 2000, ocena wybranych rodów w doświadczeniu Stacyjnym I, w Radzikowie, metodą wzorcową, w jednym powtórzeniu, na poletkach 10 m^2 z wzorcem co piąte

- poletko na przemian odmiany: Sakwa i Zyta, wybór rodów o plonie ziarna wyższym od odmian wzorcowych,
- rok 2001, ocena wybranych rodów w doświadczeniu Stacyjnym II, w Radzikowie, metodą bloków losowanych, w czterech powtórzeniach na poletkach 10m² z dwoma odmianami wzorcowymi: Sakwa i Zyta, opracowanie statystyczne uzyskanych wyników wg programu Agro, wybór rodów o plonie istotnie wyższym od średniej odmian wzorcowych lub na podobnym poziomie jak lepszy wzorzec (Zyta),
 - rok 2002, ocena wybranych rodów w doświadczeniu Stacyjnym III, w pięciu miejscowościach: Smolice, Oleśnica Mała, Odolanów, Sroki, Łagiewniki, metodą bloków losowanych, w dwóch powtórzeniach na poletkach 10m² z trzema odmianami wzorcowymi: Kobra, Korweta, Tonacja, opracowanie statystyczne uzyskanych wyników wg programu SYNDOP-(TP) Oddział IHAR w Krakowie. Ocena tolerancji na toksyczne działanie glinu metodą kultur wodnych dla roślin zbożowych opracowaną przez Anioła w Pracowni Stresu Mineralnego IHAR (Anioł, 1981, 1985).

Tabela 1

Zestawienie ocenianych materiałów hodowlanych
Set of evaluated breeding material

Kombinacja krzyżówkowa Pedigree of cross	Liczba wybranych obiektów Number of selected objects		Liczba rodów w doświadczeniu Number of evaluated breeding lines		
	pojedynków single plants	linii lines	Stacyjne I Station I	Stacyjne II Station II	Stacyjne III Station III
(Jawa × R21) × Jawa	90	6	0	0	0
(Apollo × R25) × Apollo	100	50	8	0	0
R2111 × CHD 567/84	100	70	1	0	0
R2210 × Oda	50	17	0	0	0
R342 × AND 103/84	70	29	4	0	0
R305 × AND 103/84	150	74	5	2	1
R305 × CHD 567/84	150	84	34	15	10
R356 × Oda	70	29	5	2	0
R356 × AND 103/84	100	30	0	0	0
R32310 × Kobra	100	29	4	2	0
R345 × CHD 567/84	100	36	2	0	0
R355 × Almari	70	38	20	2	0
R355 × Kobra	75	65	0	0	0
R356 × Almari	150	59	7	0	0
R356 × Kobra	150	65	24	2	0
R321 × Almari	150	71	0	0	0
R2813 × AND 103/84	145	40	17	3	0
R301 × CHD 567/84	100	12	6	1	0
(BGH 383 × Extrem) × Apollo	0	0	0	0	0
(R2111 × Alba) × R2111	0	0	0	0	0
Ogółem Total	1920	804	137	29	11

Poza oceną plenności w doświadczeniach stacyjnych określono: datę kłoszenia, wysokość roślin w łanie, odporność na wyleganie, mączniaka, rdzę brunatną, plamistość liści, choroby kłosa, w skali dziewięciopunktowej, gdzie 1 — oznacza najniższą, a 9 — najwyższą wartość dla ocenianej cechy.

WYNIKI

W tabeli 1 przedstawiono dane liczbowe obrazujące intensywność selekcji materiałów wziętych do badań. Ponieważ podstawowym kryterium wyboru materiałów do badań w roku następnym była wysoka wartość gospodarcza, można na podstawie przedstawionych wyników stwierdzić, że przydatność poszczególnych populacji mieszańcowych okazała się bardzo zróżnicowana. Na poziomie wyboru pojedynków na podstawie oceny wizualnej w dwóch populacjach nie znaleziono roślin o pożądanym fenotypie. W pozostałych 18 populacjach wybrano od 50–150 pojedynków, łącznie wybrano ich 1920.

W roku następnym oceniono również wizualnie w porównaniu do odmian wzorcowych rozmnożenia 1920 pojedynków. Do dalszych badań wybrano łącznie w obrębie 18 populacji 804 linie, z których po ocenie wizualnej wartości gospodarczej, utworzono 137 rodów do oceny w doświadczeniu Stacyjnym I. Różnice w liczebności wybranych linii między populacjami były dość znaczne (tab. 1), głównie z powodu niższej odporności na choroby, niedostatecznego wyrównania, braku cech wysokiej plenności w porównaniu do odmian wzorcowych.

W doświadczeniu Stacyjnym I, jednopowtórzeniowym z wzorcem systematycznym, oceniono 137 rodów pod względem plenności, odporności na choroby, wyleganie i zimotrwałości w porównaniu do odmian wzorcowych (Sakwa i Elena). Wśród badanych rodów dominowały liczebnością pochodzące z czterech populacji: R305 × CHD 567/84, R355 × Almari, R356 × Kobra i R2813 × AND 103/84.

W doświadczeniu Stacyjnym II i III oceniono wartość gospodarczą, odpowiednio 29 i 11 rodów (tab. 1). Pod względem liczebności rodów wybranych do oceny dominowała jedna populacja: R305 × CHD 567/84.

W tabeli 2 przedstawiono wyniki doświadczeń Stacyjnych II i III dotyczące plonów ziarna. W doświadczeniu Stacyjnym II oceniono 29 rodów w porównaniu do odmian wzorcowych: Sakwa i Zyta. Pięć rodów istotnie wyżej plonowało od plenniejszego wzorca, a cztery następne istotnie lepiej od średniego plonu odmian wzorcowych. Uwzględniając inne cechy i ocenę w doświadczeniu Stacyjnym I, do badań w doświadczeniu Stacyjnym III wybrano 8 rodów o istotnie wyższych plonach ziarna od średniego plonu odmian wzorcowych. Do doświadczenia włączono jeszcze 3 rody o plonie na poziomie lepszego wzorca. Łącznie w doświadczeniu Stacyjnym III oceniono pod względem wartości gospodarczej 11 rodów w porównaniu do trzech odmian wzorcowych: Kobra, Korweta i Tonacja. Potencjał plonowania wybranych 11 rodów ocenianych w 5 miejscowościach jest wysoki (tab. 2). Pięć rodów: RAH 706, RAH 589, RAH 689, RAH 713 i RAH 708 plonowało istotnie wyżej od średniej odmian wzorcowych, a pozostałe rody plonowały na poziomie odmian wzorcowych, w tym 8 miało plony na poziomie odmiany Tonacja, najlepszego wzorca (tab. 2).

Średnie wyniki oceny innych cech użytkowych rodów i odmian wzorcowych ocenianych w doświadczeniu Stacyjnym III podano w tabeli 3. Badane rody, podobnie jak odmiany wzorcowe należą do grupy odmian o średniej długości słomy. Poziom odporności rodów na poszczególne oceniane choroby jest dość wysoki, poza rodami RAH 58900 i RAH 67800, które pod tym względem wyraźnie ustępują pozostałym

rodow i odmianom wzorcowym: Korweta i Tonacja. W celu uzyskania pełnej oceny wartości rodów badanych w doświadczeniu Stacyjnym III, jako materiału wyjściowego do hodowli odmian tolerancyjnych na glin, dokonano ich oceny laboratoryjnej na toksyczne działanie glinu.

Tabela 2

Plon ziarna rodów w doświadczeniu Stacyjnym II i III
Grain yield of breeding lines in Station experiments II and III

Odmiana Cultivar	Pochodzenie Pedigree	Lata badań Years of evaluation			
		Doświadczenie Stacyjne II Station experiment II 2001		Doświadczenie Stacyjne III Station experiment III 2002	
		dt/ha	% wzorca % of check	dt/ha	% wzorca % of check
RAH 68900	R305 × CHD 567/84	87,0	124,4	80,4	105,9
RAH 67800	R305 × CHD 567/84	80,2	114,7	75,6	99,6
RAH 58900	R305 × CHD 567/84	77,6	111,0	81,7	107,6
RAH 69400	R305 × CHD 567/84	77,4	110,6		
RAH 70500	R305 × CHD 567/84	76,5	109,4	74,9	98,7
RAH 70300	R305 × CHD 567/84	74,7	106,9	78,8	103,9
RAH 71500	R305 × CHD 567/84	74,6	106,7	69,6	91,7
RAH 68400	R305 × CHD 567/84	74,2	106,2	78,1	102,9
RAH 70600	R305 × CHD 567/84	74,2	106,2	82,2	108,3
RAH 68000	R305 × CHD 567/84	73,1	104,6		
RAH 71300	R305 × CHD 567/84	73,1	104,6	79,5	104,8
RAH 70900	R305 × CHD 567/84	72,9	104,2	78,8	103,9
RAH 58800	R 305 × AND 103/84	72,7	104,0		
RAH 70800	R305 × CHD 567/84	71,5	102,2	79,2	104,4
RAH 69500	R305 × CHD 567/84	69,9	99,9		
RAH 91599	R 2111 × CHD 567/84	69,5	99,4		
RAH 61899	R 345 × Oda	69,1	98,8		
RAH 84999	R 356 × Oda	69,1	98,1		
RAH 52799	R 356 × Oda	68,2	97,6		
RAH 71900	R 32310 × Kobra	68,1	97,4		
RAH 68700	R305 × CHD 567/84	66,9	95,6		
RAH 84599	R 356 × Oda	65,7	94,0		
RAH 62399	R 345 × Oda	65,6	93,8		
RAH 68500	R305 × CHD 567/84	65,5	93,7		
RAH 72000	R 32310 × Kobra	64,4	92,0		
RAH 87399	R 356 × Oda	64,1	91,7		
RAH 73300	R 355 × Almari	58,4	83,5		
RAH 86599	R 345 × Oda	56,2	80,4		
RAH 88499	R 356 × Oda	56,0	80,1		
Sakwa		63,5	90,8		
Zyta		67,7	96,9		
Kobra				76,1	100,3
Korweta				72,5	95,5
Tonacja				79,1	104,2
Średnia Mean		65,6		75,9	
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		7,8		3,3	

Tabela 3

Ocena polowa wybranych cech rodów w doświadczeniu Stacyjnym III
Field evaluation of some characters of the breeding lines in the Stations experiment III

Ród Breeding line	Przezimowanie Winterhardness	Liczba dni od 1. V do kłoszenia No. of days from 1 May to heading	Wysokość roślin Height of plant (cm)	Odporność na:				
				mączniak powdery mildew	rdza brunatna leaf rust	plamistość liści leaf spot	choroby kłosa ear diseases	wyleganie lodging
RAH 58900	7,9	32	92	5,5	6,7	6,5	6,0	9,0
RAH 67800	8,1	34	103	5,5	6,3	6,5	5,0	9,0
RAH 68400	8,0	32	104	6,5	7,0	7,3	6,0	9,0
RAH 68900	8,2	31	91	6,0	7,8	7,3	6,0	9,0
RAH 70300	8,1	31	98	6,5	8,0	7,3	7,0	9,0
RAH 70500	7,9	33	97	6,0	7,8	7,0	5,0	9,0
RAH 70600	8,1	31	97	6,0	8,0	7,0	7,0	9,0
RAH 70800	8,1	31	96	7,5	8,3	7,0	7,0	9,0
RAH 70900	8,2	31	101	5,5	7,8	6,0	7,0	9,0
RAH 71300	8,0	32	93	6,0	8,3	7,0	7,0	9,0
RAH 71500	8,1	34	93	6,0	7,3	6,5	5,0	9,0
Kobra	8,2	29	93	6,0	6,3	6,0	6,8	6,0
Tonacja	8,3	34	98	6,0	6,8	8,0	7,0	9,0
Korweta	8,0	36	97	6,5	8,0	7,0	6,3	8,8

Tabela 4

Ocena tolerancyjności rodów z doświadczenia stacyjnego III na toksyczne działanie glinu
Evaluation of Al- tolerance of the breeding lines from the Station experiment

Ród Breeding line	Tolerancyjność na glin przy koncentracji Tolerance to aluminium at concentration					
	296 mM Al (8 ppm)			592 mM Al (16 ppm)		
	liczba badanych roślin number of tested plants	roślin tolerancyjnych tolerant plant (%)	odchylenie standarowe standard deviation	liczba badanych roślin number of tested plants	roślin tolerancyjnych tolerant plant (%)	odchylenie standarowe standard deviation
RAH 58900	195	56	7	186	5	2
RAH 67800	192	80	5	192	17	6
RAH 68400	190	90	4	192	17	5
RAH 68900	165	0	0	165	0	0
RAH 70300	173	90	8	166	27	8
RAH 70500	175	49	4	153	8	2
RAH 70600	187	34	5	181	14	3
RAH 70800	137	92	6	146	42	7
RAH 70900	183	49	6	174	21	7
RAH 71300	193	0	0	197	0	0
RAH 71500	198	47	7	194	8	3
Tonacja	103	0	0	120	0	0
R 305	190	100	0	185	100	0

Uzyskane wyniki oceny na dwóch poziomach koncentracji glinu w pożywce przedstawiono w tabeli 4. Na badanych 11 rodów, 9 wykazywało pewien stopień tolerancyjności, a 2 jej brak, podobnie jak odmiana wzorcowa Tonacja. Przy niższej koncentracji glinu (296 mM) cztery rody: RAH 67800, RAH 68400, RAH 70300 i RAH 70800 wykazywały wysoki poziom tolerancyjności, pozostałych pięć średni. Przy

wyższej koncentracji glinu (592 mM) poziom tolerancyjności rodów znacznie się obniżył, chociaż utrzymały się relacje między rodami bardziej a mniej tolerancyjnymi.

DYSKUSJA

Biorąc pod uwagę wyniki pięcioletnich badań polegających na selekcji pozytywnej dla cech wysokiej wartości gospodarczej i tolerancyjności na toksyczne działanie glinu wyodrębniono siedem rodów: RAH 58900, RAH 67800, RAH 68400, RAH 70300, RAH 70600, RAH 70800 i RAH 70900 jako materiał wyjściowy do hodowli nowych odmian pszenicy ozimej o wysokiej wartości gospodarczej i tolerancyjnej na glin. Na każdym etapie prac selekcyjnych porównywano badany materiał co najmniej do dwóch odmian wzorcowych, którymi były odmiany stosowane w tym okresie w krajowych doświadczeniach hodowlanych przedwstępnych, wstępnych i w rejestrowych w COBORU. Z pokolenia na pokolenie wybierano tylko obiekty istotnie lepsze w plonie ziarna od średniej odmian wzorcowych lub na poziomie najlepszej odmiany wzorcowej. Za interesujący można uznać fakt, że z puli 20 populacji mieszańcowych F₄, w których było 13 linii R jako źródło tolerancji na glin i 9 odmian i rodów, dawców wysokiej wartości gospodarczej, po pięciu latach selekcji pozostało 11 rodów pochodzących z dwóch kombinacji krzyżówkowych (tab. 1). Dla wszystkich tych rodów źródłem tolerancji na glin jest linia R 305, pochodząca z kombinacji krzyżówkowej: Emika × BGH 883 wykonanej w 1991 roku w Pracowni Stresu IHAR w Radzikowie (Anioł, dane nie publikowane). W badanych materiałach w czasie selekcji ujawniały się cechy niekorzystne dla pszenicy ozimej uprawianej w Polsce a prawdopodobnie wnoszone do genomu mieszańców przez linie R-tolerancyjne na glin. Wszystkie one pochodzą od brazylijskiej odmiany pszenicy jarej BH 1146, która to odmiana w polskich warunkach wykazuje wrażliwość na długość dnia, dużą podatność na choroby, niską plenność i jest przede wszystkim jara (Wiewióra, 1998). Na 11 rodów ocenianych w ostatnim roku badań, 2 rody w ocenie na tolerancyjność na glin okazały się wrażliwe, podobnie jak odmiana wzorcowa Tonacja (tab. 4). Poziom tolerancji na glin ośmiu pozostałych rodów był różny. Przy obu stężeniach glinu w pożywce, w której testowano siewki, wyodrębniono dwie grupy rodów: cztery bardziej i pięć mniej tolerancyjnych (tab. 4). Różnice w poziomie tolerancji wyselekcjonowanych rodów mogą wynikać z różnej ekspresji genu lub genów tolerancji, które wprowadzono z BH 1146 do genomów różnych odmian ozimych. Większość autorów wskazuje na jednogenowe, dominujące dziedziczenie tolerancji na glin, są również doniesienia o dwóch i trzech genach oraz bardziej złożonych sposobach dziedziczenia tej cechy (Rout i in., 2001). Dla dotąd uprawianych w Polsce pszenic ozimych nawet minimalna obecność glinu w pożywce (4 ppm) w testach na siewkach jest toksyczna (Anioł, 1989; Wiewióra, 2001). Wyselekcjonowane w tych badaniach rody o wysokiej plenności i tolerancyjne na glin wskazują na możliwość poprawienia metodami hodowli klasycznej tolerancji nowych odmian pszenicy ozimej przydatnej do uprawy w Polsce.

Rody: RAH 58900, RAH 67800, RAH 684, RAH 70300, RAH 70600, RAH 70800 i RAH 70900 jako źródła tolerancji na glin do badań i hodowli są dostępne w Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

WNIOSKI

1. Brazylijska odmiana pszenicy jarej może być wykorzystana do tworzenia materiałów wyjściowych do hodowli nowych odmian pszenicy ozimej tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu o wysokiej wartości gospodarczej.
2. Wielokrotne krzyżowania odmian tolerancyjnych na glin z odmianami o wysokiej wartości gospodarczej i selekcja rodowodowa na obie cechy może prowadzić do wytworzenia linii o różnym poziomie tolerancji na glin.

LITERATURA

- Anioł A. 1981. Metody określania tolerancyjności zbóż na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 243: 3 — 14.
- Anioł A. 1989. Podstawy hodowli zbóż tolerancyjnych na niskie pH gleby. Biul. IHAR 171/172: 215 — 220.
- Boguszewski W. 1980. Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa.
- Camargo C. E., Filho A. W. 2000. Sao Paulo State, Brazil Wheat Pool. In: The world wheat book. Bonjean A. P., Angus W. J. (eds.). Lavoisier Publishing: 550 — 577.
- Kinraide T. B. 1991. Identity of the rhizotoxic aluminium species. Plant and Soil 134: 167 — 178.
- Rout G. R., Samantaray S., Das P. 2001. Aluminium toxicity in plants: a review. Agronomie 21: 3 — 21.
- Wiewióra M. 1998. Tolerancyjność form pszenicy jarej z Banku Genów IHAR Radzików na toksyczne działanie jonów glinu. Komunikat. Biul. IHAR 208: 61 — 66.
- Wiewióra M. 1999. Tolerancyjność polskich odmian i rodów pszenicy jarej na toksyczne działanie glinu. Biul. IHAR 212: 59 — 64.
- Wiewióra M. 2001. Tolerancyjność polskich odmian pszenicy ozimej na toksyczne działanie glinu. Biul. IHAR 218/219: 169 — 177.

KAROLINA KRYSTKOWIAK**ANETTA KUCZYŃSKA****MICHAŁ REBARZ****RENATA TRZECIAK**

Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Efektywność uzyskiwania haploidów pszenicy z mieszańców F_1 i ich form wyjściowych poprzez krzyżowanie z kukurydzą

The efficiency of wheat haploid production from F_1 hybrids and parental genotypes by crossing with maize

Celem pracy było porównanie mieszańców pokolenia F_1 pszenicy z ich formami rodzicielskimi pod względem podstawowych parametrów związanych z efektywnością uzyskiwania haploidów drogą eliminacji chromosomów. Materiał do badań obejmował mieszańce pokolenia F_1 : Alidos $\times$ Kobra, Alidos $\times$ Kris, Alidos $\times$ Mikon, Alidos $\times$ Elena, Batis $\times$ Charger, Batis $\times$ Kris, Kornett $\times$ Elena, Kornett $\times$ Kobra oraz ich formy rodzicielskie. Formy haploidalne pszenicy uzyskiwano poprzez krzyżowanie z kukurydzą. Doświadczenie przeprowadzono w układzie całkowicie losowym w czterech powtórzeniach. Obserwowano liczbę rozrośniętych zalążni, liczbę zarodków oraz liczbę uzyskanych roślin haploidalnych. U mieszańców Alidos $\times$ Kobra i Alidos $\times$ Kris uzyskano istotnie więcej zarodków na 100 rozrośniętych zalążni niż u odmian rodzicielskich. Natomiast największy procent roślin haploidalnych na 100 zarodków otrzymano u mieszańców Kornett $\times$ Kobra i Alidos $\times$ Kris. Uzyskane wyniki potwierdziły zależność efektywności otrzymywania haploidów od genotypu pszenicy oraz wykazały wyższą efektywność uzyskiwania form haploidalnych z mieszańców F_1 niż z ich form wyjściowych.

Słowa kluczowe: haploidy, kultura *in vitro*, pszenica

The aim of this study was to compare wheat F_1 hybrids and their parents in terms of main parameters connected with the efficiency of haploid production by wheat $\times$ maize crosses. The material for the study covered F_1 hybrids and parental genotypes of the following cross combinations: Alidos $\times$ Kobra, Alidos $\times$ Kris, Alidos $\times$ Mikon, Alidos $\times$ Elena, Batis $\times$ Charger, Batis $\times$ Kris, Kornett $\times$ Elena, Kornett $\times$ Kobra. The experiment was carried out in a complete randomised design with four replications. The number of ovaries, ovaries with embryos and developed haploid plants were observed. The hybrids Alidos $\times$ Kobra and Alidos $\times$ Kris gave a higher percent of ovaries with embryos than their parents. In Kornett $\times$ Kobra and Alidos $\times$ Kris a number of haploids per 100 cultured embryos was higher than that in parental genotypes. Our results confirmed influence of genotypes on efficiency of wheat haploidization, and showed the higher effectively of haploid production from F_1 hybrids than from parental cultivars.

Key words: haploids, *in vitro* culture wheat, wheat × maize crosses

WSTĘP

Jedną z metod umożliwiających otrzymanie form haploidalnych pszenicy jest krzyżowanie tego gatunku z kukurydzą. W następstwie tych krzyżowań dochodzi do zapłodnienia, jednakże w trakcie kilku pierwszych podziałów komórkowych zygoty następuje naturalna eliminacja obcych chromosomów, a rozwijający się zarodek ma ich haploidalną liczbę (Barclay, 1975; Laurie i Bennett, 1986, 1988, 1989). Efektywność uzyskiwania form haploidalnych drogą krzyżowań oddalonych jest uzależniona od wielu czynników, między innymi takich jak genotyp form wyjściowych, technika przeprowadzania krzyżowań, rodzaj i stężenie zastosowanych substancji wzrostowych, warunki kultury *in vitro* niedojrzałych zarodków (Wędzony i Van Lammeren, 1996; Wędzony i in., 1998). Jednym z nich jest genotyp pszenicy (Suenaga, 1994; Lei i in., 1996; Lefebvre i Devaux, 1996). W hodowli roślin formy haploidalne uzyskuje się najczęściej z mieszańców pokolenia F₁. Mieszańce w przeciwieństwie do odmian wyjściowych są formami heterozygotycznymi i w związku z tym efektywność uzyskiwania z nich form haploidalnych może być wyższa z uwagi na możliwość występowania efektu heterozji.

Celem badań było porównanie mieszańców pokolenia F₁ pszenicy z ich formami rodzicielskimi pod względem podstawowych parametrów związanych z efektywnością uzyskiwania haploidów poprzez krzyżowanie z kukurydzą.

MATERIAŁY I METODY

Materiał do badań stanowiły mieszańce pokolenia F₁: Alidos × Kobra, Alidos × Kris, Alidos × Mikon, Alidos × Elena, Batis × Charger, Batis × Kris, Kornett × Elena, Kornett × Kobra oraz ich formy rodzicielskie. Formy haploidalne uzyskiwano poprzez krzyżowanie z kukurydzą zgodnie z procedurą opisaną w pracy Adamskiego i wsp. (2001). Doświadczenie przeprowadzono w 2002 roku w układzie całkowicie losowym w trzech powtórzeniach. Powtórzenie stanowiło co najmniej 5 kłosów zapylonych tego samego dnia mieszką pyłku czterech odmian kukurydzy: Ela, Mieszko, Melba i Hermes. Zarodki po upływie 15 do 18 dni po zapyleniu wykładano na pożywkę B5 Gamborga (Gamborg i in., 1968).

Przeprowadzone obserwacje dotyczyły liczby rozrośniętych załączni, liczby zarodków oraz liczby uzyskanych roślin haploidalnych. Uzyskane z doświadczenia dane, wyrażone w procentach, przekształcono wg formuły $y = \arcsin \sqrt{x}$, a następnie obliczono statystycznie stosując jednoczynnikową analizę wariancji. Porównanie średnich przeprowadzono wykorzystując test wielokrotny Duncana.

WYNIKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych form pod względem wszystkich badanych cech (tab. 1).

Tabela 1

Analiza wariancji dla cech związanych z efektywnością uzyskiwania haploidów pszenicy poprzez krzyżowanie z kukurydzą
Analysis of variance for traits connected with efficiency of wheat haploid production by wheat × maize crosses

Cecha Trait	Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	F-stat.
% zalążni % ovaries	Genotyp	15	238,59	15,83**
	Genotype			
	Błąd	32	15,07	
	Error			
Zarodki/100 zalążni Embryos/100 ovaries	Genotyp	15	95,25	17,64**
	Genotype			
	Błąd	32	5,40	
	Error			
Haploidy/100 zarodków Haploids/100 embryos	Genotyp	15	453,73	31,51**
	Genotype			
	Błąd	32	14,40	
	Error			
Haploidy/100 kwiatków Haploids/100 florets	Genotyp	15	28,46	13,49**
	Genotype			
	Błąd	32	2,11	
	Error			

** P ≤ 0,01

Tabela 2

Efektywność uzyskiwania roślin haploidalnych pszenicy poprzez krzyżowanie z kukurydzą
The efficiency of wheat haploid production by wheat × maize crosses

Genotyp pszenicy Wheat genotype	Rozrośnięte zalążnie/100 zapylnych kwiatków Ovaries/100 pollinated florets	Zarodki/100 rozrośniętych zalążni Embryos/100 ovaries	Haploidy/100 zarodków Haploids/100 embryos	Haploidy/100 zapylnych kwiatków Haploids/100 pollinated florets
Alidos × Kobra	64,61 ^{fg}	27,23 ^{bcd}	54,47 ^{bc}	9,70 ^{bcd}
Alidos × Kris	69,11 ^{def}	36,02 ^a	60,67 ^{ab}	13,90 ^a
Alidos × Mikon	76,44 ^{bc}	26,43 ^{bcd}	48,80 ^{cd}	10,00 ^{bcd}
Alidos × Elena	53,68 ^h	26,80 ^{bcd}	46,47 ^d	6,80 ^{efg}
Batis × Charger	76,29 ^{bc}	27,00 ^{bcd}	50,03 ^{cd}	10,30 ^{bcd}
Batis × Kris	67,71 ^{ef}	24,07 ^{de}	44,77 ^{de}	7,30 ^{ef}
Kornett × Elena	68,28 ^{ef}	19,30 ^{fg}	35,10 ^{fg}	5,43 ^{fghi}
Kornett × Kobra	69,22 ^{def}	20,93 ^{ef}	63,13 ^a	8,20 ^{de}
Alidos	65,34 ^{fg}	16,36 ^{gh}	29,74 ^{gh}	3,20 ^{ij}
Batis	73,66 ^{cde}	13,54 ^h	31,37 ^{gh}	3,10 ^{ij}
Charger	81,20 ^{ab}	25,56 ^{cd}	49,53 ^{cd}	10,70 ^{bc}
Elena	83,27 ^a	29,82 ^b	19,58 ⁱ	1,90 ^j
Kobra	66,30 ^{fg}	18,35 ^{fg}	39,17 ^{ef}	4,80 ^{ghi}
Kornett	81,02 ^{abc}	21,19 ^{ef}	34,07 ^{fgh}	5,80 ^{fgh}
Kris	87,04 ^a	28,81 ^{bc}	35,10 ^{fg}	8,80 ^{cde}
Mikon	61,12 ^g	24,52 ^{de}	28,16 ^h	4,20 ^{hij}

W kolumnach średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$

Within columns the means followed by the same letters do not differ significantly at $\alpha = 0.05$

U badanych genotypów obserwowano średnio 71,5% rozrośniętych załąźni, przy czym procent ten u mieszańców wahał się od 53,7 do 76,4, natomiast u form rodzicielskich był nieznacznie wyższy i przybierał wartości od 61,1 do 87,0. W powiększonych załąźniach znajdowało się średnio 24,1% zarodków (tab. 2). U form mieszańcowych procentowy udział zarodków w załąźniach wynosił średnio 26,0 i był nieznacznie wyższy od średniej dla odmian wyjściowych (22,3%). Uwagę zwracają mieszańce Alidos × Kobra i Alidos × Kris, u których zaobserwowano istotnie więcej zarodków niż u odmian rodzicielskich. Procent uzyskanych roślin haploidalnych w stosunku do przeszczepionych zarodków u mieszańców wynosił od 35,1 do 63,1 (średnio 50,4), natomiast u form rodzicielskich od 28,2 do 49,5 (średnio 33,3). Najwięcej roślin haploidalnych na 100 zarodków uzyskano z mieszańców Kornett × Kobra (63,1) i Alidos × Kris (60,7). Można zauważyć, że we wszystkich ośmiu analizowanych kombinacjach krzyżówkowych mieszańce pod względem omawianej cechy okazały się lepsze od form rodzicielskich, przy czym tylko w dwóch przypadkach (Batis × Charger i Kornett × Elena) różnice te były nieistotne. Spośród ośmiu badanych kombinacji w pięciu przypadkach efektywność uzyskiwania haploidów z form mieszańcowych okazała się istotnie większa niż z ich odmian rodzicielskich. Różnice w efektywności między mieszańcami a lepszą z form rodzicielskich największe były w kombinacjach Alidos × Mikon (5,8%), Alidos × Kris (5,1%) i Alidos × Kobra (4,9%).

Należy zaznaczyć, iż mimo występowania różnic między genotypami pszenic formy haploidalne uzyskano ze wszystkich badanych odmian i mieszańców. Fakt ten wskazuje na przewagę metody haploidyacji pszenicy poprzez krzyżowanie z kukurydzą nad haploidyacją metodą kultur pylnikowych. W przypadku kultur pylników istnieją bowiem genotypy odporne, które nie poddają się indukcji androgenicznej. Dla takich genotypów krzyżowanie z kukurydzą może być jedyną drogą uzyskania form haploidalnych (Laurie, 1989; Laurie i in., 1990; Suenaga, 1994).

WNIOSKI

Wyższa efektywność uzyskiwania form haploidalnych z mieszańców F_1 w porównaniu z formami wyjściowymi wynikała z większej liczby zawiązywanych i rozwijających się w kulturach *in vitro* zarodków. Fakt ten wskazuje, że w praktyce hodowlanej można metodą krzyżowań z kukurydzą uzyskać haploidy ze wszystkich genotypów, w tym także z mieszańców między formami o niskiej efektywności krzyżowań z kukurydzą.

LITERATURA

- Adamski T., Ponitka A., Surma M., Ślusarkiewicz-Jarzina A. 2001. Otrzymywanie linii podwojonych haploidów u zbóż, instrukcja wdrożeniowa. IGR PAN, Poznań.
- Barclay I. R. 1975. High frequencies of haploid production in wheat (*Triticum aestivum* L.) by chromosome elimination. *Nature* 256: 410 — 411.
- Gamborg O. L., Miller R. A., Ojima K. 1968. Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Exp. Cell Res.* 50: 157 — 158.
- Laurie D. A., Bennett M. D. 1986. Wheat × maize hybridization. *Can. J. Genet. Cytol.* 28: 313 — 316.

- Laurie D. A., Bennett M. D. 1988. The production of haploid wheat plants from wheat × maize crosses. *Theor. Appl. Genet.* 76: 393 — 397.
- Laurie D. A., Bennett M. D. 1989. The timing of chromosome elimination in hexaploid wheat × maize crosses. *Genome* 32: 953 — 961.
- Laurie D. A., O'Donoghue L. S., Bennet M. D. 1990. Wheat × maize and other wide sexual hybrids: Their potential for genetic manipulation and crop improvement. In: *Gene Manipulation in Plant Improvement. II Proc. 19th Stadler Genet. Symp.* J. P. Gustafson (ed.), Plenum Press, New York: 95 — 126.
- Lefebvre D., Devaux P. 1996. Doubled haploids of wheat × maize crosses: genotypic influence, fertility and inheritance of the 1BL-1RS chromosome. *Theor. Appl. Genet.* 93: 1267 — 1273.
- Lei Z. S., Zhou Y., Hai Y., He X. C., Lin Z. J., Zhang S.C., Yang H. M., Huang B. Y., Lai Q. R. 1996. Efficient wheat haploid production by wheat × maize. *Proc. of 5th International Wheat Conference*, Ankara, Turkey, 374.
- Suenaga K. 1994. Doubled haploid system using the intergeneric crosses between wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.). *Bulletin of the National Institute of Agrobiological Resources (Japan)* 9: 83 — 139.
- Wędzony M., Marcińska I., Ponitka A., Ślusarkiewicz-Jarzina A., Woźna J. 1998. Production of doubled haploids in triticale (*X Triticosecale* Wittm.) by means of crosses with maize (*Zea mays* L.) using Picloram and Dicamba. *Plant Breed.* 117: 211 — 215.
- Wędzony M., Van Lammeren A. A. M. 1996. Pollen tube growth and early embryogenesis in wheat × maize crosses influenced by 2,4-D. *Annals of Botany* 77: 639 — 649.

HANNA SULEWSKA

Katedra Uprawy Roli i Roślin

Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu

Charakterystyka 22 genotypów pszenicy orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) pod względem wybranych cech

Characterization of 22 spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) genotypes relating to some features

Badania prowadzono w latach 2000–2001 oraz 2001–2002 na poletkach doświadczalnych Akademii Rolniczej w Poznaniu. Porównywano 22 genotypy formy ozimej pszenicy orkisz oceniając przebieg wegetacji, wysokość roślin, liczbę źdźbeł, liczbę kłosów, produktywność kłosa i rośliny, porażenie mączniakiem prawdziwym i rdzą brunatną. Badane formy pszenicy orkisz wykazywały dużą zmienność produktywności oraz cech morfologicznych roślin i kłosów. Spośród badanych form najwyżej plonowały: Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22), Oberlaender (nr 2), Spelt inz Drogendijk (nr 4) i HTRI 9631/75 SKL (nr 16). Wśród badanych genotypów wystąpiły 3 wykazujące podwyższoną odporność na rdzę brunatną oraz mączniaka prawdziwego: Spelt. inz Drogendijk (nr 4), Ostro (nr 8) oraz HTRI 16981/95 SKL (nr 21). Wykazano, że ze względu na najwyższą produktywność kłosa i rośliny, dużą odporność na mączniaka i średnią na rdzę brunatną, odmiana Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22), wydaje się charakteryzować najwyższą wartością gospodarczą spośród badanych form pszenicy orkisz.

Słowa kluczowe: odmiany ozime, pszenica orkisz, zdolność produkcyjna

Trials were conducted in the experimental field of Agricultural University in Poznań in 2000–2001 and 2001–2002. Twenty-two genotypes of winter spelt were compared regarding vegetation period, plant height, number of stems and spikes, yield per spike and plant, resistance to powdery mildew and brown rust infestation. High variability of plant and spike productivity and of other morphological characters was found. The highest yields among tested genotypes were obtained with Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (no. 22), Oberlaender (no. 2), Spelt inz Drogendijk (no. 4) and HTRI 9631/75 SKL (no. 16). Three genotypes: Spelt. inz Drogendijk (no. 4), Ostro (no. 8) and HTRI 16981/95 SKL (no. 21) expressed high resistance to brown rust and powdery mildew. Variety Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (no. 22) showed the highest economic value among the tested spelt forms, due to the highest plant and spikes yields as well as high resistance to powdery mildew and brown rust.

Key words: economic value, spelt, winter varieties

WSTĘP

Pszenica orkisz jest uprawiana w Europie od ok. 3000 lat, szczególnie popularna w Niemczech, Austrii i Szwajcarii. Może być stosowana jako zboże pastewne zamiennie z owsem i jęczmieniem. Jej wartość odżywcza jest podobna jak owsa. Zboże to jest bardzo cenne dla rolnictwa ekologicznego oraz do uprawy na terenach o podwyższonych wymaganiach ekologicznych (Kling, Utz, 1991; Eusterschulte, Kant, 1995). W mniej sprzyjających warunkach uprawy maleje różnica w plonowaniu pomiędzy pszenicą zwyczajną a pszenicą orkisz (Castagna i in., 1996), natomiast w rejonach wilgotnych i zimnych pszenica orkisz plonuje nawet wyżej niż pszenica zwyczajna (Rimle i in., 1995).

Obecne zainteresowanie uprawą pszenicy orkisz wynika z nadprodukcji zbóż podstawowych, wprowadzania technologii przyjaznych środowisku oraz rosnącego zainteresowania konsumentów nowymi produktami. Pszenica orkisz w porównaniu z pszenicą zwyczajną ma większą zawartość białka i związków mineralnych, jest odporniejsza na choroby źdźbła i kłosa oraz bardziej tolerancyjna na niesprzyjające warunki środowiskowe. Może wytworzyć zadawalający plon również w rejonach i warunkach mniej sprzyjających. Pszenica orkisz ma lepszą zdolność przystosowawczą i wartość odżywczą w warunkach ekstensywnej uprawy (Eusterschulte, Kant, 1995). Uprawiany jest w Europie (północna Hiszpania) od epoki żelaza (1000 p.n.e.; Oliveira, 2001).

Również w Polsce wzrasta ostatnio zainteresowanie uprawą pszenicy orkisz, co wiąże się z wysoką zawartością dobrze przyswajalnego białka (13–17%) oraz z jakością glutenu (Ostrowska, 1993). Uprawą pszenicy orkisz w Polsce zajmują się głównie gospodarstwa ekologiczne.

Celem podjętych badań było poznanie 22 genotypów ozimych pszenicy orkisz oraz określenie ich wartości gospodarczej.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w dwóch latach 2000–2001 oraz 2001–2002 na polu doświadczalnym przy Katedrze Uprawy Roli i Roślin Akademii Rolniczej w Poznaniu. Doświadczenia założono metodą bloków losowanych. Poletka składały się z pojedynczych rzędów o długości 1,1 m, a odległość między rzędami wynosiła 30 cm. W obu latach wysiewano po 30 dorodnych kłosek w dwóch powtórzeniach. Przebadano 22 genotypy pszenicy orkisz, pochodzące z banku genów IHAR w Radzikowie pod Warszawą oraz z banku genów Institute of Plant Genetics and Plant Research w Gatersleben w Niemczech. Badano następujące formy ozime pszenicy orkisz (*Triticum spelta*):

- Bastard,
- Oberlaender,
- 001950 — Radzików,
- Spelt. inz Drogendijk,
- Schwabenkorn,
- Österreichischer Burgdorf 1,
- Stickhof,

- Ostro,
- Weisser W. Gran. aus Hohenheim,
- Schweizer Alt Gold,
- Baulander,
- Vögelers Dinkel Weiss,
- Zeiners Weißer Schlegeldinkel (*T. spelta* L. var. *album* Alef.),
- Blauer Wi. Kolbendinkel (*T. spelta* L. var. *alefeldii* Körn.),
- HTRI 4613 / 75 SKL (*T. spelta* L. var. *album* Alef.),
- HTRI 9631 / 75 SKL (*T. spelta* L. var. *alefeldii* Körn.),
- HTRI 4629 / 75 SKL (*T. spelta* L. var. *alefeldii* Körn.),
- Weißer Wi.-Grannen Dinkel aus Hohenheim,
- HTRI 4473 / 93 SKL (*T. spelta* L. var. *ardui* Mazz),
- Schwarzer Beh. Wi. — Kolbendinkel aus Nördlingen,
- HTRI 16981 / 95 SKL (*T. spelta* L. var. *duhamelianum* Mozz.),
- Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (*T. spelta* L. var. *albispictum* = *album*).

Przebieg wegetacji, wysokość roślin, liczbę źdźbeł, liczbę kłosów, produkcyjność oceniano na wszystkich roślinach, natomiast zdrowotność, budowę kłosa na 10 losowo wybranych. Porażenie roślin oceniano jako procent powierzchni porażenia liści flagowego i podflagowego. Doświadczenia prowadzono na glebie płowej wytworzonej z piasków gliniastych lekkich.

WYNIKI

Przebieg warunków pogodowych w drugim roku badań (2001–2002) był korzystniejszy z uwagi na lepsze majowe zaopatrzenie roślin w wodę oraz mniejszą ilość opadów w okresie dojrzewania roślin. Natomiast dla początkowego rozwoju roślin orkisz lepsze warunki wystąpiły jesienią 2000 roku (tab. 1).

Tabela 1

Przebieg warunków pogodowych w okresie prowadzenia doświadczeń Weather conditions in the experimental period

Miesiąc Month	2000–2001		2001–2002		Średnio — Mean	
	średnia temperatura mean temperature	suma opadów sum of precipitation	średnia temperatura mean temperature	suma opadów sum of precipitation	średnia temperatura mean temperature	suma opadów sum of precipitation
X	12,1	19,5	12,0	23,2	12,1	21,4
XI	6,7	58,3	3,5	21,5	5,1	39,9
XII	2,5	53,7	-1,3	40,5	0,6	47,1
I	0,3	19,6	0,8	36,7	0,6	28,2
II	0,7	16,7	3,8	74,4	2,23	45,6
III	2,8	56,8	4,8	49,6	3,8	53,2
IV	8,4	32,7	9,0	49,0	8,7	40,9
V	15,0	8,4	17,3	53,9	16,2	31,2
VI	15,5	52,9	18,1	43,9	16,8	48,4
VII	20,2	96,3	20,5	38,1	20,4	67,2
VIII	20,0	36,0	21,3	81,5	20,7	58,8

Długości wegetacji od siewu do dojrzałości woskowej badanych genotypów orkiszu pszennego wahała się od 268–282 dni w roku 2000–2001 oraz od 266–276 dni w drugim roku badań (tab. 2). Odmiana Zeiners Weißer Schlegeldinkel (*T. spelta* L. var *album* Alef.) (nr 13) w obu latach charakteryzowała się zdecydowanie dłuższym okresem wegetacji niż pozostałe formy. Najkrótszym okresem wegetacji w obu latach charakteryzowały się Stickhof (nr 7), HTRI 4629/75SKL (nr 17) oraz Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22). Fazy rozwoju wegetatywnego przebiegały bardzo podobnie, różnice pomiędzy formami pojawiły się dopiero od fazy kłoszenia.

Tabela 2

**Fazy rozwoju generatywnego w skali 100 punktowej genotypów orkiszu pszennego
(liczba dni od siewu)**

Generative phases of spelt genotypes in a 100-grade scale (in numbers of days from sowing)

Genotyp Genotype	2001						2002					
	faza nr — phase						faza nr — phase no.					
	51	55	61	65	69	85	51	55	61	65	69	85
1	229	233	235	237	239	270	220	222	223	226	235	270
2	229	234	239	242	245	275	220	223	225	227	230	270
3	224	229	237	240	242	273	220	221	223	225	230	269
4	224	229	237	240	242	273	222	224	228	230	235	269
5	224	229	237	240	242	273	219	221	223	225	230	268
6	224	229	237	240	242	273	219	221	223	225	229	269
7	220	226	234	237	239	269	216	218	220	222	230	266
8	224	229	237	240	242	273	221	223	225	228	230	269
9	224	229	237	240	242	273	218	220	222	223	230	268
10	224	229	234	237	239	270	220	223	225	228	230	269
11	228	232	234	236	240	272	223	225	227	228	230	269
12	228	231	237	240	243	274	223	226	228	230	232	268
13	232	237	245	248	251	282	228	230	232	235	237	276
14	229	232	234	237	239	270	223	225	227	230	234	270
15	224	229	237	240	242	273	220	222	225	228	230	269
16	228	232	234	236	238	269	224	226	228	230	232	269
17	220	226	234	237	239	269	216	218	221	223	230	266
18	224	229	234	236	238	269	218	222	226	228	230	269
19	226	233	237	240	242	273	223	225	228	230	232	270
20	226	233	235	237	240	272	223	225	227	229	230	268
21	224	229	233	237	240	272	220	222	225	228	231	269
22	224	229	233	235	237	268	220	223	226	228	231	268

Faza; phase 51 początek kłoszenia; beginning of heading
 Faza; phase 55 pełnia kłoszenia; full heading
 Faza; phase 61 początek kwitnienia; beginning of flowering
 Faza; phase 65 pełnia kwitnienia; full flowering
 Faza; phase 69 koniec kwitnienia; end of flowering
 Faza; phase 85 dojrzałość woskowa; wax maturity

Badane genotypy orkiszu pszennego charakteryzowały się dużą zmiennością w zakresie krzewienia. Współczynnik krzewienia ogólnego wahał się od 2,46 Österreichischer Burgrdorf 1 (nr 6) do 5,65 Vögelers Dinkel Weiss (nr 12) (tab. 3). Natomiast najwyższy współczynnik krzewienia produkcyjnego wystąpił u odmiany Weißer Wi.-Grannen dinkel aus Hohenheim (nr 18). Wykazane różnice były istotne statystycznie.

Tabela 3

Wybrane cechy roślin badanych genotypów orkiszu
Some characters of plants in spelt genotypes

Genotyp Genotype	Współczynnik krzewienia ogólnego Total tillering coefficient	Współczynnik krzewienia produkcyjnego Productive tillering coefficient	Plon ziarna jednej rośliny 1 plant grain yield (g)	Masa jednej rośliny 1 plant weight (g)
1	4,13	3,23	3,23	15,5
2	4,08	3,99	4,30	16,4
3	3,13	2,49	3,10	12,2
4	5,18	4,28	4,38	17,8
5	3,43	2,76	3,80	14,6
6	2,46	2,29	2,32	12,8
7	2,68	2,24	2,72	14,1
8	3,23	2,22	2,54	15,2
9	4,09	3,20	1,77	10,9
10	4,55	3,07	2,51	19,4
11	4,13	2,63	2,25	14,8
12	5,65	3,74	3,80	16,4
13	2,66	2,25	1,77	14,7
14	5,06	3,67	3,39	24,2
15	4,13	2,56	1,64	19,5
16	5,31	3,75	4,48	24,4
17	4,69	3,42	2,21	18,7
18	5,37	4,53	3,38	20,0
19	4,53	3,65	3,40	24,2
20	4,00	3,13	3,95	20,2
21	3,91	3,38	3,97	21,0
22	4,17	3,69	5,25	25,6
Średnio Mean	4,12	3,19	3,19	17,8
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	1,929	1,596	1,28	5,78

Odmiana Spelt inz Drogendijk (nr 4) wyróżniała się połączeniem bardzo wysokiego współczynnika krzewienia produkcyjnego z jednoczesnym wysokim plonem ziarna uzyskanym z jednej rośliny. Do form o statystycznie udowodnionym, najwyższym plonie jednej rośliny należały: Oberlander (nr 2), Spelt inz Drogendijk (nr 4), HTRI 9631/75 SKL (nr 16), oraz Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22). Poziom plonowania jednej rośliny nie zawsze łączył się z jej masą. U odmiany Spelt inz Drogendijk (nr 4) wysokie plony ziarna łączyły się z istotnie niższą masą rośliny, przeciwnie niż u odmiany Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22), której rośliny obok najwyższych plonów ziarna charakteryzowały się również najwyższą masą. Odmiana Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22) wyróżniała się ponadto liczbą ziaren jednego kłosa, produktywnością kłosa oraz masą 1000 ziaren (tab. 4), pod względem tych cech mieszcząc się w grupie o istotnie najwyższym przedziale wartości. Istotnie najwyższą liczbą ziaren w kłosie charakteryzowały się: HTRI 4473/93 SKL (nr 19), Schwarzer Beh. Wi. (nr 20), oraz wspomniana odmiana Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22). Plon ziarna z jednego kłosa zmieniał się od 0,37g — Weisser W. Gran. aus Hohenheim (nr 9) do 1,08g — Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22). Odmiana Schwarzer Beh. Wi. (nr 20) w doświadczeniu wyróżniała się liczbą ziaren w kłosie oraz produktywnością kłosa. Masa

1000 ziaren wahała się od 35,0g — Weisser W. Gran. aus Hohenheim (nr 9) do 53,8g — Ostro (nr 8). Do form wyróżniających się dużą masą 1000 ziaren należały obok wymienionej odmiany Ostro, Schwabenkorn (nr 5), Stickhof (nr 7), Vögelers Dinkel Weiss (nr 12), HTRI 16981/95 SKL (nr 21), oraz Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22).

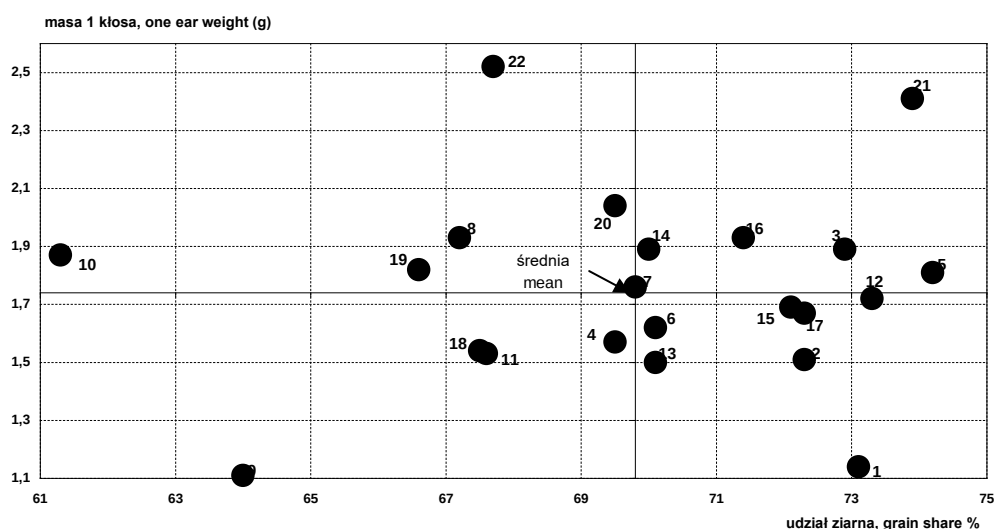
Tabela 4

Wybrane cechy kłosa badanych form orkiszu
Some characters of ears in spelt forms

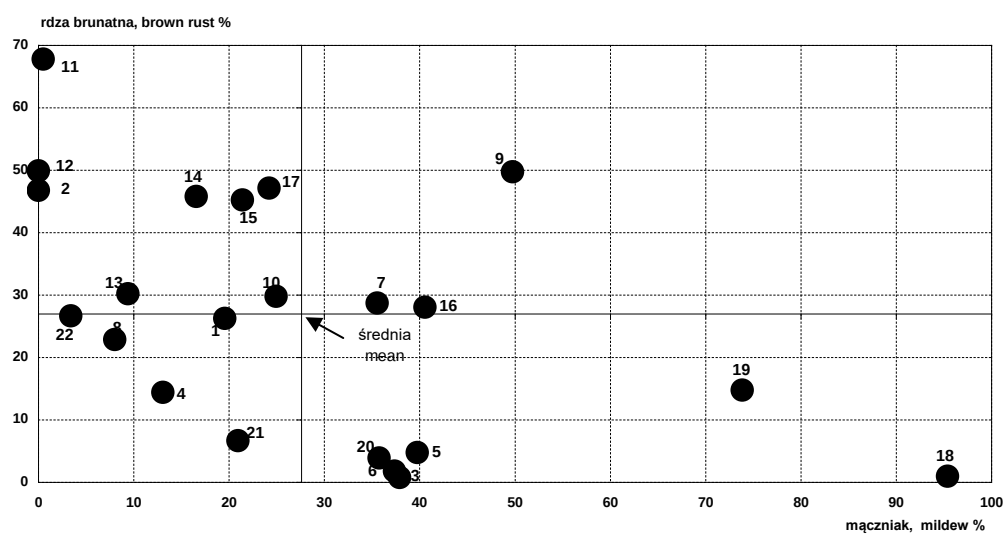
Genotyp Genotype	Liczba ziaren 1 kłosa No. of grains per ear	Plon ziarna 1 kłosa Grain yield per ear (g)	MTZ Weight of 1000 grains (g)	Zbitość kłosa Ear compactness	% udział plew w kłosach Glume contain in ears (%)
1	17,9	0,69	38,5	17,3	26,9
2	16,6	0,73	43,6	15,4	27,7
3	19,1	0,92	48,3	17,3	27,1
4	14,3	0,69	48,3	15,7	30,5
5	18,2	0,93	51,3	16,1	25,8
6	15,7	0,77	49,1	20,1	29,9
7	18,9	0,96	50,7	16,8	30,2
8	16,6	0,89	53,8	13,6	32,8
9	10,5	0,37	35,0	15,0	36,0
10	14,4	0,59	41,0	16,6	38,7
11	15,3	0,74	48,7	16,2	32,4
12	16,0	0,83	51,8	14,7	26,7
13	17,0	0,61	35,7	17,9	30,0
14	16,7	0,68	40,6	20,0	29,9
15	18,2	0,73	40,0	15,1	27,9
16	19,4	0,84	43,3	17,6	28,6
17	14,3	0,50	35,3	19,0	27,7
18	14,3	0,60	41,9	17,0	32,5
19	22,1	0,81	36,5	16,7	33,4
20	22,7	1,06	46,5	15,0	30,5
21	18,6	0,98	52,5	16,5	26,1
22	21,2	1,08	51,1	17,4	32,3
Średnio Mean	17,2	0,77	44,7	18,2	30,2
NIR _{0,05}	2,85	0,12	3,89	0,97	1,62
LSD _{0,05}					

Kłosa pszenicy orkisz są luźne, jednak wśród badanych form obserwowano zmienność w tym względzie (tab. 4). Zbitość kłosów w zależności od formy wahała się od 13,6 dla Ostro (nr 8) do 20,1 dla Osterreichischer Burgdorf 1 (nr 6). Do form o istotnie wyższej zbitości kłosa należała również odmiana Blauer Wi. Kolbendinkel (nr 14). Procentowy udział plew w kłosach wahał się od 25,8% — Schwabenkorn (nr 5) do 38,7 — Schweizer Alt Gold (nr 10). Do form o statystycznie potwierdzonym najmniejszym udziale plew w kłosie należały obok odmiany Schwabenkorn (nr 5), Bastard (nr 1), 001950 — Radzików (nr 3) Vögelers Dinkel Weiss (nr 12), HTRI 16981/95 SKL (nr 21). Spośród wymienionych genotypów tylko HTRI 16981/95 SKL (nr 21) zaliczała się również do grupy o najwyższej masie i plonie ziarna 1 kłosa (tab. 4, rys. 1). Do form o korzystnej budowie kłosa — duża masa kłosa i wysoki udział ziarna w kłosie obok HTRI 16981/95 SKL (nr 21) należały również

001950 — Radzików (nr 3), Schwabenkorn (nr 5) oraz HTRI 9631 / 75 SKL (nr 16) (rys. 1).



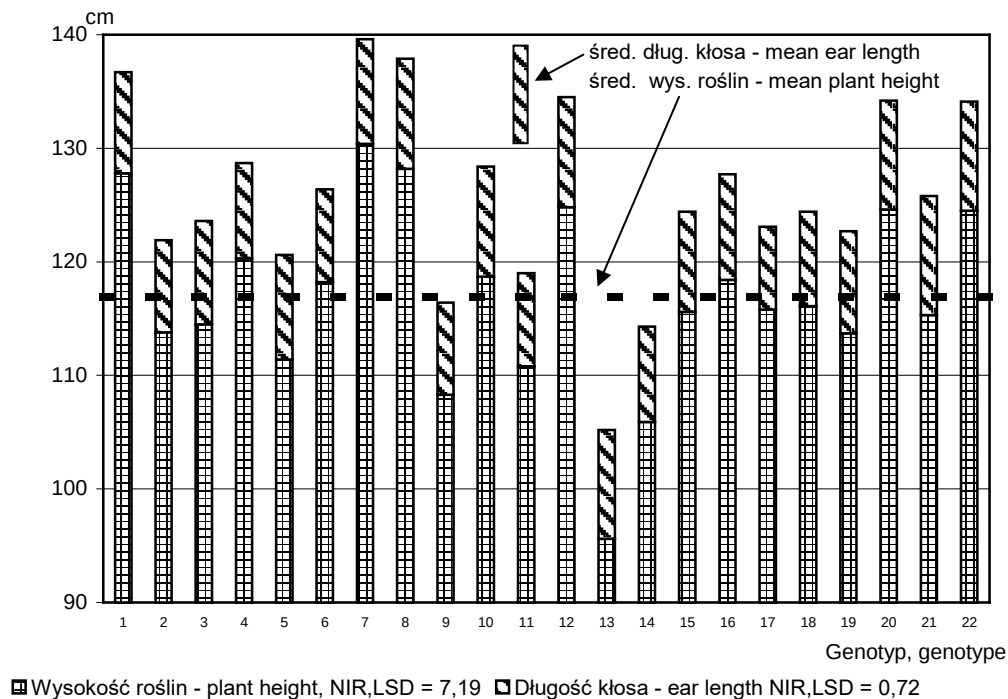
Rys. 1 Masa 1 kłosa (g) oraz udział ziarna w kłosie (%) u badanych genotypów orkiszu
Fig. 1 One ear weight (g) and grain content in ear (%) in tested spelt genotypes



Rys. 2. Porażenie mączniakiem prawdziwym oraz rdzą brunatną (%) liści flagowego i podflagowego
badanych genotypów orkiszu pszennego
Fig. 2. Powdery mildew and brown rust infestation (%) on flag and under flag leaves in tested spelt
genotypes

Rośliny pszenicy orkisz mniej porażają się niż pszenicy zwyczajnej. W 2002 roku wystąpiło jednak dość duże (zdecydowanie większe niż w 2001r) nasilenie rdzy brunatnej i mączniaka prawdziwego. Pozwoliło to na analizę badanych form pod względem odporności na te patogeny. Odmiany Oberlaender (nr 2), Vögelers Dinkel Weiss (nr 12) oraz Baulander (nr 11) charakteryzowały się odpornością na mączniaka prawdziwego, natomiast dość znacznie porażały się rdzą brunatną (rys. 2). Natomiast genotypy 001950 — Radzików (nr 3) oraz Weißer Wi.-Grannen Dinkel aus Hohenheim (nr 18), przeciwnie wykazywały dużą odporność na rdzę brunatną, a stosunkowo silnie atakowane były przez mączniaka prawdziwego. Wśród badanych form znalazły się 3, które były zdecydowanie mniej porażone przez oba patogeny, dla których procent porażenia był niższy niż średni w doświadczeniu. Interesującymi były formy wykazujące podwyższoną odporność na obie choroby: Spelt. inz Drogendijk (nr 4), Ostro (nr 8) oraz HTRI 16981/95 SKL (nr 21). Odmiana Waggerhauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22), charakteryzująca się najwyższą produktywnością kłosa i rośliny, wykazywała dużą odporność na mączniaka i średnią na rdzę brunatną.

Badane genotypy pszenicy orkisz różniły się długością kłosa oraz wysokością roślin (rys. 3).



Rys. 3. Wysokość roślin i długość kłosów (cm) badanych genotypów orkiszu
Fig. 3. Plant height and ear length (cm) in tested spelt genotypes

Najniższe rośliny średnio 130,4 cm, charakteryzowały odmianę Zeiners Weißer Schlegeldinkel (nr 13), natomiast najwyższe — 95,6 cm — Stickhof (nr 7). Do grupy o najwyższych roślinach należały również Bastard (nr 1), Schwarzer Beh. Wi. (nr 20) oraz Wagershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22). Forma o najwyższej produkcyjności kłosa i rośliny Wagershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22) w warunkach Wielkopolski należała do grupy najwyższych i o długim kłosie. Długość kłosa w doświadczeniu wahała się od 7,3 cm — HTRI 4629 / 75 SKL (nr 17) do 10,5 cm — HTRI 16981/95 SKL (nr 21).

DYSKUSJA

Całkowity rozwój wegetatywny i generatywny orkisz przebiega wolniej niż pszenicy zwyczajnej, we wszystkich fazach od wschodów do dojrzałości pełnej, a różnice wynoszą 4–8 dni w stosunku do pszenicy (Hein, 1989). Jak podaje Rüegger i wsp. (1990). Orkisz później wchodzi w 4 stadium organogenezy (koniec krzewienia), a więc okres różnicowania się kłosek jest krótszy. Za tym dłuższy okres rozwoju wegetatywnego skutkuje mniejszą liczbą ziaren w kłosie. Różnica w długości okresu rozwoju wegetatywnego, mierzona do początku strzelania w źdźbło, pomiędzy badanymi formami wynosiła 12 dni. Wśród badanych genotypów największa liczba ziaren w kłosie łączyła się z krótszym okresem do początku kłoszenia, co wydaje się potwierdzać wyżej przytoczone badania niemieckie. Przykładem może być odmiana Wagershauser Hohenh. Weißer Kolben (22), która charakteryzowała się najkrótszym okresem wegetacji i należała do odmian o największej liczbie ziaren w kłosie. Natomiast przeciwnie odmiana wyróżniająca się długą wegetacją — Zeiners Weißer Schlegeldinkel (13), posiadała średnią liczbą ziaren w kłosie.

W badaniach amerykańskich (Stallknecht i in., 1996), prowadzonych w rejonie posywnym rośliny orkisz potrzebowały od 154–166 dni do osiągnięcia fazy kłoszenia, podczas gdy w badaniach własnych okres ten był znacznie dłuższy 226–237 dni, co wskazuje na bardzo dużą zmienność pod wpływem warunków środowiska.

Porównując badania własne z czeskimi (Modry, 1998, 1999), w których uczestniczyły dwie wspólne odmiany Ostro (8) i Altgold (10) należy stwierdzić ogromny wpływ warunków uprawy na wartość badanych cech. Spośród 7 cech zaledwie w dwóch przypadkach uzyskano takie same relacje tzn. niezależnie od miejsca badań odmiana Altgold miała większą zbitość kłosa i wyższy udział plew w plonie kłosek niż Ostro. Analiza takich cech, jak: liczba ziaren w kłosie, masa kłosa, masa ziarna 1 kłosa, MTZ wykazała wyższe wartości dla odmiany Altgold w warunkach czeskich, natomiast Ostro w warunkach Wielkopolski. Długość kłosa w badaniach własnych była bardzo zbliżona dla obu odmian, natomiast w badaniach Moudry'ego dłuższe kłosa wystąpiły u odmiany Ostro. Średnia wartość masy 1000 ziarniaków dla odmian z doświadczenia własnego była podobna jak w doświadczeniach Palysa i Łabudy (1997), natomiast mniejsza niż uzyskana dla większości badanych odmian w doświadczeniach czeskich (Moudry 1998, 1999).

Rośliny w doświadczeniu własnym były dorodniejsze niż w badaniach Palysa i Łabudy (1997), a pojedyncze źdźbło wraz z kłosem ważyło średnio 4,3g, podczas gdy w cytowanej pracy 2,6g, co wynika zapewne z zastosowania niższej obsady roślin.

W posiadanym materiale badawczym wystąpiły genotypy orkiszu ozimego odporne na mączniaka prawdziwego (2, 11, 12) oraz na rdzę brunatną (3, 18). Ciekawymi formami były zachowujące podwyższoną odporność zarówno na mączniaka, jak i na rdzę (4, 8, 21). Dla tych genotypów procent porażenia chorobami, który obserwowano na liściu flagowym i podflagowym był niższy od średniego. Badania amerykańskie nad zdrowotnością roślin orkiszu jarego wskazały na występowanie odporności na choroby w tym na rdzę żdźbłową (*Puccinia graminis*) (McVey, 1990; McVey i Leonard, 1990).

Wyróżniającą się odmianą w przeprowadzonych doświadczeniach była Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22), charakteryzowała się bowiem najwyższą produktywnością kłosa i rośliny, dużą odpornością na mączniaka i średnią na rdzę brunatną.

WNIOSKI

1. Badane genotypy pszenicy orkisz wykazywały dużą zmienność produktywności oraz cech morfologicznych roślin i kłosów.
2. Spośród badanych form najwyżżej plonowały: Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22), Oberlander (nr 2), Spelt inz Drogendijk (nr 4), HTRI 9631/75 SKL (nr 16).
3. Wśród badanych genotypów wystąpiły 3 wykazujące podwyższoną odporność na rdzę brunatną oraz mączniaka prawdziwego: Spelt. inz Drogendijk (nr 4), Ostro (nr 8) oraz HTRI 16981/95 SKL (nr 21).
4. Ze względu na najwyższą produktywność kłosa i rośliny, dużą odporność na mączniaka i średnią na rdzę brunatną, odmiana Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben (nr 22), wydaje się być godną zainteresowania i przeprowadzenia szerszej oceny w warunkach polowych.

LITERATURA

- Castagna R., Minoia C., Porfiri O., Rocchetti G. 1996. Nitrogen level and seeding rate effects on the performance of hulled wheats *Triticum monococcum* L., *T. dicoccum* Schübler and *T. spelta* L. evaluated in contrasting agronomic environments. J. Agron. Crop Sci. 176: 173 — 181.
- Eusterschulte B., Kahnt G. 1995. Ertragsleistung verschiedener Sorten von Dinkel, Winterroggen und Winterweizen unter extensiven Produktionsbedingungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 8: 279 — 282.
- Hein W. 1989. Dinkel in Grenzlagen des Getreidebaues. Der Förderungsdienst. Heft 2 (37): 54 — 55.
- Kling CH. I., Utz H. F. 1991. „Evaluierung eines Genbank-Sortiments im Rahmen der Hohenheimer Dinkelzüchtung, Bericht über die 42. Arbeitstagung 1991 der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter im Rahmen der Vereinigung österreichischer Planzenzüchter BAL Gumpenstein, 26–28. November 1991.
- McVey D. V. 1990. Reaction of 578 spring spelt wheat accessions to 35 races of wheat stem rust. Crop Sci. 30 (5): 1001 — 1005.
- McVey D. V., Leonard K. J. 1990. Resistance to wheat stem rust in spring spelts. Plant Disease 74 (12): 966 — 969.
- Moudrý J. 1998. Charakteristika vybranych odrud psenice spaldy *Triticum spelta*. Proceedings of the International Conference, Brno, Czech Republic 3–4: 224 — 226.
- Moudry J. 1999. Productivity of spelt wheat (*Triticum spelta*) spike. Scientia Agriculturae Bohemica (Czech Republic) 30 (1): 15 — 26.
- Oliveira. 2001. North Spanish emmer and spelt wheat landraces: agronomical and grain quality characteristic evaluation. FAO — IPGRI Issue No. 125: 16 — 20.
- Ostrowska D. 1993. Orkisz pszenny cennym surowcem piekarskim. Agrochemia 8: 11.

- Pałys E., Łabuda S. 1997. Yielding and elemental composition of spelt wheat grain and straw Rachis. Barley and Wheat Newsletter, 16 (1/2): 67 — 70.
- Rimle R., Rüegger A., Schmid J., Stamp P. 1995. Vergleich von Weizen und Dinkel sowie ihrer F₁-Hybriden. Agrarforschung 2 (11/ 12): 512 — 515.
- Stallknecht G. F., Gilbertson K. M., Ranney J. E. 1996. Alternative wheat cereals as food grains: einkorn, emmer, spelt, kamut, and triticale. Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA. 3: 156 — 170.
- Rüegger A., Winzeler H., Nösberger J. 1990. Die Ertragsbildung von Dinkel (*Triticum spelta* L.) und Weizen (*Triticum aestivum* L.) unter verschiedenen Freilandbedingungen. J. Agron. Crop Sci. 164: 145 — 152.

GRAŻYNA PODOLSKA

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Efektywność agrotechnicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonowania pszenicy ozimej

Effectiveness of agricultural practices in exploitation of the potential of winter wheat yielding

W pracy przeanalizowano wpływ podstawowych czynników agrotechnicznych takich jak: termin siewu, ilość wysiewu i nawożenie azotem na wielkość plonu i kształtowanie cech jego struktury i budowy łanu. Stwierdzono, że ujawnienie się potencjalnych możliwości plonotwórczych odmian możliwe jest przy dostosowaniu czynników agrotechnicznych do wymagań odmiany.

Słowa kluczowe: budowa łanu, czynniki agrotechniczne, odmiana, plonowanie, pszenica ozima, struktura plonu

The paper analyses the effect of the main agrotechnical measurements, including sowing time, sowing density and nitrogen fertilization, on grain yield, yield components (number of heads per area unit, grain yield per head, grain yield per plant, number of kernels per head, number of kernels per plant, weight of 1000 grains) and stand architecture. It was found that genetically determined yield potential of winter wheat cultivars is very big and can be utilized in agrotechnical practices provided that agrotechnical factors are adequate to cultivars requirements.

Key words: agrotechnical measurements, cultivation, grain yield, stand architecture, winter wheat, yield components

WSTĘP

Poziom plonowania zbóż w tym pszenicy ozimej jest wynikiem współdziałania łanu roślin ze środowiskowymi warunkami ich wzrostu oraz przebiegiem pogody (Listowski, 1985). Każda odmiana charakteryzuje się genetycznie uwarunkowaną plennością, oraz specyficznymi wymaganiami środowiskowymi spełnienie, których umożliwia realizację możliwości plonotwórczych. Badania fizjologiczne (Nalborczyk, 1991) wskazują, że ponad 90% biomasy roślin zbożowych powstaje w procesie fotosyntezy CO₂. Nalborczyk (1991) uwzględniając wielkość wytwarzanej powierzchni asymilacyjnej i pełną realizację procesu fotosyntezy łanu pszenicy wskazuje, że całkowite wykorzystanie energii

słonecznej docierającej do powierzchni Polski umożliwiłoby wytworzenie plonu w granicach 50 t suchej masy z powierzchni 1 ha, w tym plonu rolniczego (ziarna) około 20 t/ha. Porównanie wymienionych możliwości z uzyskiwanymi plonami wskazuje, że niezakłócony proces fotosyntezy nie może być uznany za czynnik limitujący plonowanie zbóż w Polsce.

Wyniki doświadczeń mikropoletkowych, w których wyeliminowano konkurencję chwastów i wyleganie oraz kontrolowano porażenie przez choroby i szkodniki wskazują na możliwość uzyskania plonu podstawowego w granicach 13–15 t/ha. Również plon z doświadczeń odmianowych COBORU i stacji doświadczalnych instytutów rolniczych oraz czołowych gospodarstw rolniczych oscyluje w granicach 10 t/ha (Ruszkowski, 1988). Dowodzi to, że genetyczne możliwości odmian uprawianych w kraju nie limitują poziomu plonów uzyskanych w praktyce.

Czynnikami ograniczającymi plonowanie są więc niekorzystne warunki wzrostu, w dużej mierze wywołane błędami agrotechnicznymi i niekorzystnym przebiegiem pogody oraz oddziaływanie patogenów (Listowski, 1985; Ruszkowski, 1988).

Plon jest funkcją liczby kłosów, liczby ziaren w kłosie i MTZ. W niniejszym artykule omówiono na podstawie badań własnych wpływ najważniejszych zabiegów agrotechnicznych wpływających na wzrost i rozwój — terminu siewu, gęstości siewu i nawożenia azotem — na kształtowanie się parametrów struktury rośliny i budowy łanu oraz związek z plonowaniem.

TERMIN SIEWU

Zróznicowanie terminu siewu związane jest ściśle ze zmianą długości dnia i temperatury powietrza w okresie początkowego rozwoju roślin. Pszenica wysiana w terminie optymalnym krzewi się przy dniu krótkim (jesień), co powoduje wydłużenie się faz krzewienia i strzelania w źdźbło. Opóźnienie terminu siewu powoduje skutek obniżającej się temperatury spowolnienie tempa wschodów oraz ukazania się kolejnych liści. Pszenica ozima wysiana z miesięcznym opóźnieniem w stosunku do terminu optymalnego zwykle w jesieni nie osiąga fazy krzewienia. Zatem okres wschody-krzewienie tych roślin wydłuża się do wiosny, kiedy długość dnia jest większa o ponad 3 godziny. W tych warunkach rośliny otrzymują informację o charakterze bodźca umożliwiającą przejście do fazy strzelania w źdźbło, co gwałtownie skraca długość fazy krzewienia i prowadzi do redukcji liczby pędów kłosonośnych na roślinie, a w rezultacie do mniejszej obsady kłosów na powierzchni gleby. Długość fazy krzewienia ma również wpływ na morfogenezę pędów kłosonośnych, tj. na inicjację, różnicowanie, segmentację i wałeczkowanie stożków wzrostu.

Opóźnienie terminu siewu powoduje również późniejsze osiągnięcie fazy strzelania w źdźbło. W rezultacie faza strzelania w źdźbło przebiega przy wyższej temperaturze, powodującej jej skrócenie, co niekorzystnie wpływa na wykształcenie kłosek i kwiatków w kłosie (tab. 1).

Mechanizm oddziaływania terminu siewu ma charakter wpływu czynnika środowiska, a więc jego efektu nie można wyeliminować innymi działaniami agrotechnicznymi zawsze

wpływa na budowę i płodność rośliny i łanu. Potwierdzają to liczne badania (Mazurek, Podolska, 1995; Podolska 1997 a; Podolska, Mazurek, 2000; Podolska, Ruszkowski, 1991 a) (tab. 2).

Tabela 1

Długość faz rozwojowych pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu i długości dnia (Ruszkowski, 1988)
Duration of growing phases in winter wheat depending on sowing time and day length

Termin siewu Sowing time	Wschody-krzewienie Emergency-tillering		Krzewienie-strzelanie w źdźbło Tillering- shooting		Strzelanie w źdźbło-kłoszenie Shooting - heading	
	czas trwania (dni) duration	długość dnia (godz.) length of day (h)	czas trwania (dni) duration	długość dnia (godz.) length of day (h)	czas trwania (dni) duration	długość dnia (godz.) length of day (h)
20.IX	40	9,0	172	12,0	37	15,7
5.X	158	12,8	70	13,9	35	15,9
20.X	139	13,4	33	14,4	33	16,0

Tabela 2

Plon ziarna i cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu
Grain yield and yield components of winter wheat depending on sowing time

Plon i cechy struktury plonu Grain yield and yield components	Termin siewu Sowing time			
	optymalny optimum	opóźniony late	późny very late	NIR LSD
Plon w kg/m ² Grain yield per m ²	0,81	0,74	0,65	0,028
Liczba kłosów na m ² Number of heads per m ²	552	508	478	14,8
Liczba ziarn z kłosa Number of kernels per head	30,6	30,6	29,2	1,10
Plon ziarna z kłosa (g) Grain yield per head (g)	1,47	1,44	1,35	0,051
MTZ (g) Weight of 1000 grains (g)	48,0	47,2	45,6	0,60

Tabela 3

Wpływ terminu siewu na procentowy udział w łanie pszenicy ozimej roślin o różnej wysokości i stopniu rozkrzewienia (Podolska, Ruszkowski 1991 a)

Effect of sowing time on the frequency of plants with different height and tillering in winter wheat stand

Klasa wysokości roślin High class	Termin siewu — Sowing time			Typ rośliny Plant type	Termin siewu — Sowing time		
	optymalny optimum	opóźniony late	późny very late		optymalny optimum	opóźniony late	późny very late
% udział roślin w łanie % share of plants in stand							
Wysokie — High >90 cm	42	14	0	1-pędowe 1-shoot	52	70	85
Średnie — Medium 90–81	39	48	18	2-pędowe 2-shoot	36	30	15
Niskie — Low 80–71 cm	19	38	54	3-pędowe 3-shoot	12	0	0
Bardzo niskie — Very low < 70 cm	0	0	28				

Termin siewu obok zmian cech struktury plonu rośliny wpływa również na budowę łanu. Wraz z opóźnieniem terminu siewu zmniejsza się średnia wysokość roślin oraz udział w łanie roślin wysokich, które charakteryzują się większą produktywnością. Maleje również udział roślin rozkrzewionych na korzyść jednopędowych (tab. 3, 4, 5). Zmiany te prowadzą do uzyskania mniejszego plonu ziarna z jednostki powierzchni (Mazurek, Podolska, 1995 b; Podolska 1995, 1999; Podolska, Mazurek, 1999; Podolska, Ruszkowski, 1991 a).

Tabela 4

Masa ziarna z kłosa (g) pszenicy ozimej w zależności od typu i wysokości rośliny oraz rodzaju pędu (Podolska, 1999)

Grain weight per head (g) of winter wheat depending on plant type, plant height and shoot number

Typ rośliny Plant type	Pęd Shoot	Termin siewu Sowing time								
		optymalny optimal			opóźniony late			późny very late		
		typ roślin plant type								
		wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low
1-pędowa	G	2,2	1,6	1,2	1,9	1,5	1,1	2,1	1,4	0,7
2-pędowa	G	1,6	1,4	1,4	2,0	1,1	0,8		1,0	
	B ₁	1,1	1,2	0,2	1,2	0,9	0,6		0,8	
3-pędowa	G		2,2							
	B ₁		1,4							
	B ₂		1,3							

Objaśnienia; Explanation:

G — Pęd główny; G — Main shoot

B₁ — Pierwszy pęd boczny; B₁ — First lateral shoot

B₂ — Drugi pęd boczny; B₂ — Second lateral shoot

Tabela 5

Liczba ziaren w kłosie pszenicy ozimej w zależności od typu i wysokości rośliny oraz rodzaju pędu (Podolska, 1999)

Number of grains per head of winter wheat depending on plant type, plant height and shoot number

Typ rośliny Plant type	Pęd Shoot	Termin siewu Sowing time								
		optimalny optimum			opóźniony late			późny very late		
		typ rośliny plant type								
		wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low	wysokie high	średnie medium	niskie low
1-pędowa	G	43	37	27	38	31	23	40	34	19
2-pędowa	G	34	32	30	38	21	18		36	
	B ₁	20	23	15	24	18	17		32	
3-pędowa	G		38							
	B ₁		29							
	B ₂		16							

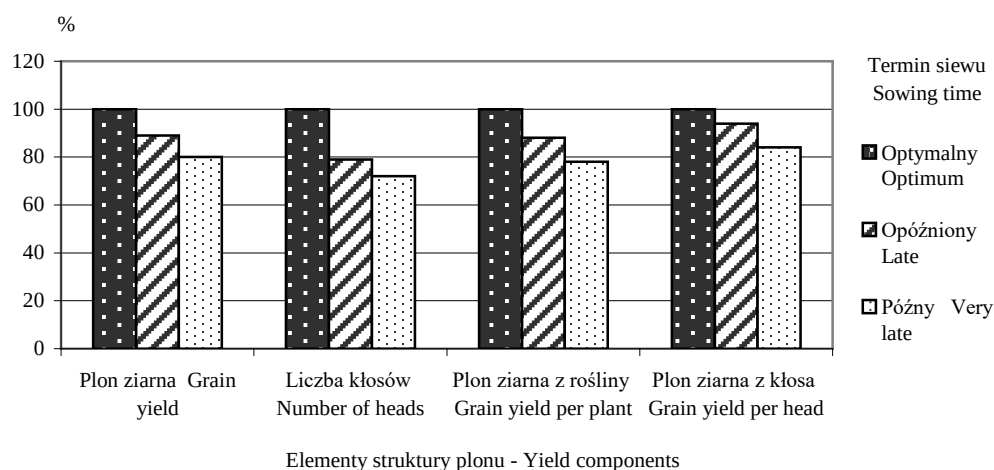
Objaśnienia; Explanation:

G — Pęd główny; G — Main shoot

B₁ — Pierwszy pęd boczny; B₁ — First lateral shoot

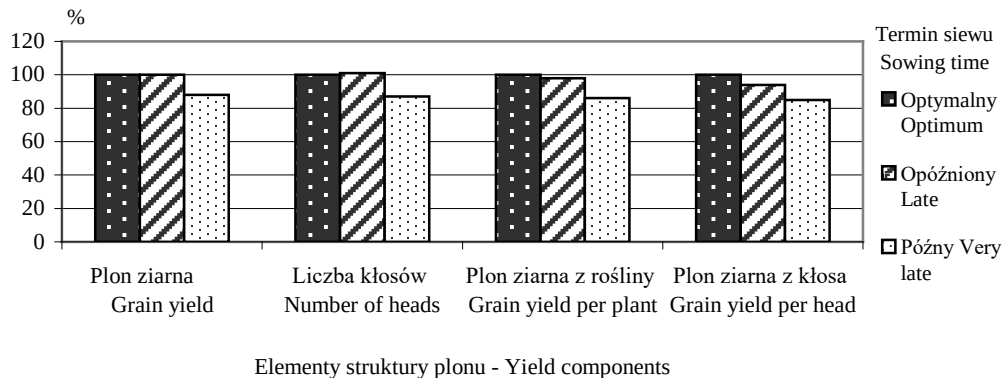
B₂ — Drugi pęd boczny; B₂ — Second lateral shoot

Badania własne wskazują na istnienie zróżnicowania odmian co do wrażliwości na długość dnia. Odmiany o mniejszej wrażliwości charakteryzują się małymi zmianami cech struktury plonu przy wysiewie w opóźnionym terminie (rys. 2). U odmian o większej wrażliwości wraz z każdym opóźnieniem siewu zmniejszeniu ulega liczba kłosów, plon ziarna z rośliny, plon ziarna z kłosa, co skutkuje zmniejszeniem plonu ziarna z jednostki powierzchni (rys. 1).



Rys. 1. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej wrażliwych na opóźnienie terminu siewu w % terminu optymalnego (Podolska)

Fig. 1. Yield and yield components of winter wheat cultivars sensitive to the delayed sowing (optimum time = 100%)



Rys. 2. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej mniej wrażliwych na opóźnienie terminu siewu (w % terminu optymalnego) (Podolska)

Fig. 2. Yield and yield components of winter wheat cultivars less sensitive to the delayed sowing (optimum time = 100%)

GĘSTOŚĆ SIEWU

Obok długości dnia również natężenie i penetracja światła w łanie pszenicy ozimej wpływa na przebieg procesów fotomorfogenezy i decyduje o efektywności fotosyntezy. W przypadku dużego zagęszczenia roślin, wzajemne zacielenie się liści powoduje ograniczenie ilości światła przypadającego na jednostkę ich powierzchni, w wyniku tego obserwuje się redukcję krzewienia i liczby kłosków w kłosie. Zwiększenie obsady roślin na jednostce powierzchni gleby ogranicza ilość światła dostępnego poszczególnym osobnikom, co prawdopodobnie nasila ich wzajemne oddziaływania konkurencyjne i zmienia wartości struktury plonu i architektury łanu (Nalborczyk, 1991).

Wraz ze wzrostem gęstości siewu zmniejsza się masa ziarna z rośliny i z kłosa oraz MTZ, ale zwiększa liczba kłosów na jednostce powierzchni (tab. 6). Zagęszczenie liczby roślin na jednostce powierzchni oddziałuje na budowę łanu poprzez zmiany wysokości roślin i rozkrzewienie produkcyjne. Równolegle z zagęszczaniem roślin zwiększa się udział w łanie roślin o skróconych pędach, charakteryzujących się mniejszą liczbą ziaren w kłosie i masą pojedynczego ziarna w porównaniu do roślin wysokich, co w konsekwencji prowadzi najpierw do zmniejszenia się korzystnego oddziaływania na plon obsady kłosów, a następnie do zaniku tego oddziaływania i spadku plonu z jednostki powierzchni (Podolska, 1999; Podolska, Ruszkowski, 1991, 1991 b, Ruszkowski, 1988 a).

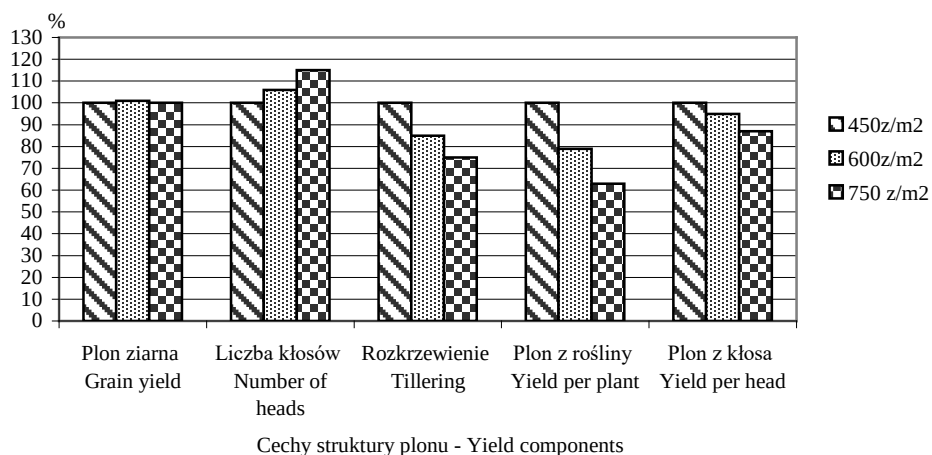
Tabela 6

Plon i struktura plonu pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu (Podolska i Ruszkowski, 1991 c)
Grain yield and yield structure of winter wheat depending on sowing density (Podolska, Ruszkowski 1991 c)

Ilość wysiewu ziaren na m ² Seed density grain/m ²	Plon i komponenty plonu Grain yield and yield components						
	plon ziarna grain yield (g·m ⁻²)	liczba roślin na m ² number of plants per m ²	liczba kłosów na m ² number of heads per m ²	krzewistość produkcyjna productive tillering	plon ziarna z rośliny (g) grain yield per plant (g)	plon ziarna z kłosa (g) grain yield per head (g)	MTZ (g) Weight of 1000 grains (g)
150	603	129	373	2,89	4,67	1,62	40,7
300	623	257	432	1,68	2,42	1,44	40,8
450	643	377	477	1,26	1,71	1,35	41,1
600	618	485	533	1,10	1,27	1,15	40,9
750	601	572	624	1,09	1,05	0,96	40,6
900	548	675	708	1,05	0,81	0,77	39,9
1050	573	757	776	1,02	0,76	0,74	39,6
NIR; LSD $\alpha = 0,05$	3,7	10,1	12,2	0,14	0,13	0,13	r.n

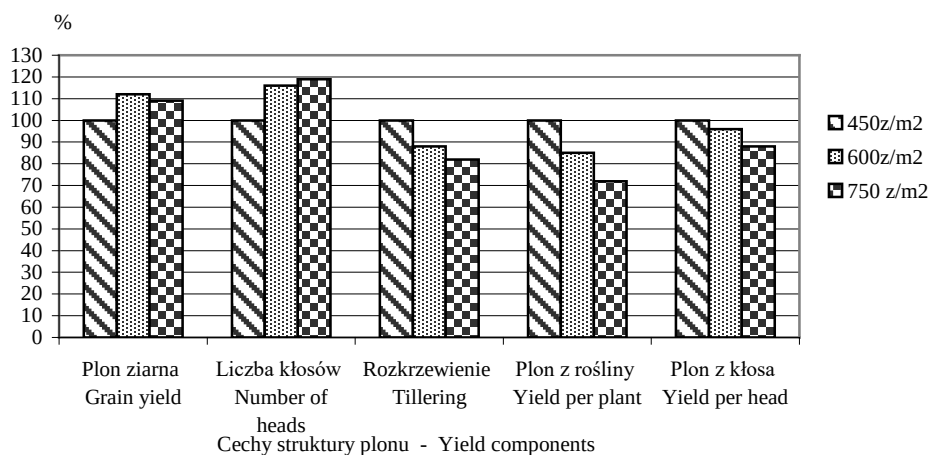
W licznych badaniach stwierdzono specyficzne wymagania odmian, co do ilości wysiewu. Prawdopodobnie wiąże się to ze zróżnicowanymi wymaganiami świetlnymi odmian pszenicy wyrażonymi wrażliwością na zacielenie lub na natężenie światła padającego na liście rośliny. Wydaje się, że odmiany nie wykazujące spadku plonu ziarna przy zagęszczonym siewie, mają mniejsze wymagania w stosunku do natężenia światła, dlatego w warunkach częściowego zacielenia zmiany w krzewistości i liczbie kłosków w kłosie są u nich stosunkowo niewielkie. Odmiany o większych wymaganiach przy dużej

obsadzie roślin istotnie redukują nie tylko krzewienie produkcyjne, ale również produktywność kłosa, co powoduje spadek plonowania (Mazurek, Podolska 1995 a, Podolska, 1997; Podolska, Mazurek, 2000 a; Podolska i in., 2001) (rys. 3, 4, 5).



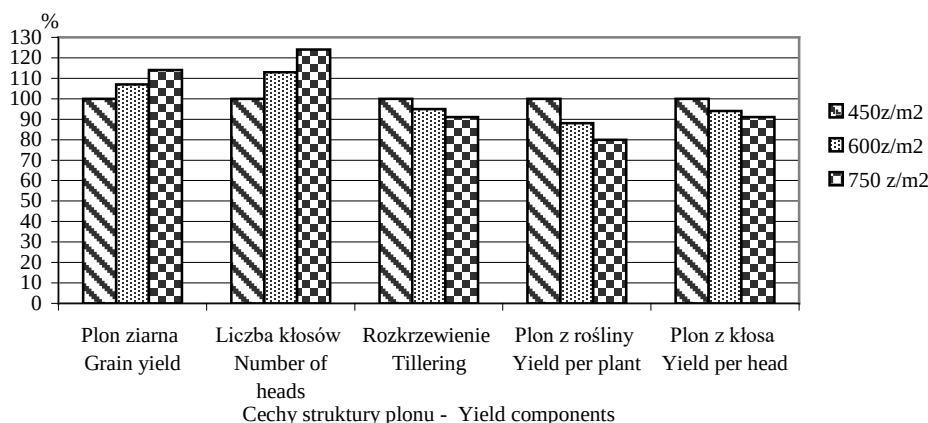
Rys. 3. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej o dużych wymaganiach świetlnych (Podolska)

Fig. 3. Yield and yield components of winter wheat cultivars with high light requirements



Rys. 4. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej o średnich wymaganiach świetlnych (Podolska)

Fig. 4. Yield and yield components of winter wheat cultivars with average light requirements



Rys. 5. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej o małych wymaganiach świetlnych (Podolska)

Fig. 5. Yield and yield components of winter wheat cultivars with low light requirements

NAWOŻENIE AZOTEM

Nawożenie azotem jest uznane za jeden z podstawowych czynników plonotwórczych, co wiąże się z dużą labilnością zawartości przyswajalnych form azotu w glebie oraz niezbędną tego składnika w procesie asymilacji. Zatem jego dostępność limituje wzrost roślin, czyli kształtowanie się powierzchni asymilacyjnej i organów generatywnych, decydujących o plonowaniu (tab. 7). Dostępność azotu również korzystnie wpływa na kształtowanie cech struktury plonu i właściwej architektury łanu. Wpływając przede wszystkim na liczbę kłosów i plon ziarna z kłosa oraz zwiększając wyrównanie wysokości pędów kłosonośnych i ich produktywność (Podolska, Mazurek, 1999).

Tabela 7

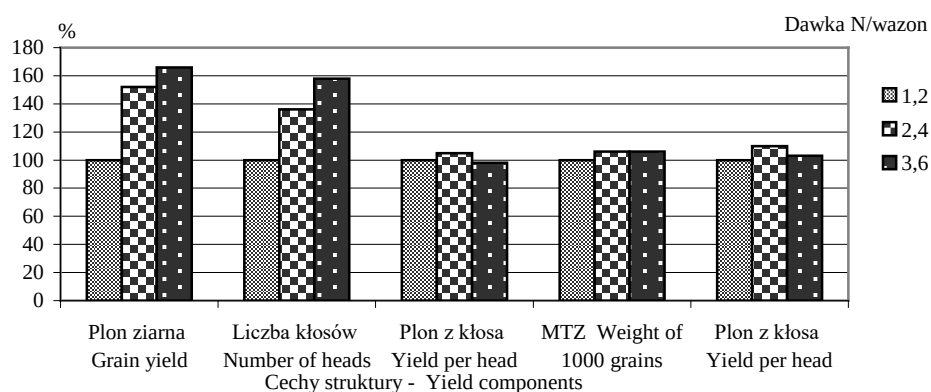
Plon i cechy struktury plonu pszenicy ozimej w zależności od dawki nawożenia azotem (Podolska i in., 2002)

Grain yield and yield components of winter wheat depending on nitrogen fertilization

Dawka N/ha kg N fertilization dose (kg)	Plon ziarna w t/ha Yield per ha (tons)	Liczba kłosów Number of heads	Plon ziarna z kłosa (g) Yield per head (g)	MTZ Weight of 1000 grains
0	3,7	496	0,74	37,14
40	4,6	508	0,91	38,81
80	5,5	514	1,07	38,23
120	6,6	516	1,27	38,45
160	6,3	517	1,22	37,35
200	6,3	520	1,21	37,08

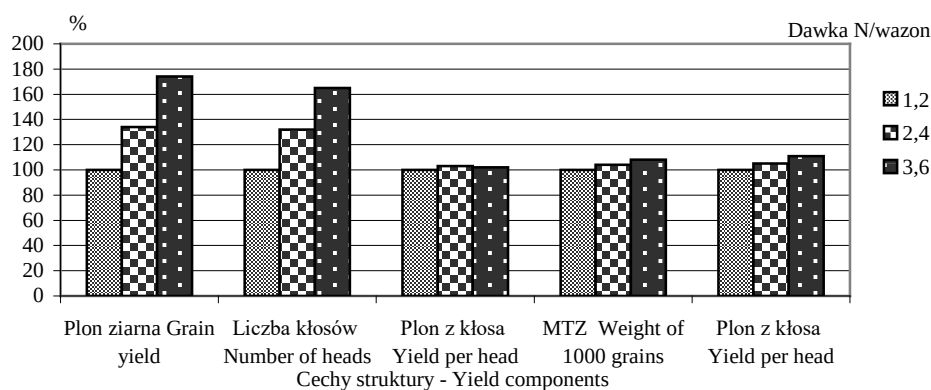
Wieloletnie badania z uwzględnieniem dużej liczby odmian wskazują, że odmiany pszenicy ozimej wykazują zróżnicowane możliwości efektywnego wykorzystania zwiększonych dawek azotu. W rezultacie wydzielono dwie grupy odmian efektywnie

wykorzystujących średnie i duże dawki azotu (rys. 6, 7) (Podolska, Mazurek, Stypuła, 2001).



Rys. 6. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej efektywnie wykorzystujących średnie dawki nawożenia azotem (Podolska)

Fig. 6. Grain yield and yield components of winter wheat cultivars efficiently utilizing medium fertilization dose



Rys. 7. Plon i cechy struktury plonu odmian pszenicy ozimej efektywnie wykorzystujących duże dawki nawożenia azotem (Podolska)

Fig. 7. Grain yield and yield components of winter wheat cultivars efficiently utilizing high fertilization dose

PODSUMOWANIE

Omówione czynniki agrotechniczne bardzo silnie oddziałują na wzrost i rozwój wszystkich odmian pszenicy ozimej, co powoduje istotne zmiany podstawowych cech plonotwórczych, tj. obsady kłosów oraz ich płodności, decydującej o liczbie i ich masie. Mechanizm oddziaływania terminu siewu i częściowo gęstości siewu odbywa się poprzez zmianę warunków środowiska (temperatura, długość dnia, natężenie światła), w których

przebiega wzrost i rozwój natomiast oddziaływanie nawożenia azotem ma charakter bezpośredni związany z odżywianiem roślin, a następnie z tworzeniem dużej powierzchni asymilacyjnej umożliwiającej intensyfikację gromadzenia masy.

Różna reakcja odmian na zmienność omówionych czynników agrotechnicznych wskazuje na niejednakowe wymagania odmian pszenicy.

Ujawnienie się potencjału plonotwórczego odmiany jest możliwe jedynie w warunkach dostosowania terminu, gęstości siewu i dawki nawożenia do jej wymagań.

LITERATURA

- Listowski A. 1985. Biologiczne podstawy produktywności roślin. Sesja Naukowa "Podstawy produktywności roślin". IUNG, Puławy: 7 — 20.
- Mazurek J., Podolska G. 1995. Plon i cechy struktury plonu odmian i rodów pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu. Biul. IHAR 194/195: 61 — 67.
- Mazurek J., Podolska G. 1995 a. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR 194/195: 69 — 75.
- Mazurek J., Podolska G. 1995 b. The model of canopy architecture of winter wheat depending on sowing time. *Fragm. Agron. Conference of the European Society for Agronomy and Polish Society of Agrotechnical Sciences* 2 (46): 188 — 189.
- Nalborczyk E. 1991. Produkcyjność łanów roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron. Zesz. Spec.* 2: 5 — 13.
- Podolska G. 1995. Badania nad architekturą łanu pszenicy ozimej. Biul. IHAR 194/195: 99 — 113.
- Podolska G. 1997. Reakcja odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. I. Wpływ gęstości siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 204: 157 — 162.
- Podolska G. 1997 a. Reakcja odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. II. Wpływ terminu siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 204: 163 — 168.
- Podolska G. 1999. Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny (rozprawa habilitacyjna). Pam. Puł. 116.
- Podolska G., Krasowicz St., Sułek A. 2002. Opracowanie technologii produkcji pszenicy chlebowej z uwzględnieniem nowych odmian. Raport Końcowy z realizacji tematu badawczego. IUNG, Puławy.
- Podolska G., Mazurek J. 1999. Budowa rośliny i łanu pszenicy ozimej w warunkach zróżnicowanego terminu siewu i sposobu nawożenia azotem. Cz. II Plonowanie, struktura plonu i budowa łanu. Pam. Puł. 118: 491 — 505.
- Podolska G., Mazurek J. 2000. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na termin siewu. Biul. IHAR 214: 55 — 62.
- Podolska G., Mazurek J. 2000 a. Reakcja nowych odmian pszenicy ozimej na gęstość siewu. Biul. IHAR 214: 63 — 67.
- Podolska G., Mazurek J., Stypuła G. 2001. Określenie wymagań agrotechnicznych nowych rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR 220: 23 — 33.
- Podolska G., Ruszkowski M. 1991. Wpływ gęstości siewu na strukturę plonu i architekturę łanu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 2: 53 — 62.
- Podolska G., Ruszkowski M. 1991 a. Wpływ terminu siewu na strukturę plonu i architekturę łanu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 2: 47 — 52.
- Podolska G., Ruszkowski M. 1991 b. Studia nad modelem łanu pszenicy ozimej. Wpływ gęstości siewu na strukturę plonu i architekturę łanu. *Fragm. Agron.* 31 (3): 57 — 71.
- Ruszkowski M. 1988. Podstawy naukowe i praktyczne koncepcji technologii produkcji zbóż. *Pestycydy.* 1: 33 — 49.
- Ruszkowski M. 1988 a. Obsada a produktywność roślin zbożowych. Konferencja Naukowa IUNG — PAN, Puławy: 7 — 25.

JANUSZ SMAGACZZakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na przedplon

Reaction of some winter wheat varieties to forecrop

W dwóch sezonach wegetacyjnych (lata 2000–2001 i 2001–2002) przeprowadzono w hali wegetacyjnej IUNG w Puławach dwuczynnikowe doświadczenie. Porównano w nim plonowanie 10 odmian pszenicy ozimej (Kaja, Korweta, Kris, Mewa, Mikula, Mobela, Rysa, Soraja, Symfonia, Zyta) na glebie pobranej ze statycznego doświadczenia płodozmianowego po ziemniaku i po pszenicy ozimej (wieloletnia monokultura). Udowodniono istotny wpływ przedplonu na wydajność porównywanych odmian pszenicy ozimej. Wydzielono 3 grupy odmian: 1) silnie reagujących na niekorzystny przedplon (Mewa, Mobela, Symfonia) — istotne spadki plonu ziarna wynoszące 25–27%; 2) reagujące średnim spadkiem wydajności (10–18%) — odmiany: Mikula, Korweta, Kris, Soraja; 3) słabo reagujące na uprawę po zbożach (spadki plonu 2–6%) — Kaja, Rysa, Zyta. Obniżka plonu ziarna spowodowana była głównie zmniejszeniem masy 1000 ziaren oraz redukcją pędów produkcyjnych, co potwierdzają wyliczone wartości współczynników korelacji. Uprawa pszenicy po pszenicy powodowała również zmniejszenie zawartości chlorofilu w liściach (mniejsze wartości jednostek SPAD), co może wskazywać na gorszy stan odżywienia roślin azotem, głównie odmian silniej reagujących na niekorzystny przedplon.

Słowa kluczowe: odmiany, pszenica ozima, przedplon

Two-factorial experiment was carried out during two growing seasons (2000–2001 and 2001–2002) in a IUNG greenhouse in Puławy. Plastic containers were used with soil from fields where potato or winter wheat were cultivated in monoculture. The following 10 winter wheat varieties: Kaja, Korweta, Kris, Mewa, Mikula, Mobela, Rysa, Soraja, Symfonia, and Zyta were chosen for yield assessment. A significant influence of forecrop on productivity of the analysed varieties was proved. Three groups of varieties were distinguished: 1) strongly reacting to bad forecrop with significant grain yield drops (25–27%) — (Mewa, Mobela, Symfonia); 2) reacting with medium grain yield drops (10–18%) — Mikula, Korweta, Kris, Soraja; 3) with insignificant reaction to cultivation after cereals (grain yield drops only 2–6%) — Kaja, Rysa, Zyta. Smaller 1000 grain weight and lower productive tillering were the main reasons of grain yield reduction, which was confirmed by the correlation coefficients. Cultivation of winter wheat after winter wheat causes lower chlorophyll concentration in leaves (lower SPAD values), which may indicate worse N nutrient status, mainly in the varieties with stronger reaction to bad forecrop.

Key words: varieties, winter wheat, forecrop

WSTĘP

W ostatnich latach notuje się wyraźne zwiększenie udziału zbóż w zasiewach, co wymusza ich uprawę w gorszych stanowiskach po przedplonach kłosowych. Prowadzi to do pewnego spadku plonu, większego w przypadku gatunków bardziej wrażliwych na niekorzystny przedplon (Gawrońska i in., 1979; Kuś, Nawrocki, 1988; Mazurek, Kuś, 1992; Schönhammer, Fischbeck, 1987). Podstawowymi tego przyczynami są: choroby podstawy źdźbła, wzrost zachwaszczenia, biologicznie czynne substancje o charakterze allelopatycznym oraz pasożytnicze nicienie (Głąba, Kuś, 1989; Herman, Dovrtel, 1986; Hruszka, 1987; Kuś, Mróz, 1997; Wójcik-Wojtkowiak i in., 1996). Jednym ze sposobów przeciwdziałania gorszej wydajności zbóż uprawianych po sobie jest między innymi dobór odmian charakteryzujących się mniejszymi wymaganiami przedplonowymi. Z dotychczasowych badań wynika, że w pszenicy ozimym zaznaczają się pewne różnice w reakcji odmian na stanowisko (Bojarczuk, 1995; Smagacz, 2000). Odnośnie pszenicy ozimej rozeznanie na ten temat jest stosunkowo niewielkie (Kuś, Mróz, 1997; Kubiak, Korbas, 1999), chociaż wyniki doświadczeń zagranicznych (Cavelier, Couvreur, 1995; Collaud i in., 1999) są obiecujące.

Celem badań jest ocena zróżnicowania wydajności oraz wybranych elementów plonowania pszenicy ozimej ukształtowanych dobozem przedplonu i odmiany.

MATERIAŁ I METODY

W dwóch sezonach wegetacyjnych (lata 2000–2001 i 2001–2002) przeprowadzono w hali wegetacyjnej IUNG w Puławach dwuczynnikowe doświadczenie w winidurach pojemnikach bez dna. Wypełniono je glebą pobraną z wybranych stanowisk statycznego, ścisłego doświadczenia płodozmianowego prowadzonego od 1994 roku w SD Puławy — Osiny: a) po ziemniakach ze zmianowania typu norfolckiego; b) po pszenicy ozimej (wieloletnia monokultura).

Drugi czynnik stanowiło 10 odmian pszenicy ozimej wybranych z różnych grup wartości technologicznej: pszenice jakościowe (A) — Korweta, Zyta; chlebowe (B) — Kris, Mobela, Rysa, Mewa, Soraja; paszowe (C) — Kaja, Mikula, Symfonia. Doświadczenie założono w układzie kompletnej randomizacji w 4 powtórzeniach.

W optymalnym terminie dla tego rejonu Polski wysiewano 20 sztuk (zaprawionych zaprawą nasienną Raxil) ziarniaków na pojemnik. Wiosną, po wyraźnym ruszeniu wegetacji, rośliny przerywano, pozostawiając po 10 sztuk w pojemniku. Nawożenie mineralne było jednakowe, niezależnie od stanowiska i odmiany. Fosfor, potas i magnez podawano w trakcie napełniania pojemników jesienią w dawkach 1,50 g P_2O_5 ; 2,0 g K_2O oraz 0,5 g $MgSO_4$. W trakcie sezonu wegetacyjnego rośliny nawożono saletrą amonową w ilości 2,0 g czystego składnika (azotu) na pojemnik w trzech częściach: 1) w okresie ruszenia wegetacji (faza F2) — 0,6 g N; 2) w fazie strzelania w źdźbło (faza F5) — 1,0 g N; 3) w początku kłoszenia (faza F10) — 0,4 g N. Pielęgnacja roślin polegała na bieżącym usuwaniu pojawiających się chwastów oraz na jednym zabiegu fungicydowym ukierunkowanym na profilaktyczne zwalczanie chorób liści i kłosa we wszystkich

objektach. Przeciwno chorobom podstawy źdźbła zabiegu nie wykonywano ze względu na potrzebę uchwycenia wpływu niekorzystnego następstwa roślin na plon i elementy plonowania u poszczególnych odmian pszenicy ozimej.

W trakcie wegetacji w odstępach kilkunastodniowych poczynając od terminu tuż przed zastosowaniem drugiej dawki azotu (faza F5) wykonano pomiary zawartości chlorofilu (SPAD), przy czym uzyskane wyniki dotyczą tylko drugiego roku badań. Zawartość oceniono w najmłodszych liściach roślin we wszystkich obiektach doświadczenia, w 4 powtórzeniach. Na jeden wynik składały się pomiary uzyskane z 30 pojedynczych pomiarów zarejestrowanych przez urządzenie N Tester (Fotyma, 2002). W fazie dojrzałości pełnej oznaczono plon ziarna oraz wybrane elementy plonowania. Istotność różnic oceniono na poziomie $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie plonu ziarna pszenicy ozimej w zależności od przedplonu i odmiany, jak również zanotowano współdziałanie wymienionych zmiennych (tab. 1).

Największą wydajność (średnio za 2 lata, niezależnie od przedplonu) uzyskano w przypadku odmiany Zyta — 57,6 g na pojemnik; podobnie plonowała odmiana Kris. Nieco mniejsze plony (średnio o 6–10%) stwierdzono u odmian: Mewa, Mikula, Symfonia, Korweta, Soraja i Kaja. Pozostałe odmiany pszenicy ozimej Rysa i Mobela wydały istotnie mniejszy plon ziarna, odpowiednio o 17 i 18,2%. Przedplon natomiast, niezależnie od odmiany, istotnie wpłynął na obniżenie plonu ziarna pszenicy ozimej aż o 8,5 g na pojemnik, średnio o 15% (tab. 1).

Udowodniono istotny wpływ współdziałania (przedplon $\times$ odmiana) na wydajność pszenicy ozimej. Analizując uzyskane wyniki można wydzielić 3 grupy odmian w zależności od stopnia ubytku plonu po złym przedplonie (gleba po pszenicy ozimej) w porównaniu z obiektem kontrolnym — gleba po ziemniaku. Pierwszą grupę stanowią odmiany silnie reagujące na niekorzystny przedplon (Mewa, Mobela, Symfonia), gdzie zanotowano istotne spadki plonu ziarna wynoszące 25–27%. Kolejną grupę stanowią odmiany: Mikula, Korweta, Kris i Soraja reagujące średnim (choć nieistotnym) spadkiem wydajności o 10–18% w porównaniu z obiektem kontrolnym — te same odmiany wysiewane po dobrym przedplonie. Ostatnią grupę tworzą odmiany Kaja, Rysa i Zyta plonujące podobnie po obu przedplonach. Względne ubytki plonu ziarna wyniosły tylko 2–6% i mieszczą się w granicach błędu eksperymentalnego (tab. 1).

Nie udowodniono, potwierdzonych statystycznie, obniżek plonu słomy w zależności od przedplonu. Zaznaczyły się jedynie wyraźne różnice odmianowe (tab. 1). Największe plony słomy zebrano w przypadku Zyty (63,6 g na pojemnik), mniejszą wydajność zanotowano u Mobeli (około 55 g na pojemnik) natomiast pozostałe odmiany wydały istotnie mniejsze plony słomy, a względne różnice wyniosły od 18% (odmiana Mikula) do blisko 38% w przypadku odmiany Kris (tab. 1).

Tabela 1

Zmienność plonu ziarna i słomy oraz elementów plonowania pszenicy ozimej w zależności od odmiany i przedplonu

Variation of grain and straw yield and some yield components in dependence on cultivar and forecrop

Przedplon Forecrop	Odmiana Cultivars										Średnia Mean
	Kaja	Korweta	Kris	Mewa	Mikula	Mobela	Rysa	Soraja	Symfonia	Zyta	
plon ziarna grain yield (g)											
Ziemniak Potato	52,4	56,5	62,3	62,8	56,6	53,9	48,3	56,8	60,5	59,3	56,9
Pszenica Wheat	51,2	49,1	51,4	45,7	50,7	40,4	47,2	47,7	44,8	56,0	48,4
Średnia Mean	51,8	52,8	56,8	54,2	53,6	47,1	47,8	52,3	52,7	57,6	52,7
NIR _{α = 0,05} dla; LSD _{α = 0,05} for: odmiany — cultivar (8,8); przedplonu — forecrop (2,4); współdziałania — interaction (12,4)											
plon słomy straw yield (g)											
Ziemniak Potato	42,4	52,8	43,8	49,2	55,2	58,8	44,4	46,8	49,2	57,8	50,0
Pszenica Wheat	42,4	44,0	35,7	38,2	48,7	51,1	53,6	49,2	52,4	69,4	48,5
Średnia Mean	42,4	48,4	39,7	43,7	52,0	54,9	49,0	48,0	50,8	63,6	49,2
NIR _{α = 0,05} dla; LSD _{α = 0,05} for: odmiany — cultivar (10,3); przedplonu — forecrop (ni); współdziałania — interaction (14,6)											
masa tysiąca ziaren grain of 1000 kernels (g)											
Ziemniak Potato	49,3	48,9	42,2	51,0	51,0	46,2	49,4	47,5	47,0	46,9	47,9
Pszenica Wheat	49,7	47,0	43,1	47,5	47,6	43,4	44,5	42,9	41,2	43,4	45,0
Średnia Mean	49,5	47,9	42,6	49,3	49,3	44,8	46,9	45,2	44,1	45,2	46,5
NIR _{α = 0,05} dla; LSD _{α = 0,05} for: odmiany — cultivar (3,0); przedplonu — forecrop (0,8); współdziałania — interaction (4,2)											
rozkrzewienie produkcyjne productivity tillering											
Ziemniak Potato	3,0	2,9	3,6	3,2	3,0	3,6	3,7	3,2	3,0	3,6	3,3
Pszenica Wheat	3,1	2,9	3,2	3,0	3,5	3,2	3,8	3,5	3,2	3,6	3,3
Średnia Mean	3,1	2,9	3,4	3,1	3,2	3,4	3,8	3,4	3,1	3,6	3,3
NIR _{α = 0,05} dla; LSD _{α = 0,05} for: odmiany — cultivar (0,6); przedplonu — forecrop (ni); współdziałania — interaction (ni)											
ni — Różnice nieistotne ni — Not significant differences											

Obniżka plonu ziarna spowodowana była głównie istotnym zmniejszeniem dorodności ziarna (tab. 1) i w niektórych przypadkach redukcją, chociaż nieudowodnioną statystycznie, pędów produkcyjnych. Zależności te potwierdzają wyliczone i przedstawione w tabeli 2 wartości współczynników korelacji pomiędzy badanymi zmiennymi.

Uprawa pszenicy w złym stanowisku (gleba spod wieloletniej monokultury pszenicy ozimej) powodowała również zmniejszenie zawartości chlorofilu w liściach. Przeprowadzone pomiary wykazują mniejsze średnie wartości odczytywanych jednostek SPAD po

tym przedplonie. Porównanie tych wartości z wartościami krytycznymi opracowanymi w IUNG (Fotyma, 2002) wskazuje na gorszy stan zaopatrzenia roślin w azot na glebie pobranej spod wieloletniej monokultury pszenicy ozimej. Dotyczy to głównie odmian silniej reagujących na niekorzystny przedplon (Mewa, Mobela, Symfonia) a zjawisko to uwidacznia się wyraźnie pod koniec okresu wegetacji pszenicy ozimej (rys. 1 i 2). W związku z tym można sądzić, że wykorzystanie azotu z ostatniej części podanej dawki jest mniejsze, co niekorzystnie wpływa na dorodność ziarna — istotnie mniejsza MTZ po tym przedplonie (tab. 1). Prawdopodobną tego przyczyną jest porażenie roślin przez patogeny podstawy źdźbła, które w tym doświadczeniu nie było oznaczane.

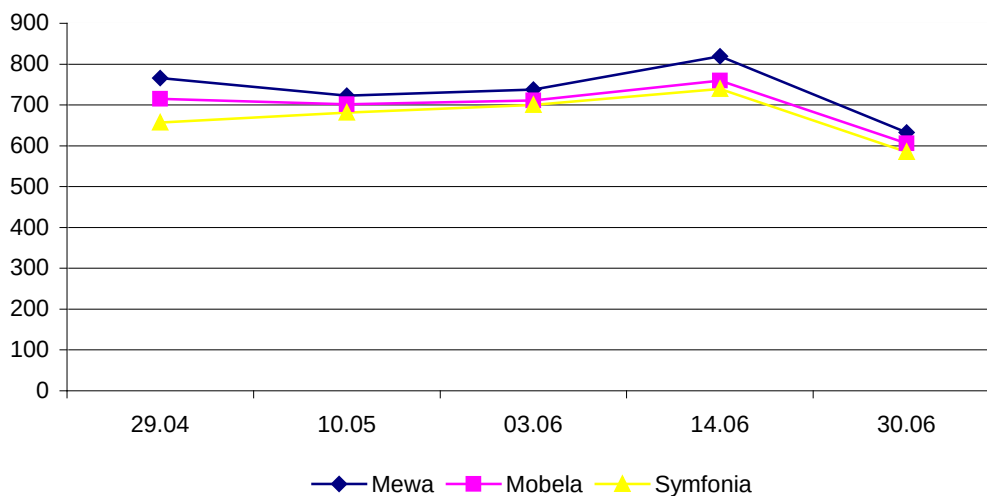
Tabela 2

Współczynniki korelacji pomiędzy plonem ziarna i słomy oraz wybranymi cechami struktury
Correlation coefficients between grain and straw yield and some yield components (n = 160)

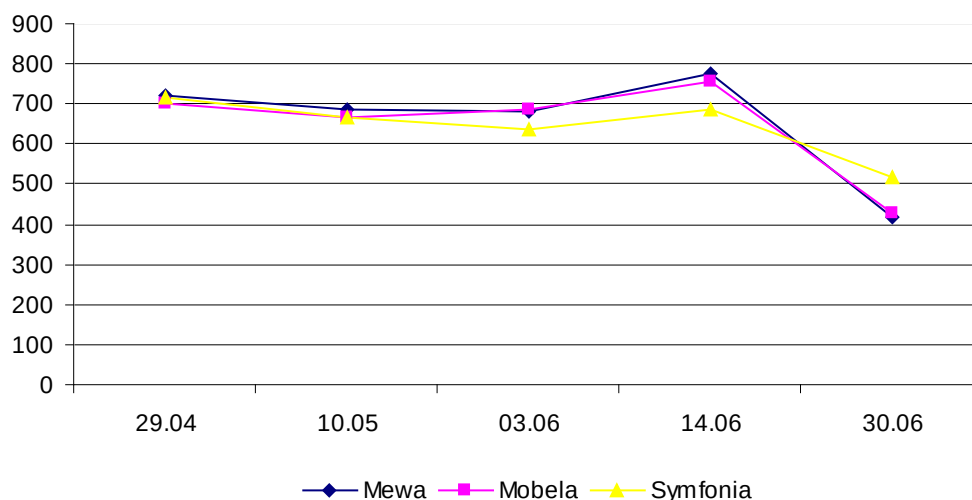
Cecha Features	Plon ziarna Grain yield	Plon słomy Straw yield	MTZ Mass of 1000 kernels	Rozkrzewienie Tillering
Plon ziarna Grain yield	1,00	0,46	0,35	0,42
Plon słomy Straw yield	0,46	1,00	ni	0,63
MTZ Mass of 1000 kernels	0,35	ni	1,00	ni
Rozkrzewienie Tillering	0,42	0,63	ni	1,00

ni — Korelacja nieistotna

ni — Not significant correlation



Rys. 1. Wartości SPAD — przedplon ziemniak
Fig. 1. SPAD values — forecrop potato



Rys. 2. Wartości SPAD — przedplon pszenica ozima
Fig. 1. SPAD values — forecrop winter wheat

Prezentowane badania mają charakter jedynie przyczynkowy w omawianym problemie. Uzyskane wyniki nie pozwalają bowiem na szersze uogólnienia ze względu na krótki okres badań oraz fakt, iż pochodzą jedynie z doświadczeń w pojemnikach. Wskazują one jednak na pewne różnice odmianowe pszenicy ozimej na przedplon, co przejawia się w udowodnionych statystycznie różnicach plonów ziarna. Wynikają one głównie z istotnie mniejszej masy tysiąca ziaren po złym przedplonie (uprawa na glebie spod wieloletniej monokultury pszenicy ozimej). Jak wskazują badania Kusia i Mróz (1997) oraz Hermana i Dovrtela (1986) jedną z przyczyn mniejszej produktywności zbóż, w tym pszenicy ozimej w złym stanowisku może być porażenie roślin przez patogeny podstawy żdźbła. Mogą to być również oddziaływania o charakterze allelopatycznym, czego dowodzą badania Hruszki (1987), Wójcik-Wojtkowiak (1996) oraz Duer (1997). Na pewne różnice odmianowe w reakcji na niekorzystny przedplon (uprawa zbóż po sobie) wskazuje opracowanie Smagacza i Martyniuka (2001) oraz wcześniejsze badania własne (Smagacz, 2000).

WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki wskazują na pewne zróżnicowanie wrażliwości odmian pszenicy ozimej na niekorzystny przedplon — uprawa pszenicy po pszenicy.
2. Ubytki plonu ziarna w złym stanowisku spowodowane były głównie istotnie mniejszą masą tysiąca ziaren.
3. Test SPAD wykazał deficyt azotu na glebie pobranej spod wieloletniej monokultury pszenicy ozimej w porównaniu z obiektem kontrolnym (gleba po ziemniaku) pomimo

- jednakowego poziomu nawożenia tym składnikiem w obydwu stanowiskach. Dotyczy to odmian bardziej wrażliwych na niekorzystne następstwo roślin.
4. Uzyskane wyniki mają charakter wstępny, ponieważ dotyczą jedynie dwóch okresów wegetacyjnych, dlatego też badania będą nadal kontynuowane.

LITERATURA

- Bojarczuk J. 1995. Reakcja heksaploidalnego pszenżyta ozimego na niekorzystne warunki fitosanitarne gleby. Cz. II. Ocena tolerancyjności odmian. Hod. Rośl. Aklim. 39. 1/ 2: 19 — 31.
- Cavelier M., Couvreur L. 1995. Effet du traitement antipietin sur les rendements du ble d'hiver et nuisibilité du pietin verse en Belgique. Agronomie 15: 139 — 151.
- Collaud J. F., Fossati A., Fossati D. 1999. Description des variétés de céréales du catalogue national. Revue suisse d'agriculture, 31 (4).
- Duer I. 1997. Fitotoksyczność słomy i resztek poźniwnych pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 452: 59 — 70.
- Fotyma E. 2002. Zróżnicowanie odmianowe zawartości chlorofilu w liściach zbóż ozimych. Pam. Puł. 130: 171 — 178.
- Gawrońska A., Herse J., Kowalski S., Roszak W. 1979. Wpływ uprawy roślin zbożowych w monokulturze i uproszczonym zmianowaniu na ich plonowanie i żyzność gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 218: 109 — 115.
- Głaba B., Kuś J. 1989. Wpływ udziału zbóż w strukturze zasiewów na zasiedlenie gleby przez mątwika zbożowego (*Heterodera avenae* Woll.). Pam. Puł. 94: 147 — 159.
- Herman M., Dovrtel J. 1986. Vztahy mezi vnosem pšenice a napadením houbov *Pseudocercospora herpotrichoides*. Sborník UVTIZ. Ochrana Rostlin 22 (3): 207 — 216.
- Hruszka M. 1987. Związki fenolowe jako jeden z czynników zmęczenia gleby. I. Koncentracja związków fenolowych w warstwie uprawnej gleby a produktywność ziemioplodów. Acta Acad. Agric. Techn. Olst., Agricult. 44: 257 — 267.
- Kubiak K., Korbas M. 1999. Ocena występowania chorób grzybowych na wybranych odmianach pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection / Post. Ochr. Roślin 39 (2): 801 — 804.
- Kuś J., Nawrocki S. 1988. Porównanie zmianowań z różnym udziałem zbóż na tle zróżnicowanej uprawy roli i nawożenia w wieloletnim doświadczeniu polowym w Grabowie. I. Plonowanie pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. Pam. Puł. 91: 15 — 31.
- Kuś J., Mróz A. 1997. Różnice odmianowe w podatności pszenicy ozimej na porażenie przez *Gäumannomyces graminis*. Prog. Plant Protection / Post. Ochr. Roślin 37 (2): 301 — 304.
- Mazurek J., Kuś J. 1992. Porównanie wymagań przedplonowych pszenżyta z innymi gatunkami zbóż. Biul. IHAR 181/ 182: 93 — 105.
- Schönhammer A., Fischbeck G. 1987. Untersuchungen an getreidereichen Fruchtfolgen und Getreidemonokulturen. 1. Mitteilung: Die Differenzierung der Ertragsleistung und deren Struktur im Verlauf von 15 Versuchsjahren. Bayer. Landw. Jahrb. 64 (2): 175 — 191.
- Smagacz J. 2000. Plonowanie odmian pszenżyta ozimego i ich porażenie przez patogeny podstawy żdźbła w zależności od stanowiska. Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura 82: 255 — 260.
- Smagacz J., Martyniuk S. 2001. Porażenie podstawy żdźbła i korzeni pszenicy ozimej uprawianej po różnych przedplonach przez patogeny ze szczególnym uwzględnieniem *Gäumannomyces graminis*. Prog. Plant Protection / Post. Ochr. Roślin 41 (2): 745 — 748.
- Wójcik-Wojtkowiak D., Weyman-Kaczmarkowa W., Politycka B. 1996. Allelopatia w uprawach monokulturowych zbóż. Mat. Konfer. nt. Teoretyczne i praktyczne aspekty allelopatii. IUNG Puławy K (10): 93 — 109.

GRZEGORZ STYPUŁA¹**GRAŻYNA PODOLSKA**¹**STANISŁAW KRASOWICZ**²¹ Zakład Uprawy Roślin Zbożowych² Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Ocena ekonomiczna uprawy pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony

Economic evaluation of winter wheat cultivation in dependence on different methods of plant protection

W latach 1999–2001 przeprowadzono doświadczenia, których celem było porównanie opłacalności uprawy pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony roślin (konwencjonalny, integrowany, integrowany + stymulator naturalnej odporności — Bion oraz obiekt kontrolny). Oceniono efektywność ekonomiczną różnych sposobów ochrony roślin przyjmując jako główne kryteria: nadwyżkę bezpośrednią na 1 ha, nadwyżkę bezpośrednią na 1 zł kosztów bezpośrednich, nadwyżkę bezpośrednią na 1 roboczogodzinę (rbh). Stwierdzono, że intensywność ochrony zasiewów pszenicy istotnie różnicuje poziom plonowania. Najkorzystniejszą dla poziomu plonowania okazała się ochrona intensywna, następnie integrowana. Natomiast najbardziej korzystny ekonomicznie okazał się integrowany sposób ochrony zasiewów. Wprawdzie uzyskano nieco niższe plony w porównaniu z ochroną intensywną, ale przy niższych kosztach bezpośrednich.

Słowa kluczowe: ocena ekonomiczna, ochrona roślin, pszenica ozima

Field studies were conducted in the years 1999–2001, to compare winter wheat cultivation profitability under different methods of plant protection. Direct surplus per one hectare, per one zloty direct costs, and per direct costs one man-hour were taken as the most important criteria. The intensity of plant protection significantly differentiated wheat yielding. Intensive protection was the most important factor for wheat yielding but the most economical was integrated plant protection system. Under integrated protection method, a little lower yield was obtained when compared with intensive one but the direct costs were also lower.

Key words: economic evaluation, plants protection, winter wheat

WSTĘP

Ochrona pszenicy ozimej przed patogenami jest jednym z ważniejszych elementów kompleksowej technologii uprawy zbóż (Podolska i in., 1996).

Szacuje się, że obniżka plonu spowodowana zaniedbaniami ochrony zasiewów wynosi około 35%, a w latach z dużym nasileniem agrofagów może dochodzić do 70% (Pruszyński, 1997). Jednocześnie wysokie ceny środków produkcji rolniczej w zestawieniu z niskimi cenami płodów rolnych znacznie ograniczają rentowność uprawy zbóż. (Krasowicz, Pawłowska, 1998; Budzyński i in., 1995; Podolska i in., 1996).

Celem podjętych badań było porównanie opłacalności uprawy pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony zasiewów.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 1999–2001 w Stacji Doświadczalnej w Osinach. Doświadczenia założono metodą podbloków losowanych w czterech powtórzeniach. Rośliną doświadczalną była pszenica ozima. W badaniach uwzględniono trzy sposoby ochrony zasiewów: konwencjonalny, integrowany, integrowany + Bion oraz obiekt kontrolny (tab. 1).

Tabela 1

Sposoby ochrony pszenicy ozimej
Methods of winter wheat plant protection

Sposób ochrony zasiewów Method of plant protection	Środki ochrony roślin Protecting agents			
	herbicydy herbicides		fungicydy fungicides	insektycydy insecticides
	jesień autumn	wiosna spring		
Kontrola Control	—	—	—	Decis
Konwencjonalny Conventional	Maraton	Chisel + Atpolan	Tango Amistar	Decis
Integrowany Integrated	—	Chisel + Atpolan	Tango	Decis
Stymulator naturalnej odporności przeciwko chorobom i integrowany sposób zwalczania chwasztów Stimulator of natural resistance against diseases and integrated methods of weed control	—	Chisel + Atpolan	Bion — stymulator biologiczny Biological stimulator	Decis

W każdym roku rośliną przedplonową był rzepak ozimy. Doświadczenie zakładano na glebie bielcowej (piasek gliniasty mocny). Glebę zaliczono do pszennego dobrego kompleksu przydatności rolniczej i IIIa klasy bonitacyjnej. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 27 m². Nawożenie fosforem i potasem zastosowano przed siewem pszenicy ozimej w dawce ustalonej na podstawie analizy zasobności gleb. W roku 1998 i 1999 — 60 kg P₂O₅ i 60 kg K₂O, w roku 2000 — 56 kg P₂O₅ i 84 kg K₂O. Nawożenie azotem zastosowano w ilości 80 kg N/ha, trzykrotnie w okresie wegetacji:

- 50% dawki w okresie ruszenia wegetacji na wiosnę,
- 25% dawki w fazie strzelania w źdźbło,
- 25% dawki w fazie kłoszenia.

Ziarno przed siewem zaprawiano zaprawą Raxil (s.a.-tebukonazol) (1998), Baytan Universal (s.a.-triadimenol) (1999) i Oxafun T (s.a.-karboksyna) (2000) w dawce 200 g/100 kg nasion. Zaprawy te wykazują się podobnym spektrum zwalczania chorób grzybowych. Siew wykonano w terminie optymalnym dla miejscowych warunków: 25 IX 1998, 27 IX 1999 oraz 27.IX 2000 roku w ilości 4,5 mln ziaren kiełkujących na ha.

Uwzględnione w doświadczeniu sposoby ochrony zasiewów różniły się między sobą liczbą wykonanych zabiegów w okresie wegetacji, rodzajem użytego środka oraz terminem wykonania zabiegu (tab. 1).

Obiekt kontrolny stanowiły poletka, na których nie stosowano ochrony przeciwko chwastom, ochroną przeciwko chorobom było zaprawianie ziarna.

Konwencjonalny sposób ochrony zasiewów polegał na dwukrotnym zastosowaniu herbicydów w okresie wegetacji (jesienią i wiosną) oraz dwukrotnym zastosowaniu fungicydów: w okresie strzelania w źdźbło i ukazania się liścia flagowego.

Integrowany sposób ochrony zasiewów polegał na określeniu liczby występujących chwastów na jednostce powierzchni i stopniu porażenia pszenicy przez główne choroby, tj.: rdza brunatna (*Puccinia recondita*), mączniak prawdziwy (*Erisiphe graminis*), septorioza liści (*Septoria tritici*), septorioza kłosów (*Septoria nodorum*). Na podstawie tych oznaczeń po przekroczeniu progu szkodliwości wykonywano oprysk przeciwko patogenom (tab. 1). Liczenie chwastów prowadzono w okresie wiosennym. Stwierdzono, że progi szkodliwości były przekroczone w każdym roku badań, dlatego w okresie wiosennym zastosowano oprysk herbicydami.

Wielkość nakładów środków produkcji ustalano na podstawie faktycznego zużycia w doświadczeniu: nawozów, materiału siewnego i środków ochrony roślin. Nakłady robocizny i siły pociągowej określano na podstawie badań przeprowadzonych w warunkach produkcyjnych w tym samym zakładzie, w których realizowano doświadczenie. W badaniach uwzględniono nakłady ponoszone na poszczególne czynności i zabiegi stosowane przy produkcji pszenicy ozimej.

Koszty środków produkcji obliczano według cen kupna-sprzedaży, a koszty pracy wyceniano z zastosowaniem parytetowej opłaty, ustalonej na podstawie średniej płacy w pięciu podstawowych działach gospodarki narodowej. Wartość ziarna pszenicy ozimej ustalono według średniej ceny skupu.

W ocenie ekonomicznej porównywanych sposobów ochrony zasiewów uwzględniono tylko koszty bezpośrednie, nie brano natomiast pod uwagę kosztów pośrednich. Obliczono równoważnik kosztów bezpośrednich wyrażony w ilości ziarna niezbędnego do pokrycia tych kosztów w każdym z porównywanych wariantów ochrony zasiewów.

W celu zapewnienia porównywalności (wyeliminowania wpływu zmian cen i ich relacji) kalkulację przeprowadzono w cenach obowiązujących w ostatnim roku badań tj. 2001. Niezależnie od oceny w kolejnych latach, porównano również opłacalność różnych sposobów ochrony roślin średnio za 3 lata, z uwzględnieniem cen roku 2001.

Oceniono efektywność ekonomiczną różnych sposobów ochrony roślin przyjmując jako główne kryteria:

- nadwyżkę bezpośrednią na 1 ha,
- nadwyżkę bezpośrednią na 1 zł kosztów bezpośrednich,

— nadwyżkę bezpośrednią na 1 roboczogodzinę (rbh).

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że plon pszenicy ozimej we wszystkich wariantach ochrony był zróżnicowany w latach. Średnio najwyższy plon ziarna uzyskano z obiektów z zastosowaniem konwencjonalnego sposobu ochrony, niższy ze sposobu integrowanego, następnie z zastosowaniem preparatu Bion, a najniższy z obiektu bez ochrony. Różnice w plonie w roku 1999 pomiędzy skrajnymi wartościami były bardzo duże i wynosiły około 5 t·ha⁻¹ (tab. 2). Zbliżone wyniki uzyskali również Kuś i Bochniarz (1999) oraz Szmigiel (1999).

Tabela 2

Plonowanie (t/ha) pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony (1999–2001)
Winter wheat yielding (t/h) depending on the methods of plant protection (1999–2001)

Rok Year	Sposób ochrony zasiewów Method of plant protection				NIR LSD
	kontrola control	konwencjonalny conventional	integrowany integrated	Integrowany + Bion integrated + Bion	
1999	2,7	7,7	6,8	5,5	0,65
2000	5,5	8,5	8,0	7,4	1,21
2001	3,7	5,4	5,1	4,8	0,80
Średnio Mean	4,0	7,2	6,5	5,8	0,65

Wielkość plonu i związana z nią wartość produkcji wpływała na poziom nadwyżki bezpośredniej z ha, w przeliczeniu na 1 zł kosztów bezpośrednich i na 1 roboczogodzinę. Z porównania danych zawartych w tabeli 3 wynika, że najmniejsze koszty bezpośrednie były poniesione na kontroli, największe natomiast na konwencjonalnym sposobie ochrony. Efektem niskich plonów i wysokich kosztów bezpośrednich była ujemna wartość nadwyżki bezpośredniej na obiekcie kontrolnym. Nadwyżka bezpośrednia w integrowanym sposobie ochrony roślin była zbliżona do wyników uzyskanych przez Skarżyńską i Augustyniak-Grzymek (2000). W roku 1999 ze względu na te kryteria najkorzystniej należy ocenić konwencjonalny sposób ochrony roślin (tab. 3).

Korzystniejsze warunki agrometeorologiczne w roku 2000 pozwoliły na uzyskanie wyższych plonów ziarna. W związku z tym opłacalność uprawy pszenicy ozimej w porównaniu do roku 1999 była wyższa, co zgodne jest z badaniem Skarżyńskiej i Augustyniak-Grzymek (2001).

Również w analizowanych badaniach w roku 2000 (tab. 4) ta zwyżka plonów zaowocowała wzrostem nadwyżki bezpośredniej, zarówno bez usług jak i z usługami, niezależnie od intensywności produkcji wyrażanej sposobem ochrony zasiewów. Natomiast najwyższymi wskaźnikami stanowiącymi podstawę oceny, wykazał sposób integrowany.

Tabela 3

**Nadwyżki bezpośrednie w produkcji pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony w 1999 roku
(obliczenia w cenach roku 2001)**

**Direct surplus in production of winter wheat depending on the methods of protection in 1999
(calculation in 2001 prices)**

Wyszczególnienie Specification	Sposób ochrony zasiewów Method of plant protection			
	1	2	3	4
Wartość produkcji (zł/ha) Value of production (zł/h)	1452	4097	3641	2899
Koszty bezpośrednie (zł/ha) Direct costs (zł/h)				
Nasiona Seeds	212	212	212	212
Nawozy mineralne + wapno Mineral fertilizers + lime	647	647	647	647
Środki ochrony roślin Protecting agents	80	547	257	235
Siła pociągowa Power traction	201	236	236	236
Usługi Services	400	400	400	400
Koszty bezpośrednie bez usług (zł/ha) Direct costs without services (zł/h)	1140	1642	1352	1330
Koszty bezpośrednie z usługami (zł/ha) Direct costs with services (zł/h)	1529	2031	1741	1719
Nakłady Expenditures				
rbh man-hour	21,6	24,8	24,6	24,6
cnh tractor-hour	16,5	19,5	19,5	19,5
kmbh combine harvester-hour	1,8	1,8	1,8	1,8
Nadwyżka bezpośrednia (bez usług) Direct surplus (without services)				
na 1 ha per 1 h	312	2455	2289	1569
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	0,27	1,50	1,69	1,18
na 1 rbh per 1 man-hour	14,4	99,0	93,0	63,8
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,15	3,10	2,55	2,51
Nadwyżka bezpośrednia (z usługami) Direct surplus (with services)				
na 1 ha per 1 h	-77	2066	1900	1180
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	-0,05	1,02	1,09	0,69
na 1 rbh per 1 man-hour	-3,56	83,4	77,2	48,0
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,88	3,83	3,28	3,24

Tabela 4

Nadwyżki bezpośrednie w produkcji pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony w 2000 roku
Direct surplus in production of winter wheat depending on the methods of protection in 2000

Wyszczególnienie Specification	Sposób ochrony zasiewów Method of plant protection			
	1	2	3	4
Wartość produkcji (zł/ha) Value of production (zł/h)	2926	4526	4267	3901
Koszty bezpośrednie (zł/ha) Direct costs (zł/h)				
Nasiona Seeds	212	212	212	212
Nawozy mineralne + wapno Mineral fertilizers + lime	647	647	647	647
Środki ochrony roślin Protecting agents	80	547	257	235
Siła pociągowa Power traction	201	236	236	236
Usługi Services	400	400	400	400
Koszty bezpośrednie bez usług (zł/ha) Direct costs without services (zł/h)	1140	1642	1352	1330
Koszty bezpośrednie z usługami (zł/ha) Direct costs with services (zł/h)	1529	2031	1741	1719
Nakłady Expenditures				
rbh man-hour	21,6	24,8	24,6	24,6
cnh tractor-hour	16,5	19,5	19,5	19,5
kmbh combine harvester-hour	1,8	1,8	1,8	1,8
Nadwyżka bezpośrednia (bez usług) Direct surplus (without services)				
na 1 ha per 1 h	1786	2884	2915	2571
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	1,57	1,76	2,16	1,93
na 1 rbh per 1 man-hour	82,7	116,3	118,5	104,5
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,15	3,10	2,55	2,51
Nadwyżka bezpośrednia (z usługami) Direct surplus (with services)				
na 1 ha per 1 h	1397	2495	2526	2182
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	0,91	1,23	1,45	1,27
na 1 rbh per 1 man-hour	64,7	100,6	102,7	88,7
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,88	3,83	3,28	3,24

W roku 2001 w relacji do 2000 pogorszyły się warunki produkcyjno-cenowe uprawy pszenicy (Skarżyńska, Augustyniak-Grzymek, 2002). Największą wartość nadwyżki

bezpośredniej uzyskano z integrowanego sposobu ochrony, mniejszą z konwencjonalnego i z integrowanym + Bion, a najmniejszą na kontroli (tab. 5).

Tabela 5

Nadwyżki bezpośrednie w produkcji pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony w 2001 roku
Direct surplus in production of winter wheat depending on the methods of protection in 2001

Wyszczególnienie Specification	Sposób ochrony zasiewów Method of plant protection			
	1	2	3	4
Wartość produkcji (zł/ha) Value of production (zł/h)	2003	2836	2687	2549
Koszty bezpośrednie (zł/ha) Direct costs (zł/h)				
Nasiona Seeds	212	212	212	212
Nawozy mineralne + wapno Mineral fertilizers + lime	647	647	647	647
Środki ochrony roślin Protecting agents	80	547	257	235
Siła pociągowa Power traction	201	236	236	236
Usługi Services	400	400	400	400
Koszty bezpośrednie bez usług (zł/ha) Direct costs without services (zł/h)	1140	1642	1352	1330
Koszty bezpośrednie z usługami (zł/ha) Direct costs with services (zł/h)	1529	2031	1741	1719
Nakłady Expenditures				
rbh man-hour	21,6	24,8	24,6	24,6
cnh tractor-hour	16,5	19,5	19,5	19,5
kmbh combine harvester-hour	1,8	1,8	1,8	1,8
Nadwyżka bezpośrednia (bez usług) Direct surplus (without services)				
na 1 ha per 1 h	863	1194	1335	1219
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	0,76	0,73	0,99	0,92
na 1 rbh per 1 man-hour	40,0	48,1	54,3	49,6
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,15	3,10	2,55	2,51
Nadwyżka bezpośrednia (z usługami) Direct surplus (with services)				
na 1 ha per 1 h	474	805	946	830
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	0,31	0,40	0,54	0,48
na 1 rbh per 1 man-hour	21,9	32,5	38,5	33,7
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,88	3,83	3,28	3,24

Tabela 6

Nadwyżki bezpośrednie w produkcji pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony średnio w latach 1999–2001

Direct surplus in production of winter wheat depending on the methods of protection, means for the years 1999–2001

Wyszczególnienie Specification	Sposób ochrony zasiewów Method of plant protection			
	1	2	3	4
Wartość produkcji (zł/ha) Value of production (zł/h)	2125	3641	3535	3116
Koszty bezpośrednie (zł/ha) Direct costs (zł/h)				
Nasiona Seeds	212	212	212	212
Nawozy mineralne + wapno Mineral fertilizers + lime	647	647	647	647
Środki ochrony roślin Protecting agents	80	547	257	235
Siła pociągowa Power traction	201	236	236	236
Usługi Services	400	400	400	400
Koszty bezpośrednie bez usług (zł/ha) Direct costs without services (zł/h)	1140	1642	1352	1330
Koszty bezpośrednie z usługami (zł/ha) Direct costs with services (zł/h)	1529	2031	1741	1719
Nakłady Expenditures				
rbh man-hour	21,6	24,8	24,6	24,6
cnh tractor-hour	16,5	19,5	19,5	19,5
kmbh combine harvester-hour	1,8	1,8	1,8	1,8
Nadwyżka bezpośrednia (bez usług) Direct surplus (without services)				
na 1 ha per 1 h	985	1999	2183	1786
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	0,86	1,21	1,61	1,34
na 1 rbh per 1 man-hour	45,6	80,6	88,7	72,6
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,15	3,10	2,55	2,51
Nadwyżka bezpośrednia (z usługami) Direct surplus (with services)				
na 1 ha per 1 h	596	1610	1794	1397
na 1 zł kosztów bezpośrednich per 1 zł of direct costs	0,39	0,79	1,03	0,81
na 1 rbh per 1 man-hour	27,6	64,9	72,9	56,8
Plon równoważący koszty bezpośrednie (t/ha) Crop balancing direct costs (t/h)	2,88	3,83	3,28	3,24

Porównywane sposoby ochrony zasiewów średnio za lata 1999–2001 różniły się między sobą wysokością nadwyżki bezpośredniej. Z danych zamieszczonych w tabeli 6 wynika, że najwyższą nadwyżkę bezpośrednią z 1 ha zapewniał integrowany sposób ochrony ukierunkowany na zachowanie jak najwyższego plonu przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia środków ochrony roślin. Porównywalne wyniki uzyskali również Krasowicz i Pawłowska (1998) oraz Wielecki i Wajszczuk (2001).

Przeprowadzone porównanie relatywne wybranych wskaźników 1 ha produkcji pszenicy ozimej w latach 1999–2001 dodatkowo potwierdza ekonomicznie korzystniejszy integrowany wariant ochrony zasiewów (tab. 7).

Tabela 7

Porównanie relatywne wybranych wskaźników 1 ha produkcji pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony (średnie z lat 1999–2001)

Relative comparison of some indices of winter wheat production depending on the protection methods (means for the years 1999–2001)

Wyszczególnienie Specification	Sposób ochrony zasiewów Method of plant protection			
	1	2	3	4
Plon Yield	100,0	171,3	166,3	146,6
Środki ochrony roślin Protecting agents	100,0	683,8	321,3	293,8
Koszty bezpośrednie Direct costs				
Bez usług Without services	100,0	144,0	118,6	116,7
Z usługami With services	100,0	132,8	113,9	112,4
Nadwyżka bezpośrednia Direct surplus				
Bez usług Without services	100,0	202,9	221,6	181,3
Z usługami With services	100,0	270,1	301,0	234,4

Z przedstawionych analiz wynika, że koszt konwencjonalnego sposobu ochrony pszenicy ozimej był najwyższy. Integrowany sposób ochrony zapewniał nieco niższe plony w porównaniu ze sposobem konwencjonalnym, nie wymagał jednak tak znacznych kosztów bezpośrednich. Koszty bezpośrednie ze sposobu integrowanego i integrowanego + Bion były zbliżone.

W efekcie zróżnicowania wskaźników, uwzględnianych w obliczaniu nadwyżki bezpośredniej (wartość produkcji z 1 ha — koszty bezpośrednie) najbardziej korzystny ekonomicznie okazał się integrowany sposób ochrony pszenicy ozimej.

Przedstawione kalkulacje mają charakter uproszczony. Odnoszą się one do określonych realiów cenowych. Ich wykorzystanie przy podejmowaniu decyzji produkcyjnych jest uwarunkowane możliwością i tempem aktualizacji danych.

WNIOSKI

1. Najkorzystniejsza dla poziomu plonowania okazała się ochrona intensywna, następnie integrowana.
2. Najbardziej ekonomicznie opłacalnym okazał się integrowany sposób ochrony zasiewów. W porównaniu z ochroną konwencjonalną uzyskano niższe plony, ale również poniesiono niższe koszty bezpośrednie.

LITERATURA

- Budzyński W., Fedejko B., Szempliński W., Majewska K. 1995. Energetyczna, produkcyjna oraz jakościowa ocena różnych technologii uprawy ozimej pszenicy chlebowej. *Fragm. Agron.* 3: 33 — 52.
- Krasowicz S., Pawłowska J., 1998 *Ekonomika ochrony zbóż przy różnej intensywności produkcji*. Zag. Ekon. Rol. 4–5: 65 — 79.
- Kuś J., Bochniarz A. 1999. Plonowanie pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji roślinnej. *Pam. Puł.* 118: 234 — 239.
- Podolska G., Kukuła S., Pawłowska J., Krasowicz S., Niesciór E. 1996. Ocena technologii uprawy pszenicy ozimej o różnym poziomie nakładów. *Pam. Puł.* 107: 16 — 26.
- Pruszyński S. 1997 Znaczenie ochrony roślin w rozwoju rolniczych technologii produkcji. *Post. Ochr. Rośl.* 37 (1): 19 — 26.
- Skarżyńska A., Augustyniak-Grzymek I. 2000. Koszty jednostkowe i dochodowość produkcji rolniczej w gospodarstwach indywidualnych w 1999 roku. *Zag. Ekon. Rol.* 4–5: 99 — 111.
- Skarżyńska A., Augustyniak-Grzymek I. 2001. Koszty jednostkowe i dochodowość produkcji rolniczej w gospodarstwach indywidualnych w 2000 roku. *Zag. Ekon. Rol.* 4–5: 78 — 116.
- Skarżyńska A., Augustyniak-Grzymek I. 2002. Koszty jednostkowe i dochodowość produkcji rolniczej w gospodarstwach indywidualnych w 2001 roku. *Zag. Ekon. Rol.* 4–5: 105 — 148.
- Szmigiel A. 1999. Wpływ technologii uprawy na plonowanie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 118: 423 — 429.
- Wielecki W., Wajszczuk K. 2001. Aspekty ekonomiczne zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw rolniczych *Prac. Zakr. Nauk Rol.* 91: 107 — 115.

CZESŁAW ZAMORSKI
BOGDAN NOWICKI
MAŁGORZATA SCHOLLENBERGER
WOJCIECH WAKULIŃSKI

Katedra Fitopatologii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Podatność polskich materiałów hodowlanych pszenicy na rdzę źdźbłową

Susceptibility of Polish wheat breeding lines to *Puccinia graminis* Pers.

Doświadczenia nad podatnością genotypów pszenicy ozimej na porażenie przez *Puccinia graminis* prowadzono na poletkach doświadczalnych Katedry Fitopatologii SGGW w Warszawie w latach 2000–2002. Materiał roślinny stanowiły rody i odmiany pszenicy pochodzące z polskich ośrodków hodowli twórczej. Pierwszych infekcji pszenicy dokonywały ecjospory z krzewów berberysu, zaś wtórnych urediniospory tworzące się na liściach i źdźbłach pszenicy. Warunki przebiegu doświadczeń umożliwiły pełny rozwój rdzy źdźbłowej. Porażenie roślin kombinacji porównawczej (odm. Gama) osiągało najwyższą wartość. Wśród 2771 przetestowanych genotypów ponad 74% uległo silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis*. Genotypy całkowicie wolne od rdzy źdźbłowej stanowiły 16% badanych form. Wysoki (74%) był również udział bardzo wrażliwych form pszenicy ozimej wśród rodów znajdujących się w badaniach rejestrowych. Wyniki doświadczeń wskazują na pilną potrzebę uwzględnienia w pracach hodowlanych cechy odporności pszenicy na rdzę źdźbłową.

Słowa kluczowe: podatność, pszenica, rdza źdźbłowa

Susceptibility of winter wheat genotypes to *Puccinia graminis* infection was tested on experimental plots of the Plant Pathology Department, Warsaw Academy of Agriculture, in the years 2000–2002. The evaluated wheat forms originated from the Polish breeding stations. The first infections of plants were caused by eciospores from barberry bushes and the secondary ones by urediniospores formed on leaves and sheaths of wheat. Provocative conditions during the experiments secured good development of stem rust. Infection degree of comparative combination plants (wheat cv. Gama) reached the highest value. Among the 2771 tested genotypes more than 74% were severely infected by *Puccinia graminis*. Genotypes free of stem rust symptoms constituted 16% of all tested forms. There was also a high percentage (74%) of very susceptible materials among winter wheat lines in the registration trials. These results show at urgent necessity of taking the stem rust into consideration in breeding work on wheat.

Key words: susceptibility, wheat, stem rust

WSTĘP

Rdza żółtobłowa powodowana przez *Puccinia graminis* Pers. stanowi poważne zagrożenie dla upraw pszenicy (Roelfs, 1978). Epidemiczne występowanie choroby prowadzi do znacznej utraty plonów. Nieporównywalnie wyższa szkodliwość rdzy żółtobłowej niż innych rdzy zbóż wynika z rozrywania skórki żdźbeł, pochw, i blaszek liściowych w miejscach tworzenia się uredyniów i teliów grzyba (Zamorski, 1995). Gwałtowny wzrost transpiracji powoduje, że rośliny znajdują się w stanie stałego niedoboru wody. Prowadzi to do przedwczesnego zasychania roślin. Zamiast w pełni wykształconych ziarniaków, w krańcowych przypadkach „plonem” jest tylko poślad (Roelfs i in., 1992). Gatunek *Puccinia graminis* obejmuje szereg form specjalnych (f. sp.) wyróżniających się zdolnością do pasożytowania na określonych rodzajach roślin. Sprawcą rdzy żółtobłowej pszenicy i pszenżyta jest *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*. W warunkach klimatycznych naszego kraju cykl rozwojowy *Puccinia graminis* ma klasyczny przebieg. Zimują teliospory na resztkach słomy, zaś pierwszych infekcji zasiewów pszenicy dokonują ecjospory wytworzone na berberysie (Kochman, 1973). W badaniach prowadzonych w latach 90. nad podatnością pszenicy na rdze potwierdzono powszechną, wysoką wrażliwość na rdzę brunatną oraz wysoką odporność na rdzę żółtą. Dużym zaskoczeniem było stwierdzenie wysokiej podatności polskich odmian pszenicy jarej i ozimej na porażenie przez *Puccinia graminis*. Dla uzyskania pełniejszego obrazu tego zjawiska w latach 2000–2002 przeprowadzono badania nad podatnością materiałów hodowlanych pszenicy znajdujących się w zasobach polskich ośrodków hodowli. Z literatury przedmiotu wiadomo, że odporność pszenicy na rdzę żółtobłą może być uwarunkowana przeszło 60 genami (McIntosh i in., 1995). Obecność kilku z nich (np. Sr 26, Sr 27, Sr 31, Sr 32, Sr 36, Sr 44) zapewnia bardzo wysoką odporność pszenicy (Tomar i Menon, 2001).

Celem prezentowanej pracy było rozszerzenie wiedzy o stopniu podatności krajowych materiałów hodowlanych pszenicy ozimej na rdzę żółtobłą.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia nad podatnością genotypów pszenicy na porażenie przez *Puccinia graminis* prowadzono na poletkach Katedry Fitopatologii SGGW w Warszawie w latach 2000–2002. Materiał roślinny (2771 genotypów) pochodził z polskich ośrodków hodowli pszenicy ozimej („Danko” — 677; „Nasiona Kobierzyc” — 508; Hodowla Małopolska — 430; Hodowla Poznańska — 496; Hodowla Szelejewo — 439; COBORU — 221). Były to rody zaawansowane w procesie hodowlanym, charakteryzujące się wysokimi ocenami cech użytkowych. Każdy ród stanowiący kombinację wysiewano na poletkach w dwóch rzędach o długości 1 m w trzech powtórzeniach. Pierwotnym źródłem choroby dla berberysu były telia *Puccinia graminis* na ubiegłorocznej słomie pszenicy. Silnie porażone krzewy berberysu z tworzącymi się na nich ecjami umieszczano między poletkami pszenicy. Pierwszych infekcji roślin pszenicy dokonywały ecjospory, zaś wtórnych uredyniospory powstające w uredyniach na blaszkach, pochwach liściowych i żdźbłach.

Inokulacja roślin przebiegała samoistnie. Zapewniano tylko optymalną wilgotność dla przebiegu zakażenia. W stadium kłoszenia utajonego, połowa roślin każdego poletka została skoszona do wysokości 10–15 cm nad powierzchnią gleby. Umożliwiło to roślinom wytworzenie nowych źdźbeł. Zabieg ten przedłużył okres wegetacji umożliwiając pełniejszy rozwój rdzy źdźbłowej. Ocenę porażenia pszenicy przez *Puccinia graminis* przeprowadzano w pierwszej dekadzie i w drugiej połowie lipca (źdźbeł wtórnych). Przy ocenie wszystkich roślin na poletku posługiwano się 6-stopniową, zmodyfikowaną skalą Cobbs'a (Stubbs i in., 1986), wyrażającą wzrastające porażenie (0 — rośliny zdrowe,...5 — maksymalne porażenie roślin, uredinia czy telia pokrywające powyżej 50% powierzchni źdźbła). Końcowa ocena stopnia porażenia była średnią z trzech powtórzeń. Wartości te posłużyły do wyliczenia procentowego udziału genotypów porażonych w danym stopniu. Takie ujęcie pozwoliło na przedstawienie obrazu reakcji materiałów hodowlanych analizowanych ośrodków w kolejnych latach.

PRZEBIEG I WYNIKI DOŚWIADCZEŃ

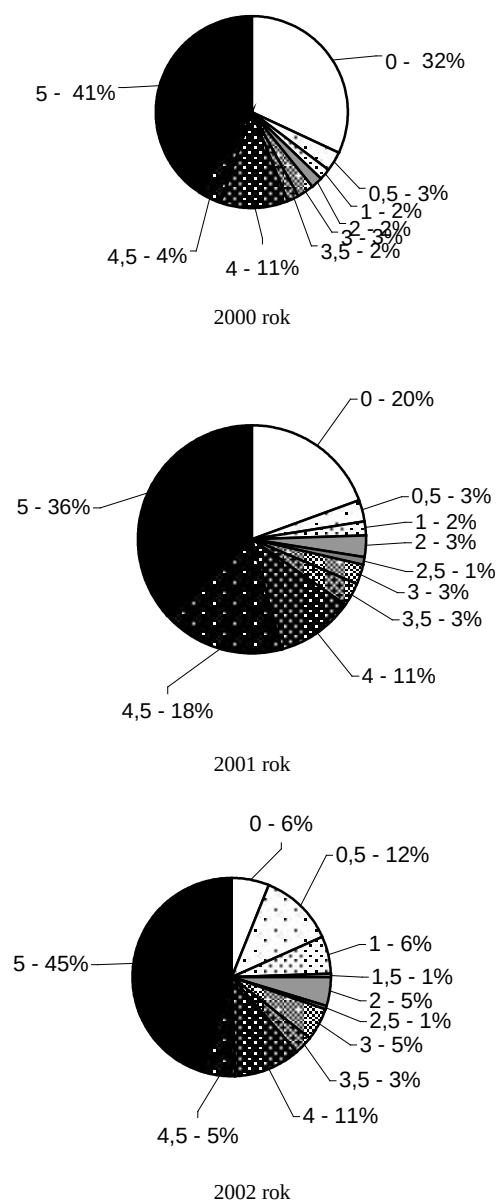
We wszystkich trzech latach nasilenie rdzy źdźbłowej na roślinach odmiany Gama (kombinacja porównawcza) było bardzo wysokie. Stopień porażenia osiągał najwyższą wartość (5°).

Wśród 677 rodów pszenicy ozimej Hodowli „Danko” (rys. 1) silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis* uległy rośliny przeszło 66 procent genotypów (w 2000 roku — 59,7%; w 2001 roku — 71,5%; w 2002 roku — 69,6%). Rodów wolnych od rdzy (immunych) było od 6–32 procent (w 2000 roku — 6,2%; w 2001 roku — 19,9%; w 2002 roku — 6,2%). Rośliny pozostałych rodów były porażone w słabym stopniu.

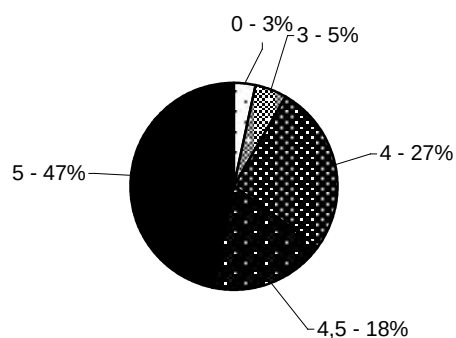
Spośród 508 rodów pszenicy ozimej hodowli „Nasiona Kobierzyc” (rys. 2) dominowały również rody bardzo podatne. Silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis* uległy rośliny 86 procent badanych rodów (w 2000 roku — 96,7%; w 2001 roku — 75,7%; w 2002 roku — 86,3%). Udział rodów całkowicie odpornych wahał się od 3–15 procent (w 2000 roku — 3,3%; w 2001 roku — 14,4%; w 2002 roku — 3%). Rośliny pozostałych rodów zostały porażone w stopniu słabym.

Wśród 430 rodów Hodowli Małopolskiej (rys. 3) silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis* uległy rośliny 73 procent rodów (w 2000 roku — 82,2%; w 2001 roku — 59,3%; w 2002 roku — 79,8%). Udział rodów immunych wahał się od 6–27 procent (w 2000 roku — 17,8%; w 2001 roku — 26,6%; w 2002 roku — 6,2%). Rośliny pozostałych rodów były porażone w stopniu słabym.

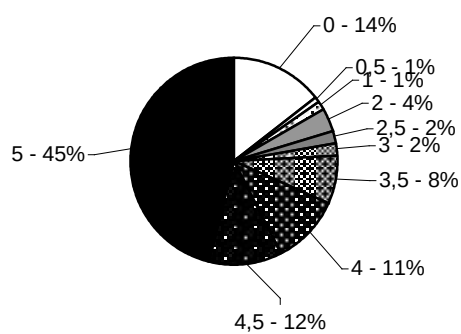
Wśród 496 rodów pszenicy ozimej Hodowli Poznańskiej (rys. 4) rośliny 81 procent genotypów uległy bardzo silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis* (w 2000 roku — 82,3%; w 2001 roku — 82,2%; w 2002 roku — 78,8%). Udział rodów, u których na roślinach nie stwierdzono żadnych objawów rdzy źdźbłowej był niewielki i wahał się od 5 — 13 procent (w 2000 roku — 13,5%; w 2001 roku — 9,2%; w 2002 roku — 5,2%). Rośliny pozostałych rodów uległy nieznacznemu porażeniu.



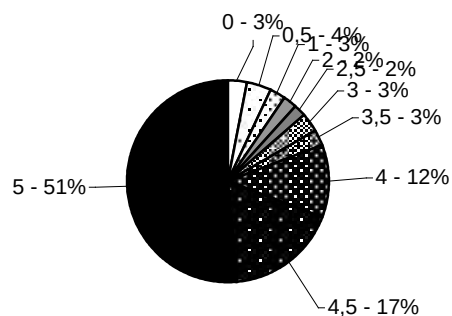
Rys. 1. Procent genotypów pszenicy ozimej Hodowli „Danko” porażonych w różnym stopniu (0–5) przez *Puccinia graminis*, Ursynów, 2000–2002
Fig. 1. Percent of winter wheat genotypes from “Danko” infected in different degree (0–5) by *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002



2000 rok

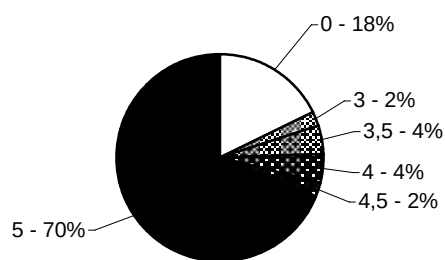


2001 rok

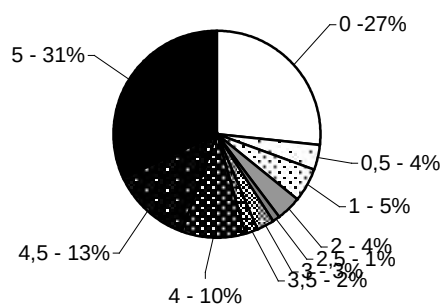


2002 rok

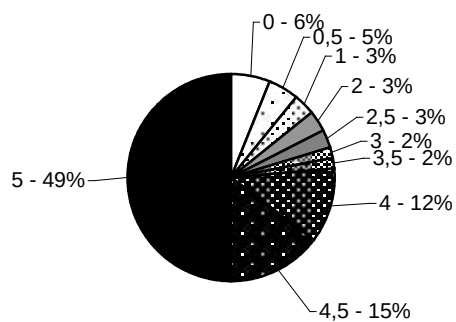
Rys. 2. Procent genotypów pszenicy ozimej Hodowli „Nasiona Kobierzyc” porażonych w różnym stopniu (0–5) przez *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002
Fig. 2. Percent of winter wheat genotypes from „Nasiona Kobierzyc” infected in different degree (0–5) by *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002



2000 rok



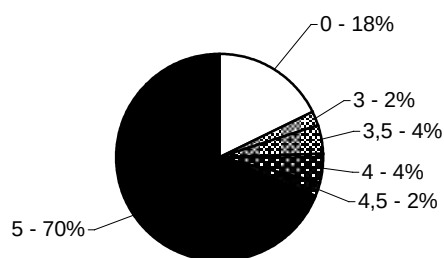
2001 rok



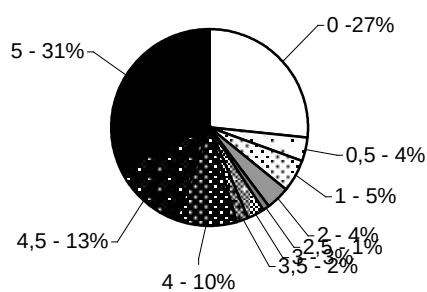
2002 rok

Rys. 3. Procent genotypów pszenicy ozimej Hodowli Małopolskiej porażonych w różnym stopniu (0–5) przez *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002

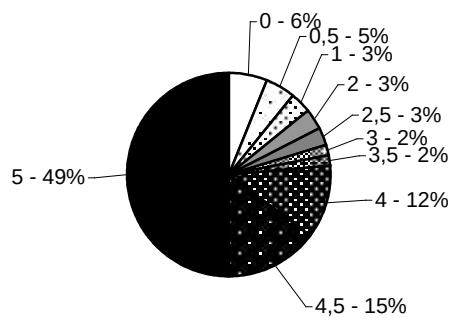
Fig. 3. Percent of winter wheat genotypes from “Hodowla Małopolska” infected in different degree (0–5) by *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002



2000 rok

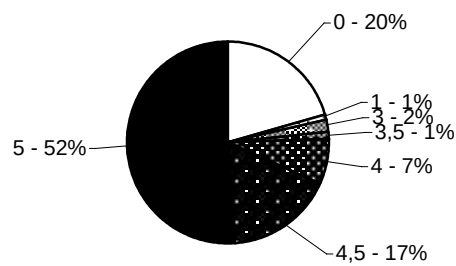


2001rok

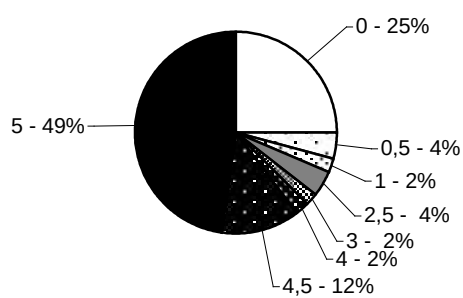


2002 rok

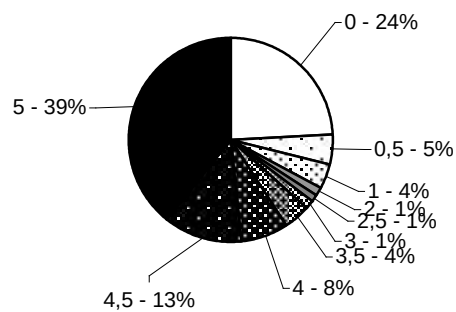
Rys. 4. Procent genotypów pszenicy ozimej Hodowli Poznańskiej porażonych w różnym stopniu (0–5) przez *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002
Fig. 4. Percent of winter wheat genotypes from “Hodowla Poznańska” infected in different degree (0–5) by *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002



2000

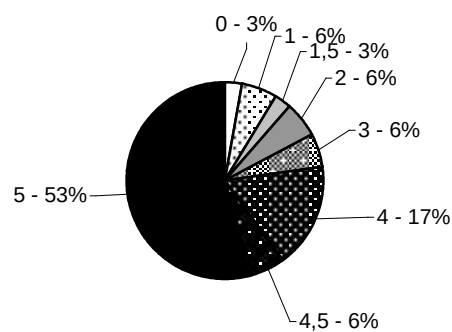


2001

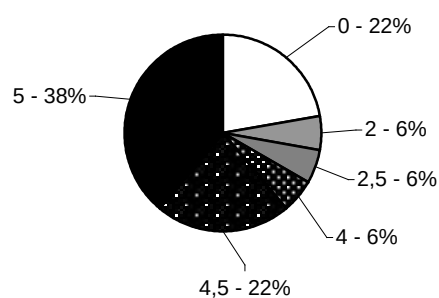


2002

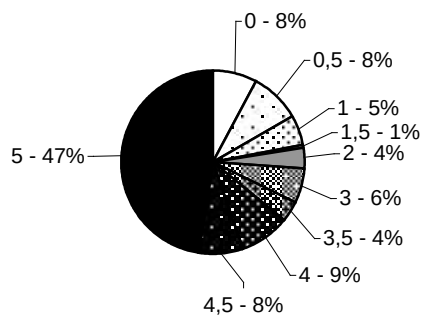
Rys. 5. Procent genotypów pszenicy ozimej Hodowli Szelejewo porażonych w różnym stopniu (0–5) przez *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002
Fig. 5. Percent of winter wheat genotypes from “Hodowla Szelejewo” infected in different degree (0–5) by *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002



2000



2001



2002

Rys. 6. Procent genotypów pszenicy ozimej w doświadczeniach COBORU porażonych w różnym stopniu (0–5) przez *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002
Fig. 6. Percentage of winter wheat genotypes from Polish Centre for Cultivar Testing (COBORU) experiments infected in different degree (0–5) by *Puccinia graminis*. Ursynów, 2000–2002

Wśród 439 rodów pszenicy ozimej Hodowli Szelejewo (rys. 5) silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis* uległy rośliny 69 procent badanych rodów (w 2000 roku — 78,4%; w 2001 roku — 64,5%; w 2002 roku — 64,8%). Rodów o immunej reakcji roślin odnotowano 23 procent (w 2000 roku — 20,4%; w 2001 roku — 25%; w 2002 roku — 24,2%). Rośliny pozostałych rodów uległy porażeniu w nieznacznym stopniu.

Spośród 221 rodów pszenicy ozimej znajdujących się w końcowym etapie oceny COBORU (rys. 6) silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis* uległy rośliny 74 procent badanych genotypów (w 2000 roku — 82,8%; w 2001 roku — 66,7%; w 2002 roku — 73,8%). Udział rodów o reakcji immunej roślin wahał się od 3 — 23 procent (w 2000 roku — 2,9%; w 2001 roku — 22,8%; w 2002 roku 7,7%). Na roślinach pozostałych rodów odnotowano objawy słabego nasilenia rdzy żółtobłowej.

DYSKUSJA

Wyniki przeprowadzonych doświadczeń wskazują na dość stały i wysoki udział genotypów bardzo wrażliwych na porażenie przez *Puccinia graminis*. Uzyskiwanie corocznie zbliżonych rezultatów, mimo zmian w zestawach badanych rodów, stanowi potwierdzenie niemalże powszechności genotypów bardzo wrażliwych w krajowych materiałach hodowlanych pszenicy. We wszystkich ośrodkach dominowały formy porażane przez *Puccinia graminis* w najwyższym stopniu (rys. 1–6). Równoczesna obecność genotypów nieulegających porażeniu dowodziła istnienia w materiałach hodowlanych rodów o genetycznie uwarunkowanej odporności. Obecność tych ostatnich linii świadczyła również o braku wirulencji w populacji patogena *Puccinia graminis* w stosunku do tych rodów. Dominujący udział rodów bardzo wrażliwych na rdzę żółtobłową stanowi poważne utrudnienie w prowadzeniu hodowli odpornościowej na tę chorobę. W materiałach każdej hodowli znajdowały się rody całkowicie odporne na rdzę żółtobłową. Ze względu na sporadyczne lub zbyt późne pojawianie się choroby, hodowla odpornościowa wymaga wsparcia stałym testowaniem rodów w warunkach gwarantujących pełny rozwój choroby. W światowych materiałach pszenicy rozpoznano przeszło 60 genów odporności na rdzę żółtobłową (McIntosh i in., 1995). Ich rolnicze wykorzystanie w większości przypadków jest niewielkie. Wiąże się to przede wszystkim z szybkim pojawianiem się wirulentnych patotypów grzyba. Wirulencja w stosunku do większości genów odporności jest zjawiskiem dość powszechnym (McIntosh i in., 1995). Genotypy zawierające geny Sr 27, Sr 31, Sr 32, Sr 36, Sr 44 charakteryzują się dość trwałą odpornością. W populacji patogena z dużą trudnością dochodzi do pojawiania się patotypów wirulentnych w stosunku do tych genów (McIntosh, 1988; McIntosh i in., 1995; Park i Wellings, 1992; Rao, 1978; Sawhney i Goel, 1981; The i in., 1988). Duże nasilenie rdzy żółtobłowej na roślinach większości rodów pszenicy i roślinach kombinacji porównawczej świadczyło nie tylko o wysokim poziomie inokulum, ale i o korzystnych warunkach środowiska dla rozwoju choroby. Odporność genotypu rośliny jest cechą stałą na określony patotyp sprawcy choroby. W populacji patogena zachodzą jednak ciągłe zmiany. W przypadku *Puccinia graminis* zmienność pojawia się częściej niż u pozostałych sprawców rdzy zbóż. Źródłem tej zmienności jest udział procesu płciowego w corocznym

rozmnażaniu grzyba. Pojawianie się nowych, wirulentnych patotypów *Puccinia graminis* dla dotychczas odpornych odmian pszenicy notowano we wszystkich rejonach uprawy pszenicy (Roelfs i Bushnell, 1985; Singh i McIntosh, 1988). W trzyletnim okresie badań przetestowano 2771 rodów pszenicy ozimej. Uzyskane wyniki oparte o tak bogaty materiał stanowią dobre potwierdzenie wcześniejszych doniesień o wysokiej podatności odmian pszenicy ozimej na porażenie przez *Puccinia graminis* (Nowicki i in., 2002). Biorąc pod uwagę fakt, że prace hodowlane prowadzone są dla przyszłości, należy już teraz podejmować wysiłki zmierzające do zwiększenia udziału odmian odpornych na rdzę żółtobłą. Ocieplający się klimat może stworzyć lepsze warunki dla corocznego, epidemicznego występowania rdzy żółtobłej pszenicy, niewątpliwie najgroźniejszej choroby tej rośliny. Zagadnienia czekające na bliższe poznanie i wynikające z przeprowadzonych badań to 1/ genetyczne uwarunkowanie cechy odporności w polskich materiałach hodowlanych pszenicy, 2/ zróżnicowanie krajowej populacji *Puccinia graminis*.

WNIOSKI

1. W polskich materiałach hodowlanych dominującą grupę stanowią rody bardzo wrażliwe na rdzę żółtobłą.
2. Genotypy immune, znajdujące się w mniejszości mogą stanowić źródła odporności w twórczej hodowli odpornościowej.
3. Hodowla odpornościowa musi opierać się o stałe testowanie nowych rodów pod kątem ich podatności na rdzę żółtobłą w warunkach umożliwiających pełny rozwój choroby.

LITERATURA

- Kochman J. 1973. Fitopatologia. PWRiL, Warszawa.
- McIntosh R.A., 1988. The role of specific genes in breeding for durable stem rust resistance in wheat and triticale. Breeding Strategies for Resistance to the Rusts of Wheat. (Eds. N. W. Simmonds, S. Rajaram): 1–9, CIMMYT, Mexico.
- McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. 1995. Wheat rusts. An atlas of resistance genes. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Nowicki B., Zamorski C., Wakuliński W., Schollenberger M. 2002. Response of wheat and triticale genotypes to infection by *Puccinia graminis*. *Petria* 12 (1/2): 271 — 275.
- Park R. F., Wellings C. R. 1992. Pathogenic specialization of wheat rusts in Australia and New Zealand in 1988 and 1989. *Australian Plant Pathology* 21: 61 — 69.
- Roa M. V. P. 1978. The transfer of alien genes for stem rust resistance to durum wheat. *Proc. 5th Intern. Wheat Genet. Symp.* (Ed. Ramanujam) New Dehli, India: 338 — 341.
- Roelfs A. P. 1978. Estimated losses caused by rust in small grain cereals in the United States — 1918-76. *Miscellaneous Publication* 1363. USDA, Washington DC.
- Roelfs A. P., Bushnell W. R. 1985. The cereal rusts. Vol. II. Diseases, distribution, epidemiology and control. Academic Press, Orlando.
- Roelfs A. P., Singh R.P., Sarri E. E. 1992. Rust disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT, Mexico.
- Sawhney R.N., Goel L.B. 1981. Race specific interaction between wheat genotypes and Indian cultures of stem rust. *Theor. Appl. Genet.* 60: 161 — 166.

- Smith J., Le Roux J. 1992. First report of wheat stem rust virulence for Sr 27 in South Africa. *Vortrage für Pflanzenzüchtung* 24: 109 — 110.
- Stubbs R. W., Prescott J. M., Saari E. E., Dubin H. J. 1986. *Cereal Disease Methodology Manual*. CIMMYT, Mexico.
- The T. T., Latter B. D. H., McIntosh R. A., Ellison F. W., Bremah P. S., Fisher J., Hollamby G. J., Rathjen A. J., Wilson R. E. 1988. Grain yields of near-isogenic lines with added genes for stem rust resistance. *Proc. 7th Int. Wheat Genet. Symp.* (Eds. Miller T. E., Koeberner R. M. D.) IPSR, Cambridge, England: 901 — 906.
- Tomar S. M. S., Menon M. K. 2001. Genes for disease resistance in wheat. *Indian Agricultural Research Institute, New Delhi*, pp. 152.
- Zamorski C. 1995. Rozwój rdzy brunatnej oraz cechy diagnostyczne rdzy brunatnej (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm) i rdzy żółtobłowej (*Puccinia graminis* Pers.) pszenicy. *Biul. IHAR* 194: 189 — 192.

WOJCIECH WAKULIŃSKI ¹
CZESŁAW ZAMORSKI ¹
ZOFIA BIAŁOSKÓRSKA ²
BARBARA ŁOTOCKA ³
BOGDAN NOWICKI ¹
MALGORZATA SCHOLLENBERGER ¹

¹ Katedra Fitopatologii, SGGW, Warszawa

² Hodowla Roślin „DANKO” Oddział Laski

³ Katedra Botaniki, SGGW, Warszawa

Dziedziczenie odporności pszenicy ozimej odmiany Michigan Amber na porażenie przez *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler

Inheritance of resistance to *Pyrenophora tritici-repentis* in winter wheat cv. Michigan Amber

Badano dziedziczenie odporności pszenicy ozimej Michigan Amber na porażenie przez *P. tritici-repentis*. W pokoleniu F₁ wszystkie rośliny uzyskane w wyniku krzyżówek odwrotnych reagowały jak podatne formy rodzicielskie, a efekt cytoplazmatyczny był nieistotny. Występująca w pokoleniu F₂ segregacja 3:1 (podatne : odporne) wskazała, że badana cecha w przypadku odmiany Michigan Amber warunkowana jest pojedynczym genem recesywnym.

Słowa kluczowe: odporność, *Pyrenophora tritici-repentis*, pszenica

The inheritance of resistance to tan spot in winter wheat cultivar Michigan Amber was investigated in reciprocal crosses with four susceptible cultivars Gama, Olma, Almari and Maltanka. The all hybrids of F₁ generation after inoculation by *P. tritici-repentis* reacted as susceptible parents, and cytoplasmic effect was statistically insignificant. Trait segregation ratio 3:1 susceptible to resistant at F₂ generation indicates that the resistance to tan spot in cv. Michigan Amber is determined by one recessive gene.

Key words: *Pyrenophora tritici-repentis*, resistance, wheat

WSTĘP

Pyrenophora tritici-repentis — czynnik sprawczy brunatnej plamistości liści jest gatunkiem o bardzo szerokim geograficznym zasięgu występowania (Ellis i Waller, 1976). Patogen ten przez wiele lat był obserwowany w uprawie pszenicy, głównie na terenie Ameryki Północnej (Schilder i Bergstrom, 1989) i Australii (Murray i Brown, 1987),

natomiast od lat osiemdziesiątych także coraz częściej w innych częściach świata, zwłaszcza na obszarze starego kontynentu oraz Ameryki Południowej. W Europie we wspomnianym okresie, występowanie choroby obserwowano między innymi na terenie Niemiec (Obst, 1983), Wielkiej Brytanii (Sivanesan, 1987), Belgii (Maraite i in., 1992), Węgier (Bakonyi i in., 1998) i Czech (Sarova i in., 2001). W Ameryce Południowej brunatna plamistość liści stanowi największy problem na terenie Brazylii a szczególnie stanów Parana i Rio Grande do Sul (Mheta i Gaudencio, 1991) oraz Argentyny (Annone, 1998). Na kontynencie tym chorobę obserwuje się także w Chile, Paragwaju (Viedma i Kohli, 1998) i Urugwaju (Diaz de Ackermann i Kohli, 1998). Istotny wzrost znaczenia brunatnej plamistości liści odnotowano także w Polsce, a choroba stała się trwałym i istotnym elementem kompleksu nekrotycznych plamistości pszenicy i pszenżyta. Problem ten był sygnalizowany początkowo przez Pokacką (1990) a następnie przez szereg zespołów badawczych (Zamorski i Schollenberger, 1994; Jańczak i in., 1998; Jaczewska-Kalicka, 2000; Łukanowski i in., 2001).

Przeważająca część współcześnie uprawianych odmian jak też materiałów hodowlanych jest wrażliwa lub bardzo wrażliwa na brunatną plamistość liści. Pomimo występującej zróżnicowanej reakcji genotypów pszenicy na porażenie przez *P. tritici-repentis* nie stwierdza się odporności typu pełnego, o charakterze immuni. Genetyczne podłoże odporności jest rozpoznane jedynie częściowo. Jedne z pierwszych opracowań dotyczących zagadnienia donoszą o występowaniu odporności wielogenowej oraz typowo ilościowym jej charakterze u niektórych odmian (Elias i in., 1989), jak również kontrolowaniu procesu przez pojedyncze geny dominujące (Frohberg, 1981) oraz recesywne (Lee i Gough, 1984). Na jakościowy charakter odporności na *P. tritici-repentis* wskazywały także prace Lamarii i Barnier (1989). Przytaczane są jednocześnie dowody na występowanie odporności warunkowanej cytoplazmatycznie (Shabeer i in., 1991).

Wśród przebadanych w Katedrze Fitopatologii genotypów pszenic, bardzo słabym porażeniem charakteryzowała się odmiana Michigan Amber wykazująca cechy niepełnej odporności (tzw. odporność na nekrozy). Skłoniło to autorów do podjęcia prac, których celem było rozpoznanie dziedziczenia tej cechy u wspomnianej odmiany.

MATERIAŁ I METODY

Wykonano krzyżówki odwrotne pomiędzy odmianą Michigan Amber a czterema odmianami pszenicy ozimej: Gama, Olma, Almari, Maltanka — charakteryzujących się w wieloletnich obserwacjach podatnością na brunatną plamistość liści. Podatność roślin pokolenia F_1 i F_2 , oceniano w doświadczeniach infekcyjnych. Liście inokulowano zawiesiną zarodników konidialnych *P. tritici-repentis* o mianie 2×10^3 - 5×10^3 . Zarodniki do testu uzyskiwano wykorzystując zmodyfikowaną procedurę Evansa i wsp. (1993). Ocenę porażenia roślin przeprowadzano w oparciu o sześciostopniową skalę porażenia (Wakuliński i in., 2001). Za formy odporne uznawano rośliny, których stopień porażenia był równy lub mniejszy od 1. Uzyskane wyniki analizowano metodą analizy wariancji i testem χ^2 .

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzona analiza wariancji stopnia porażenia roślin pokolenia F₁ nie dała podstaw do przyjęcia hipotezy z ryzykiem błędu $\alpha = 0,05$, że cecha niepełnej odporności (odporność na powstawanie rozległych nekroz) obserwowana w przypadku odmiany Michigan Amber jest dziedziczona cytoplazmatycznie. Rośliny, których zarówno formą mateczną, jak i ojcowską była Michigan Amber ulegały porażeniu bez różnic istotnych statystycznie. Charakter porażenia był typowy dla podatnych genotypów rodzicielskich. Na liściach tworzyły się początkowo niewielkie, stopniowo powiększające się owalnego kształtu nekrozy otoczone marginesem chlorotycznej tkanki. W pokoleniu F₂ obserwowano segregację cechy — rośliny podatne do odpornych w stosunku ilościowym jak 3:1 (tab. 1). Rozkład taki świadczy jednoznacznie, że badana cecha dziedziczy się jakościowo i warunkowana jest pojedynczym genem recesywnym. Na powierzchni blaszek liściowych roślin odpornych tworzyły się bardzo drobne, punktowe, nekrotyczne przebarwienia o ostrej, wyraźnej granicy pomiędzy tkanką zdrową i porażoną. Charakter tych zmian wskazuje, że odpowiedź gospodarza na infekcję jest wynikiem reakcji nadwrażliwości.

Tabela 1

Analiza porażenia przez *P. tritici-repentis* roślin pokolenia F₁ i F₂
Analysis of plant infection by *P. tritici-repentis* in F₁ and F₂ generation

Wykonane krzyżowania Performed crosses	Pokolenie F ₁ F ₁ generation			Pokolenie F ₂ F ₂ generation			Graniczna wartość funkcji χ^2 Boundary value of χ^2
	liczba roślin number of plants		średni stopień porażenia mean infection degree	liczba roślin number of plants		wartość funkcji χ^2 χ^2 value	
	odpornych* resistant	podatnych** susceptible		odpornych* resistant	podatnych** susceptible		
M. Amber × Gama	0	157	3,99 ^a	40	110	0,22	3,84
Gama × M. Amber	0	101	3,66 ^a	43	107	1,07	3,84
M. Amber × Olma	0	71	3,83 ^b	44	106	1,5	3,84
Olma × M.Amber	0	233	3,64 ^b	42	108	0,72	3,84
M. Amber × Almari	0	128	3,59 ^c	39	111	0,08	3,84
Almari × M. Amber	0	147	3,40 ^c	42	108	0,72	3,84
M. Amber × Maltanka	0	301	3,38 ^d	47	103	3,2	3,84
Maltanka × M. Amber	0	268	3,51 ^d	41	109	0,43	3,84

* Za formy odporne uznawano rośliny, których stopień porażenia był równy lub mniejszy od 1

* Plants with infection degree equal or less than 1 were considered as resistant

** Za formy podatne uznawano rośliny, których stopień porażenia był większy od 1

** Plants with infection degree higher than 1 were considered as susceptible

Michigan Amber nie jest odmianą o walorach użytkowych stanowi natomiast jeszcze jeden przykład obok Carifen 12 (Lee i Gough, 1984) oraz Salamouni (Lamari i in., 1991), gdzie cecha częściowej odporności (odporność roślin na tworzenie rozległych nekroz w następstwie infekcji przez *P. tritici-repentis*) warunkowana jest pojedynczym genem recesywnym.

Osobny problem stanowi odporność odmian na występujące przy porażeniu przez *P. tritici-repentis* chlorozy. Według Lamari i Bernier (1991) cecha ta dziedziczy się także ilościowo, lecz warunkowana jest pojedynczym dominującym genem.

LITERATURA

- Annone J. G. 1998. Tan spot of wheat in Argentina: importance and disease management. In: Duveiller E., Dubin H. J., Reeves J., McNab A. (eds.) *Helminthosporium* blights of wheat's: spot blotch and tan spot. Mexico, D.F. CIMMYT: 339 — 345.
- Bakonyi J., Aponyi I., Fischl G. 1998. Diseases caused by *B. sosrokiniana* and *D. tritici-repentis* in Hungary. In: Duveiller E., Dubin H. J., Reeves J., McNab A. (eds.) *Helminthosporium* blights of wheat's: spot blotch and tan spot. Mexico, D.F. CIMMYT: 80 — 87.
- Diaz de Ackermann M., Kohli M. M. 1998. Research on *Pyrenophora tritici-repentis* tan spot in Uruguay. In: Duveiller E., Dubin H. J., Reeves J., McNab A. (eds.) *Helminthosporium* blights of wheat's: spot blotch and tan spot. Mexico, D.F. CIMMYT: 134 — 142.
- Elias E., Cantrel R. G., Hosford R. M. 1989. Hereditability of resistance to tan spot in durum wheat and its association with other agronomic traits. *Crop Sci.* 29: 299 — 304.
- Ellis M. B., Waller J. M. 1976. *Pyrenophora tritici-repentis*. CMI Description of pathogenic fungi and bacteria No 494.
- Evans C. K., Hunger R. M., Sigerist W. C. 1993. Enhanced production of *Pyrenophora tritici-repentis* conidial suspension. *Plant Dis.* 77: 981 — 984.
- Frohberg R. C. 1981. Breeding hard red spring wheat for resistance to tan spot. In: Tan-spot of Wheat and Related Diseases Workshop. North Dakota State University, Fargo: 48.
- Jaczewska-Kalicka A. 2000. Zmienność strat plonu pszenicy ozimej powodowanych przez choroby grzybowe w latach 1996–1999. *Prog. Plant Protection* 40: 623 — 626.
- Jańczak C., Ławecki T., Pawlak A. 1998. Dominujące choroby grzybowe zbóż w 1997 roku i ich skutki. *Prog. Plant Protection* 38: 468 — 469.
- Lamari L., Barnier C. 1989. Evaluation of wheat lines and cultivars to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) based on lesion type. *Can. J. Plant Pathol.* 11, 1: 49 — 56.
- Lamari L., Barnier C. 1991. Genetics of tan necrosis and extensive chlorosis in tan spot of wheat caused by *Pyrenophora tritici-repentis*. *Phytopathology* 81: 1092 — 1095.
- Lamari L., Barnier C., Smith R. B. 1991. Wheat genotypes that develop both tan necrosis and extensive chlorosis in response to isolates of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Dis.* 75: 121 — 122.
- Lee T. S., Gough F. J. 1984. Inheritance septoria leaf blotch (*S. tritici*) and *Pyrenophora* tan-spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) resistance in *Triticum aestivum* cv. Carifan 12. *Plant Dis.* 76: 92 — 95.
- Łukanowski A., Baturo-Czajkowska A., Sadowski C. 2001. Health status of cereals cultivated in different systems with special respect to ecological cultivation. *Bulletin OILB/SROP* 24: 101 — 106.
- Maraite H., Berny J. F., Goffin A. 1992. Epidemiology of Tan spot in Belgium. Advances in tan spot research. Proceedings of the second international tan spot workshop. June 25–26. North Dakota State University, Fargo, ND: 73 — 79.
- Mehta Y. R., Gaudencio C. A. 1991. The effect of tillage practices and crop rotation on the epidemiology of some major wheat diseases. In: Wheat for nontraditional, warm areas. Saunders D. F. (ed.), Mexico, D.F.: CIMMYT: 266 — 283.
- Murray G.M., Brown J.F. 1987. The incidence and relative importance of wheat diseases in Australia. *Australian Plant Pathology* 16: 34 — 37.
- Obst A. 1983. Die *Helminthosporium* Blattüdre des Weizens. *Pflanzenschutzpraxis* 19: 34.
- Pokacka Z. 1990. Brunatna plamistość pszenicy i pszenżyta wywołwana przez grzyb *Pyrenophora tritici-repentis*. (Died.) *Drechsler. Ochrona Roślin* 6: 3 — 5.
- Sarova J., Blazkova V., Hanzalova A., Bartos P. 2001. Incidence and importance of tan spot in the Czech Republic. Sustainable systems of cereal crop protection against fungal diseases as the way of reduction of toxin occurrence in food webs. Book of abstracts, July 2–6, Agricultural Research Institute Kromeriz: 82.

- Shabeer A., Bockus W. W., Norman B. L. 1991. Evidence for cytoplasmatic determinants in the reaction of wheat cultivars to tan-spot. *Sarhad J. Agriculture* 7, 1: 101 — 104.
- Schilder A. M. C., Bergstrom G. C. 1989. Distribution, prevalence and severity of fungal leaf and spike diseases of winter wheat in New York in 1986 and 1987. *Plant Disease* 73: 177 — 182.
- Sivanesan A. 1987. Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. *Mycol. Pap.* 158: 1 — 261.
- Viedma L. Q., Kohli M. M. 1998. Spot blotch and tan spot of wheat in Paraguay. In: Duveiller E., Dubin H.J., Reeves J., McNab A., eds. *Helminthosporium* blights of wheat's: spot blotch and tan spot. Mexico, D.F. CIMMYT: 126 — 133.
- Wakuliński W., Zamorski Cz., Nowicki B., Schollenberger M. 2001. Podatność pszenicy i pszenżyta na porażenie przez *Pyrenophora tritici-repentis*. *Biul. IHAR* 218/219: 147 — 154.
- Zamorski Cz., Schollenberger M. 1994. The occurrence of tan spot of wheat and triticale in Poland. *Genet. Pol.* 35B: 375 — 378.

TERESA ORACKA**JANUSZ KOZDÓJ¹****JAN CIEPŁY**

Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin

¹ Zakład Biotechnologii i Cytogenetyki Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Ocena zmienności genotypowej pszenicy jarej w efektywności pobierania i wykorzystania azotu i fosforu

Część I. Doświadczenie polowe

The evaluation of variability of uptake and utilization efficiency of nitrogen and phosphorus in spring wheat

Part I. Field experiment

Rody i odmiany pszenicy jarej pochodzące z doświadczeń wstępnych roku 2001, badane w doświadczeniu polowym, różniły się istotnie pod względem masy ziarna, akumulacji i wykorzystania azotu i fosforu. Większość badanych rodów pszenicy jarej o wysokiej masie ziarna osiągnęły wysokie wartości: indeksu plonowania rolniczego (HI), indeksu plonowania dla azotu (NHI) i fosforu (PHI) oraz zakumulowanego azotu w ziarnie. Rody pszenicy jarej: KOC 1477/98, KOC 2361/98, CJ 179/98, RAH 1796 o wysokiej efektywności wykorzystania azotu i fosforu miały także wysokie wartości większości analizowanych cech. Rody: HEC 1428/98, KOC 2003/98, KOC 2245/98, KOC 2249/98 i KOC 3845/98 odznaczały się wysokimi wartościami efektywności wykorzystania zarówno azotu jak i fosforu. Rody RAH 2070/98 i KOC 3530/97 odznaczały się wysoką efektywnością wykorzystania azotu, a rody CJ 396/98, HEC 1957/98 - wysoką efektywnością wykorzystania fosforu. Jednocześnie rody te charakteryzowały się średnimi wartościami: suchej masy rośliny i ziarna, zakumulowanego azotu i fosforu w ziarnie, średnią lub niską ilością zakumulowanego azotu i fosforu w roślinie. Uzyskane wyniki wskazują na możliwość wyselekcjonowania rodów pszenicy jarej charakteryzujących się wysokim i stabilnym plonem oraz wysoką efektywnością wykorzystania składników mineralnych.

Słowa kluczowe: pszenica jara, zmienność genotypowa, azot, fosfor, efektywność wykorzystania, masa rośliny, masa ziarna

Grain yield, nitrogen and phosphorus accumulation and utilization efficiency varied considerably among spring wheat cultivars and strains grown in a field experiment. The majority of highest yielding strains had high harvest index (HI), nitrogen and phosphorus harvest index (NHI, PHI), also high amount of accumulated nitrogen in grain. The lines KOC 1477/98, KOC 2361/98, CJ 179/98, RAH 1796 showing high utilization efficiency of nitrogen and phosphorus were characterized also by high

values of other tested traits. The HEC 1428/98, KOC 2003/98, KOC 2245/98, KOC 2249/98 and KOC 3845/98 showed high utilization efficiency for both nitrogen and phosphorus. The RAH 2070/98 and KOC 3530/97 had high utilization efficiency of nitrogen, the CJ 396/98, HEC 1957/98 –high utilization efficiency of phosphorus. The strains were characterized by average values of plant and grain dry matter, the same was nitrogen and phosphorus accumulation in grain, accumulation of these elements in plant was average or low. We conclude that there is a possibility of selection of spring wheat lines that integrate high grain yield with high mineral nutrients utilization.

Key words: spring wheat, genetic variability, nitrogen, phosphorus utilization efficiency

WSTĘP

Proces adaptacji roślin uprawnych do zmieniających się warunków środowiska następował dzięki systematycznie prowadzonym programom hodowlanym i selekcji odmian pod względem wysokiego potencjału plonowania. W konsekwencji uzyskiwany wzrost plonów dokonywał się w efekcie kombinacji zabiegów agrotechnicznych stwarzających lepsze warunki dla wzrostu roślin (system „high input”) i odmian lepiej dostosowanych do tychże warunków (Ceccarelli, 1996). Selekcja odmian wykazujących wzrost plonu i współczynnika plonowania rolniczego (HI) ze wzrostem nawożenia mineralnego, szczególnie azotowego, była głównym celem programów hodowlanych pszenicy. Uzyskiwany wzrost plonu roślin wynikał ze zwiększonej akumulacji asymilatów w ziarnie, z jednoczesną redukcją wysokości roślin i zmiany w strukturze łanu (Drzazga i Spiss, 2001; Sinclair, 1998).

Z danych literaturowych wynika, że modyfikacja środowiska rolniczego dostosowana dla potrzeb nowych odmian o wzrastającym potencjale plonowania jest nie do utrzymania w dłuższym okresie (Poutala i in., 1994). Rośliny zbożowe wykorzystują mniej niż 50% azotu, około 10% fosforu i około 40% potasu z nawozów mineralnych (Baligar i in., 2001). Dane literaturowe wskazują na istnienie zróżnicowania odmianowego pod względem efektywności wykorzystania azotu, fosforu i potasu (Baligar i in., 2001; Ciepły i Oracka, 1990; 2000). Identyfikacja odmian zbóż odznaczających się wysoką efektywnością pobierania i wykorzystania głównie azotu i fosforu oraz włączenie ich do programów hodowlanych może przyczynić się do wzrostu efektywności wykorzystania zastosowanego nawożenia mineralnego.

Celem pracy było określenie zmienności genotypowej w produkcji biomasy i ziarna oraz akumulacji i efektywności wykorzystania azotu i fosforu przez nowe rody pszenicy jarej wyhodowane w kilku polskich ośrodkach hodowli.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem doświadczalnym było 39 rodów i 3 odmiany pszenicy jarej (tab. 1) z doświadczeń wstępnych z 2001 roku. Materiał do badań pochodził z polskich ośrodków hodowli: z Radzikowa (7 rodów oznaczonych symbolem RAH), ze Smolic (4 rody oznaczone symbolem SMH), z Choryni (5 rodów, oznaczone symbolem CJ), z Henrykowa (7 rodów oznaczonych symbolem HEC), z Kobierzyc (16 rodów oznaczonych symbolem KOC).

Tabela 1

Lista odmian i rodów pszenicy jarej z doświadczenia wstępnego 2001 roku
List of cultivars and strains of spring wheat of preliminary experiment in the year 2001

Nr rodu No. of strain	Nazwa rodu Name of strain	Pochodzenie Source
1	RAH 172598	IHAR — Radzików
2	RAH 172698	
3	RAH 186598	
4	RAH 207098	
5	RAH 215798	
6	RAH 1796	
7	RAH 85398	
8	SMH 16	SHR — Smolice
9	SMH 21	
10	SMH 37	
11	SMH 39	
12	CJ 59/98	SHR — Choryń
13	CJ 176/98	
14	CJ 179/98	
15	CJ 396/98	
16	CJ 406/98	
17	HEC 4482/96	SHR — Henryków
18	HEC 2288/97	
19	HEC 2678/97	
20	HEC 3343/97	
21	HEC 3496/97	
22	HEC 1428/98	
23	HEC 1975/98	
24	KOC 2611/97	SHR — Kobierzyce
25	KOC 2932/97	
26	KOC 3530/97	
27	KOC 1477/98	
28	KOC 2003/98	
29	KOC 2061/98	
30	KOC 2245/98	
31	KOC 2249/98	
32	KOC 2361/98	
33	KOC 2454/98	
34	KOC 2970/98	
35	KOC 2990/98	
36	KOC 3845/98	
37	KOC 4206/98	
38	KOC 4621/98	
39	KOC 4958/98	
40	Jasna	
41	Opatka	
42	Torka	SHR — Strzelce

W doświadczeniu polowym (przeprowadzonym przez Zakład Genetyki i Hodowli Roślin IHAR w Radzikowie) w fazie dojrzałości pełnej zbierano rośliny z trzech środkowych rzędów o długości 0,5 m. Określano: suchą masę roślin i ziarna oraz liczbę kłosów (przeliczając wyniki na 1m²), liczbę i masę ziarniaków w kłosie oraz liczbę

kłosków płodnych i sterylnych (z 15 kłosów). Podczas wegetacji roślin określano stadium rozwojowe roślin wg skali Zadoksa (Zadoks i in., 1974).

W poszczególnych częściach rośliny oznaczano koncentrację azotu (metodą Kjeldahla) i fosforu (metodą kolorymetryczną). Obliczano:

- akumulację azotu (na podstawie koncentracji azotu i masy rośliny),
- akumulację fosforu (na podstawie koncentracji fosforu i masy rośliny),
- współczynnik plonowania rolniczego, HI (stosunek masy ziarna do masy rośliny),
- współczynnik plonowania dla azotu, NHI (stosunek ilości azotu zakumulowanego w ziarnie do ilości azotu zakumulowanego w roślinie),
- współczynnik plonowania dla fosforu, PHI (stosunek ilości fosforu zakumulowanego w ziarnie do ilości fosforu zakumulowanego w roślinie),
- efektywność wykorzystania azotu dla biomasy, NUE_1 (stosunek masy rośliny do ilości zakumulowanego azotu w roślinie),
- efektywność wykorzystania azotu dla ziarna, NUE_2 (stosunek masy ziarna do ilości zakumulowanego azotu w roślinie),
- efektywność wykorzystania fosforu dla biomasy, PUE_1 (stosunek masy rośliny do ilości zakumulowanego fosforu w roślinie),
- efektywność wykorzystania fosforu dla ziarna, PUE_2 (stosunek masy ziarna do ilości zakumulowanego fosforu w roślinie).

Otrzymane wyniki obliczono metodą analizy wariancji, wartości średnie dla każdej cechy porównywano testem t Tukeya. Podziału rodów na grupy jednorodne dokonano procedurą testu t Tukeya.

WYNIKI

Stwierdzono istotne genotypowe zróżnicowanie pod względem wszystkich analizowanych cech (tab. 2).

Wysokie wartości współczynników zmienności (tab. 3) stwierdzono dla ilości zakumulowanego azotu i fosforu w ziarnie (CV — 15%), niższe — dla suchej masy roślin, długości kłosa i efektywności wykorzystania azotu dla biomasy (CV — 7%). Najmniejszą zmienność obserwowano w ogólnej liczbie kłosków i w liczbie kłosków płodnych w kłosie (CV — 3% i 4%).

Badane rody podzielono arbitralnie na trzy grupy „a”, „b” i „c”. Do grupy „a” zaliczono 10 rodów o najwyższych wartościach danej cechy, do grupy „c” — 10 rodów o najniższych wartościach danej cechy. Pozostałe 22 rody odznaczające się wartościami pośrednimi zaliczono do grupy „b”.

Większość rodów o najwyższej masie ziarna (tab. 4) odznaczała się najwyższymi wartościami takich cech jak: suchą masą rośliny (7 rodów), ilością zakumulowanego azotu w ziarnie (7 rodów), współczynnikiem plonowania rolniczego (7 rodów) oraz współczynnikiem plonowania dla azotu i fosforu (6 rodów). Wśród rodów o najwyższej masie ziarna, rody CJ 179/98 (14)*, KOC 1477/98 (27) i KOC 2361/98 (32) odznaczały się

* Numer w nawiasie odpowiada numerowi rodu i odmiany z tabeli 1

jednocześnie najwyższą efektywnością wykorzystania azotu i fosforu dla ziarna (tab. 4). Ród KOC 2970/98 (34) także o najwyższej masie ziarna charakteryzował się niską efektywnością wykorzystania fosforu dla biomasy i ziarna (tab. 4).

Tabela 2

Analiza wariancji badanych cech
Analysis of variance for the investigated characters

Cechy Traits	Średni kwadrat MS	F (df 1,2) 41,126 F value
Liczba kłosów·m ⁻² (LKL) Number of ears·m ⁻²	102,26	168**
Sucha masa ziarna (g·m ⁻²) (SMZ) Dry matter of grain (g·m ⁻²)	64,30	159**
Sucha masa rośliny (g·m ⁻²) (SMR) Dry matter of plant (g·m ⁻²)	210,42	135**
Akumulacja azotu w ziarnie (g·m ⁻²) (NZ) Nitrogen content in grain (g·m ⁻²)	0,0302	238**
Akumulacja fosforu w ziarnie (g·m ⁻²) (PZ) Phosphorus content in grain (g·m ⁻²)	0,0014	221**
Akumulacja azotu w roślinie (g·m ⁻²) (NR) Nitrogen content in plant (g·m ⁻²)	0,0286	304**
Akumulacja fosforu w roślinie (g·m ⁻²) (PR) Phosphorus content in plant (g·m ⁻²)	0,0012	342**
Indeks plonowania rolniczego (HI) Harvest index	0,0001	70**
Indeks plonowania azotu (NHI) Nitrogen harvest index	0,0001	208**
Indeks plonowania fosforu (PHI) Phosphorus harvest index	0,0001	251**
Efektywność wykorzystania azotu dla biomasy (g·g ⁻¹) (NUE1) Nitrogen utilization efficiency for biomass (g·g ⁻¹)	0,47	268**
Efektywność wykorzystania azotu dla ziarna (g·g ⁻¹) (NUE2) Nitrogen utilization efficiency for grain (g·g ⁻¹)	0,14	249**
Efektywność wykorzystania fosforu dla biomasy (g·g ⁻¹) (PUE1) Phosphorus utilization efficiency for biomass (g·g ⁻¹)	11,84	478**
Efektywność wykorzystania fosforu dla ziarna (g·g ⁻¹) (PUE2) Phosphorus utilization efficiency for grain (g·g ⁻¹)	3,22	434**
Masa 1 ziarniaka (mg) (M1Z) Weight of single grain	42,62	10,43**
Masa ziarniaków/kłos (g) (MZKL) Grain weight/spike	0,05325	2,71**
Liczba ziarniaków/kłos (LZKL) No. of grains per spike	58,74	3,27**
Ogólna liczba kłosek w kłosie (LKL) Total no. of spikelets per spike	1,58	8,03**
Liczba kłosek płodnych w kłosie (LPKL) No. of fertile spikelets per spike	1,90	7,28**
Długość kłosa (cm) (DLKL) Spike length	1,66	4,52**

** Różnice istotne przy $\alpha < 0,05$

** Significant differences at $\alpha < 0.05$

Tabela 3

Zakres zmienności badanych cech
Range of variability of the tested traits

Cechy Traits	Średnie Mean	Min. Min.	Maks. Max.	Współczynnik zmienności. Coefficient of variation	NIR Tukey LSD Tukey
Liczba kłosów·m ⁻² (LKŁ) Number of ears·m ⁻²	547,1	401,3	685,3	12	27,97
Sucha masa ziarna (g·m ⁻²) (SMZ) Dry matter of grain (g·m ⁻²)	406	292	512	12	22,18
Sucha masa rośliny (g·m ⁻²) (SMR) Dry matter of plant (g·m ⁻²)	1144	989	1317	7	40,12
Akumulacja azotu w ziarnie (g·m ⁻²) (NZ) Nitrogen content in grain (g·m ⁻²)	8,7	6,7	14,2	15	0,480
Akumulacja fosforu w ziarnie (g·m ⁻²) (PZ) Phosphorus content in grain (g·m ⁻²)	1,9	1,4	2,5	15	0,103
Akumulacja azotu w roślinie (g·m ⁻²) (NR) Nitrogen content in plant (g·m ⁻²)	13,9	10,7	18,2	11	0,468
Akumulacja fosforu w roślinie (g·m ⁻²) (PR) Phosphorus content in plant (g·m ⁻²)	2,9	2,2	3,6	11	0,097
Indeks plonowania rolniczego (HI) Harvest index	0,4	0,3	0,4	9	0,020
Indeks plonowania azotu (NHI) Nitrogen harvest index	0,6	0,5	0,8	9	0,022
Indeks plonowania fosforu (PHI) Phosphorus harvest index	0,6	0,5	0,8	10	0,023
Efektywność wykorzystania azotu dla biomasy (g·g ⁻¹) (NUE1) Nitrogen utilization efficiency for biomass (g·g ⁻¹)	82,5	70,1	95,9	7	1,890
Efektywność wykorzystania azotu dla ziarna (g·g ⁻¹) (NUE2) Nitrogen utilization efficiency for grain (g·g ⁻¹)	29,2	22,4	37,0	10	1,044
Efektywność wykorzystania fosforu dla biomasy (g·g ⁻¹) (PUE1) Phosphorus utilization efficiency for biomass (g·g ⁻¹)	396,6	316,1	489,6	9	9,516
Efektywność wykorzystania fosforu dla ziarna (g·g ⁻¹) (PUE2) Phosphorus utilization efficiency for grain (g· g ⁻¹)	140,5	102,6	188,7	13	4,960
Masa 1 ziarniaka (mg) (M1Z) Weight of single grain	33,10	26,48	40,43	10	5,733
Masa ziarniaków/kłos (g) (MZKL) Grain weight/spike	1,3	1,1	1,6	9	0,398
Liczba ziam/kłos (LZKL) No. of grains per spike	40,1	33,2	47,6	10	12,032
Ogólna liczba kłosek w kłosie (LKL) Total no. of spikelets per spike	19,5	18,2	21,0	3	1,257
Liczba kłosek płodnych w kłosie (LPKL) No. of fertile spikelets per spike	16,5	15,1	18,1	4	1,450
Długość kłosa (cm) (DLKL) Spike length	9,0	8,0	10,6	7	1,718

Tabela 4

Podział rodów na grupy o najwyższych (a), średnich (b) i najniższych (c) wartościach cech
Distribution of the strains to groups of highest (a), average (b) and lowest (c) values of the traits

Nr No.	LKŁ	SMZ	SMR	NZ	PZ	NR	PR	HI	NHI	PHI	NUE1	PUE1	NUE2	PUE2	DLKL	LKL	LZKL	M1Z	MZKL
6	a	a	a	a	a	b	b	a	a	a	b	b	a	b	c	c	b	a	a
14	b	a	b	a	b	b	c	b	a	a	b	a	a	a	a	b	b	b	b
17	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	c	b	b	b	b	b	b	b	b
20	a	a	a	b	a	a	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	c	a	b
27	a	a	a	a	b	a	b	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	b	a
29	b	a	b	a	b	a	b	a	b	b	c	b	b	b	a	a	b	a	a
32	c	a	a	a	b	b	b	a	a	a	c	b	a	a	b	b	b	a	b
34	c	a	b	b	a	b	a	a	b	c	b	c	b	c	a	a	a	b	a
39	b	a	a	b	b	b	a	b	b	b	b	c	b	b	c	b	b	a	a
42	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	c	a	b	a	a	b	a	b
3	b	b	c	b	b	b	c	b	b	b	c	b	b	b	b	c	c	b	b
4	b	b	c	b	a	c	a	a	b	b	b	c	a	c	a	a	b	b	b
5	c	b	a	b	a	b	a	b	b	b	b	b	b	b	a	a	b	b	b
8	b	b	b	b	b	a	a	b	c	b	c	c	c	b	a	a	a	c	b
9	c	b	b	c	c	a	b	b	c	c	c	b	c	b	a	b	a	c	b
10	c	b	a	a	b	a	a	b	c	c	c	c	c	c	b	b	a	b	a
12	b	b	b	a	b	a	b	b	b	b	b	b	b	b	c	b	c	b	c
13	b	b	b	b	b	b	b	a	b	a	b	b	b	b	b	c	b	b	b
16	b	b	b	b	b	c	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
18	b	b	b	b	b	c	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
19	c	b	b	a	a	a	b	b	b	a	c	b	b	b	a	a	a	b	a
21	b	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b	b	b	b	b	c	b	c	c
22	b	b	b	b	c	c	c	b	a	b	a	a	a	a	c	b	b	b	b
23	c	b	c	b	c	b	c	b	b	b	b	a	b	a	b	c	a	c	b
26	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	b	a	b	b	b	c	b	b
28	a	b	a	b	b	b	c	b	b	b	a	a	b	a	b	b	b	b	b
30	b	b	c	c	c	c	c	a	b	b	a	a	a	a	c	c	b	c	c
31	a	b	b	c	c	c	c	b	c	c	a	a	b	a	c	c	b	c	c
33	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	c	a	b	b	a
36	b	b	b	b	b	b	b	a	a	a	a	a	a	a	c	c	c	a	c
37	b	b	b	b	a	b	a	b	b	b	b	c	b	b	c	c	c	a	b
38	b	b	a	b	b	b	b	c	c	b	b	b	b	c	b	b	a	c	b
1	b	c	b	b	b	b	b	c	b	b	b	c	c	c	b	b	b	b	c
2	a	c	c	c	c	b	b	c	c	c	b	c	c	c	c	b	b	b	c
7	b	c	c	c	b	c	c	c	b	b	a	b	b	b	a	b	c	a	b
11	c	c	c	c	c	b	b	c	c	c	c	b	c	b	b	b	a	b	a
15	c	c	c	b	b	c	c	b	a	a	b	a	b	a	b	b	c	b	b
24	b	c	b	c	c	b	c	c	c	c	c	b	c	c	c	b	c	a	b
25	a	c	b	c	c	c	c	c	b	c	a	a	c	b	b	b	b	c	c
35	b	c	c	c	c	b	b	c	c	c	b	b	c	c	b	a	a	c	c
40	a	c	b	b	b	b	b	c	b	b	b	b	c	c	b	c	c	c	c
41	c	c	c	c	b	c	b	c	c	c	a	c	b	c	b	a	a	b	a

Oznaczenia cech jak w tabeli 2

Denotations of traits as in table 2

Wysoka masa ziarna rodów RAH 1796 (6), KOC 2061/98 (29) i KOC 4958/98 (39) była spowodowana m.in. wysoką masą jednego ziarniaka i wysoką masą ziarna z kłosa. Ród KOC 2970/89 (34) o wysokiej masie ziarna charakteryzował się najwyższą masą ziarniaków z kłosa spowodowaną największą, w tej grupie rodów, liczbą ziarniaków

w kłosie o najniższej masie jednostkowej (tab. 4). Rody o najniższej masie ziarna (tab. 4) odznaczały się najniższymi wartościami cech: suchą masą rośliny (6 rodów), ilością zakumulowanego azotu w ziarnie (7 rodów), współczynnikiem plonowania rolniczego (9 rodów), współczynnikiem plonowania dla azotu (5 rodów) i fosforu (6 rodów), efektywnością wykorzystania azotu (7 rodów) i fosforu (6 rodów) wyliczoną dla masy ziarna. Niska masa ziarna z kłosa odmiany Jasna (40) i rodów KOC 2990/98 (35), KOC 2932/97 (25) była spowodowana niską masą jednego ziarniaka i małą liczbą ziarniaków w kłosie.

Pozostałe, 22 rody o średniej masie ziarna charakteryzowały się zarówno wysokimi, przeciętnymi jak i niskimi wartościami analizowanych cech. Rody: HEC 1428/98 (22), KOC 2003/98 (28), KOC 2245/98 (30) i KOC 3845/98 (36) odznaczały się wysoką, a rody: SMH 16 (8), SMH 21 (9), SMH 37 (10) – niską efektywnością wykorzystania azotu i fosforu. W tej grupie były rody o wysokiej (SMH 37, HEC 2678/97) jak i o niskiej (CJ 59/98, KOC 3845/98) masie ziarna z kłosa i liczbie ziarniaków w kłosie (tab. 4).

Długość trwania fazy wegetatywnej roślin (od siewu do kłoszenia) oraz rozwoju ziarniaka (od pylenia do pełnej dojrzałości) była w małym stopniu zróżnicowana genotypowo i wynosiła od 77 do 84 dni (średnio 80 dni) i od 35 do 42 dni (średnio 39 dni). Wysokoplonujące rody HEC 4482/96 (17), HEC 3343/97 (20), KOC 1477/98 (27), KOC 2361/98 (32) odznaczały się stosunkowo krótszym okresem trwania fazy wegetatywnej (77 dni) i dłuższym okresem fazy rozwoju ziarniaków (42 dni). Niskoplonujący ród KOC 2611/97 (24) charakteryzował się najdłuższym okresem trwania fazy wegetatywnej (84 dni) i najkrótszym okresem rozwoju ziarniaków (35 dni).

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami
The correlations coefficient between the of tested traits

Cechy Traits	Cechy Traits													
	LKŁ	SMZ	SMR	NZ	PZ	NR	PR	HI	NHI	PHI	NUE1	PUE1	NUE2	PUE2
LKŁ	1,00													
SMZ	ns	1,00												
SMR	0,33	0,75	1,00											
NZ	ns	0,82	0,63	1,00										
PZ	ns	0,74	0,57	0,78	1,00									
NR	ns	0,64	0,76	0,76	0,59	1,00								
PR	ns	0,43	0,57	0,46	0,72	0,70	1,00							
HI	ns	0,81	0,22	0,63	0,58	0,26	ns	1,00						
NHI	ns	0,59	ns	0,71	0,57	ns	ns	0,71	1,00					
PHI	ns	0,60	0,19	0,62	0,65	ns	ns	0,70	0,88	1,00				
NUE1	ns	ns	ns	-0,46	-0,31	-0,71	-0,49	ns	ns	ns	1,00			
PUE1	ns	ns	ns	ns	-0,44	-0,28	-0,76	ns	ns	ns	0,55	1,00		
NUE2	ns	0,57	ns	0,21	0,27	-0,26	-0,23	0,74	0,62	0,64	0,55	0,42	1,00	
PUE2	ns	0,58	0,20	0,35	ns	ns	-0,48	0,68	0,59	0,59	0,31	0,77	0,78	1,00

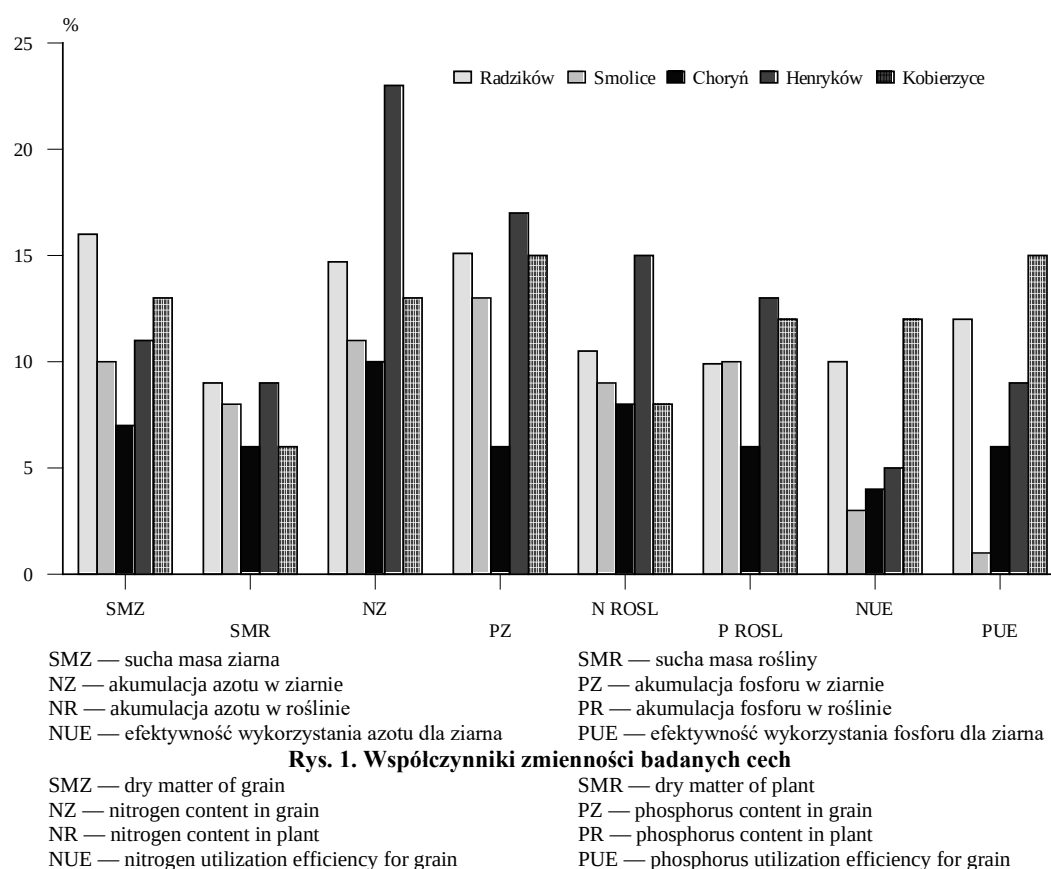
Oznaczenia cech jak w tabeli 2; Denotations of traits as in Table 2

ns — Korelacje nie istotne; Correlation not significant

Współczynniki korelacji między suchą masą ziarna a ilością zakumulowanego azotu w ziarnie i w roślinie, współczynnikiem plonowania rolniczego, współczynnikiem plonowania dla azotu (NHI) i dla fosforu (PHI) były istotne. Nie stwierdzono zależności

między suchą masą ziarna a efektywnością wykorzystania azotu i fosforu dla biomasy (tab. 5).

Zakres zmienności genotypowej poszczególnych cech był zależny od miejsca wyhodowania rodów (rys. 1). Największą zmienność stwierdzono w ilości zakumulowanego azotu w ziarnie — od 10% (Choryń) do 23% (Henryków), masie ziarna — od 7% (Choryń) do 16% (Radzików), ilości zakumulowanego fosforu w ziarnie — od 6% (Choryń) do 17% (Henryków). Małą zmienność stwierdzono np. w suchej masie roślin — od 6% (Choryń) do 9% (Henryków i Radzików). Rody pochodzące z Henrykowa i Koberzyca odznaczały się większą, a rody z Choryni — mniejszą zmiennością dla większości badanych cech. W strukturze morfologicznej kłosa (CV od 1 do 8%) i elementach plonotwórczych kłosa (CV od 2 do 12%) stwierdzono małą zmienność pomiędzy rodami, niezależnie od miejsca ich wyhodowania.



Rys. 1. Współczynniki zmienności badanych cech

Fig. 1. The coefficients of the variability of investigated parameters

Tabela 6

Podział badanych rodów na grupy jednorodne wyliczone testem Tukeya (przy $\alpha = 0,05$)
Distribution of the tested strains onto homogeneous groups, acc. to Tukey test (at $\alpha = 0.05$)

Cechy Traits	Pochodzenie rodów Origin of strains					
	Radzików	Smolice	Choryń	Henryków	Kobierzyce	odmiany varieties
Liczba kłosów·m ⁻² (LKŁ) Number of ears/m ⁻²	A	B	AB	AB	A	AB
Sucha masa ziarna (g·m ⁻²) (SMZ) Dry matter of grain (g·m ⁻²)	B	AB	AB	A	AB	AB
Sucha masa rośliny (g·m ⁻²) (SMR) Dry matter of plant (g·m ⁻²)	B	A	AB	AB	A	AB
Akumulacja azotu w ziarnie (g·m ⁻²) (NZ) Nitrogen content in grain (g·m ⁻²)	B	B	AB	A	B	AB
Akumulacja fosforu w ziarnie (g·m ⁻²) (PZ) Phosphorus content in grain (g·m ⁻²)	A	A	A	A	A	A
Akumulacja azotu w roślinie (g·m ⁻²) (NR) Nitrogen content in plant (g·m ⁻²)	C	A	BC	AB	BC	BC
Akumulacja fosforu w roślinie (g·m ⁻²) (PR) Phosphorus content in plant (g·m ⁻²)	AB	A	C	BC	BC	A
Indeks plonowania rolniczego (HI) Harvest index	AB	B	AB	A	AB	AB
Indeks plonowania azotu (NHI) Nitrogen harvest index	AB	C	A	A	B	B
Indeks plonowania fosforu (PHI) Phosphorus harvest index	AB	C	A	A	B	B
Efektywność wykorzystania azotu dla biomasy (g·g ⁻¹) (NUE1) Nitrogen utilization efficiency for biomass (g·g ⁻¹)	AB	C	AB	B	A	AB
Efektywność wykorzystania azotu dla ziarna (g·g ⁻¹) (NUE2) Nitrogen utilization efficiency for grain (g·g ⁻¹)	A	B	A	A	A	A
Efektywność wykorzystania fosforu dla biomasy (g·g ⁻¹) (PUE1) Phosphorus utilization efficiency for biomass (g·g ⁻¹)	B	B	A	A	A	B
Efektywność wykorzystania fosforu dla ziarna (g·g ⁻¹) (PUE2) Phosphorus utilization efficiency for grain (g·g ⁻¹)	B	B	A	A	A	B
Masa 1 ziarniaka (mg) (M1Z) Weight of single grain	A	B	AB	AB	AB	AB
Masa ziarniaków/kłos (g) (MZKL) Grain weight/spike	A	A	A	A	A	A
Liczba ziarniaków/kłos (LZKL) No. of grains per spike	B	A	B	AB	B	AB
Ogólna liczba kłosków w kłosie (LKL) Total No. of spikelets per spike	A	A	A	A	A	A
Liczba kłosków płodnych w kłosie (LPKL) No. of fertile spikelets per spike	B	A	B	B	B	AB
Długość kłosa (cm) (DLKL) Spike length	AB	A	AB	AB	B	A

Podział badanych rodów na grupy jednorodne procedurą t-Tukeya (tab. 6) wykazał brak różnicowania między rodami pochodzącymi z poszczególnych stacji hodowli dla takich cech jak: ilość zakumulowanego fosforu w ziarnie, masa ziarna z kłosa, liczba kłosek w kłosie. Większe zróżnicowanie stwierdzono dla ilości zakumulowanego azotu i fosforu w roślinie, współczynnika plonowania dla azotu i fosforu. Natomiast pozostałe cechy były mało zróżnicowane.

Wartość rodów (określanych daną cechą) wyhodowanych w Choryni, Henrykowie i Kobierzycach była wyższa niż rodów z Radzikowa i Smolic. Rody pochodzące ze Smolic miały stosunkowo wysoką suchą masę roślin i najniższą efektywność wykorzystania azotu i indeksu plonowania rolniczego. Większość rodów z Kobierzyc odznaczała się wysokimi wartościami efektywności wykorzystania azotu i fosforu, masą rośliny i ziarna (tab. 4 i tab. 6).

DYSKUSJA

Z przeprowadzonych badań wynika, że rody i odmiany pszenicy jarej pochodzące z doświadczeń wstępnych roku 2001 różniły się istotnie pod względem masy ziarna, akumulacji i wykorzystania azotu i fosforu. Zmienność w plonie ziarna, akumulacji i efektywności wykorzystania azotu i fosforu wśród współczesnych odmian zbóż, a zwłaszcza pszenicy, została potwierdzona w wielu doświadczeniach (El Bassam, 1998; Gahoonia i in., 1999; Le Gouis i in., 1996, 2000; Oracka i in., 2000; Singh i Arona, 2001). Zmienność genotypową stwierdzono także wśród 24 odmian jęczmienia jarego w plonie ziarna, suchej masie rośliny i efektywności pobierania (ilość P/roślinę) i wykorzystania fosforu (masa ziarna na jednostkę pobranego P) (Romer i Schenk, 1998).

W przeprowadzonym doświadczeniu polowym większość badanych rodów pszenicy jarej o wysokiej masie ziarna miało wysokie wartości indeksu plonowania rolniczego (HI), indeksu plonowania dla azotu (NHI) i fosforu (PHI), zakumulowanego azotu w ziarnie. Wykazano istotne zależności między masą ziarna a indeksem plonowania rolniczego ($r = 0,81$), indeksem plonowania dla azotu ($r = 0,59$) i fosforu ($r = 0,60$).

Głównym celem w programach hodowlanych pszenicy jest selekcja linii reagujących wzrostem plonu ziarna i indeksu plonowania rolniczego na wzrastające dawki nawożenia azotowego. U tak wyselekcjonowanych linii wzrost plonu roślin wynikał ze zwiększonej akumulacji asymilatów w ziarnie z jednoczesną redukcją wysokości roślin i zmianą w strukturze łanu (Drzazga i Spiss, 2001; Sinclair, 1998). Niektórzy badacze (Przulj i Momcilovic, 2001; Ehdaie i Waines, 2001) wykazali korelację między indeksem plonowania rolniczego (HI) a indeksem plonowania dla azotu (NHI). W naszym doświadczeniu wartość wyliczonego współczynnika korelacji dla tej zależności była istotna ($r = 0,71$). Zdaniem Ehdaie i Waines, (2001) uzyskany u pszenicy wzrost indeksu plonowania rolniczego (HI) o 1% był związany ze wzrostem indeksu plonowania dla azotu (NHI) o 0,84%. Cytowani autorzy wnioskują, że wzrost indeksu plonowania dla azotu (NHI) osiągnięty w programach hodowlanych był opóźniony w stosunku do indeksu plonowania rolniczego (HI).

Liczne wyniki badań sugerują, że dokonana selekcja odmian na wysoki potencjał plonowania była także (pośrednią) selekcją na efektywność pobierania i wykorzystania składników mineralnych. Wzrost plonu odmian pszenicy wyhodowanych w latach 1900 – 1994 był spowodowany wzrostem liczby ziaren na jednostkę powierzchni, indeksu plonowania rolniczego i akumulacji azotu w ziarnie (Guarda i in., 2003). Sinclair (1998) przytacza wyniki badań porównawczych dotyczących wzrostu plonu odmian jęczmienia, pszenicy i ryżu wyhodowanych od pierwszych lat XX wieku do lat dziewięćdziesiątych i stwierdza, że ze wzrostem plonu ziarna wzrastał indeks plonowania i akumulacja azotu w roślinie i ziarnie. Jednocześnie konkluduje, że kluczem do wzrostu plonu w XX wieku była selekcja roślin, które odznaczały się dodatnią reakcją na zastosowany azot, większą jego akumulacją i większym wykorzystaniem tego pierwiastka dla produkcji ziarna. Zdaniem Sinclair i Vadez (2002) wzrost plonu ziarna jest związany ze zwiększoną akumulacją azotu i fosforu w ziarniakach. Wzrostu plonu ziarna odmian uprawianych na glebach ubogich w składniki mineralne można uzyskać przez wytworzenie odmian o zwiększonej zdolności akumulacji azotu i fosforu w ziarnie (Sinclair i Vadez, 2002). W doświadczeniu z 180 odmianami ryżu w środowisku o niskiej dostępności azotu stwierdzono wysoką korelację między plonem ziarna a akumulacją azotu w roślinie (Tirol-Padre i in., 1966).

Z przeprowadzonych własnych badań wynika, że spośród analizowanych rodów pszenicy jarej RAH 1796, HEC 4482/96 o wysokiej masie ziarna odznaczały się także wysoką akumulacją azotu i fosforu w ziarnie. Stwierdzono istotną korelację między masą ziarna a akumulacją azotu i fosforu w ziarnie ($r = 0,82$ i $0,74$), między suchą masą roślin a akumulacją azotu i fosforu w roślinie ($r = 0,76$ i $0,57$). Akumulacja suchej masy rośliny jest w dużym stopniu zależna od akumulacji składników mineralnych, a rośliny o wysokim plonie biologicznym charakteryzują się wysoką zdolnością do ich pobierania podczas dojrzwania (Osaki i in., 1997).

W badaniach przeprowadzonych na kilkudziesięciu odmianach ryżu stwierdzono istotną korelację między długością okresu wegetacji a zmiennością genotypową w pobieraniu azotu (Tirol-Padre i in., 1966). Genotypy pszenżyta ozimego o wysokiej efektywności pobierania i wykorzystania składników mineralnych odznaczały się krótszym okresem wegetatywnego wzrostu i dłuższym okresem fazy dojrzwania ziarniaków (Kozdój i in., 1998; Ciepły i in., 1999). W przeprowadzonym naszym doświadczeniu niektóre wysokoplonujące rody pszenicy jarej (HEC 4482/96, HEC 3343/97, KOC 1477/98, KOC 2361/98) odznaczały się stosunkowo krótszym okresem trwania fazy wegetatywnej i dłuższym okresem rozwoju ziarniaków. W obrębie niskoplonujących rodów, KOC 2611/97 charakteryzował się najdłuższym okresem trwania fazy wegetatywnej i najkrótszym okresem rozwoju ziarniaków.

Uzyskane wyniki wskazują, że nieliczne rody pszenicy jarej takie jak: KOC 1477/98, KOC 2361/98, CJ 179/98, RAH 1796 osiągnęły wysokie wartości większości analizowanych cech, w tym efektywności wykorzystania azotu i fosforu. Wyżej wymienione rody przewyższały wzorcowe odmiany: Jasna, Opatka i Torka. Także inne rody: HEC 1428/98, KOC 2003/98, KOC 2245/98, KOC 2249/98 i KOC 3845/98 osiągnęły wysokie wartości efektywności wykorzystania azotu i fosforu.

Rody RAH 2070/98 i KOC 3530/97 odznaczały się wysoką efektywnością wykorzystania azotu, a rody CJ 396/98, HEC 1957/98 — fosforu. Rody te osiągnęły średnie wartości suchej masy rośliny i ziarna, zakumulowanego azotu i fosforu w ziarnie. Dane literaturowe wskazują, że różnice między odmianami pszenicy w efektywności zużycia fosforu wynikały między innymi ze struktury plonu; w warunkach niskiego nawożenia P odmiany z dużą liczbą ziaren w kłosie (uznanego za głównego komponentu plonu) plonowały wyżej niż odmiany z dużą liczbą kłosów w roślinie (Horst i in., 1993).

Wyniki uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu wskazują na możliwość wyselekcjonowania rodów pszenicy jarej odznaczających się zarówno wysokim i stabilnym plonem oraz wysoką efektywnością wykorzystania składników mineralnych. W obrębie badanych genotypów rody KOC 1477/98, KOC 2361/98, CJ 179/98, RAH 1796 osiągnęły wysokie wartości wyżej wymienionych cech.

LITERATURA

- Baligar, V. C., Fageria N. K., He Z. L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32 (7/8): 921 — 950.
- Ceccarelli S. 1996. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica* 92: 203 — 214.
- Cieplý J., Oracka T. 1999: Możliwości hodowli zbóż efektywniej wykorzystujących składniki mineralne. *Biul. IHAR* 211: 13 — 21.
- Cieplý J., Oracka T. 2000: Dry matter accumulation and nitrogen and phosphorus uptake in winter triticale genotypes differing by mineral elements utilization efficiency. *Plant Breeding and Seed Sci.* 44/1: 3 — 13.
- Drzazga T., Spiss L. 2001. Postęp genetyczny w plonowaniu pszenicy jarej w Polsce. *Biul. IHAR* 218/219: 195 — 201.
- Ehdaie B., Waines J. G. 2001. Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat. *Field Crops Res.* 73: 47 — 61.
- EL Bassam N. 1998. A concept of selection for „low input” wheat varieties. *Euphytica*. 100: 95 — 100.
- Gahoonia T. S., Nielsen N. E., Lyshede O. L. 1999. Phosphorus (P) acquisition of cereal cultivars in the field at three levels of P fertilization. *Plant Soil* 211: 269 — 281.
- Guarda G., Padovan S., Delogu G. 2003. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. *Europ. J. Agron.* (in press).
- Horst W. J., Abdou M., Wiesler F. 1993. Genotypic differences in phosphorus efficiency of wheat. *Plant Soil.* 155/156: 293 — 296.
- Kozdój J., Cieplý J., Oracka T. 1998. Spike morphogenesis of winter triticale (*X Triticosecale* Wittmack) genotypes differing in nutrient utilisation efficiency. *Plant Breeding and Seed Sci.* 44/1: 23 — 36
- Le Gouis J., Beghin D., Heumez E., Pluchard P. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. *Europ. J. Agron.* 12: 163 — 173.
- Oracka T., Cieplý J., Kozdój J. 2000. Genetic variability in N, P, K utilization efficiency in spring wheat at different concentration of nutrient solutions. *Plant Breed. Seed Sci.* 41 (1): 15 — 25.
- Osaki M., Shinano T., Matsumoto M., Zheng T., Tadano T. 1997. A root-shoot interaction hypothesis for high productivity of field crops. W: *Plant nutrition for sustainable food production and environment*. Ando T. et al. (eds.): 669 — 674.
- Poutala R. T., Kouppamakai J., Korva J., Varis E. 1994. The performance of ecological, integrated and conventional nutrient management in cereal cropping in Finland. *Field Crops Res.* 37: 3 — 10.
- Przulj N., Momcilovic V. 2001. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. II. Nitrogen translocation. *Eur. J. Agron.* 15: 255 — 265.
- Romer W., Schenk H. 1998. Influence of genotype on phosphate uptake and utilization efficiencies in spring barley. *Europ. J. Agron.* 8: 215 — 224.

- Sinclair T. R. 1998. Historical changes in harvest index and crop nitrogen accumulation. *Crop Sci.* 38: 638 — 643.
- Sinclair T. R., Vadez V. 2002. Physiological traits for crop yield improvement in low N and P environments. *Plant Soil* 245: 1 — 15.
- Singh V. P., Arona A. 2001. Intraspecific variation in nitrogen utilization efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 186: 239 — 244.
- Tirol-Padre A., Ladha J.K., Singh U., Laureles E., Punzalan G., Akita S. 2002. Grain yield performance of rice genotypes at suboptimal levels of soil N as affected by N uptake and utilization efficiency. *Field Crops Res.* 46: 127 — 143.
- Zadoks J. C., Chang T. T., Konzak C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *EUCARPIA Bulletin* 7: 42 — 52.

TERESA ORACKA**JANUSZ KOZDÓJ¹****JAN CIEPLY**

Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin

¹ Zakład Biotechnologii i Cytogenetyki Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Ocena zmienności genotypowej pszenicy jarej w efektywności pobierania i wykorzystania azotu i fosforu

Część II. Doświadczenie fitotronowe

The evaluation of variability of uptake and utilization efficiency of nitrogen and phosphorus in spring wheat Part II. Water culture experiment

W doświadczeniu fitotronowym (kultura wodna, 0,5 standardowego stężenia pożywki Hoaglanda nr 2) badano 39 rodów i 3 odmiany pszenicy jarej z doświadczeń wstępnych z 2001 roku. Stwierdzono zróżnicowanie genotypowe pod względem analizowanych cech. Wartości współczynników zmienności dla większości badanych cech były wysokie (z wyjątkiem efektywności wykorzystania azotu i fosforu). Na podstawie analizy wartości najważniejszych cech można dokonać wyboru genotypów pszenicy jarej odznaczających się wysokimi wartościami cech: efektywność pobierania i wykorzystania azotu i/lub fosforu, masa rośliny i korzeni. Rody: RAH 1796, KOC 2249/98, KOC 3845/98 badane w doświadczeniu fitotronowym i polowym charakteryzowały się wysokimi wartościami wyżej wymienionych cech. Wyniki uzyskane w doświadczeniu fitotronowym i polowym wskazują na możliwość dokonania kompleksowej oceny szerokiego zestawu nowych rodów pszenicy jarej. Tak dokonana ocena pozwala na wybór rodów o wysokiej efektywności pobierania i wykorzystania składników mineralnych i wysokim plonie ziarna.

Słowa kluczowe: pszenica jara, zmienność genotypowa, azot, fosfor, efektywność wykorzystania, efektywność pobierania

Plants of 39 strains and 3 cultivars of spring wheat were grown hydroponically until shooting phase at low level of mineral elements (0.5 concentrated Hoagland medium solution), in a growth chamber. Dry matter, N and P content of plant organs, number and mass of seminal and adventitious roots, number of spikelets per spike and the main spike development stage were determined. Indices of N and P accumulation and utilization efficiency were calculated. Statistically significant differences between the wheat genotypes have been stated for all the investigated characteristics. A wide variability in dry matter of above ground part and roots, nitrogen and phosphorus contents was found among the wheat strains and cultivars. Nitrogen and phosphorus utilization efficiency showed the lowest coefficients of

variability. Basing on analysis of important traits, there is a possibility of selection of spring wheat lines with high efficiency of nitrogen and phosphorus uptake and utilization together with high dry mass of plants and roots. The RAH 1796, KOC 2249/98, KOC 3845/98 examined in water culture experiment and field experiments, showed high values of these traits. The joint results of phytotron and field experiments enabled complex evaluation of wheat strains and selection of breeding material.

Key words: genetic variability, nitrogen, phosphorus, spring wheat, uptake efficiency, utilization efficiency

WSTĘP

W pierwszej części pracy stwierdzono istotne zróżnicowanie genotypowe pszenicy jarej w masie ziarna, akumulacji i wykorzystaniu azotu i fosforu (doświadczenie polowe, standardowy poziom nawożenia mineralnego). Z własnych prac i doniesień literaturowych wynika, że zakres zmienności cech jest wyższy w warunkach stresowych w porównaniu do warunków (standardowych) nie stresowych (Ciepły i Oracka, 1996; Oracka i in., 2000; Gaahonia i in., 1999).

Celem podjętych badań było oszacowanie zmienności genotypowej pszenicy jarej, rosnącej przy obniżonym poziomie zawartości składników mineralnych w pożywce, pod względem masy nadziemnej i korzeni oraz akumulacji i efektywności wykorzystania azotu i fosforu.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem doświadczalnym było 39 rodów i 3 odmiany pszenicy jarej z doświadczeń wstępnych z 2001 roku (tab. 1).

Doświadczenie prowadzono w kontrolowanych warunkach (komora fitotronowa) w kulturze wodnej przy obniżonej koncentracji równej 0,5 stężenia pożywki Hoaglanda nr 2. Warunki wegetacji roślin w komorze fitotronowej przedstawiono poniżej:

dni doświadczenia	temperatura dzień/noc (°C)	długość dnia/nocy (h)	natężenie światła ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
1–18	15/10	16/8	350
19–35	20/15	16/8	350

W fazie strzelania w źdźbło (DC 30–31 wg skali Zadoksa) dokonano zbioru roślin (7 roślin $\times$ 4 powtórzenia) określając: suchą masę poszczególnych organów rośliny (105°C), liczbę i masę korzeni zarodkowych i przybyszowych, stadium organogenezy kłosa pędu głównego (wg Nátrovej i Jokeša, 1993), liczbę kłosek w kłosie. Wyniki badań dotyczące stadium organogenezy kłosa pędu głównego i jego cech morfologicznych zostały przedstawione w innej pracy (Kozdój i in., 2003). W poszczególnych częściach rośliny określano koncentrację azotu (metodą Kjeldahla) i fosforu (metodą kolorymetryczną). Obliczano:

- akumulację azotu i fosforu (na podstawie koncentracji pierwiastków i masy),
- efektywność wykorzystania azotu dla biomasy (NUE_1); masa rośliny/iłość, zakumulowanego N w roślinie,

— efektywność wykorzystania fosforu dla biomasy (PUE_1); masa rośliny/iłość zakumulowanego P w roślinie.

Otrzymane wyniki obliczono metodą analizy wariancji, wartości średnie dla każdej cechy porównywano testem t-Tukeya. Podziału rodów na grupy jednorodne dokonano procedurą testu t-Tukeya.

Tabela 1

Lista odmian i rodów pszenicy jarej z doświadczenia wstępnego 2001 roku
List of cultivars and strains of spring wheat of the preliminary experiment in the year 2001

Nr rodu — No. of strain	Nazwa rodu — Name of strain	Pochodzenie — Source
1	RAH 172598	IHAR — Radzików
2	RAH 172698	
3	RAH 186598	
4	RAH 207098	
5	RAH 215798	
6	RAH 1796	
7	RAH 85398	
8	SMH 16	SHR — Smolice
9	SMH 21	
10	SMH 37	
11	SMH 39	
12	CJ 59/98	SHR — Choryń
13	CJ 176/98	
14	CJ 179/98	
15	CJ 396/98	
16	CJ 406/98	
17	HEC 4482/96	SHR — Henryków
18	HEC 2288/97	
19	HEC 2678/97	
20	HEC 3343/97	
21	HEC 3496/97	
22	HEC 1428/98	
23	HEC 1975/98	
24	KOC 2611/97	SHR — Kobierzyce
25	KOC 2932/97	
26	KOC 3530/97	
27	KOC 1477/98	
28	KOC 2003/98	
29	KOC 2061/98	
30	KOC 2245/98	
31	KOC 2249/98	
32	KOC 2361/98	
33	KOC 2454/98	
34	KOC 2970/98	
35	KOC 2990/98	
36	KOC 3845/98	
37	KOC 4206/98	
38	KOC 4621/98	
39	KOC 4958/98	
40	Jasna	
41	Opatka	
42	Torka	SHR — Strzelce

WYNIKI

Badane rody i odmiany pszenicy jarej różniły się istotnie pod względem analizowanych cech (tab. 2).

Tabela 2

Analiza wariancji dla badanych cech
Analysis of variance for the investigated characters

Cechy Traits	Średni kwadrat MS	F df1,2) 41,126 F value
Liczba korzeni przybyszowych na roślinę (LKP) No. of adventitious roots (plant ⁻¹)	0,3859	37,8**
Sucha masa nadziemna (g-rośl. ⁻¹) (SMNADZ) Dry matter of above-ground part (g-plant ⁻¹)	0,0002	101,8**
Sucha masa korzeni zarodkowych (g-rośl. ⁻¹) (SMKZ) Dry matter of seminal roots (g-plant ⁻¹)	0,0000	26,8**
Sucha masa korzeni przybyszowych (g-rośl. ⁻¹) (SMKP) Dry matter of adventitious roots (g-plant ⁻¹)	0,0000	35,5**
Sucha masa korzeni (g-rośl. ⁻¹) (SMK) Dry matter of roots (g-plant ⁻¹)	0,0000	54,0**
Sucha masa rośliny (g-rośl. ⁻¹) (SMR) Dry matter of plant (g-plant ⁻¹)	0,0002	121,8**
Akumulacja azotu w nadziemnej części rośliny (mg-rośl. ⁻¹) (ZNNADZ) Nitrogen content in above ground part of plant (mg-plant ⁻¹)	0,2691	95,9**
Akumulacja azotu w korzeniach (mg-rośl. ⁻¹) (ZNK) Nitrogen content in roots (mg-plant ⁻¹)	0,0245	56,6**
Akumulacja azotu w roślinie (mg-rośl. ⁻¹) (ZNR) Nitrogen content in plant (mg-plant ⁻¹)	0,3155	114,8**
Akumulacja fosforu w nadziemnej części rośliny (mg-rośl. ⁻¹) (ZPNADZ) Phosphorus content in above ground part of plant (mg-plant ⁻¹)	0,0134	114,2**
Akumulacja fosforu w korzeniach (mg-rośl. ⁻¹) (ZPK) Phosphorus content in roots (mg-plant ⁻¹)	0,0022	49,0**
Akumulacja fosforu w roślinie (mg-rośl. ⁻¹) (ZPR) Phosphorus content in plant (mg-plant ⁻¹)	0,0173	131,6**
Efektywność wykorzystania azotu (mg-mg ⁻¹) (NUE) Nitrogen utilization efficiency (mg-mg ⁻¹)	0,0018	1255,8**
Efektywność wykorzystania fosforu (mg-mg ⁻¹) (PUE) Phosphorus utilization efficiency (mg-mg ⁻¹)	0,1375	912,9**
Stadium rozwojowe rośliny (wg Zadoksa) Stage of plant development (acc. to Zadoks)	0,4039	30,43**
Stadium rozwojowe kłosa (wg Natrova i Jokes) Stage of spike development (acc. to Natrova and Jokes)	5,1097	13,99**
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	0,5549	19,09**
Szerokość kłosa (mm) Spike width (mm)	0,0875	18,45**
Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets per spike	15,9686	10,23**
Liczba kłosów z kłosem terminalnym No. of spikes with terminal spikelet	0,6857	84,20**

** Różnice istotne przy $\alpha < 0,05$; Significant at differences $\alpha < 0.05$

Tabela 3

Zakres zmienności badanych cech
Range of variability of the tested traits

Cechy Traits	Średnie Mean	Min. Min.	Maks. Max.	Współczynnik Zmienności Coefficient of variation	NIR Tukey LSD Tukey
Liczba korzeni przybyszowych na roślinę (LKP) No. of adventitious roots (plant ⁻¹)	7,4	3,8	10,9	26	1,72
Sucha masa nadziemna (g-rośl. ⁻¹) (SMNADZ) Dry matter of above-ground part (g plant ⁻¹)	0,371	0,241	0,536	18	0,037
Sucha masa korzeni zarodkowych (g-rośl. ⁻¹) (SMKZ) Dry matter of seminal roots (g plant ⁻¹)	0,057	0,037	0,074	15	0,009
Sucha masa korzeni przybyszowych (g-rośl. ⁻¹) (SMKP) Dry matter of adventitious roots (g plant ⁻¹)	0,036	0,019	0,051	25	0,008
Sucha masa korzeni (g-rośl. ⁻¹) (SMK) Dry matter of roots (g plant ⁻¹)	0,093	0,060	0,125	16	0,011
Sucha masa rośliny (g-rośl. ⁻¹) (SMR) Dry matter of plant (g plant ⁻¹)	0,464	0,301	0,662	17	0,040
Akumulacja azotu w nadziemnej części rośliny (mg-rośl. ⁻¹) (ZNNADZ) Nitrogen content in above ground part of plant (mg plant ⁻¹)	14,5	9,5	21,7	18	1,43
Akumulacja azotu w korzeniach (mg-rośl. ⁻¹) (ZNK) Nitrogen content in roots (mg plant ⁻¹)	3,6	2,3	4,7	16	0,43
Akumulacja azotu w roślinie (mg-rośl. ⁻¹) (ZNR) Nitrogen content in plant (mg plant ⁻¹)	18,1	11,8	26,4	17	1,55
Akumulacja fosforu w nadziemnej części rośliny (mg-rośl. ⁻¹) (ZPNADZ) Phosphorus content in above-ground part of plant (mg plant ⁻¹)	3,2	2,0	4,8	19	0,32
Akumulacja fosforu w korzeniach (mg-rośl. ⁻¹) (ZPK) Phosphorus content in roots (mg plant ⁻¹)	1,1	0,7	1,4	15	0,13
Akumulacja fosforu w roślinie (mg-rośl. ⁻¹) (ZPR) Phosphorus content in plant (mg plant ⁻¹)	4,2	2,7	6,2	18	0,36
Efektywność wykorzystania azotu (mg-mg ⁻¹) (NUE) Nitrogen utilization efficiency (mg-mg ⁻¹)	25,6	24,1	27,4	3	0,12
Efektywność wykorzystania fosforu (mg-mg ⁻¹) (PUE) Phosphorus utilization efficiency (mg-mg ⁻¹)	109,5	99,0	121,9	5	1,03
Stadium rozwojowe rośliny (wg Zadoksa) Stage of plant development (acc. To Zadoks)	30,2	30	31	1	0,33
Stadium rozwojowe kłosa (wg Natrova i Jokes) Stage of spike development (acc. to Natrova and Jokes)	29,5	26,2	31,4	4	1,71
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	2,0	1,1	2,8	18	0,48
Szerokość kłosa (mm) Spike width (mm)	0,7	0,3	1,0	20	0,20
Liczba kłosek w kłosie No. of spikelets per spike	20,3	23,8	13,1	10	3,54
Liczba kłosów z kłosem terminalnym No. of spikes with terminal spikelet	0,3	0	1,0	-	0,26

Największy zakres zmienności stwierdzono w liczbie i masie korzeni przybyszowych (CV — 26%), a najniższy w efektywności wykorzystania azotu i fosforu (CV — 3 i 5%).

W obrębie badanych rodów zaobserwowano małą zmienność w stadium rozwoju kłosa pędu głównego (CV — 4%), większą w jego strukturze morfologicznej (CV — 10–20%) (tab. 3).

Tabela 4

Podział rodów na grupy o najwyższych (a), średnich (b) i najniższych wartościach (c) cech
Distribution of strains to groups with a highest (a), average (b) and lowest (c) values of the traits

Nr No.	LKP	SM NADZ	SMKZ	SMKP	SMK	SMR	ZN NADZ	ZNK	ZNR	ZP NADZ	ZPK	ZPR	NUE	PUE
6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	c	b
9	a	a	b	b	b	a	a	b	a	a	b	a	c	c
18	b	a	b	b	b	a	a	a	a	b	a	b	c	b
31	a	a	b	a	a	a	b	a	a	a	a	a	a	b
36	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a
37	b	a	b	a	a	a	b	a	a	b	a	b	a	a
39	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	b	a	b	a
40	a	a	a	a	a	a	b	a	a	a	a	a	b	c
41	b	a	a	a	a	a	a	a	a	b	b	b	b	a
42	a	a	b	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	b
1	b	b	c	b	b	b	b	b	b	b	b	b	c	b
2	a	b	c	b	b	b	a	b	b	a	c	b	b	b
4	b	b	a	c	b	b	b	b	b	a	b	a	b	c
5	b	b	a	b	b	b	b	b	b	b	a	b	a	b
7	a	b	b	a	b	b	b	b	b	b	a	a	c	c
13	b	b	b	b	b	b	b	c	b	b	c	b	b	b
15	b	b	b	a	a	b	b	b	b	b	b	b	c	b
17	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b
19	b	b	b	b	b	b	a	b	b	b	b	b	b	b
20	a	b	a	b	a	b	b	a	b	a	a	a	b	b
21	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	b
22	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a
24	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	c	c
26	b	c	a	c	b	b	c	b	c	c	b	c	a	b
27	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
28	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a	b
29	b	b	a	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	c
30	b	b	b	b	b	b	c	b	b	b	b	b	a	b
32	c	b	c	c	c	b	b	c	b	b	c	c	b	a
33	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	a
34	c	b	b	c	c	b	b	c	c	b	c	b	a	c
38	c	b	a	b	b	b	a	b	b	c	b	b	b	a
3	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	b
8	b	c	c	b	c	c	b	c	b	b	c	b	c	c
10	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	b	b
11	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	b	a
12	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	b	b
14	c	b	c	c	c	c	b	c	c	c	c	c	b	a
16	b	c	b	b	b	c	c	b	c	c	b	c	b	b
23	c	c	b	b	c	c	c	b	c	c	b	c	c	b
25	b	c	c	c	c	c	c	c	c	c	b	c	b	c
35	c	c	b	b	b	c	c	b	b	b	b	b	b	c

Oznaczenia cech jak w tabeli 2

Denotations of traits as in table 2

Badane rody podzielono arbitralnie na trzy grupy: „a”, „b” i „c” (tab. 4). Do grupy „a” zaliczono 10 rodów o najwyższych, a do grupy „c” — 10 rodów o najniższych wartościach badanych cech. Pozostałe 22 rody odznaczające się wartościami pośrednimi zaliczono do grupy „b”.

Większość rodów o najwyższej suchej masie rośliny (grupa „a”) odznaczała się najwyższymi wartościami takich cech jak: suchą masą części nadziemnej (10 rodów), suchą masą korzeni (8 rodów), akumulacją azotu w części nadziemnej (7 rodów) i w korzeniach (9 rodów), akumulacją fosforu w części nadziemnej (7 rodów) i w korzeniach (6 rodów) (tab. 4).

W tej samej grupie rodów, efektywność wykorzystania azotu przez rody: KOC 2249/98 (31)*, KOC 3845/98 (36), KOC 4206/98 (37) i Torka (42) była wysoka w przeciwieństwie do rodów RAH 1796 (6), SMH 21 (9) i HEC 2288/97 (18). Wysoką efektywność wykorzystania fosforu obserwowano w rodach: KOC 3845/98 (36), KOC 4206/98 (37), KOC 4958/98 (39) i Opatka (41), a niską w rodach: SMH 21 (9) i Jasna (40).

Rody o niskiej masie rośliny (grupa „c”) miały także najniższe wartości takich cech jak: sucha masa części nadziemnej (9 rodów), sucha masa korzeni (8 rodów), ilość zakumulowanego azotu i fosforu w poszczególnych częściach rośliny (6–8 rodów). W obrębie tej grupy, siedem rodów miało współczynniki efektywności wykorzystania azotu na poziomie wartości średnich. Efektywność wykorzystania fosforu przez rośliny była od wysokiej (SMH 39 i CJ 179/98) do niskiej (SMH 16, KOC 2932/97, KOC 2960/98).

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami
The correlations coefficient between the of examined traits

Cechy Traits	LKP	SM NADZ	SM KZ	SM KP	SMK	SMR	ZN NADZ	ZNK	ZNR	ZP NADZ	ZPK	ZPR	NUE	PUE
LKP	1,00													
SM NADZ	0,76	1,00												
SMKZ	0,40	0,65	1,00											
SMKP	0,80	0,76	0,47	1,00										
SMK	0,70	0,82	0,86	0,86	1,00									
SMR	0,77	0,99	0,70	0,80	0,88	1,00								
ZNNADZ	0,78	0,98	0,57	0,78	0,79	0,97	1,00							
ZNK	0,65	0,80	0,87	0,80	0,98	0,86	0,76	1,00						
ZNR	0,79	0,98	0,65	0,81	0,85	0,99	0,99	0,83	1,00					
ZPNADZ	0,77	0,95	0,62	0,72	0,78	0,95	0,95	0,75	0,95	1,00				
ZPK	0,69	0,77	0,84	0,78	0,94	0,82	0,74	0,93	0,80	0,78	1,00			
ZPR	0,78	0,95	0,70	0,76	0,85	0,96	0,94	0,82	0,95	0,99	0,86	1,00		
NUE	ns	ns	0,47	ns	0,31	ns	ns	0,35	ns	ns	ns	ns	1,00	
PUE	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	1,00

Oznaczenia cech jak w tabeli 2; Denotations of traits as in table 2

ns — Korelacja nie istotna; Correlation not significant

* Numer w nawiasie odpowiada numerowi rodu i odmiany z tabeli 1

Pozostałe, 22rody o średniej masie roślin, charakteryzowały się średnimi wartościami poszczególnych cech. Wysoką efektywność wykorzystania azotu stwierdzono u rodów: HEC 3496/97 (21), KOC 3530/97 (26), KOC 2003/98 (28), KOC 2245/98 (30), KOC 2970/98 (34). Także wysoką efektywność wykorzystania fosforu stwierdzono u rodów: HEC 1428/98 (22), KOC 2361/98 (32), KOC 2454/98 (33) i KOC 4621/98 (38) (tab. 4).

Wartości współczynników korelacji dla badanych cech, z wyjątkiem efektywności wykorzystania azotu i fosforu, były istotne i wysokie (tab. 5).

Zakres zmienności genotypowej poszczególnych cech był zależny od miejsca wyhodowania rodów (rys. 1).

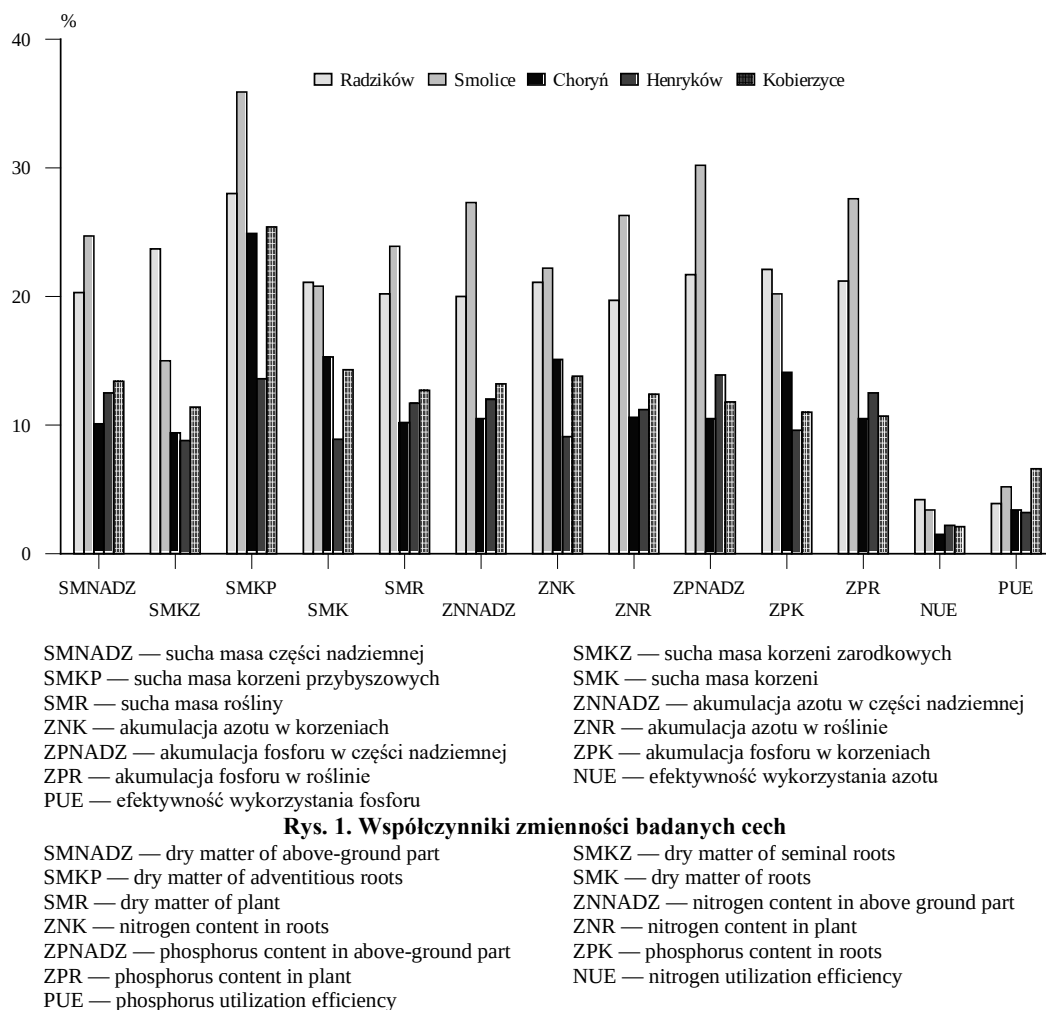


Fig. 1. The coefficients of variability of the investigated parameters

Najwyższą zmienność stwierdzono dla masy korzeni przybyszowych od 14% (Henryków) do 36% (Smolice), a najniższą dla efektywności wykorzystania azotu od 1% (Choryń) do 4% (Radzików) i fosforu od 3% (Choryń, Henryków) do 7% (Kobierzyce).

Tabela 6

Podział badanych rodów na grupy jednorodne wyliczone testem Tukeya (przy $\alpha = 0,05$)
Distribution of the tested strains into homogeneous groups acc. to Tukey test (at $\alpha = 0.05$)

Cechy Traits	Pochodzenie rodów Source of strains					Odmiany Varieties
	Radzików	Smolice	Choryń	Henryków	Kobierzyce	
Liczba korzeni przybyszowych na roślinę No. of adventitious roots (plant ⁻¹)	B	DC	BCD	BC	D	A
Sucha masa nadziemna (g-rośl. ⁻¹) Dry matter of above ground part (g·plant ⁻¹)	B	C	C	B	D	A
Sucha masa korzeni zarodkowych (g-rośl. ⁻¹) Dry matter of seminal roots (g·plant ⁻¹)	BC	D	CD	AB	AB	A
Sucha masa korzeni przybyszowych (g-rośl. ⁻¹) Dry matter of adventitious roots (g·plant ⁻¹)	B	B	B	B	B	A
Sucha masa korzeni (g-rośl. ⁻¹) Dry matter of roots (g·plant ⁻¹)	BC	D	CD	B	BC	A
Sucha masa rośliny (g-rośl. ⁻¹) Dry matter of plant (g·plant ⁻¹)	B	C	C	B	B	A
Akumulacja azotu w nadziemnej części rośliny (mg-rośl. ⁻¹) Nitrogen content in above-ground part of plant (mg·plant ⁻¹)	B	C	C	BC	CD	A
Akumulacja azotu w korzeniach (mg-rośl. ⁻¹) Nitrogen content in roots (mg·plant ⁻¹)	BC	D	CD	AB	B	A
Akumulacja azotu w roślinie (mg-rośl. ⁻¹) Nitrogen content in plant (mg·plant ⁻¹)	B	D	CD	B	BC	A
Akumulacja fosforu w nadziemnej części rośliny (mg-rośl. ⁻¹) Phosphorus content in above-ground part of plant (mg·plant ⁻¹)	B	D	D	BCD	C	A
Akumulacja fosforu w korzeniach (mg-rośl. ⁻¹) Phosphorus content in roots (mg·plant ⁻¹)	ABC	D	CD	AB	B	A
Akumulacja fosforu w roślinie (mg-rośl. ⁻¹) Phosphorus content in plant (mg·plant ⁻¹)	B	C	C	B	B	A
Efektywność wykorzystania azotu (mg·mg ⁻¹) Nitrogen utilization efficiency (mg·mg ⁻¹)	C	C	BC	BC	A	AB
Efektywność wykorzystania fosforu (mg·mg ⁻¹) Phosphorus utilization efficiency (mg·mg ⁻¹)	A	A	A	A	A	A
Stadium rozwojowe rośliny Stage of plant development	A	A	A	A	A	A
Stadium rozwojowe kłosa Stage of spike development	A	A	A	A	A	A
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	B	AB	B	AB	A	AB
Szerokość kłosa (mm) Spike width (mm)	B	AB	AB	AB	A	AB
Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets per spike	B	B	B	AB	AB	A
Liczba kłosów z kłosem terminalnym No. of spikes with terminal spikelet	B	AB	B	B	A	AB

W przypadku stadium rozwojowego kłosa pędu głównego oraz liczby kłosków w kłosie stwierdzono małą zmienność pomiędzy rodami, niezależnie od miejsca ich pochodzenia. Najwyższą zmienność dla większości badanych cech obserwowano dla rodów pochodzących ze Smolic, a najniższą dla rodów pochodzących z Choryni i z Henrykowa.

Podział badanych rodów na grupy jednorodne procedurą t-Tukeya wykazał brak różnicowania między rodami pochodzącymi z poszczególnych stacji hodowli dla takich cech jak: efektywność wykorzystania fosforu, stadium rozwojowe rośliny i kłosa (tab. 6).

Małe zróżnicowanie między rodami pochodzącymi z różnych stacji hodowlanych stwierdzono w cechach morfologicznych kłosa (długość i szerokość kłosa, liczba kłosków, liczba kłosów z wytworzonym kłoskiem terminalnym).

W obrębie testowanych rodów szczególną uwagę zwrócono na rody odznaczające się wysoką akumulacją i efektywnością wykorzystania azotu i fosforu oraz masą rośliny (tab. 4 i tab. 6). Wartość rodów (określanych daną cechą) wyhodowanych w Henrykowie i Kobierzynach, a także w Radzikowie jest przeciętnie wyższa niż rodów ze Smolic i Choryni. Z Kobierzyc pochodziła większość rodów odznaczających się wysokimi wartościami badanych cech (tab. 4 i tab. 6).

DYSKUSJA

Wyniki badań własnych wskazują, że ilość składników mineralnych w podłożu (pożywka *versus* pole) wpływała na wartości bezwzględne analizowanych cech. W doświadczeniu fitotronowym rośliny rosły w kulturze wodnej przy obniżonej koncentracji pierwiastków w pożywce (0,5 stężenia pożywki Hoaglanda), a w doświadczeniu polowym przy standardowym poziomie nawożenia NPK. W doświadczeniu fitotronowym uzyskano wyższe wartości współczynników zmienności dla większości badanych cech (z wyjątkiem efektywności wykorzystania azotu i fosforu) niż w doświadczeniu polowym. Uzyskane w tej pracy wyniki potwierdzają wcześniejsze obserwacje dotyczące wpływu stresu, którym jest m.in. niski poziom nawożenia mineralnego na ujawnianie się większych różnic odmianowych w plonie oraz w akumulacji pierwiastków w roślinie (Ciepły i Oracka, 1996, Oracka i in., 2000; Gahoonia i in., 1999).

Uszeregowanie rodów i odmian pszenicy jarej w fazie dojrzałości pełnej (na podstawie masy ziarna) nie było całkowicie zgodne z rankingiem dokonany w fazie strzelania w źdźbło (na podstawie suchej masy rośliny). Dane literaturowe wskazują na różną reakcję genotypów pszenicy i innych zbóż na zróżnicowane dawki nawożenia azotem i fosforem (Ceccarelli, 1996; Ciepły i Oracka, 1994; Fageria i Baligar 1999; Le Gouis i Pluchard, 1996).

Dwa parametry: efektywność pobierania składników mineralnych i efektywność wykorzystania pobranych składników mineralnych przez rośliny określają efektywność pokarmową składników mineralnych (Górny, 1995). Postęp genetyczny w efektywności zużycia azotu u pszenicy może być wyjaśniony różnym udziałem efektywności pobierania i efektywności wykorzystania tego pierwiastka w zależności od czasu wyhodowania

odmiany i poziomu nawożenia (Ortiz-Monasterio i in., 1997). U odmian wyhodowanych w latach 1962–1985 udział efektywności pobierania azotu malał ze wzrostem dawki azotu z 100% (bez nawożenia N) do 33% (300 kg N ha^{-1}), przy równoczesnym wzroście udziału efektywności wykorzystania pobranego azotu (Ortiz-Monasterio i in., 1997). Wielu badaczy sugeruje, że w warunkach niskiego poziomu składników mineralnych w glebie efektywność pobierania ma większe znaczenie niż efektywność wykorzystania danego pierwiastka (Ortiz-Monasterio i in., 1997; Le Gouis i in., 2000; Manske i in., 2001; 2002; Singh i Arora, 2001).

W doświadczeniu polowym (standardowy poziom nawożenia mineralnego) uzyskano istotną korelację między suchą masą rośliny a ilością pobranego azotu ($r = 0,76$) i fosforu ($r = 0,57$). Większe wartości współczynników korelacji dla tej zależności ($r = 0,99$ i $r = 0,96$) otrzymano w doświadczeniu fitotronowym (stężenie pożywki 2-krotnie obniżone). Efektywność pobierania azotu przez rośliny rosnące w warunkach stałego poziomu azotu w podłożu może być wyliczona jako ilość zakumulowanego azotu w roślinie (Youngquist i in., 1992).

Wyniki naszych badań wskazują na istotną zależność między ilością zakumulowanego azotu i fosforu a suchą masą korzeni ($r=0,85$), co jest zgodne z danymi literaturowymi. Bertholdsson (1999) w badaniach polowych i w kulturze wodnej prowadzonych na jęczmieniu wykazał istotną rolę systemu korzeniowego w pobieraniu azotu, zwłaszcza w warunkach niskiego nawożenia tym pierwiastkiem. Z dotychczasowych prac wynika, że wielkość systemu korzeniowego (masa, długość, powierzchnia) i jego sposób rozprzestrzeniania się w glebie są dodatnio skorelowane z wysokością i stabilnością plonu oraz z efektywnością pobierania i wykorzystania składników mineralnych (Baligar i in., 2001; Ciepły i Oracka, 1997 a i b; Horst i in., 1993; Nakamura i in., 2002).

W przeprowadzonym doświadczeniu polowym niektóre rody np.: RAH 1796, KOC 2249/98, KOC 3845/98 odznaczały się wysoką efektywnością wykorzystania azotu i /lub fosforu. Jednocześnie rody te w doświadczeniu fitotronowym, miały dużą masę korzeni, zakumulowały dużo azotu i fosforu w nadziemnej części rośliny i korzeniach. Uzyskane wyniki wskazują, że rody te w warunkach niskiego poziomu nawożenia mineralnego mogą odznaczać się wysoką efektywnością pobierania i wykorzystania (azotu i/lub fosforu). Zmienność pomiędzy 24 odmianami jęczmienia jarego w plonie ziarna, suchej masie roślin i efektywności pobierania (ilość P/roślinę) i wykorzystania fosforu (ilość ziarna na jednostkę pobranego P) stwierdzili Romer i Schenk (1998). Niski plon niektórych odmian jęczmienia był związany z niską efektywnością pobierania i średnią wykorzystania fosforu, a wysoki plon – z dużą efektywnością pobierania i średnią wykorzystania lub średnią efektywnością pobierania i wysoką wykorzystania fosforu. Romer i Schenk (1998) wskazują na możliwość wzrostu plonu ziarna poprzez hodowlę odmian o wysokiej efektywności pobierania i wykorzystania fosforu. Cytowani autorzy wyliczyli, że rośliny o najwyższej efektywności pobierania i wykorzystania tego pierwiastka mogłyby osiągnąć o 27% wyższy plon od średniego plonu z wszystkich badanych odmian.

Wyniki badań z dwu doświadczeń polowego i fitotronowego obejmujące taki sam zestaw genotypów (nowych linii) pszenicy jarej (niezależnie od miejsca wyhodowania danej linii) wskazują na zróżnicowaną genotypowo zmienność analizowanych cech. Na

podstawie analizy wartości najważniejszych cech można dokonać wyboru genotypów odznaczających się wysokimi wartościami efektywności pobierania i wykorzystania pierwiastka (azotu i/lub fosforu), plonu ziarna, współczynnika plonowania rolniczego, współczynnika plonowania dla azotu i dla fosforu. Scharakteryzowane w tej pracyrody pszenicy jarej: RAH 1796, KOC 2249/98, KOC 3845/98 odznaczające się wysoką efektywnością pobierania i wykorzystania azotu i fosforu oraz wysokim i stabilnym plonem ziarna w warunkach niższego poziomu nawożenia mineralnego powinny być włączone do programu(ów) hodowlanych.

LITERATURA

- Baligar V. C., Fageria N. K., He Z. L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 32 (7/8): 921 — 950.
- Bertholdsson N. O. 1999. Important selection criteria for high N-use efficiency in wheat and barley. Workshop on N-use efficiency Melle (Belgium), COST 814-Meeting 3–5 June 1999.
- Ceccarelli S. 1996. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica* 92: 203 — 214.
- Cieplý J., Oracka T. 1994. Response of winter triticale plants to different level of mineral elements in solution. *Zesz. Nauk. AR Szczecin Rol.* 162: 29 — 32.
- Cieplý J., Oracka T. 1996. Nitrogen utilisation efficiency in winter triticale. *Plant Breed. Seed Sci.* 40 (1/2): 117 — 124.
- Cieplý J., Oracka T. 1997 a. Uptake and root characters in relation to nutrient utilization efficiency in winter triticale genotypes. *J. Appl. Genet.* 38B: 213 — 217.
- Cieplý J., Oracka T. 1997 b. Productivity and N,P,K utilization efficiency and root system characters in winter triticale plants at low level of mineral elements in solution. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 175: 73 — 77.
- Fageria N. K., Baligar V. C. 1999. Phosphorus-use efficiency in wheat genotypes. *J. Plant Nutr.* 22 (2): 331 — 340.
- Gahoonia T. S., Nielsen N. E., Lyshede O. L. 1999. Phosphorus (P) acquisition of cereal cultivars in the field at three levels of P fertilization. *Plant Soil* 211: 269 — 281.
- Górny A. G. 1995. Cechy korzeni w hodowli roślin o obniżonych wymaganiach pokarmowych. *Post. Nauk Rol.* 1: 67 — 91.
- Horst W. J., Abdou M., Wiesler F. 1993. Genotypic differences in phosphorus efficiency of wheat. *Plant Soil* 155/156: 293 — 296.
- Kozdój J., Oracka T., Cieplý J. 2003. Analiza stadium organogenezy kłosa pędu głównego pszenicy jarej w fazie strzelania w źdźbło. *Biul. IHAR* 230: 81 — 94.
- Le Gouis J., Pluchard P. 1996. Genetic variation for nitrogen use efficiency in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*, 92 (1/2): 221 — 224.
- Le Gouis J., Beghin D., Heumez E., Pluchard P. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilisation efficiencies in winter wheat. *Europ. J. Agron.* 12: 163 — 173.
- Manske G. G. B., Ortiz-Monasterio J. I., van Ginkel R. M., Gonzalez R. M., Rajaram S., Molina E., Vlek P. L. G. 2000. Traits associated with improved P-uptake efficiency in CIMMYT's semi-dwarf spring bread wheat grown on an acid Andisol in Mexico. *Plant Soil* 221: 189 — 204.
- Manske G. G. B., Ortiz-Monasterio J. I., van Ginkel R. M., Rajaram S., Vlek P. L. G. 2002. Phosphorus use efficiency in tall, semi-dwarf and dwarf near-isogenic lines of spring wheat. *Euphytica* 125: 113 — 119.
- Nakamura T., Adu-Gyamfi J., Yamamoto A., Ishikawa S., Nakano H., Ito O. 2002. Varietal differences in root growth as related to nitrogen uptake by sorghum plants in low-nitrogen environment. *Plant and Soil* 245: 17 — 24.
- Nátrová Z., Jokeš M. 1993. A proposal for a decimal scale of the inflorescence development of wheat. *Rostl. Vyr.* 4:315 — 328.
- Oracka T., Cieplý J., Kozdój J. 2000. Genetic variability in N,P,K utilization efficiency in spring wheat at different concentration of nutrient solutions. *Plant Breed. Seed Sci.* 41 (1): 15 — 25.

- Ortiz-Monasterio J. I., Sayre K. D., Rajaram S., McMahon M. 1997. Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. *Crop Sci.* 37: 898 — 904.
- Romer W., Schenk H. 1998. Influence of genotype on phosphate uptake and utilization efficiencies in spring barley. *Europ. J. Agron.* 8:215 — 224.
- Singh V. P., Arora A. 2001. Intraspecific variation in nitrogen utilization efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 186: 239 — 244.
- Zadoks J. C., Chang T. T., Konzak C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *EUCARPIA Bulletin* 7: 42 — 52.
- Youngquist J. B., Bramelco P., Maranville J. W. 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selecting nitrogen-use efficient genotypes in sorghum. *Crop Sci.* 32 (6): 1310 — 1313.

LESZEK RACHOŃ

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie

Ocena przydatności ziarna krajowych i zagranicznych linii i odmian jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) do produkcji makaronu

Assessment of usefulness of domestic and foreign cultivars of spring durum wheat (*Triticum durum* Desf.) for pasta production

W opracowaniu dokonano oceny przydatności ziarna krajowych i zagranicznych odmian jarej pszenicy *durum* do produkcji makaronu. Materiał do badań pochodził z doświadczeń polowych prowadzonych w latach 2000-01 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin AR w Lublinie. Uzyskane wyniki pokazują, że krajowe linie pszenicy *durum* w porównaniu z odmianami zagranicznymi charakteryzowały się porównywalną zawartością białka i glutenu, zbliżoną zawartością popiołu w kaszkach oraz niższą zawartością żółtego barwnika. Wysoka popiołowość kaszek, niski poziom żółtego barwnika oraz dość duża podatność na ciemnienie ciasta makaronowego, zarówno linii krajowych jak i zagranicznych uprawianych w naszych warunkach klimatycznych wskazują, że otrzymanie makaronu o bardzo dobrych parametrach jakościowych jest dość trudne.

Słowa kluczowe: żółty barwnik, makaron, pszenica twarda, twardość ziarna, wartość przemiałowa

The paper deals with usefulness of domestic and foreign cultivars and strains of spring durum wheat for pasta production. The grain used in the study came from a research field at the Felin experiment farm of the Agricultural University of Lublin. The results showed that the domestic cultivars are comparable to the foreign ones with respect to protein, gluten and ash levels in semolina, while being lower in yellow pigment. The high levels of semolina ash, as well as the low yellow pigment and high propensity to pasta dough darkening indicated that obtaining high quality pasta from grain grown in the Polish climate conditions is rather difficult for both the domestic and foreign cultivars.

Key words: yellow pigment, durum wheat, grain hardness, milling value, pasta

WSTĘP

Pszenica twarda (*Triticum durum* Desf.), obok pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) jest głównym surowcem do produkcji makaronu. Ze względu na specyficzne wymagania klimatyczne (klimat kontynentalny, stepowy, wysoka temperatura powietrza, niedobór opadów) najlepsze jakościowo ziarno uzyskujemy w Kanadzie (Manitoba,

Saskatchewan), USA (północna Dakota), basenie Morza Śródziemnego (Algieria, Maroko, Turcja, Włochy) lub Kazachstanie (Gąsiorowski i Obuchowski, 1978). Zapotrzebowanie na surowiec o wysokiej jakości oraz korzystne relacje cenowe w ostatnich latach spowodowały, że zwiększa się zarówno zasięg jak i areal uprawy tego gatunku (Aufhamer i Federolf, 1995; Tokes i Bagyinka, 1996). Także w Polsce obserwuje się zwiększone zainteresowanie możliwością uprawy tego gatunku. Badania prowadzone w latach 90. przez Rachonia (1994, 1998, 2001) oraz Szwed-Urbaś (1990, 1992, 1993, 1997) wskazują, że polskie linie hodowlane plonują na poziomie 65–82% pszenicy zwyczajnej i charakteryzują się dobrą jakością ziarna. Pod względem zawartości białka i glutenu dorównują a często przewyższają odmiany zagraniczne. Cechują się także dobrym wyrównaniem ziarna. Elementem decydującym o tym, że ziarno pszenicy *durum* osiąga wysoką cenę i jest poszukiwanym artykułem na rynku międzynarodowym jest jego wysoka jakość. W porównaniu z pszenicą zwyczajną charakteryzuje się wyższą zawartością żółtych barwników, lepszym składem jakościowym białek glutenowych, jaśniejszą i cieńszą okrywą, wyższą szklistością oraz twardością bielma (Gąsiorowski, Obuchowski, 1978; Rachon, 2001). W pracy podjęto próbę oceny przydatności ziarna krajowych i zagranicznych odmian i linii pszenicy *durum* do produkcji makaronu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań pochodził z doświadczenia polowego prowadzonego w latach 2000–2001 w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie na glebie lessowej, kompleksu pszennego dobrego przy zastosowaniu 90 kg N/ha. W eksperymencie oceniano 4 linie wyselekcjonowane w Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin AR w Lublinie: LGR 1359/2, LGR 899/62a, LGR 1359/8 i LGR 896/23 oraz 4 odmiany: Primadur z Francji, Puławska Twarda z Polski, AD z Kanady i AD z Rosji. Ocena przydatności ziarna do produkcji makaronu obejmowała pomiar twardości ziarna przy użyciu twardościomierza Brabendera oraz młyna Quadrumat Junior. Za pomocą twardościomierza Brabendera wyznaczono następujące wyróżniki twardości: moment skręcający wyrażony maksymalną wysokością wykresu, czas rozdrabniania ziarna, powierzchnię wykresu jako funkcję energii zużywanej na rozdrobnienie ziarna, ilość wytworzonej mąki o wielkości cząstek poniżej 150µm, wskaźnik twardości ziarna — WHI (Wheat Hardness Index), wg Greenawaya (1969), obliczony jako stosunek maksymalnej wysokości wykresu, wyrażony w j. B. do ilości wytworzonej mąki wyrażonej w %. Za pomocą laboratoryjnego młyna Quadrumat Junior wyznaczono natomiast wskaźnik wielkości cząstki — PSI (Particle Size Index) według Stenverta (1974). PSI określa ilość mąki o wielkości cząstek poniżej 150µm, wyrażonej w % masy przemielonego ziarna. Ocenę wartości przemiałowej ziarna pszenicy przeprowadzono w oparciu o dwa wskaźniki: 1 — wydajność kaszek nieoczyszczonych w %, obliczoną w stosunku do masy przemielonego ziarna, 2 — czystość kaszek, obliczoną jako stosunek zawartości popiołu w kaszkach nieoczyszczonych w % s.m., do zawartości tego składnika w ziarnie w% s.m. Zawartość popiołu w ziarnie oraz w kaszkach oznaczono wg ICC-Standard Nr 104 (1971). Z otrzymanych kaszek wydzielono frakcje o najwyższej

czystości, którą następnie poddano ocenie przydatności jako surowca do produkcji makaronu. Oceny wartości makaronowej dokonano na podstawie oznaczenia zawartości białka i glutenu oraz jego właściwości (rozpływalność, liczba glutenowa) w kaszkach oczyszczonych, zawartości żółtych barwników w ziarnie i kaszkach oczyszczonych oraz określenia stopnia ciemnienia ciasta makaronowego. Zawartość białka w kaszkach oznaczono metodą Kjeldahla. Przy przeliczeniu azotu na białko zastosowano współczynnik $N \times 5,7$. Zawartość glutenu oraz jego rozpływalność oznaczono wg PN-77/A-74011. Liczbę glutenową — LG obliczono na podstawie następującego równania:

$$LG = A(2 - 0,0656R)$$

gdzie:

LG — liczba glutenowa (-), A — wydajność mokrego glutenu (%), R — rozpływalność mokrego glutenu (mm), 0,065 — stały współczynnik przeliczeniowy (-).

Zawartość żółtych barwników w mg% suchej masy oznaczono wg Standard Methoden für Getreide, Mehl und Brot. Metoda ta polega na ekstrakcji barwników z kaszek za pomocą *n*-butanolu nasyconego wodą i kolorymetrycznym oznaczeniu ich stężenia w przeliczeniu na β -karoten, przy długości fali 440 nm. Zawartość żółtych barwników obliczono z równania o postaci:

$$A = \frac{25(16,57E + 0,174)}{m(100 - W)}$$

gdzie:

A — zawartość żółtych barwników (mg% s.m.),

E — gęstość optyczna roztworu (-),

m — naważka (g),

W — wilgotność próby (%).

Ocenę stopnia ciemnienia ciasta makaronowego bezpośrednio po przygotowaniu i po 3 godzinym termostatowaniu przeprowadzono wizualnie (natężenie i kierunek zmian barwy oceniano przyjmując jedno z określeń: nie ciemnieje, lekko ciemnieje, mocno ciemnieje, szary, żółty) oraz instrumentalnie na podstawie pomiaru barwy w świetle odbitym przy użyciu kolorimetru Minolta Chroma Meter CR 200 wobec wzorca bieli o parametrach: $Y = 94,0$, $x = 0,313$, $y = 0,320$. Z przyrządu odczytywano wartości Y , x , y , natomiast pozostałe współrzędne trójkolorowe X i Z obliczano z następującego układu równań:

$$X + Y + Z = 1 \quad (1)$$

$$X = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (2)$$

$$Y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (3)$$

$$Z = \frac{Z}{X + Y + Z} \quad (4)$$

Na podstawie wartości Y i Z obliczono następnie jasność $L(\%)$ i wskaźnik żółtości $b(\%)$ z następujących wzorów (3):

$$L = 10Y^{0,5} (\%) \quad (5)$$

$$b = \frac{7(Y - Z)}{Y^{0,5} (\%)} \quad (6)$$

Zmianę barwy ciasta makaronowego oceniano na podstawie różnic wartości wskaźników jasności ΔL i żółtości Δb obliczonych dla ciasta bezpośrednio po przygotowaniu i po 3 godzinnym termostatowaniu. Obliczone wartości L i b dla ciasta po 3 godzinnym termostatowaniu nanoszono na mapę do punktowej oceny przewidywanej barwy makaronu zaproponowanej przez Walsh (1970). Oznaczenia chemiczne wykonano w dwóch powtórzeniach, sensoryczne w trzech, z których średnie wartości zawarto w zestawieniach.

Wyniki opracowano statystycznie przy zastosowaniu analizy wariancji. Wartość półprzedziałów ufności wyliczono stosując test Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wartość przemiałowa

Twardość ziarna jest jednym z ważniejszych wskaźników oceny jego wartości przemiałowej. Cechę tę scharakteryzowano na podstawie 6 następujących wyróżników: momentu skręcającego wyrażonego maksymalną wysokością wykresu, czasu rozdrabniania ziarna, energii zużywanej na rozdrobnienie tego ziarna, ilości powstałej mąki, wskaźnika twardości ziarna — WHI oraz wskaźnika wielkości cząstki — PSI. Pszenice o twardym ziarnie charakteryzują się wyższą wysokością wykresu, wyższą wartością energii zużywanej na rozdrobnienie ziarna i wyższą wartością wskaźnika WHI, oraz krótszym czasem rozdrobnienia, mniejszą ilością powstałej mąki i niższą wartością wskaźnika PSI niż pszenice o miękkim ziarnie. Największe zróżnicowanie ocenianych linii i odmian pszenicy *durum* stwierdzono dla czasu rozdrobnienia ziarna, zużycia energii oraz wskaźników WHI i PSI (tab. 1). Krajowe linie cechowały się dłuższym czasem rozdrobnienia ziarna (30,0–31,1 s) w porównaniu z pszenicą rosyjską — 27,6 s, oraz zbliżonym do pszenicy kanadyjskiej — 29,7 s i francuskiej — 30,5 s. Najwięcej energii zużyto podczas przemiału krajowej linii LGR 1359/2 — 87,2 cm², najniższe wartości przyjmowały pszenica rosyjska i krajowa linia LGR 1359/8 — 79,8 cm². Wskaźnik twardości ziarna WHI przyjmował najwyższe wartości dla krajowych linii LGR 896/23–130 j.B/% i LGR 899/62a — 127 j.B/%, natomiast był istotnie niższy dla odmian zagranicznych (115–119 j.B/%) i pozostałych linii krajowych (114–116 j.B/%). Twardość ziarna mierzona wskaźnikiem PSI potwierdza, że spośród krajowych linii pszenicy *durum* twardszym ziarnem cechują się linie LGR 899/62a — 30,6% i LGR 896/23–30,9%, natomiast z zagranicznych odmian wyraźnie twardsze ziarno ma pszenica kanadyjska — 28,2% i francuska — 30,2% a mniej twarde pszenica rosyjska — 35,7%. Pszenice o wyższej twardości ziarna stanowią potencjalnie lepszy surowiec do produkcji kaszek makaronowych. Wykazano związek między niektórymi cechami przemiałowymi ziarna

pszenicy, jak np.: zdolnością do kaszkowania, granulacją i szorstkością produktów rozdrabniania, wydajnością mąki a jego twardością. Obuchowski i wsp. (1981), Rachóń i wsp. (2002), Simmonds (1974), stwierdzają, że źródłem zróżnicowania twardości ziarna są zarówno czynniki genetyczne, jak również środowiskowe i agrotechniczne.

Tabela 1

Wyniki oceny twardości ziarna pszenicy twardej
The comparison of durum wheat grain hardness

Odmiany i linie Cultivars and lines	Twardościomierz Brabendera Brabender hardness tester					Młyn-Mill. Quadrumat Junior
	moment skręcający (j.B) torque	czas rozdrabniania (s) time of grinding	zużycie energii (cm ²) energy input	ilość mąki (%) flour yield	WHI (j.B/%) wheat hardness index	PSJ (%) Particle Size Index
LGR 1359/2	642	30,0	87,2	5,5	117	31,5
LGR 899/62a	610	31,1	84,7	4,8	127	30,6
LGR 1359/8	613	30,8	79,8	5,4	114	34,1
LGR 896/23	613	31,0	82,5	4,7	130	30,9
Puławska Twarda	605	30,0	83,3	5,2	116	31,0
Primadur	597	30,5	83,5	5,2	115	30,0
AD Kanada	610	29,7	83,3	5,3	115	28,2
AD Rosja	640	27,6	79,8	5,4	119	35,7
	średnio — mean					
	616	30,1	83,0	5,2	119	31,5
	NIR /p = 0,05					
	LSD /p = 0,05					
	r.n.*	2,8	6,1	r.n.	8	3,0

* — Różnica nieistotna; Not significant

Kompleksowa ocena wartości przemiałowej odmian pszenicy obejmuje także wydajność kaszek nieoczyszczonych oraz ich czystość. Im wyższa jest wydajność kaszek nieoczyszczonych i niższa wartość wskaźnika ich czystości, tym lepszą wartością przemiałową charakteryzuje się badane ziarno. Przyjmuje się, że z ziarna pszenicy o dobrych właściwościach przemiałowych można otrzymać kaszki nieoczyszczone o wydajności powyżej 60% w stosunku do przemielonego ziarna oraz ich czystości poniżej 0,50. Wydajność kaszek na poziomie 60% uzyskała jedynie krajowa odmiana Puławska Twarda. Pozostałe linie i odmiany, zarówno krajowe jak i zagraniczne, charakteryzowały się niższą wydajnością kaszek od 58,5% (pszenica rosyjska) do 55,0% (pszenica kanadyjska). Trudnym do osiągnięcia okazał się także poziom wskaźnika czystości kaszek — 0,50. Zadawalający wynik uzyskała jedynie odmiana rosyjska — 0,49. Krajowe linie i odmiana przyjmowały wartości w zakresie 0,57–0,63. Należy przy tym zauważyć, że wszystkie kaszki otrzymane z ziarna pszenicy *durum* zawierały zbyt dużo substancji mineralnych (1,02–1,30%), co stwarza duże niebezpieczeństwo uzyskania makaronu o gorszej barwie i wytrzymałości oraz nieodpowiednich cechach kulinarnych. Dobrej jakości kaszka makaronowa z pszenicy *durum* nie powinna zawierać więcej niż 0,8–0,9% popiołu (Obuchowski, 2000).

Tabela 2

Wyniki oceny wartości przemiałowej ziarna pszenicy twardej
The results of durum wheat milling value evaluation

Odmiany i linie Cultivars and lines	Zawartość popiołu (% sm.) Ash content		Wydajność kaszek (%) Semolina yield	Czystość kaszek (-) Semolina purity
	ziarno grain	kaszki semolina		
LGR 1359/2	2,14	1,25	57,2	0,58
LGR 899/62a	2,05	1,20	56,7	0,58
LGR 1359/8	2,04	1,17	57,0	0,57
LGR 896/23	2,20	1,30	55,5	0,59
Puławska Twarda	1,84	1,15	60,0	0,63
Primadur	2,12	1,28	56,0	0,60
AD Kanada	2,15	1,28	55,0	0,60
AD Rosja	2,06	1,02	58,5	0,49
	średnio — mean			
	2,08	1,21	57,0	0,58
	NIR /p = 0,05			
	LSD /p = 0,05			
	0,15	0,09	4,1	0,05

Tabela 3

Cechy jakościowe ziarna pszenicy twardej
Quality of durum wheat grain

Odmiany i linie Cultivars and lines	Białko ogółem (% s.m.) Total protein	Gluten mokry (%) Wet gluten	Rozpływalność glutenu (mm) Quality of wet gluten	Liczba glutenowa (-) Gluten number
LGR 1359/2	16,2	41,4	13	48
LGR 899/62a	16,6	39,0	12	49
LGR 1359/8	16,6	39,0	8	58
LGR 896/23	16,8	41,3	7	65
Puławska Twarda	17,0	39,5	12	49
Primadur	16,4	41,2	9	59
AD Kanada	17,4	42,9	8	64
AD Rosja	16,4	39,5	9	59
	średnio — mean			
	16,7	40,5	10	57
	NIR /p = 0,05			
	LSD /p = 0,05			
	1,0	2,8	1	4

Ocena przydatności kaszek do produkcji makaronu

Otrzymane kaszki po oczyszczeniu poddano pośredniej ocenie ich przydatności do produkcji makaronu. Ocenę tą przeprowadzono na podstawie zawartości białka i glutenu oraz jego jakości, poziomu zawartości żółtych barwników oraz oznaczeniu podatności ciasta makaronowego na ciemnienie. Kaszka makaronowa o odpowiedniej jakości powinna zawierać nie mniej niż 12–13% białka oraz nie mniej niż 30% glutenu. Przy niższych zawartościach tych składników istnieje potencjalne niebezpieczeństwo produkcji makaronu o gorszych właściwościach, zwłaszcza mechanicznych. Z danych zamieszczonych w tabeli 3 wynika, że badane linie i odmiany istotnie różniły się zarówno pod względem zawartości białka i glutenu, jak i jego właściwości. Najwyższą zawartością

białka w kaszkach (17,4%) i glutenu mokrego (42,9%) charakteryzowała się pszenica kanadyjska. Istotnie niższą zawartość białka stwierdzono u linii krajowej LGR 1359/2–16,2%, a najmniej glutenu mokrego zawierały inne krajowe linie LGR 899/62a i LGR 1359/8 — 39,0%. Nie mniej należy stwierdzić, że wszystkie badane linie i odmiany cechowały się wysoką zawartością białka i glutenu. Poza różnicami w wydajności glutenu, stwierdzono istotne różnice w jego właściwościach (rozpływalność, liczba glutenowa). Odpowiedni gluten dla przemysłu makaronowego nie powinien być zbyt „silny” i „krótki” (zbyt niska rozpływalność), ale również nie może być zbyt „słaby” (wysoka rozpływalność). Przyjmuje się, że gluten z pszenicy *durum* powinien charakteryzować się rozpływalnością w przedziale 8–12 mm i liczbą glutenową powyżej 50 (Obuchowski, 1999). Wszystkie odmiany zagraniczne oraz linie krajowe LGR 1359/8 i LGR 896/23 spełniają te warunki. Ważnym wyróżnikiem oceny jakości kaszek makaronowych, poza ilością i jakością białka oraz glutenu są: zawartość żółtego barwnika oraz podatność ciasta makaronowego na ciemnienie, które jest determinowane przede wszystkim aktywnością enzymów z grupy oksydoreduktaz (lipoksygenazy i polifenyllooksydazy) oraz hydrolaz (zwłaszcza endo- i egzopeptydaz). Kaszki o wyższej zawartości żółtego barwnika i mniejszej podatności na ciemnienie są lepszym surowcem do produkcji makaronu niż kaszki o niższej zawartości żółtych barwników oraz bardziej podatne na niepożądane reakcje brązowienia enzymatycznego i nieenzymatycznego (Obuchowski, 2000). Spośród porównywanych linii i odmian najwyższą zawartością żółtego barwnika cechowała się odmiana francuska Primadur — 0,401 mg%. Istotnie niższe, średnio o około 30% w porównaniu z odmianami zagranicznymi, przyjmowały linie krajowe (od 0,223 mg% LGR 899/62a do 0,280 mg% LGR 1359/8). W badaniach Münziga i Zwingelberga (2000) zawartość żółtego barwnika kształtowała się na wyższym poziomie od 0,47 mg% dla mieszanki włoskiej do 0,71 mg% dla niemieckiej odmiany Mondur. Stosunkowo niski poziom zawartości żółtego barwnika we wszystkich badanych próbach wskazuje, że otrzymanie z nich makaronu o pożądanej słonecznej, żółto-żłocistej barwie będzie dość trudne.

Duże znaczenie praktyczne ma także określenie podatności ciasta na ciemnienie. Wskazuje ono w pewnym przybliżeniu, jaką barwą będzie charakteryzował się makaron wyprodukowany z badanej kaszki oraz z jakim natężeniem i w jakim kierunku będą zachodzić ewentualne zmiany barwy w czasie jego produkcji. Zamieszczone w tabeli 4 wyniki wizualnej oceny podatności ciasta makaronowego na ciemnienie wykazały, że większość odmian jest dość podatnych na ciemnienie. Częściowym potwierdzeniem tej oceny są wyniki uzyskane na podstawie instrumentalnej oceny podatności ciasta makaronowego na ciemnienie.

Barwę ciasta bezpośrednio po przygotowaniu i po 3-godzinny termostatowaniu oceniono instrumentalnie na podstawie dwóch wskaźników jasności — L i żółtości — b. Badane ciasta zarówno tuż po przygotowaniu, jak i po 3-godzinny termostatowaniu istotnie różniły się pod względem wartości obu wskaźników.

Tabela 4

Wyniki oceny przydatności kaszek do produkcji makaronu
The results for usefulness of semolina to pasta production

Odmiany i linie Cultivars and lines	Zawartość żółtych barwników (mg%) Yellow pigments	Ocena wizualna Visual evaluation	Ocena stopnia ciemnienia ciasta makaronowego Evaluation of pasta dough darkening level						
			wskaźnik jasności l (%) brightness			wskaźnik żółtości (%) yellowness			ocena punktowa colour score
			0h	3h	ΔL	0h	3h	Δb	
LGR 1359/2	0,260	l.c./sz.ż.*	70,1	66,0	4,1	11,1	12,4	-1,3	6,5
LGR 899/62a	0,223	l.c./sz.ż.	70,1	67,3	2,8	13,0	13,7	-0,7	6,5
LGR 1359/8	0,280	l.c./ż.	71,9	68,9	3,0	16,2	16,3	-0,1	7,5
LGR 896/23	0,254	m.c./sz.ż.	70,6	64,4	6,2	14,1	15,4	-1,3	7,5
Puławska Twarda	0,250	l.c./sz.ż.	71,0	68,0	3,0	12,2	11,9	0,3	6,0
Primadur	0,401	l.c./sz.ż.	70,1	68,0	2,1	16,8	15,1	1,7	6,5
AD Kanada	0,340	l.c./sz.ż.	68,5	65,2	3,3	17,0	16,2	0,8	7,5
AD Rosja	0,260	m.c./sz.ż.	73,0	66,6	6,4	14,6	15,0	-0,4	7,5
			średnio — mean						
			70,5	66,8	3,7	14,4	14,5	-0,1	7,0
			NIR /p = 0,05						
			LSD /p = 0.05						
			0,022	—	—	—	—	—	—

* n.c. — nie ciemnieje; not getting dark
m.c. — mocno ciemnieje; getting very dark
ż — żółty; yellow

l.c. — lekko ciemnieje; getting slightly dark
sz. — szary; grey

Ciasta oceniane bezpośrednio po przygotowaniu z kaszek uzyskanych z pszenic krajowych wykazywały mniejsze zróżnicowanie wskaźnika jasności (71,9–70,1%) w porównaniu z odmianami zagranicznymi (73,0–68,5%). Po 3-godzinnym termostataowaniu jasność wszystkich ocenianych prób ciasta zmniejszała się, co świadczy o przesunięciu ich barwy w kierunku odcienia szarości, natomiast wartości wskaźników żółtości dla niektórych prób malały (Primadur, pszenica kanadyjska i Puławska Twarda), a dla innych rosły (linie krajowe i pszenica rosyjska). Oznacza to, że zmiana barwy ciasta w wyniku zachodzących w nim procesów biochemicznych zmieniała się w pierwszym przypadku w kierunku szarości, natomiast w drugim była bardziej nasycona kolorem żółtym. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na fakt, że kaszki o najwyższej zawartości żółtego barwnika charakteryzowały się również najwyższymi wartościami wskaźnika żółtości — b i odwrotnie kaszkom o najniższej zawartości tego barwnika odpowiadały najniższe wartości tego wskaźnika. Wyniki oceny barwy ciasta po 3-godzinnym przechowywaniu naniesiono na nomogram służący do przewidywania barwy gotowego makaronu. Zgodnie ze skalą punktową oceny barwy makaronu zaproponowaną przez Walsh (1970) najwyższą ocenę 7,5 pkt. uzyskały: 2 krajowe linie LGR 1359/8 i LGR 896/23 oraz pszenica kanadyjska i rosyjska, najniższą ocenę — 6,0 pkt. krajowa odmiana Puławska Twarda. Przyjmuje się, że makaron dobrej jakości powinien charakteryzować się wskaźnikiem barwy o wartościach powyżej 8,0 pkt.

WNIOSKI

1. Najbardziej twardym ziarnem, mierzonym wskaźnikiem WHI, cechowały się krajowe linie LGR 899/62a i LGR 896/23.
2. Krajowe linie wykazywały wysoką zawartość białka i glutenu, porównywalną z odmianami zagranicznymi, ale o większej zmienności jakościowej (rozpływalność glutenu, liczba glutenowa).
3. Odmiany zagraniczne charakteryzowały się wyższą, średnio o 30%, zawartością żółtego barwnika.
4. Wysoka popiołowość kaszek, niezbyt wysoki poziom żółtego barwnika oraz dość duża podatność na ciemnienie ciasta makaronowego zarówno w badanych liniach krajowych jak i odmianach obcej hodowli uprawianych w warunkach klimatyczno-glebowych Polski wskazują, że produkcja makaronu o bardzo dobrych parametrach jakościowych będzie dość trudna.

LITERATURA

- Greenaway W. T. 1969. A wheat hardness index. *Cereal Science Today* 14: 4 — 7.
- Irvin G. N. 1964. Durum wheat and pasta products. *Wheat chemistry and technology*. AACC, St. Paul.
- Obuchowski W. 1999. Charakterystyka jakościowa pszenicy *durum* i jej wpływ na cechy makaronu. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 1: 33 — 34.
- Obuchowski W. 2000. Ocena jakości surowców zbożowych wykorzystywanych do produkcji makaronu. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 1: 32 — 34.
- Obuchowski W., Gąsiorowski H., Kołodziejczyk P. 1985. Twardość ziarna pszenicy jako kryterium jego jakości. *Post. Nauk Rol.* 5: 97 — 108.
- Rachoń L. 1994. Porównanie plonowania jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) z jarą pszenicą zwyczajną (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). *Annales UMCS Lublin, s. E, vol. XLIX, suppl. 10*: 79 — 83.
- Rachoń L. 1997. Plonowanie i jakość niektórych odmian pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 204: 141 — 144.
- Rachoń L. 2001. *Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (Triticum durum Desf.)*. Rozprawy Naukowe, Wydaw. AR Lublin: 248 ss.
- Simmonds D. H. 1974. Chemical basis of hardness and vitreosity in the wheat kernel. *Bakers Dig.* 48/ 5: 16 — 81.
- Standard Methoden für Getreide, Mehl und Brot. 1971. Verlag Moritz Schäfer, 5 Aufl., Detmold.
- Stenvert N. L. 1974. Grindig resistance. A simple measure of wheat hardness. *Flour and Anim. Feed Miling*, 7: 24 — 27.
- Szwed-Urbaś K. 1990. Zawartość białka i cechy fizyczne ziarna wybranych odmian pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 173/174: 35 — 39.
- Szwed-Urbaś K. 1992. Wartość ważniejszych cech rolniczych w kolekcji jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 181/182: 31 — 38.
- Szwed-Urbaś K. 1993. Zmienność ważniejszych cech użytkowych jarej pszenicy twardej z uwzględnieniem interakcji genotypowo-środowiskowej. *Rozprawa habilitacyjna*. Wyd. AR w Lublinie: 159 ss.
- Szwed-Urbaś K. 1997. Wyniki oceny materiałów kolecyjnych *Triticum durum* Desf. w 1996 roku. *Biul. IHAR* 203: 115 — 127.
- Tokes G., Bagyinka T. 1996. Sensitivity to ethephon CCC growth regulators of cereal crops grown in Hungary. *I. Winter wheat Nerenyvedelen*, 32/ 2: 57 — 65.
- Walsh D. E. 1970. Measurement of spaghetti color. *The Macaroni J.* 8: 20 — 22.

ALICJA SULEK

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Określenie reakcji nowych rodów i odmian pszenicy jarej na wybrane czynniki agrotechniczne

Determination of response of new spring wheat varieties and strains to some agrotechnical factors

W latach 1999–2002 przeprowadzono doświadczenia, których celem było określenie wymagań agrotechnicznych nowych rodów i odmian pszenicy jarej odnośnie terminu siewu, ilości wysiewu i dawki nawożenia azotem. Stwierdzono, że badane rody i odmiany pszenicy jarej wykazywały różną reakcję na czynniki agrotechniczne, co pozwoliło na wydzielenie grup odmian reagujących odmiennie. Pod względem reakcji na termin siewu badane rody i odmiany zakwalifikowano do trzech grup. Grupa pierwsza — rody wrażliwe na każde opóźnienie terminu siewu poza termin optymalny (KOC 5500, KOH 1700, KOC 1800, Korynta), grupa druga — znoszące opóźnienie terminu siewu do 10 dni: Napola, Zebra, Żura, KOC 5900, grupa trzecia — mało wrażliwe na opóźnienie terminu siewu: KOH 2000. Pod względem wymagań odnośnie ilości wysiewu uwzględnione w badaniach rody i odmiany zaliczono do dwu grup: wymagające mniejszej ilości wysiewu: Napola, Korynta, Żura, KOC 5500, KOC 5900, KOH 1800, KOH 1700, KOH 2000; wymagające większej ilości wysiewu — Zebra. Pod względem wymagań dotyczących nawożenia azotem badane rody zaliczono do grupy produktywnie wykorzystującej średnie dawki nawożenia azotem — Korynta, Napola, Zebra, Żura, KOC 5500, KOH 1700, KOH 1800 oraz produktywnie wykorzystujące duże dawki nawożenia azotem — KOH 2000 i KOC 5900.

Słowa kluczowe: gęstość siewu, nawożenie azotem, odmiany, rody, plon ziarna, pszenica jara, struktura plonu, termin siewu

In the years 1999–2002, experiments were conducted in order to determine requirements of some new Polish spring wheat varieties and strains to main agrotechnical factors: sowing term, sowing density and nitrogen fertilization. Differences were shown in response of the strains and varieties to the studied factors and grouping of the wheat varieties was performed. Regarding the response to sowing term, the examined strains were classified into three groups. The first one was represented by: KOC 5500, KOH 1700, KOC 1800 and Korynta, which were sensitive to each delay in planting term. The second group included varieties and strains tolerant to 10 days delay of sowing term (Napola, Zebra, Żura, KOC 5900), and to the third group, tolerating 20 days delay, belonged KOH 2000. Regarding the varieties and strains response to sowing density, they were classified into two groups: the first one requiring low sowing density (Napola, Korynta, Żura, KOC 5500, KOC 5900, KOH 1700, KOH 2000, KOH 1800) and the second one requiring medium sowing density (Zebra). Regarding the varieties and

strains response to nitrogen fertilization, they were classified into two groups: one requiring the medium level of fertilization (Korynta, Napola, Zebra, Żura, KOC 5500, KOH 1700, KOH 1800) and the other one requiring high nitrogen doses — KOH 2000 and KOC 5900.

Key words: cultivars, strains, grain yield, nitrogen fertilization, seeding rate, seeding date, spring wheat, yield components

WSTĘP

Plonowanie pszenicy jarej w dużym stopniu zależy od terminu siewu, przy czym zależność ta jest silnie modyfikowana genetycznie uwarunkowanymi wymaganiami termiczno-światelnymi odmian. W wyniku opóźnienia siewu następuje wydłużenie dnia i zwiększenie średniej dobowej temperatury, jest to powodem skrócenia czasu trwania faz rozwojowych, takich jak wschody, krzewienie, strzelanie w źdźbło, co w konsekwencji przyczynia się do zmniejszenia rozkrzewienia produkcyjnego roślin oraz redukcji liczby kłosów i ziaren w kłosie, a to w efekcie prowadzi do zmniejszenia plonu ziarna z jednostki powierzchni (Jaskulski, 1999; Mazurek i Sułek, 1997, 2000; Sułek i Mazurek, 2001). Nasilenie tych zmian nie jest jednakowe u odmian.

Istotnym czynnikiem plonotwórczym jest również gęstość siewu. Optymalne zagęszczenie roślin ogranicza rozwój chwastów, wstrzymuje bezproduktywną utratę wody z gleby przyczynia się do wzrostu plonów ziarna. Nadmierne zagęszczenie roślin w rzędzie jest niewskazane, gdyż z reguły prowadzi do spadku plonów (Michalski, 1999; Mazurek i Sułek, 1995, 1997; Sułek i Mazurek, 2001).

Nawożenie azotowe jest głównym czynnikiem plonotwórczym, dodatnio wpływa na rozkrzewienie produkcyjne roślin a także na liczbę ziaren w kłosie (Mazurek i Sułek 1995, 1997; Sułek i Mazurek, 2001; Wróbel, 1999). Dynamiczny postęp w hodowli pszenicy jarej oraz różna reakcja odmian uzasadnia celowość badań nad wymaganiami nowych rodów i odmian na podstawowe czynniki agrotechniczne.

Celem pracy było określenie reakcji nowych odmian i rodów pszenicy jarej na termin siewu, gęstość siewu i dawkę nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w Puławach w latach 1999–2002, wykonując 3 odrębne doświadczenia, w których uwzględniono 9 odmian pszenicy jarej (KOH 5500, KOH 1700, KOH 1800, KOH 2000, KOC 5900, Żura, Zebra, Korynta, Napola. Doświadczenie z gęstością i terminem siewu przeprowadzono na nieobetonowanych mikropoletkach, o powierzchni do zbioru 1 m², zlokalizowanych na glebie kompleksu pszennego dobrego. Doświadczenie prowadzono w cyklach dwuletnich, metoda bloków losowanych w trzech powtórzeniach. W doświadczeniu z gęstością siewu uwzględniono 3 obsady roślin po wschodach: 300, 450, 600 sztuk na 1 m². W doświadczeniu z terminami siewu uwzględniono trzy terminy: najwcześniejszy, jaki był możliwy w danym roku, oraz opóźnione o 10 i 20 dni w stosunku do najwcześniejszego. Siew wykonano ręcznie punktowo w rozstawie 11 × 2 cm. Nawożenie mineralne wynosiło: 80 kg P₂O₅, 100 kg K₂, 90 kg N na ha. Doświadczenie z różnymi dawkami azotu założono w wazonach Mitscherlicha metodą

serii niezależnych w czterech powtórzeniach. Uwzględniono 3 dawki N: 1,2; 2,4 i 3,6 g N/wazon. Liczba roślin w wazonie wynosiła 10 sztuk. Wazon wypełniono glebą pseudobielicową zmieszaną z piaskiem wiślanym w stosunku 5:2, w ilości 7 kg. Azot podano w formie NH_4NO_3 , stosując $\frac{1}{2}$ dawki przed siewem i $\frac{1}{2}$ dawki w fazie strzelania w źdźbło. Nawożenie pozostałymi składnikami na wazon wynosiło: P_2O_5 — 1 g w postaci KH_2PO_4 , K_2O — 1,5 g w postaci K_2SO_4 , Mg — 0,6 g w postaci $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Ponadto do podłoża dodano żelazo (50 mg), bor (5 mg) i miedź (3 mg). Wilgotność gleby utrzymywano przez cały okres wegetacji na poziomie 60% pojemności wodnej. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej, oznaczając z poletka (wazonu): plon ziarna, liczbę roślin w okresie zbioru, liczbę kłosów oraz krzewienie produkcyjne, plon ziarna z rośliny i kłosa, liczbę ziaren z rośliny i kłosa. Chwasty usuwano ręcznie, a w przypadku wystąpienia chorób i szkodników stosowano odpowiednie środki ochrony roślin, zgodnie z zaleceniami IOR. Przed wyleganiem rośliny pszenicy zabezpieczono mechanicznie, wstawiając metalowe ramy i obwiązując poletka sznurkiem. Wyniki pomiarów i oznaczeń opracowano statystycznie określając istotność różnic za pomocą testu Tukeya, przy $P = 0,95$.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Wpływ terminu siewu

Plon ziarna badanych odmian ulegał niejednakowym zmianom pod wpływem opóźnienia terminu siewu. Plon ziarna większości odmian zmniejszał się w miarę opóźnienia siewu, ale tempo redukcji plonu było związane z cechami odmian. Najbardziej wrażliwe na opóźnienie siewu okazały się odmiany KOC 5500, KOH 1700, KOH 1800, Korynta. Mniej wrażliwe, tj. plonujące podobnie przy pierwszym i drugim terminie siewu były odmiany Napola, KOC 5900, Zebra, Żura. Wysiew w terminie opóźnionym o 20 dni w stosunku do optymalnego spowodował spadek plonu wszystkich odmian z wyjątkiem KOH 2000, u której plon i wartości elementów struktury plonu nie zależał od uwzględnionych terminów siewu.

Odmiany wymagające siewu w terminie optymalnym obniżały poziom plonowania w miarę opóźnienia terminu siewu, co było związane ze zmniejszaniem płodności kłosa. Ograniczenie płodności kłosa było wynikiem mniejszej liczby ziaren w kłosie, a mniejszej masie 1000 ziaren (tab. 1). Liczba roślin w okresie zbioru pszenicy nie uległa zmianom pod wpływem terminu siewu, ale płodność pojedynczej rośliny malała w miarę opóźnienia siewu omawianej grupy odmian pszenicy.

Odmiany niewykazujące istotnej obniżki plonu ziarna na skutek opóźnienia terminu siewu o 10 dni, ale plonujące niżej przy siewie późnym charakteryzowały się podobnymi wartościami liczby ziaren z kłosa i rośliny oraz plonu ziarna z kłosa i rośliny w przypadku siewu w pierwszym i drugim terminie oraz istotnie niższymi przy siewie w terminie trzecim (tab. 1).

U odmiany KOH 2000 opóźnienie terminu siewu nie różnicowało plonowania i wartości cech struktury plonu (tab. 1).

Tabela 1

Plon i elementy struktury plonu badanych odmian pszenicy jarej w zależności od terminu siewu
The yield and its components of spring wheat varieties and strains, depending on sowing time

Plon i cechy struktury plonu Yield and yield components	Odmiany wrażliwe na opóźnienie terminu siewu: KOC 550, KOH 1700, KOH 1800, Korynta The cultivars sensitive to sowing term delay				Odmiany niewykazujące istotnej obniżki plonu na opóźnienie siewu o 10 dni: Napola, KOC 5900, Żura, Zebra Showing no significant yield decrease at 10 day delay of sowing time				Odmiany niewykazujące istotnej obniżki plonu na opóźnienie siewu o 20 dni: KOH 2000 Showing no significant yield decrease at 20 day delay of sowing time			
	termin siewu sowing time											
	I	II	III	NIR LSD	I	II	III	NIR LSD	I	II	III	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Plon ziarna z m ² w kg Grain yield per 1 m ² in kg	0,69	0,57	0,44	0,12	0,65	0,57	0,38	0,103	0,64	0,59	0,48	r. n
Liczba roślin z m ² Number of plants per m ²	417	406	399	r. n	380	410	393	r. n	399	401	396	r.n
Liczba kłosów z m ² Number of ears per m ²	619	540	513	r. n	577	563	492	r. n	624	603	571	r.n
Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains (g)	31,3	28,8	27,2	3,61	29,8	28,2	28,1	r. n	28,1	29,0	25,4	r.n
Plon z rośliny (g) Grain yield per plant (g)	1,66	1,42	1,12	0,30	1,71	1,39	0,96	0,37	1,60	1,47	1,20	r.n
Masa ziarna z kłosa (g) Mass of grain per head (g)	1,12	1,06	0,86	0,26	1,12	1,01	0,76	0,19	1,01	0,98	0,83	r.n
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	52,7	48,6	40,4	10,15	57,0	49,3	35,3	15,61	57,0	50,7	47,3	r.n
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per head	35,7	36,7	31,3	4,23	37,3	36,0	28,3	3,39	36,7	34,0	33,0	r.n
Rozkrzewienie produkcyjne Productive tillering	1,5	1,4	1,3	r. n	1,5	1,4	1,3	r. n	1,6	1,4	1,5	r.n

Uzyskane wyniki potwierdzają z lat poprzednich o niejednakowych wymaganiach odmian pszenicy jarej w stosunku do terminu siewu (Mazurek i Sułek, 1997, 2000: Sułek i Mazurek, 2001).

Wpływ ilości wysiewu

Zróznicowanie plonu ziarna z poletka poszczególnych odmian, w zależności od ilości wysiewu wykazuje możliwości wydzielenia dwu grup odmian różnicujących się reakcją na badany czynnik.

Odmiany: Napola, Korynta, Żura, KOC 5500, KOC 5900, KOH 1700, KOH 1800 KOH 2000 charakteryzowały się podobnym plonowaniem przy uwzględnionych ilościach wysiewu, można je więc uznać za wymagające małych ilości wysiewu. Odmiany te reagowały istotnym spadkiem liczby i masy ziarna z rośliny na skutek zwiększenia ilości wysiewu, ale jednocześnie zwiększały obsadę kłosów, co w pełni kompensowało straty powodowane mniejszą produktywnością kłosa (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ ilości wysiewu na plon i strukturę plonu dwóch grup odmian pszenicy jarej o różnej reakcji na ilość wysiewu

Influence of sowing density on yield structure of two groups of spring wheat cultivars with different reaction to sowing density

Plon i cechy struktury plonu Yield and yield components	Odmiany wymagające mniejszej ilości wysiewu: KOC 5500, KOC 5900, Napola, Korynta, Żura, KOH 1700, KOH 1800, KOH 2000 Cultivars with low sowing density demand				Odmiany wymagające większej ilości wysiewu (Zebra) Cultivars with high sowing density demand			
	liczba roślin po wschodach na 1 m ² number of plants after emergence per 1 m ²							
	300	450	600	NIR LSD	300	450	600	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Plon ziarna z m ² Grain yield per 1 m ²	0,65	0,71	0,73	r. n	0,67	0,65	0,75	0,09
Liczba roślin z m ² Number of plants per m ²	265	382	500	77,1	269	408	512	11,07
Liczba kłosów z m ² Number of ears per m ²	527	612	701	110,25	590	706	788	103,21
Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains (g)	30,2	30,0	27,5	r.n	40,3	38,8	41,0	r.n
Plon ziarna z rośliny (g) Grain yield per plant (g)	2,46	1,85	1,48	0,62	2,53	1,61	1,44	0,16
Masa ziarna z kłosa w (g) Weight of grain per head (g)	1,24	1,16	1,05	r. n	1,16	0,93	0,93	r.n
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	81,7	61,7	54,0	25,16	63,0	41,7	35,3	2,37
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per head	41,0	38,7	38,0	r.n	28,7	24,0	23,0	4,39
Rozkrzewienie produkcyjne Productive tillering	2,0	1,6	1,4	0,45	2,2	1,7	1,5	0,35

Odmiana Zebra plonowała wyżej przy ilości wysiewu 600 roślin na 1 m², zaliczono ją więc do grupy wymagającej gęstych siewów (tab. 2). U tej odmiany stwierdzono istotny spadek plonu ziarna z rośliny i liczby ziaren z rośliny na najwyższej gęstości siewu. Uzyskane wyniki potwierdzają dane literatury (Mazurek i Sułek, 1995; Mazurek i Sułek, 1997; Sułek i Mazurek, 2001) o istotnym zróżnicowaniu wymagań odmian pszenicy jarej w stosunku do ilości wysiewu.

Wpływ nawożenia azotem

Analiza plonowania badanych odmian pszenicy jarej daje podstawę do wydzielenia dwu grup odmian różniących się reakcją na nawożenie azotem:

- odmiany reagujące wyższą plonem na duże dawki azotu (3,6 g N/wazon): KOC 5900, KOH 2000,
- odmiany reagujące wyższą plonem na średnią dawkę azotu (2,4 g N/ wazon) i nie dające istotnej zmiany plonu przy dalszym zwiększeniu dawek nawozu: Korynta, Napola, Żura, Zebra, KOC 5500, KOH 1700, KOH 1800.

U odmian reagujących na duże dawki azotu stwierdzono istotne zwiększenie liczby ziaren z rośliny i liczby kłosów oraz istotne zwiększenie rozkrzewienia produkcyjnego.

Odmiany grupy drugiej reagowały zwiększeniem elementów struktury plonu przy średniej dawce oraz utrzymaniem tych wartości przy dalszym zwiększeniu dawki azotu (tab. 3).

Tabela 3

Plon i struktura plonu odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotem
The yield and its components of spring wheat cultivars in reaction to nitrogen fertilization

Plon i cechy struktury plonu Yield and yield components	Odmiany reagujące istotną wyższą plonu na średnią dawkę N: Korynta, Napola, Zebra, KOC 5500, KOH 1700, KOH 1800, Żura Cultivars responding significantly to the average nitrogen rate				Odmiany reagujące istotną wyższą plonu na dużą dawkę N: KOH 2000, KOC 5900 Cultivars responding significantly to the high nitrogen rate			
	dawka azotu (N — g /wazon) rate of nitrogen (N — g /pot)							
	1,2	2,4	3,6	NIR LSD	1,2	2,4	3,6	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Plon ziarna z wazonu w (g) Grain yield per pot	41,50	57,83	64,33	7,34	49,3	60,7	72,2	10,70
Liczba kłosów z wazonu Number of ears per pot	28,0	29,5	32,8	3,71	26,3	32,3	38,0	6,57
Liczba kłosek w kłosie Number of grains per head	20,2	21,1	21,3	r.n	17,5	18,0	17,6	r.n
Rozkrzewienie produktywne Productive tillering	2,1	2,1	2,2	r.n	2,9	3,2	3,8	0,55
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains (g)	37,9	42,1	40,1	1,77	50,1	50,1	51,5	r.n
Plon ziarna z rośliny (g) Grain yield per plant (g)	3,36	4,39	4,68	0,79	4,93	6,07	7,21	1,19
Masa ziarna z kłosa w (g) Weight of grain per head (g)	1,51	2,09	2,24	0,34	1,72	1,87	1,92	r.n
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	86,5	102,6	113,6	19,24	96,7	120,8	141,3	23,12
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per head	39,7	49,8	56,2	9,52	33,8	37,4	37,2	r.n

Wyniki badań uzasadniają tezę postawioną w badaniach wcześniejszych (Mazurek i Sułek, 1995; Sułek i Mazurek, 2001) o genetycznym uwarunkowaniu reakcji odmian na nawożenie azotem. Odmiany grupy pierwszej prawdopodobnie intensywniej pobierają azot przez cały okres wegetacji, co umożliwia wzrost krzewistości produkcyjnej, jak i liczby zawiązanych ziaren w kłosie.

WNIOSKI

1. Na podstawie zmian wielkości plonu ziarna z jednostki powierzchni można wydzielić trzy grupy odmian o różnej reakcji na termin siewu:
 - odmiany wrażliwe na każde opóźnienie terminu siewu: KOC 5500, KOH 1700, KOH 1800, Korynta,
 - odmiany mniej wrażliwe na opóźnienie terminu siewu (nie wykazujące istotnej obniżki plonu przy opóźnieniu terminu siewu o 10 dni: Napola, KOC 5900, Żura, Zebra,
 - odmiany mało wrażliwe na każde opóźnienie terminu siewu (nie wykazujące obniżki plonu ziarna wraz z opóźnieniem terminu siewu): KOH 2000.

2. Przyczyną zmniejszenia się plonu ziarna z jednostki powierzchni wskutek opóźnienia terminu siewu był spadek plonu ziarna z rośliny i liczby ziaren z rośliny, masy ziarna z kłosa i liczby ziaren z kłosa oraz u odmian wrażliwych na opóźnienie terminu siewu również masy 1000 ziaren.
3. Reakcja odmian pszenicy jarej na wzrastające zagęszczenie, wyrażona wielkością plonu ziarna z jednostki powierzchni, była zróżnicowana i umożliwiła wydzielenie dwóch grup odmian:
 - wymagające mniejszej ilości wysiewu około (300–400 ziaren-m²): KOC 5500, KOC 5900, Napola, Korynta, Żura, KOH 1700, KOH 1800, KOH 2000,
 - wymagające gęstych siewów (około 600 ziaren na 1 m², np. Zebra.
4. Przyczyną różnej reakcji badanych odmian na ilość wysiewu były niejednakowe zmiany cech struktury plonu, głównie plonu ziarna z rośliny i liczby ziaren z rośliny.
5. Badane odmiany różniły się wykorzystaniem nawożenia azotem. Dało to podstawę do wydzielenia dwu grup odmian o zróżnicowanej reakcji na nawożenie azotem:
 - produktywnie wykorzystujące dużą dawkę azotu: KOH 2000, KOC 5900,
 - wymagające średniej dawki azotu: Korynta, Żura, Żebra, Napola, KOC 5500, KOH 1700, KOH 1800.
6. Wysokie dawki azotu najsilniej wpływały na krzewistość roślin pszenicy, powodując przy tym ujemny wpływ na masę i liczbę ziaren w kłosie.

LITERATURA

- Jaskulski D. 1999. Wpływ terminu siewu oraz nawożenia azotem na plonowanie pszenicy jarej w warunkach małej ilości opadów. *Pam. Puł.* 118: 167 — 172.
- Mazurek J., Sułek A. 1995. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 194: 89 — 93.
- Mazurek J., Sułek A. 1995. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 194: 95 — 98.
- Mazurek J., Sułek A. 1997. Wpływ głównych czynników agrotechnicznych na plon i cechy struktury plonu nowych odmian pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 204: 81 — 88.
- Mazurek J., Sułek A. 2000. Plon i cechy struktury plonu odmian i rodów pszenicy jarej w zależności od terminu siewu. *Biul. IHAR* 214: 79 — 83.
- Michalski T. 1999. Struktura plonu pszenicy jarej uprawianej w siewie czystym i mieszankach w zależności od gęstości siewu. *Pam. Puł.* 118: 275—283.
- Wróbel E., Szempliński W. 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.* 118: 463 — 469.

ANNA CIOŁEK
EWA MAKARSKA
Katedra Chemii
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ chemicznej ochrony na aktywność antyoksydacyjną polifenoli i frakcji tokoferoli ziarniaków pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.)

The influence of chemical protection on antioxidant activity of polyphenols and tocopherols in hard wheat (*Triticum durum* Desf.) grains

Materiał badań stanowiły ziarniaki 4 linii jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) oraz odmiany pszenicy zwyczajnej Sigma. Analizowano zawartość polifenoli i frakcji tokoferoli — związków posiadających właściwości antyoksydacyjne. W uprawie pszenicy zastosowano minimalną i intensywną ochronę chemiczną. W ekstraktach polifenoli i frakcji tokoferoli określono aktywność antyutleniającą metodą „wylapywania” wolnych rodników wobec DPPH• (2,2-difenylo-1-pikrylohydrazyl). Przeprowadzono również analizę aktywności antyutleniającej dla wzorców: kwasu ferulowego, BHT i α -tokoferolu. Skuteczność neutralizowania rodników DPPH• przez ekstrakty polifenoli i frakcji tokoferoli zależała w zróżnicowanym stopniu od: czasu trwania reakcji, właściwości genotypu oraz poziomu i rodzaju zastosowanych środków ochrony chemicznej.

Słowa kluczowe: aktywność antyoksydacyjna, polifenole, *Triticum durum*, ziarno, tokoferole

The grains of 4 lines of hard wheat (*Triticum durum* Desf.) and of common wheat variety Sigma were examined. The content of phenolic compound and tocopherols that exhibit antioxidant activity was determined. Wheat plants were cultivated at two levels of chemical protection. The antioxidant properties of polyphenols and tocopherols were examined using free radical scavenging method against stable 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical (DPPH•). Moreover, the antioxidant activity of standard compounds, like ferulic acid, BHT and α -tocopherol was evaluated. Antiradical efficiency of polyphenols and tocopherols depended on time of reaction, genotype properties and level of chemical protection.

Key words: antioxidant activity, *durum* wheat, grains, polyphenols, tocopherols

WSTĘP

W ostatnich latach wyraźnie zmienia się podejście do roli żywności w kształtowaniu zdrowia człowieka. Szczególne zainteresowanie budzi rola i oddziaływanie bioaktywnych składników żywności pochodzenia roślinnego w procesach metabolicznych człowieka. Związki te, dzięki swej aktywności przeciwutleniającej, chronią organizm ludzki przed chorobami, w tym nowotworowymi i chorobami układu krążenia (Zieliński i in.; 1998; Andlauer i Fürst, 1999; Baublis i in., 2000).

Do naturalnych antyoksydantów występujących w żywności pochodzenia roślinnego zaliczamy witaminę E, witaminę C, flawonoidy oraz inne polifenole, karotenoidy (Peterson, 2001). Ich źródłem są zboża, owoce i warzywa (Kähkönen i in., 1999; Zielinski i Kozłowska, 2000). W zbożach występuje szeroka grupa antyoksydantów, ponadto produkty zbożowe (pieczywo, makarony) są podstawą diety wielu populacji żyjących na świecie. Miller i wsp. (2000) badając zawartość antyoksydantów w składnikach płatków śniadaniowych (gotowych do spożycia) stwierdzili, że wszystkie występujące w nich zboża charakteryzują się wyższą zawartością antyoksydantów niż warzywa czy owoce. Ziarno zbóż bogate jest w związki fenolowe, głównie w kwasy fenolowe, tj. kwas ferulowy, wanilinowy, p-kumarynowy oraz kawowy (Onyeneho i Hettiarachchy, 1992; Kähkönen i in., 1999; Yang i Basu, 2001), ponadto zawiera takie fitochemikalia jak fitosterole, saponiny, fitoestrogeny, flawonoidy, jest też głównym źródłem lignin niezbędnych w codziennej diecie (Zielinski i Kozłowska, 2000). Właściwości antyoksydacyjne roślinnych polifenoli uzależnione są od ich struktury chemicznej i determinowane m.in. obecnością, położeniem i efektem indukcyjnym grup hydroksylowych w pierścieniach tych związków (Cook i in., 1996; Wilska-Jeszka, 1999).

Wraz z intensyfikacją upraw roślin zbożowych w celu zwiększenia plonów, niezbędne jest stosowanie chemicznych środków ochrony roślin. Poziom chemizacji uprawy może mieć wpływ nie tylko na zwiększenie produktywności, ale na jakość plonów, a więc skład chemiczny i aktywność biokomponentów ziarna (Korbas i Kubiak, 1998).

Celem podjętych badań było określenie zawartości polifenoli i frakcji tokoferoli w ziarniakach kilku linii pszenicy twardej w zależności od stopnia zastosowanej ochrony chemicznej oraz określenie aktywności antyutleniającej ekstraktów ww. związków metodą „wyłapywania” wolnych rodników DPPH•.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań stanowiły ziarniaki 4 linii jarej pszenicy twardej — (*Triticum durum* Desf.) — (LGR 899/62a, LGR 1359/8, LGR 896/23, LGR 899/17a) ustalone morfologicznie i wyselekcjonowane z kilku populacji mieszańców w Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie.

W ścisłym doświadczeniu polowym (zbiór z 2001 roku) stosowano zróżnicowaną ochronę chemiczną: minimalną (zaprawa — Baytan Universal 19,5; herbicyd — Aminopielik D 450 SL — 3 l·ha⁻¹) oraz intensywną (zaprawa — Baytan Universal 19,5; herbicyd — Aminopielik D 450 SL — 3 l·ha⁻¹, w fazie krzewienia; fungicyd Tilt CB 37,5

WP — 1 kg·ha⁻¹, w fazie kłoszenia; insektycyd — Karate 023 EC — 0,2 l·ha⁻¹, w pełni kłoszenia; retardant — Antywylegacz 674 SL — 2 l·ha⁻¹, w fazie strzelania w źdźbło). Nawożenie azotowe w formie saletry amonowej stosowano w ilości 90 kg N·ha⁻¹. Porównawczo wykorzystano ziarno pszenicy zwyczajnej odmiany Sigma, uprawianej w tych samych warunkach nawożenia i ochrony.

W ziarnie po 3 miesięcznym leżakowaniu wykonano oznaczenie zawartości polifenoli i witaminy E. Oznaczono również aktywność przeciwutleniającą bioaktywnych związków zawartych w ziarnie (przy użyciu rodnika DPPH[•]).

Zawartość polifenoli

Oznaczenie zawartości polifenoli, w przeliczeniu na kwas chlorogenowy, przeprowadzono w oparciu o metodę z użyciem odczynnika Folina-Ciocalteu zgodnie z metodą opisaną przez Shahidi i Naczk (1995). Związki fenolowe ekstrahowano roztworem metanolu (metanol: woda 1:1 o pH 4, w obecności 0,1 M HCl). Całość wytrząsano 2 godziny, następnie za pomocą pompy próżniowej sączone przemywając niewielką ilością metanolu. Przesącz przemieszczono ilościowo do kolbki na 50 ml. Następnie do 0,5 ml roztworu dodano 0,5 ml wody i 2 ml roztworu Folina-Ciocalteu. (1:5 H₂O). Po upływie 3 minut dodano 10 ml 10% roztworu Na₂CO₃ (Na₂CO₃ krystaliczny) i energicznie wytrząsano. Oznaczenie spektrofotometryczne zawartości polifenoli przeprowadzono, po upływie 30 minut na spektrofotometrze Shimadzu UV-160A przy długości fali λ = 725 nm.

Zawartość witaminy E

Oznaczenie zawartości witaminy E przeprowadzono metodą chromatografii cienkowarstwowej oraz spektrofotometrycznie, zgodnie z procedurą opisaną w Normie Polskiej PN-92/R-64756 w przeliczeniu na α -tokoferol (firmy Sigma, stosowany jako wzorzec). Ekstrakcję, w połączeniu z hydrolizą alkaliczną, przeprowadzano w obecności kwasu askorbinowego. Mieszaninę 20 g rozdrobnionego ziarna, 80 ml alkoholu etylowego 96%, 20 ml wody, 15 ml roztworu wodorotlenku potasowego 50% oraz 0,5 g kwasu askorbinowego przez 30 minut ogrzewano pod chłodnicą zwrotną we wrzącej łaźni wodnej. Następnie przeprowadzono 3-krotną ekstrakcję badanych związków n-heksanem. Zebrane warstwy heksanowe przemywano wodą do odczynu obojętnego wobec fenoloftaleiny, a następnie przesączono przez warstwę bezwodnego siarczanu sodu do kolby miarowej zawierającej około 0,2 g BHT (butylohydroksytoluen). Ekstrakt heksanowy po odparowaniu do sucha rozpuszczono w 10 ml alkoholu etylowego.

Oznaczenie metodą chromatografii cienkowarstwowej przeprowadzono na płytkach z żelą krzemionkowym 60 F₂₅₄ (firmy Merck) — układ rozwijający: chloroform. Miejsca występowania prążków zlokalizowano używając lampy UV firmy Camag przy długości fali świetlnej 254 nm oraz przez spryskanie roztworem α -dwupirydyli i FeCl₃ (1:1). Oznaczenie spektrofotometryczne zawartości witaminy E przeprowadzono na spektrofotometrze Shimadzu UV-160A przy długości fali 520 nm.

Oznaczenie aktywności przeciwutleniającej z odczynnikiem DPPH[•]

W celu oznaczenia aktywności antyoksydacyjnej ekstraktów polifenoli i frakcji tokoferoli z pszenicy zastosowano metodę z rodnikiem DPPH[•] (2,2-difenylo-1-pikrylhydrazyl) firmy Sigma w oparciu o metodę opisaną przez Brand-Wiliams i wsp. (1995)

oraz Sanchez-Moreno i wsp. (1998). Metoda ta opisana jest jako jedna z alternatywnych, użyteczna do oznaczania aktywności antyutleniającej kwasów fenolowych, a także stosowana wobec ekstraktów tokoferoli (Guo i in., 2001; Peterson i in., 2002).

Do 0,1 ml ekstraktu dodawano 3,9 ml rodnika o stężeniu 6×10^{-5} mol/ dm³ (roztwór wyjściowy) i mierzono wartość absorbancji przy długości fali $\lambda = 515$ nm w 15 minutowych odstępach.

Na podstawie przygotowanych roztworów DPPH o stężeniach od 1×10^{-5} mol/ dm³ do 6×10^{-5} mol/ dm³ sporządzono krzywą wzorcową. Aktywność antyoksydacyjną wyrażoną jako procent inhibicji obliczono zgodnie ze wzorem:

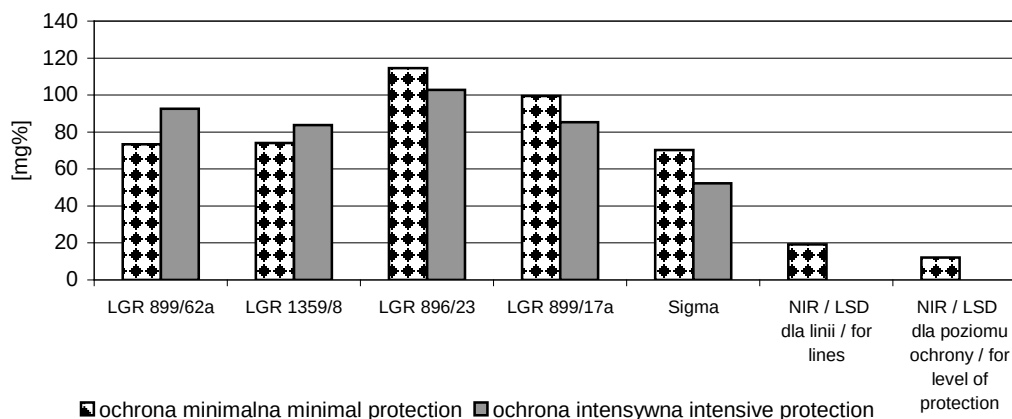
$$\% \text{ inhibicji} = [(AC(0) - AA(t)) / AC(0)] \times 100\%$$

AC(0) — absorbancja próby kontrolnej w czasie 0;

AA(t) — absorbancja badanej próby mierzona co 15 minut przez 1 godzinę.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badania dowodzą, iż główna grupa związków odpowiedzialna za aktywność antyoksydacyjną ziarna zbóż to związki fenolowe (Miller i in., 2000; Peterson, 2001; Yu i in., 2002). Na koncentrację tych składników mogą wpływać właściwości odmianowe, rok zbioru, a także lokalizacja uprawy (Emmons i Peterson, 2001). Porównując poziom polifenoli w ziarniakach 4 linii pszenicy twardej i zwyczajnej u odmiany Sigma stwierdzono istotnie wyższą zawartość tych związków (z wyjątkiem linii LGR 1359/8) w ziarniakach pszenicy twardej (rys. 1). Uzyskane wyniki wykazały również zróżnicowanie zawartości tych składników zależne od genotypu (tab. 1).



Rys. 1. Zawartość polifenoli w ziarniakach 4 linii pszenicy twardej i pszenicy zwyczajnej odm. Sigma
Fig. 1. Content of polyphenolic compounds in grain of 4 lines of hard wheat and in soft wheat var. Sigma

Tabela 1

Zawartość polifenoli i tokoferoli w ziarnie 4 linii pszenicy twardej i pszenicy zwyczajnej Sigma w zależności od ochrony chemicznej

Content of polyphenols and tocopherols in grain of 4 lines of hard wheat and in soft wheat Sigma, depending on chemical protection

Linie Lines	Polifenole (mg%) Polyphenols (mg%)	Tokoferole (mg/100g) Tocopherols (mg/100g)
LGR 899/62 a	82,96 ^b	3,935 ^a
LGR 1359/8	78,93 ^{a,b}	4,821 ^b
LGR 896/23	108,66 ^c	5,059 ^b
LGR 899/17 a	92,36 ^b	5,474 ^b
Sigma	61,27 ^a	6,278 ^c
NIR _{0,05} dla linii LSD _{0,05} for lines	19,26	0,786
Ochrona minimalna Minimal protection	86,35 ^a	4,915 ^a
Ochrona intensywna Intensive protection	83,33 ^a	5,312 ^a
NIR _{0,05} dla poziomu ochrony LSD _{0,05} for level of protection	12,18	0,502

Wartości średnie w tej samej kolumnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie
Means in columns marked with the same letters do not differ significantly

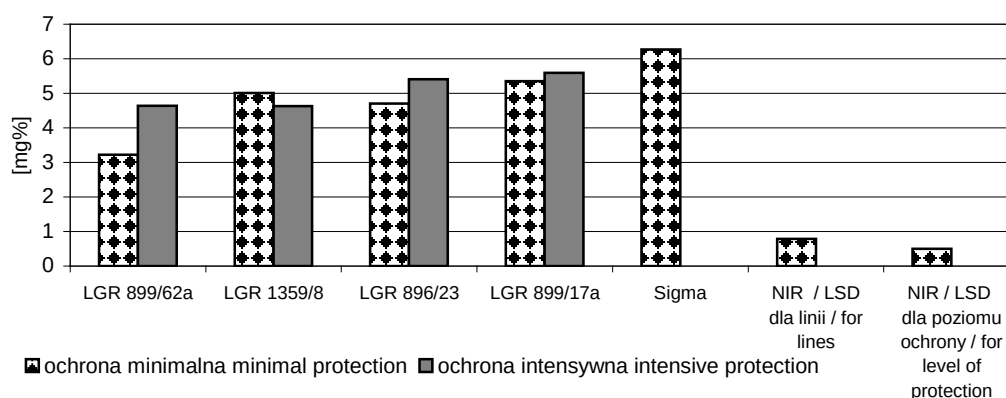
Reakcja roślin na zróżnicowanie poziomów ochrony chemicznej zależała także od indywidualnych cech odmianowych badanych linii. W przypadku linii LGR 896/23 i LGR 899/17a oraz pszenicy zwyczajnej stwierdzono wyższy poziom polifenoli przy zastosowaniu chemicznej ochrony minimalnej. Ziarniaki ww. linii, z obiektów na których stosowano tylko herbicyd, charakteryzowały się najwyższą zawartością polifenoli, odpowiednio 114,5 mg% i 99,46 mg% (rys. 1).

Natomiast w przypadku linii LGR 899/62a i LGR 1359/8 wyższą zawartością polifenoli wyróżniały się ziarniaki z obiektów z ochroną intensywną. Dla LGR 899/62a różnice były statystycznie istotne. Ziarniaki w/w linii uprawiane przy zastosowaniu ochrony minimalnej miały najniższy poziom polifenoli ze wszystkich badanych obiektów pszenicy twardej, ale i tak wyższy niż ziarniaki pszenicy zwyczajnej.

Grupą związków obecną w zbożach i posiadającą zdolności antyutleniające są tokoferole i tokotrienole wykazujące aktywność witaminy E. Tokoferole odgrywają ważną rolę w „zmiataniu” wolnych rodników, chociaż ich aktywność zależy od ich reaktywności i stężenia oraz dostępności współreagentów, tj. kwasu askorbinowego, β -karotenu, czy selenu (Guo i in., 2001; Yang i in., 2001). Ziarno zbóż jest wymieniane jako jedno z istotnych źródeł tokoli (Bartnikowska, 1995, Yang i in., 2001), dlatego ważna z genetycznego i hodowlanego punktu widzenia jest ocena zawartości frakcji tokoferoli w nowych liniach pszenicy twardej.

Analiza poziomu frakcji tokoferoli w ziarniakach badanych pszenic, wykazała, że pszenica twarda ma istotnie niższą zawartość tych związków w porównaniu do zwyczajnej (tab. 1, rys. 2). W obrębie badanych linii pszenicy twardej najwyższym poziomem tokoferoli charakteryzowała się linia LGR 899/17a, zaś istotnie najniższą zawartość stwierdzono w ziarnie linii LGR 899/62a z obiektów z ochroną minimalną. Zawartość frakcji tokoferoli mieściła się w granicach 3,2–5,3 mg/100g ziarna przy zastosowaniu

minimalnej ochrony chemicznej oraz 4,7–5,6 mg/100g ziarna z obiektów z ochroną intensywną (tab. 1).



Rys. 2. Zawartość witaminy E (suma tokoferoli) w ziarniakach 4 linii pszenicy twardej i pszenicy zwyczajnej — Sigma

Fig. 2. Vitamin E (tocopherols) content in grain of 4 lines of hard wheat and in soft wheat var. Sigma

Zastosowanie intensywnej ochrony chemicznej ujawniło się istotnym wzrostem stężenia tokoferoli (LGR 899/62a i LGR 896/23) lub tendencjami do wzrostu poziomu tej frakcji (LGR 899/17a) w ziarniakach porównywanych linii, z wyjątkiem linii LGR 1359/8.

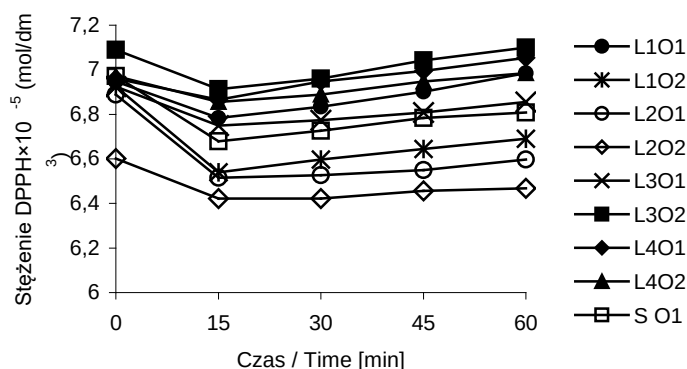
Badanie aktywności antyoksydacyjnej

Całkowita aktywność antyoksydacyjna badanego układu jest wynikiem współdziałania obecnych antyoksydantów i prooksydantów (Emmons i in., 1999). Zastosowana w niniejszej pracy metoda polega na badaniu zmian absorbancji zachodzących podczas reakcji redukcji stabilnego wolnego rodnika 2,2-difenylo-1-pikrylhydrazyl (DPPH*) przez bioaktywne związki (głównie kwasy fenolowe) obecne w metanolowych ekstraktach (Sanchez-Moreno, 1998).

Podczas godzinnej inkubacji z DPPH ekstrakty polifenoli w 50% metanolu w obecności HCl przy pH 4 wykazywały zdolność do hamowania reakcji rodnikowej w czasie pierwszych 15 minut, kiedy stwierdzono spadek stężenia stabilnych rodników DPPH (rys. 3). Odpowiadał temu wzrost aktywności antyutleniającej (jako procent inhibicji) od 1,76 do 9,96% (rys. 4). Wyniki te potwierdzają badania innych autorów, wykazujące, że obniżenie koncentracji DPPH wobec roślinnych antyoksydantów dobrze charakteryzuje początkowe tempo reakcji (Peterson i in., 2002).

Ekstrakty polifenoli otrzymane z pszenicy twardej linii LGR 899/62a i LGR 1359/8 wykazują wyższą aktywność antyutleniającą w porównaniu do otrzymanych z pszenicy zwyczajnej. Wartość pojemności antyoksydacyjnej pozostałych linii kształtowała się na niższym poziomie (rys. 3). Nie stwierdzono dodatniej zależności pomiędzy zawartością polifenoli w ekstraktach, a ich zdolnością antyutleniającą. Nie stwierdzono także jednokierunkowego wpływu zastosowanych pestycydów na aktywność antyoksydacyjną

ekstraktów polifenoli, choć wykazano zróżnicowaną reakcję genotypów na ochronę chemiczną.



Linie / Lines:

L1 — LGR 899/62a

L2 — LGR 1359/8

L3 — LGR 896/23

L4 — LGR 899/17a

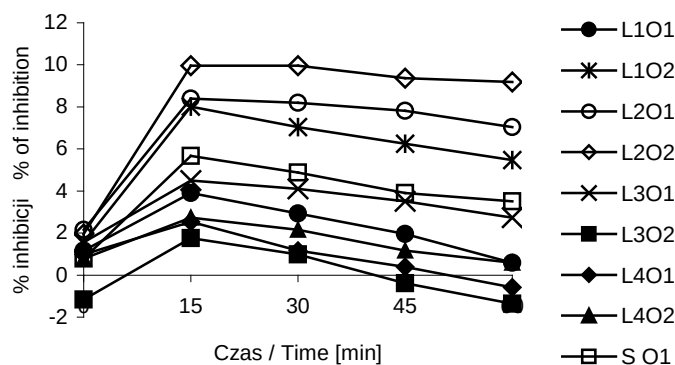
S — Sigma

Ochrona:

O1 — Ochrona minimalna; Minimal protection O2 — Ochrona intensywna; Intensive protection

Rys. 3. Wpływ ekstraktów metanolowych polifenoli (1:1; pH 4) na zmiany stężenia DPPH w czasie reakcji

Fig. 3 Influence of methanolic extracts of polyphenols (1:1; pH 4) on changes in DPPH concentration during reaction



Linie / Lines:

L1 — LGR 899/62a

L2 — LGR 1359/8

L3 — LGR 896/23

L4 — LGR 899/17a

S — Sigma

Ochrona:

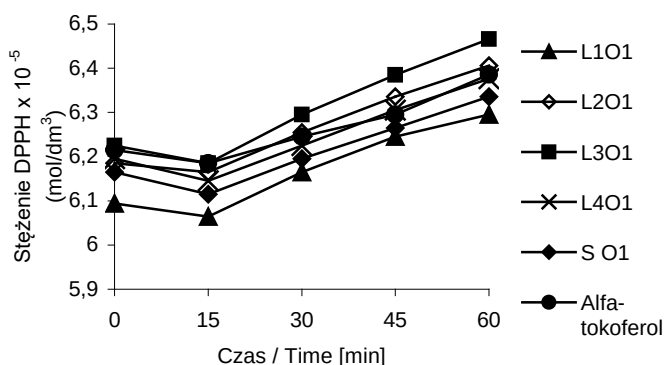
O1 — Ochrona minimalna; Minimal protection O2 — Ochrona intensywna; Intensive protection

Rys. 4. Wpływ czasu inkubacji na aktywność antyoksydacyjną ekstraktów metanolowych (1:1; pH 4) wobec DPPH (jako % inhibicji)

Fig. 4. Influence of incubation time on antioxidant activity of methanolic extracts of polyphenols (1:1; pH 4) against DPPH (as % of inhibition)

W badaniach Emonsa i Petersona (2001) nad zawartością i aktywnością antyutleniającą związków fenolowych w owsie stwierdzono istotny wpływ odmiany i miejsca uprawy jedynie na poziom kwasów fenolowych. Natomiast brak było istotnego wpływu tych czynników na właściwości antyoksydacyjne badanych związków.

Z analizy kinetyki aktywności przeciwutleniającej frakcji tokoferoli wynika, że poziom ochrony chemicznej nie wpływał na działanie antyoksydacyjne tych związków. Natomiast zwraca uwagę mniejszy efekt antyutleniający tokoferoli w porównaniu z ekstraktami polifenoli. Stwierdzono niewielkie zróżnicowanie między genotypami w odniesieniu do spadku stężenia niezredukowanych stabilnych rodników DPPH przez ekstrakty tokoferoli — w czasie pierwszych 15 minut (rys. 5).



Linie / Lines:

L1 — LGR 899/62a

L2 — LGR 1359/8

L3 — LGR 896/23

L4 — LGR 899/17a

S — Sigma

Ochrona:

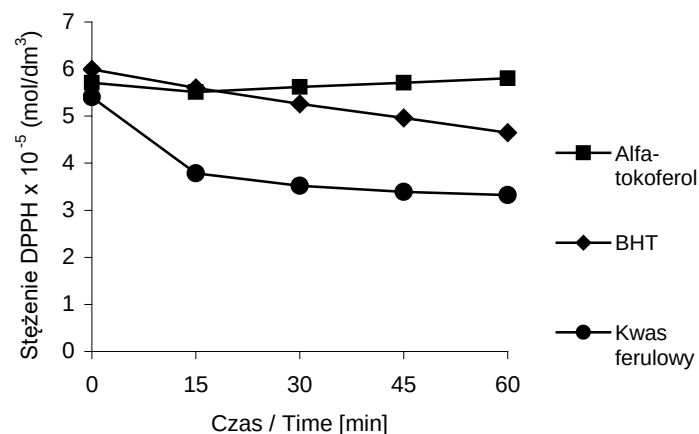
O1 — Ochrona minimalna; Minimal protection O2 — Ochrona intensywna; Intensive protection

Rys. 5. Wpływ ekstraktów tokoferoli i wzorca na zmiany stężenia DPPH w czasie reakcji

Fig. 5. Influence of tocopherols and standard compound on changes in DPPH concentration during the reaction

Ocena aktywności antyutleniającej wzorców wskazywała na odmienną kinetykę wyłapywania wolnych rodników, co jest związane z różną strukturą chemiczną zastosowanych związków (rys. 6). Podczas godzinnej inkubacji z DPPH, stężenie stabilnych rodników w reakcji z kwasem ferulowym bardzo szybko uległo obniżeniu w czasie pierwszych 15 minut z poziomu $5,401 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ do $3,783 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$. Związek ten najwyższą aktywność wykazuje w pierwszym okresie działania, a podczas dalszej reakcji jego siła antyutleniająca słabnie aż do osiągnięcia plateau.

Przebieg krzywej stężenia DPPH w funkcji czasu w przypadku α -tokoferolu (rys. 6) pokazuje, że wzorec ten przez pierwsze 15 minut zmniejszał stężenie rodnika ze stanu początkowego $5,712 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ do $5,511 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, a przez następne 45 minut następował wzrost stężenia rodników DPPH do wartości $5,803 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, co wskazywałoby na działanie prooksydacyjne.



Rys. 6. Wpływ α -tokoferolu, kwasu ferulowego i BHT na zmiany stężenia DPPH w czasie reakcji.
 Fig. 6. Influence of α -tocopherol, ferrulic acid and BHT on changes in DPPH concentration during reaction

Syntetyczny przeciwutleniacz BHT wykazał najsilniejsze właściwości przeciwutleniające, gdyż prostoliniowo zmniejszał stężenie stabilnych rodników DPPH (rys. 6). Podczas godzinnej inkubacji nastąpił spadek stężenia niezredukowanej formy rodnika z poziomu $0,493 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$ do $0,359 \times 10^{-5} \text{ mol/dm}^3$, któremu odpowiadało obniżenie mierzonej absorbancji, oraz wzrost aktywności antyutleniającej (jako procent inhibicji) od 5,374 do 31,094. Świadczy to o wyraźnej stabilności antyoksydacyjnej wzorca w funkcji czasu wynikającej z obecności w jego strukturze chemicznej podstawnika o dużej objętości (di-tert-butyłowego), który hamuje reakcje rodnikowe (Wilska-Jeszka, 1999).

WNIOSKI

1. Ziarniaki badanych linii pszenicy twardej charakteryzowały się istotnie wyższym poziomem polifenoli w porównaniu z pszenicą zwyczajną.
2. Badania nad zawartością tokoferoli w ziarnie wykazały, że pszenica zwyczajna uprawiana w tych samych warunkach nawożenia i ochrony chemicznej charakteryzowała się wyższą zawartością tych związków niż pszenica *T. durum*.
3. Nie stwierdzono proporcjonalnej zależności pomiędzy zawartością tokoferoli i polifenoli w ekstraktach z ziarna badanych pszenic, a ich aktywnością przeciwutleniającą.
4. Aktywność antyutleniająca ekstraktów polifenoli zależała od: czasu trwania reakcji oraz poziomu i rodzaju środków ochrony chemicznej zastosowanych w doświadczeniu polowym. Zastosowane pestycydy nie wpływały na aktywność antyoksydacyjną ekstraktów tokoferoli z badanych pszenic.
5. Aktywność antyoksydacyjna zastosowanych wzorców (BHT, α -tokoferolu, kwasu ferulowego) uzależniona była od ich budowy chemicznej i czasu trwania inkubacji.

LITERATURA

- Andlauer W., Furst P. 1998. Antioxidative power of phytochemicals with special reference to cereals. *Cereal Foods World* 43 (5): 356 — 360.
- Andlauer W., Furst P. 1999. Does cereal reduce the risk of cancer? *Cereal Food World* 44 (2): 76 — 78.
- Bartnikowska E. 1995. Health benefits of dietary antioxidant. *Pol. J. Nutr. Sci.* 4/45 (4): 3 — 22.
- Baublis A. J., Clydesdale F. M., Decker E. A. 2000. Antioxidants in wheat-based breakfast cereals. *Cereal Foods World* 45 (2): 71 — 74.
- Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28 (1): 25 — 30.
- Cook N. C., Samman S. 1996. Flavonoids-Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *J. Nutr.Bioch.* 7 (2): 66 — 76.
- Emmons C. L., Peterson D. M., Paul G. L. 1999. Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) Extracts. 2. *In vitro* antioxidant activity and contents of phenolic and tocol antioxidants. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4894 — 4898.
- Emmons C. L., Peterson D. 2001. Antioxidant activity and phenolic content of oat as affected by cultivar and location. *Crop Sci.* 41. 1676 — 1681.
- Guo J-T., Lee H-L., Chiang S-H., H-I., Chang C-Y. 2001. Antioxidant properties of the extracts from different part of broccoli in Taiwan. *J. Food and Drug Analysis.* 9 (2): 96 — 101.
- Kähkönen M. P., Hopia I., Vuorela H. J., Rauha J-P., Pihlaja K., Kujala T., Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. 47: 3954 — 3962.
- Korbas M., Kubiak K. 1998. Chemiczna ochrona jęczmienia jarego i pszenicy ozimej przed chorobami, a niektóre cechy plonu ziarna wpływające na jego jakość. *Progress in Plant Production.* 38 (2): 473 — 476.
- Miller H. E., Rigelhof F., Marquart L., Prakash A., Kanter M. 2000. Whole-grain products and antioxidants. *Cereal Foods World* 45 (2): 59 — 63.
- Onyeneho S. N., Hettiarachchy N. S. 1992. Antioxidant activity of durum wheat bran. *J. Agric. Food Chem.* 40: 1496 — 1500.
- Peterson D. M. 2001. Oat antioxidants. *J. Cereal Sci.* 33: 115 — 129.
- Peterson D. M., Hahn M. J., Emmons Ch. L. 2002. Food Chemistry. Oat avenanthramides exhibit antioxidant activities *in vitro*. 79: 473 — 478.
- Sanchez-Moreno C., Larrauri J., Saura-Calixto F. 1998. A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *J. Sci. Food Agric.* 76: 270 — 276.
- Shahidi F., Naczki M. 1995. Methods of analysis and quantification of phenolic compounds. *Food phenolic: sources, chemistry, effects and applications.* Technomic Publishing Company, Inc.: Lancaster: 287 — 293.
- Wilska-Jeszka J. 1999. Struktura i właściwości antyoksydacyjne polifenoli. *Konferencja Nauk. "Żywność a zdrowie", Łódź:* 27 — 35.
- Yang F., Basu T. K., Ooraikul B. 2001. Studies on germination and antioxidant contents of wheat grain. *International Journal of Food Science and Nutrition* 52: 319 — 330.
- Yu L., Haley S., Perret J., Harris M., Wilson J., Qian M. 2002. Free radical scavenging properties of wheat extracts. *J. Agric. Food Chem.* 50: 1619 — 1624.
- Zielinski H., Kozłowska H. 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J. Agric. Food Chem.* 48: 2008 — 2016.
- Zieliński H., Honke J., Łatosz A., Troszyńska A., Ciska E., Waszczuk K., Szawara-Nowak D., Kozłowska H. 1998. A rapid method for measurement of total antioxidant status of selected cereal grains — short report. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 7/48 (3): 533 — 538.

HALINA GÓRALKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ odległości źródła pyłku na efektywność zapyłania linii męskosterylnych pszenżyta ozimego

Effect of distance from the pollen source on seed set in male sterile triticales lines

W latach 2001–2002 badano zgodność terminów kwitnienia 6 linii męskosterylnych pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Triticum timopheevi* z 9 rodami i odmianami użytymi jako formy ojcowskie oraz wpływ odległości źródła pyłku na ilość pyłku w powietrzu i osadzenie ziaren w kłosach linii matecznych. W obu latach zastosowano proporcję siewu linii męskosterylne — formy ojcowskie, odpowiadającą stosunkowi 3:1, z tym że w 2001 roku szerokość pasów linii wynosiła 8,1 m, a form ojcowskich 2,7 m, natomiast w 2002 roku linie mateczne wysiano w pasach o szerokości 18 m, a formy ojcowskie na poletkach o szerokości 6 m. Tylko jedna linia kwitła w terminie zbliżonym do terminów kwitnienia form ojcowskich. Inne linie były późniejsze nawet o 5 dni. Ilość pyłku na pułapkach i osadzenie ziaren w kłosach linii matecznych były największe w odległości 0,6 m od kłosów ojcowskich. W odległości od form ojcowskich wynoszącej 2,6 m i większych odległościach obserwowano istotnie mniejszą ilość pyłku na pułapkach i osadzenie ziaren w kłosach linii matecznych niezależnie od zastosowanych szerokości pasów. Osadzenie ziaren było większe przy zbliżonych terminach kwitnienia linii matecznych i form ojcowskich.

Słowa kluczowe: męska sterylność, osadzenie ziaren, pszenżyto, *Triticum timopheevi*, zapylenie

Six winter triticales male sterile lines, based on the *Triticum timopheevi* cytoplasm, and 9 pollen parents were used in testing the effect of distance from the pollen source on the amount of pollen in the air and on the seed set in female ears, as well as in testing the effect of flowering synchronization on seed set. The experiments were carried out in 2001–2002. In both years the proportion of females to males was 3:1. The strip width of females and males was 8.1 and 2.7 m in 2001, and 18 and 6 m in 2002, respectively. Only one female line flowered synchronously with male parents, others flowered later up to 5 days. The highest amount of pollen on pollen traps and seed set in female lines was in the distance of 0.6 m from the ears of male parents. Starting from a distance of 2.6 m from male parents the amount of pollen on pollen traps and seed set in male sterile females was significantly lower, regardless of the strip width. The seed set depended on the flowering synchronization of females and males.

Key words: male sterility, seed set, triticales, *Triticum timopheevi*, pollination

WSTĘP

Duże zainteresowanie hodowlą odmian mieszańcowych pszenżyta i wykazany w licznych już doświadczeniach efekt heterozji plonu ziarna i innych cech użytkowych zachęca do badań nad wytworzeniem i wykorzystaniem systemu cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility (cms), umożliwiającego otrzymywanie nasion mieszańcowych na skalę handlową. Badania takie prowadzone są w Polsce od kilkunastu lat i zaowocowały wytworzeniem nielicznych, jak dotąd, męskosterylnych linii pszenżyta z cytoplazmą *Triticum timopheevi* wraz z ich męskopłodnymi analogami (Góral, 2002 b; Warzecha i Salak-Warzecha, 2002). Większość rodów i odmian pszenżyta posiada geny przywracające płodność potomstwu męskosterylnych roślin z cytoplazmą *T. timopheevi*. Wstępne badania polowe wykazały, że jest możliwe wykorzystanie linii cms do otrzymywania nasion mieszańcowych pszenżyta (Góral, 2002 a). Niektóre mieszańce F₁, otrzymane z wykorzystaniem linii męskosterylnych charakteryzowały się heterozją plonu ziarna i innych cech (Woś i in., 2002). Przy wytwarzaniu nasion mieszańcowych bardzo ważną jest proporcja roślin męskosterylnych linii matecznych i form ojcowskich, ponieważ bezpośrednio wpływa na koszt tych nasion. Praca jest kontynuacją badań na temat otrzymywania nasion mieszańcowych pszenżyta z wykorzystaniem systemu cytoplazmatycznej męskiej sterility. Jej celem było zbadanie wpływu odległości źródła pyłku na ilość pyłku w powietrzu i zawiązywanie ziaren w kłosach męskosterylnych linii oraz poznanie synchronizacji terminu kwitnienia rodziców.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2001–2002 w Stacji Doświadczalnej w Prusach koło Krakowa. W obu latach zastosowano proporcję siewu linii męskosterylne — formy ojcowskie odpowiadającą stosunkowi 3:1, z tym że w 2001 roku szerokość pasów linii wynosiła 8,1 m, a form ojcowskich 2,7 m, natomiast w 2002 roku linie mateczne wysiano w pasach o szerokości 18 m, a formy ojcowskie na poletkach o szerokości 6 m. W dwóch kolejnych latach badano odpowiednio 5 linii matecznych i 7 odmian ojcowskich oraz 6 linii matecznych i 2 odmiany ojcowskie.

Powierzchnia poletek męskosterylnych linii wynosiła w 2001 roku 4,0 m², a w 2002 — 7,2 m². Szkółki linii matecznych i form ojcowskich, które wysiano po obu stronach pasa linii, tj. od strony wschodniej i zachodniej, izolowano parawanem o wysokości 2,5 m, wykonanym z agrowłókniny. Przed kwitnieniem zaizolowano po kilkadziesiąt kłosów linii matecznych w celu kontroli stopnia męskiej sterility. Zanotowano termin kwitnienia obojga rodziców.

Badano ilość pyłku w powietrzu i osadzenie ziaren w kłosach męskosterylnych linii matecznych w zależności od odległości źródła pyłku. W czasie kwitnienia, codziennie, w godzinach od 8 do 11 wykładano pułapki pyłkowe (szkiełka podstawowe pokryte wazeliną) w różnych odległościach od źródła pyłku, w 2 powtórzeniach. Ziarna pyłku liczono w 30 losowo wybranych miejscach pułapki, tj. na powierzchni 13,6 mm² i przedstawiono jako sumę z okresu kwitnienia. Osadzenie ziaren w kłosach linii matecznych

oceniono na próbie 5 kłosów, pobranych losowo z tych samych miejsc poletki linii, w których umieszczone były pułapki pyłkowe. Osadzenie ziaren liczono w 40 kwiatach kłosa i wyrażono w procentach. Rozmieszczenie pułapek pyłkowych oraz miejsca pobrania kłosów linii męskich do oceny osadzenia ziaren zaznaczono na schemacie:

Zachód — West										Wschód — East	
Ojciec	Linie męskosterylne — Male sterile lines									Ojciec	
Male parent	Odległość od formy ojcowskiej — Distance from male parent										
2001											
2,7 m	8,1 m									2,7 m	
	0,6	2,6		4,6		2,6		0,6			
2002											
6,0 m	18, 0 m									6,0 m	
	0,6	2,6	4,6	6,6	8,6	8,6	6,6	4,6	2,6		

WYNIKI

Linia cms Malno 53/3 zakwitła w obu latach najwcześniej i jej początek kwitnienia był najbardziej zbliżony do początku kwitnienia wszystkich odmian ojcowskich (tab. 1, 2). Kwitnienie innych linii następowało 1–5 dni później niż form ojcowskich w 2001 roku i 3–5 dni później w 2002 roku.

Tabela 1

Termin początku kwitnienia linii męskosterylnych
Beginning of flowering dates of male sterile lines

Linia — Line	2001	2002
cms Salvo 15/1, B ₁₂₋₁₃ ¹	31.05	26.05
cms Grado 2, B ₁₂₋₁₃	31.05	27.05
cms 19, B ₇₋₈	2.06	26.05
cms Purdy 5, B ₆₋₇	2.06	27.05
cms Tm 105/6, B ₁₄	—	25.05
cms Malno 53/3, B ₅₋₆	29.05	23.05

¹ Liczby w indeksie oznaczają potomstwa z kolejnych krzyżowań wypierających

¹ Subscripts denote successive backcross generations

Tabela 2

Termin początku kwitnienia form ojcowskich
Beginning of flowering dates of male parents

2001							2002	
Janko	Krakowiak	Lamberto	Alzo	Kazo	SZD 356	MAH 3399	Sekundo	CHD 1181/98
29.05	30.05	28.05	28.05	30.05	29.05	28.05	22.05	22.05

Linie cms Salvo 15/1, cms 19 i cms Grado 2 wykazywały największy stopień męskiej sterylności, zawiązując średnio poniżej 1 ziarna w kłosie w wyniku samozapylenia pod izolatorem (tab. 3). Linia cms Malno 53/3 charakteryzowała się niepełną męskosterylnością, zawiązując pod izolatorem w zależności od roku średnio 11,90 lub 4,37 ziaren na kłos. Linie cms Purdy 5 i cms Tm 105/6 zawiązywały w wyniku samozapylenia około 1 ziarna w kłosie.

Tabela 3

Liczba ziaren w zaizolowanych kłosach linii męskosterylnych
Number of grains in bagged ears of male sterile lines

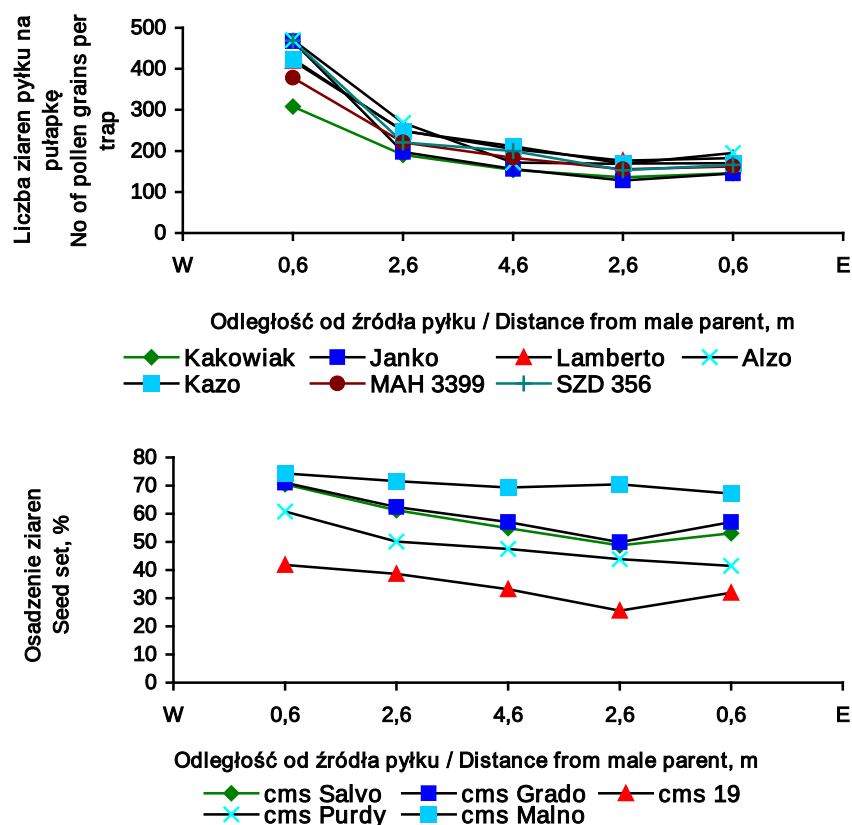
Linia — Line	2001	2002
cms Salvo 15/1, B ₁₂₋₁₃ ¹	0,40 (38) ²	0,48 (29)
cms Grado 2, B ₁₂₋₁₃	0,56 (39)	0,45 (33)
cms 19, B ₇₋₈	0,49 (39)	0,00 (30)
cms Purdy 5, B ₆₋₇	1,33 (42)	0,62 (29)
cms Tm 105/6, B ₁₄	—	1,23 (30)
cms Malno 53/3, B ₅₋₆	11,90 (139)	4,37 (30)

¹ Liczby w indeksie oznaczają potomstwa z kolejnych krzyżowań wypierających

¹ Subscripts denote successive backcross generations

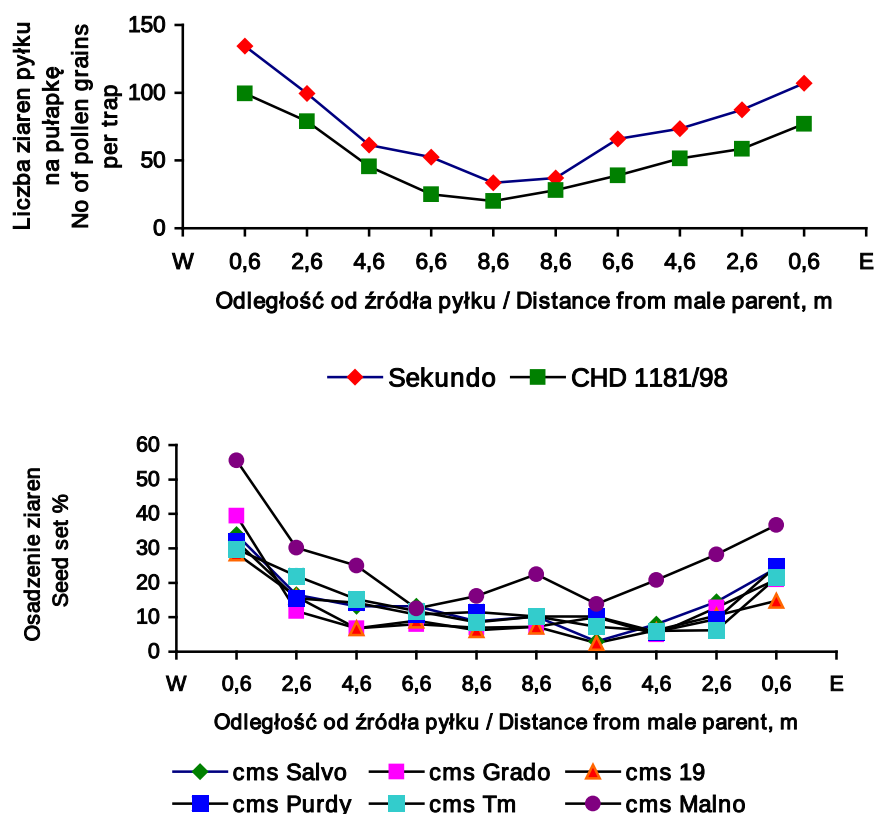
² W nawiasach podano liczbę badanych kłosów

² Number of examined ears is given in brackets



Rys. 1. Liczba ziaren pyłku na pułapkę i osadzenie ziaren u linii męskosterylnych w zależności od odległości od źródła pyłku (średnie z siedmiu form ojcowskich), proporcja 3:1, 2001
Fig. 1. Number of pollen grains per pollen trap and seed setting in cms lines depending on the distance from pollen source (means over seven pollen parents), ratio 3:1, 2001

Ilość pyłku na pułapkach była największa najbliżej źródła, tj. w odległości 0,6 m od strony zachodniej i wynosiła średnio 420 ziaren na pułapkę w 2001 roku i 117 ziaren w 2002 roku (rys. 1, 2, tab. 4). Im większa była odległość źródła pyłku od strony zachodniej, tym mniejsza była ilość pyłku na pułapkach. W odległości 2,6 m od form ojcowskich było tylko 54,3% i 76,1%, a w odległości 4,6 m już tylko 43,6% i 45,3% ilości pyłku z odległości 0,6 m, odpowiednio w dwóch latach badań. Ilość pyłku w odległości 0,6 m od form ojcowskich wysianych od strony wschodniej pasa linii stanowiła 39,8% i 78,6% odpowiednio w 2001 i 2002 roku ilości notowanej w tej samej odległości, ale od strony zachodniej pasa linii, co wynikało z przeważającego zachodniego kierunku wiatru. Pylenie w 2001 roku było znacznie większe niż w 2002 roku, prawdopodobnie z powodu silnych zachodnich wiatrów w czasie kwitnienia.



Rys. 2. Liczba ziaren pyłku na pułapkę i osadzenie ziaren u linii męskosterylnych w zależności od odległości od źródła pyłku (średnie z dwóch form ojcowskich), proporcja 3:1, 2002
 Fig. 2. Number of pollen grains per pollen trap and seed setting in cms lines depending on the distance from pollen source (means over two pollen parents), ratio 3:1, 2002

Osadzenie ziaren w kłosach linii męskosterylnych zależało od odległości źródła pyłku i związanej z nią ilości pyłku w powietrzu (rys. 1, 2, tab. 4). W kolejnych latach wynosiło 61,1% i 33,5% najbliższej form ojcowskich i istotnie mniej już w odległości 2,6 m. U płodnych form ojcowskich osadzenie ziaren wynosiło 86,6% w 2001 roku i 83,0% w 2002 roku (dane niezamieszczone). W środku poletek linii, tj. w odległości 4,6 m w 2001 roku i 8,6 m w 2002 roku osadzenie ziaren było odpowiednio mniejsze o 12,7% i 25% od osadzenia ziaren notowanego w odległości 0,6 m od formy ojcowskiej wysianej po stronie zachodniej pasa linii. Podobnie jak ilość pyłku w powietrzu osadzenie ziaren w odległości 0,6 m od form ojcowskich wysianych od strony wschodniej pasa linii było znacznie mniejsze niż w tej samej odległości od strony zachodniej, co potwierdza dużą rolę kierunku wiatru w uwalnianiu i unoszeniu pyłku oraz zapylaniu.

Tabela 4

**Osadzenie ziaren w kłosach linii męskosterylnych w zależności od odległości od form ojcowskich
wysianych od strony zachodniej pasa linii**
Seed setting in male sterile lines depending on distance from pollen parent planted west of line strip

	Zachód West					Wschód East					NRI _(0,05) LSD _(0,05)	
2001, proporcja ratio 3:1 (8,1 m:2,7 m)												
Odległość Distance (m)	0,6	2,6	4,6	6,6	8,6							
Liczba ziarn pyłku na pułapkę No. of pollen grain per trap	420	228	183	155	167							23
Osadzenie ziaren ¹ Seed setting (%)	61,1	54,1	48,4	41,4	47,3							2,4
2002, proporcja ratio 3:1 (18 m:6 m)												
Odległość Distance (m)	0,6	2,6	4,6	6,6	8,6	10,6	12,6	14,6	16,6	18,6		
Liczba ziaren pyłku na pułapkę No. of pollen grain per trap	117	89	53	39	27	32	52	62	73	92	12	
Osadzenie ziaren ² Seed setting (%)	33,5	15,0	10,2	10,2	8,4	8,7	6,4	6,2	11,8	21,2	3,0	

¹ Średnie dla linii: cms Salvo 15/1, B₁₂, cms Grado 2, B₁₂ i cms 19, B₇ zapylanych siedmioma formami ojcowskimi

¹ Means from lines: cms Salvo 15/1, B₁₂, cms Grado 2, B₁₂ and cms 19, B₇ pollinated with seven pollen parents

² Średnie dla linii: cms Salvo 15/1, B₁₃, cms Grado 2, B₁₃, cms 19, B₈ i Purdy 5, B₇ zapylanych dwoma formami ojcowskimi

² Means from lines: cms Salvo 15/1, B₁₃, cms Grado 2, B₁₃, cms 19, B₈ and Purdy 5, B₇ pollinated with two pollen parents

Prawie dwukrotnie mniejsze osadzenie ziaren najbliższej źródła pyłku w 2002 roku w porównaniu z rokiem 2001 wynikało z większej niezgodności terminów kwitnienia linii matecznych i form ojcowskich w 2002 roku (rys. 1, 2, tab. 1, 2, 4). Różnica w terminie kwitnienia większości rodziców w tym roku wynosiła 5 dni, przy czym linie mateczne zakwitły później niż formy ojcowskie, co jest bardzo niekorzystne dla krzyżowego zapłodnienia. Większe osadzenie ziaren w kłosach linii cms Malno 53/3 w porównaniu

z innymi liniami wynikało z większej zgodności terminów kwitnienia tej linii i form ojcowskich oraz jej niepełnej męskiej sterility (rys. 1, 2, tab. 3).

Plon nasion mieszańcowych w 2001 roku wynosił 556,0–924,4 g/m² w zależności od linii i formy ojcowskiej (średnio 705 g/m²) i stanowił 56,8% plonu odmian ojcowskich. W 2002 roku ze względu na bardzo małe osadzenie ziaren spowodowane rozbieżnością terminów kwitnienia rodziców nie oceniano plonu nasion mieszańcowych.

DYSKUSJA

Pszenżyto jest rośliną samopłodną, ale w zależności od genotypu i warunków pogodowych w czasie kwitnienia wykazuje mniejszą lub większą skłonność do obcozapylenia (Hughes i in., 1976; Tarkowski i Kociuba, 1989; Sowa i Krysiak, 1994; Kociuba i Skulimowska, 1995). Cechy biologii kwitnienia pszenżyta, mające znaczenie w wytwarzaniu nasion mieszańcowych, nigdy nie będą tak korzystne jak żyta, ale są korzystniejsze niż u pszenicy. Skłonność pszenżyta do obcozapylenia jest duża i wynosi 1,1–10,5%, w zależności od odmiany i przebiegu pogody w czasie kwitnienia (Sowa i Krysiak 1994). Yeung i Larter (1972) otrzymali osadzenie ziaren w wykastrowanych kłosach pszenżyta, wynoszące 86%, 50% i 20% w odległości odpowiednio 3, 12 i 15 m od źródła pyłku.

Ze względu na samopłodność pszenżyta produkcja nasion mieszańcowych powinna się odbywać w siewie pasowym. Mały udział formy ojcowskiej w siewie mieszanym linia cms-restorer mógłby nie zapewnić opłacalnego plonu nasion mieszańcowych, a duży wpłynąć ujemnie na poziom heterozji mieszańców. Badania prowadzone w latach 1998–2000 wykazały, że polskie odmiany cechuje duża zdolność do uwalniania pylników na zewnątrz kwiatów w czasie kwitnienia. Wysuwanie pylników wynosiło średnio 91,0% (Góral, 2002 a). Osadzenie nasion mieszańcowych w kłosach męskosterylnych linii, przy pełnej zgodności terminów kwitnienia rodziców wynosiło nawet 75,5% przy proporcji siewu linii cms i form ojcowskich 3:1, tj. przy szerokości pasów 7,5 m dla linii i 2,5 m dla form ojcowskich. Przy szerokości pasa linii cms wynoszącej 5 m i form ojcowskich — 2,5 m nie stwierdzono różnic w osadzeniu ziaren w bezpośrednim sąsiedztwie form ojcowskich i w środku poletki linii, tj. w odległości od źródła pyłku wynoszącej 3 m. Jednak przy szerokości pasów 7,5 m dla linii i 2,5 m dla form ojcowskich w odległości 3 m od źródła pyłku osadzenie ziaren było istotnie mniejsze niż w bezpośrednim sąsiedztwie formy ojcowskiej (Góral, 2002 a). W niniejszych badaniach osadzenie ziaren powyżej 70% otrzymano jedynie u linii cms Malno 53/1 w 2001 roku przy szerokości pasa linii wynoszącej 8,1 m, a form ojcowskich 2,7 m (rys. 1) i niepełnej męskiej sterility tej linii. U innych linii badanych w tym roku, średnie osadzenie ziaren było mniejsze i zawierało się w granicach 26,4–66,9%. W 2002 roku, kiedy zastosowano szerokość pasów linii 18 m i form ojcowskich 6 m średnie osadzenie nasion było bardzo małe i wynosiło tylko 13,2% głównie z powodu braku zgodności terminów kwitnienia linii matecznych i form ojcowskich oraz braku w powietrzu dostatecznej ilości pyłku w miarę oddalania się od jego źródła (rys. 2).

Dotychczasowe wyniki badań dokumentują możliwość wykorzystania systemu cms w produkcji nasion mieszańcowych pszenżyta, ale opłacalność ich produkcji zależy

będzie głównie od zgodności terminów kwitnienia komponentów mieszańca i możliwości zbioru nasion mieszańcowych przynajmniej z połowy powierzchni zasiewu. Wyraźne i istotnie mniejsze osadzenie ziaren już w odległości 2,6 m od źródła pyłku, wysianego od strony zachodniej, widoczne w obu latach badań, niezależnie od zgodności terminów kwitnienia i szerokości pasów form rodzicielskich, wskazuje że szerokość pasa matecznych linii cms w produkcji nasion mieszańcowych, nawet przy pełnej zgodności terminów kwitnienia rodziców, nie powinna być większa niż 5–6 m, jeżeli osadzenie ziaren miałyby wynosić około 70%.

WNIOSKI

1. Liczba ziaren pyłku na pułapkach i osadzenie ziaren w kłosach męskosterylnych linii było tym mniejsze im większa była odległość od źródła pyłku. W kolejnych doświadczeniach i przy zastosowanych w nich proporcjach siewu już w odległości 2,6 m od zapylacza ilość pyłku była odpowiednio o 46% i 24% mniejsza, a osadzenie ziaren o 7% i 18,5% mniejsze niż w bezpośrednim sąsiedztwie źródła pyłku. Szerokość pasów linii matecznych nie powinna być większa niż 6 m.
2. Osadzenie ziaren w kłosach męskosterylnych linii zależało od zgodności terminów kwitnienia rodziców.

LITERATURA

- Góral H. 2002 a. Production of triticale (*X Triticosecale* Wittm.) hybrid seeds using the sterilizing cytoplasm of *Triticum timopheevi*. Cereal Res. Com. 30: 31 — 38.
- Góral H. 2002 b. Biologiczno-hodowlane aspekty wykorzystania heterozji u pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack). Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozprawy, nr 283.
- Hughes J. L., Sapra V. T., Sharma G. C. 1976. Cross-pollination in hexaploid triticale. Cereal Res. Com. 4 (3): 355 — 362.
- Kociuba W., Skulimowska R. 1995. Obserwacje kwitnienia, zapylenia i płodności roślin pszenżyta w porównaniu do pszenicy i żyta. Biul. IHAR 195/196: 99 — 106.
- Sowa W., Krysiak H. 1994. Ocena odmian pszenżyta pod względem skłonności do obcozapylenia. Biul. IHAR 192: 23 — 28.
- Tarkowski C., Kociuba W. 1989. Biologia kwitnienia. W: Biologia pszenżyta. Red. C. Tarnowski, PWN, Warszawa: 99 — 110.
- Warzecha R., Salak-Warzecha K. 2002. Hybrid triticale — prospects for research and breeding — Part II: Development of male sterile lines. Proc. 5th Int. Triticale Symp. IHAR Radzików, Poland, 30 June–5 July 2002, vol. I: 193 — 198.
- Woś H., Góral H., Woś B., Spiss L. 2002. Heterosis in winter triticale with *T. timopheevi* cytoplasm. Proc. 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June — 5 July 2002, vol. II: 311 — 315.
- Yeung K. C., Larter E. N. 1972. Pollen production and disseminating properties of triticale relative to wheat. Can. J. Plant Sci. 52: 569 — 574.

WOJCIECH MIKULSKI¹**TADEUSZ ADAMSKI**²**ZYGMUNT KACZMAREK**²**MARCIN KONIECZNY**¹**ALEKSANDRA PONITKA**²**MARIA SURMA**²**AURELIA ŚLUSARKIEWICZ-JARZINA**²¹ Hodowla Roślin Szelejewo, Spółka z o.o.² Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Wysokość plonowania i stabilność rodów i linii DH pszenżyta ozimego

Yielding and stability of winter triticales breeding lines and doubled haploids

Praca przedstawia wyniki badań nad plonowaniem rodów i linii podwojonych haploidów (DH) pszenżyta ozimego w zróżnicowanych warunkach środowiska. Dwadzieścia pięć rodów hodowlanych i pięć linii DH badano w doświadczeniach polowych przeprowadzonych w sześciu miejscowościach. Analizę statystyczną interakcji genotypowo-środowiskowej wykonano za pomocą programu SERGEN. Spośród badanych genotypów tylko 6 (5 rodów i 1 linia DH) odznaczało się stabilnym plonowaniem. Wśród 24 genotypów wykazujących interakcję ze środowiskami cztery wyróżniono jako intensywne oraz cztery jako ekstensywne. Nie stwierdzono różnic między rodami hodowlanymi a liniami DH w reakcji na warunki środowiska.

Słowa kluczowe: triticales, rody hodowlane, podwojone haploidy, interakcja genotypowo-środowiskowa

The paper presents studies on yielding of winter triticales breeding lines and doubled haploids (DH) in various environments. Twenty-five breeding lines and five DH lines were examined in field experiments carried out in six localities. Genotype-environment interaction (GE) was computed by the SERGEN programme. Among the studied genotypes only six (5 breeding lines and 1 DH) were characterised by stable yield. Out of 24 genotypes with significant GE interaction four were distinguished as intensive and four as extensive ones. No differences between breeding lines and doubled haploids were found in their reaction to environmental conditions.

Key words: triticales, breeding lines, doubled haploids, GE interaction

WSTĘP

W hodowli zbóż, w tym także pszenżyta, na coraz większą skalę wykorzystywane są linie podwojonych haploidów (DH) (Pickering, Devaux, 1992, Hu 1996). Linie DH są

formami homozygotycznymi i homogennymi. Rody hodowlane, nawet o wysokim stopniu zaawansowania, są z natury mniej homogenne, co może wynikać tak z obecności homozygotycznych sublinii w obrębie rodu, jak i występowania osobników heterozygotycznych. Z doniesień literaturowych wynika, że różnorodność genetyczna populacji gwarantuje większą stabilność w różnych warunkach środowiska w porównaniu z homogennymi populacjami homozygotycznymi, w tym przypadku liniami DH (Simmonds 1991; Soliman i Allard, 1991).

Celem pracy było porównanie plonowania rodów i linii DH pszenżyta ozimego w zróżnicowanych warunkach środowiskowych oraz zbadanie interakcji poszczególnych genotypów ze środowiskami.

MATERIAŁ I METODY

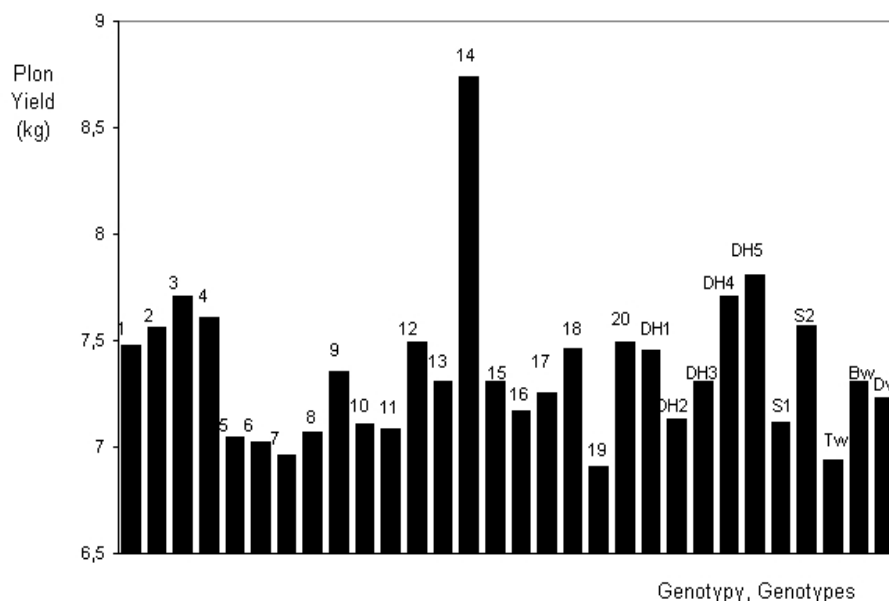
Materiał do badań stanowiło 25 rodów hodowlanych oraz 5 linii podwojonych haploidów (DH) pszenżyta ozimego. Linie DH uzyskano metodą kultur pylnikowych. Linie i rody badano w 6 miejscowościach: Szelejewo, Sobótka, NAGRADOWICE, Kobierzycy, Wierzenica, Borów k. Łowicza w tym samym sezonie (1998–1999). Doświadczenia zakładano w układzie bloków losowanych kompletnych w 4 powtórzeniach na poletkach o powierzchni 10 m².

Przeprowadzono obserwacje dotyczące plonu ziarna oraz cech istotnych z hodowlanego punktu widzenia.

Dane dla plonu ze wszystkich miejscowości posłużyły do zbadania reakcji genotypów pszenżyta na zmienne warunki środowiskowe, a więc określenia, czy ich plony były stabilne, czy też wykazywały interakcję ze środowiskami. Jako kryterium stabilności przyjęto wartości statystyki F dla interakcji genotypowo-środowiskowej ($G \times E$). Genotypy, dla których wartości tej statystyki były mniejsze od wartości krytycznej (na danym poziomie istotności) traktowano jako stabilne, natomiast genotypy odznaczające się istotną interakcją $G \times E$, czyli te, dla których wartości statystyki F dla interakcji $G \times E$ przekraczały wartość krytyczną, określano jako niestabilne. W przypadku genotypów niestabilnych badano, czy występująca interakcja ze środowiskiem może być wyjaśniona za pomocą regresji liniowej. Pozwoliło to wyróżnić genotypy intensywne, to jest plonujące tym lepiej, im korzystniejsze były warunki środowiskowe, genotypy ekstensywne, plonujące lepiej w warunkach mniej sprzyjających, a także formy o tendencji nieokreślonej. Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programu SERGEN (Caliński i in., 1998).

WYNIKI

Spośród miejscowości, w których prowadzono doświadczenia, najbardziej sprzyjające plonowaniu warunki środowiskowe panowały w Kobierzycach, gdzie średnie plony były najwyższe (średnio 11,68 kg/poletko), najmniej natomiast w Wierzenicy (średnio 4,68 kg/poletko). Średni plon ziarna dla poszczególnych genotypów przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Średnie wartości plonu ziarna rodów i linii DH pszenżyta

Fig. 1. Mean values for grain yield of triticale breeding lines and doubled haploids

W tabeli 1 zamieszczono oceny efektów głównych (odchylenie średniej dla genotypu od średniej ogólnej) oraz podano wyniki testowania istotności tych efektów oraz ich interakcji ze środowiskami. Istotnie (na poziomie $\alpha = 0,05$) dodatni efekt główny stwierdzono tylko dla rodu R14. Na uwagę zasługują również stosunkowo wysoko plonujące rody R11 i R19 oraz linie DH4 i DH5, których efekty główne były dodatnie, ale istotne tylko na poziomie $\alpha = 0,10$. Spośród 30 badanych genotypów pszenżyta większość (24) wykazała istotną interakcję z warunkami środowiska. Stabilnymi genotypami okazały się rody R1, R7, R11, R15, S2 oraz linia DH2.

Kolejnym etapem analizy statystycznej było stwierdzenie, czy obserwowaną interakcję można wyjaśnić za pomocą regresji liniowej. W tabeli 2 podano wartości współczynników regresji i determinacji oraz wartości statystyki F dla regresji i odchyleń od regresji. Najlepiej plonujący ród R14 okazał się formą intensywną, tzn. dobrze plonującą w środowiskach sprzyjających plonowaniu pszenżyta (dodatni, istotny na poziomie $\alpha = 0,10$ współczynnik regresji). Jednakże jego interakcję ze środowiskami nie w pełni można wyjaśnić za pomocą regresji (istotna na poziomie $\alpha = 0,05$ wartość F dla odchyleń od regresji). Do genotypów intensywnych zaliczono także ród R4 oraz linie DH1 i DH3. Dla linii tych współczynnik determinacji był bardzo wysoki (powyżej 90%), co oznacza, że we wszystkich przypadkach polepszenie warunków środowiska powodowało wzrost plonowania.

Tabela 1

Testowanie efektów głównych poszczególnych genotypów pszenżyta i ich interakcji ze środowiskami
Results of testing the main effects for particular genotypes and their genotype × environment interaction

Genotyp Genotype	Ocena efektu głównego Estimate of main effect	Statystyka F dla efektu głównego F statistics for main effect	Statystyka F dla interakcji F statistic for interaction
R1	0,119	1,08	1,31
R2	0,202	0,53	7,78
R3	0,348	1,13	10,47
R4	0,248	0,85	7,28
R5	-0,306	3,57	2,64
R6	-0,335	0,87	12,92
R7	-0,394	9,18	1,70
R8	-0,285	2,50	3,27
R9	-0,002	0,00	1,98
R10	-0,248	1,19	5,20
R 11	-0,269	4,34	1,67
R12	0,140	0,49	4,02
R13	-0,048	0,06	3,71
R14	1,386	33,20	5,81
R15	-0,052	0,26	1,04
R16	-0,189	1,01	3,57
R17	-0,102	0,18	5,71
R18	0,102	0,51	2,08
R19	-0,452	4,19	4,90
R20	0,140	0,26	7,57
DH1	0,094	0,17	5,12
DH2	-0,223	3,70	1,35
DH3	-0,048	0,10	2,32
DH4	0,348	4,99	2,44
DH5	0,448	4,14	4,87
S1	-0,244	1,07	5,59
S2	0,211	3,17	1,41
Tw	-0,414	2,43	7,09
Bw	-0,052	0,05	5,59
Dw	-0,123	0,49	3,12
F _{0,10}		4,06	1,86
F _{0,05}		6,61	2,23
F _{0,01}		16,26	3,05

Spośród stosunkowo wysoko plonujących linii podwojonych haploidów DH5 nie wykazywała określonej tendencji w reakcji na warunki środowiskowe (istotne tylko odchylenia od regresji), natomiast interakcja linii DH4 z warunkami środowiska tylko częściowo może być wytłumaczona za pomocą regresji liniowej (współczynnik determinacji 55,14%). Typowo ekstensywne, to jest tym słabiej plonujące, im korzystniejsze są warunki środowiska, okazały się rody R16, R17, S1 i Dw. Przeprowadzone porównanie między rodami hodowlanymi a liniami DH pod względem stabilności plonowania nie wykazało istotnych różnic między obiema grupami.

Tabela 2

Testowanie regresji interakcji poszczególnych genotypów pszenżyta względem środowisk
Results of testing regression of interaction against environments for particular triticale genotypes

Genotyp Genotype	Współczynnik Coefficient		Statystyka F dla F statistic for	
	regresji regression	determinacji determination (%)	regresji regression	odchylen od regresji deviation from regression
R1	-0,056	22,91	1,19	1,27
R2	0,197	47,72	3,68	5,09
R3	0,167	24,81	1,32	10,10
R4	0,246	79,70	15,70	1,85
R5	0,039	5,42	0,23	3,12
R6	-0,267	53,04	4,55	7,58
R7	0,040	9,15	0,40	1,93
R8	-0,041	5,03	0,21	3,89
R9	0,031	4,57	0,19	2,36
R10	-0,139	35,78	2,23	4,18
R 11	-0,065	24,36	1,29	1,58
R12	0,184	80,75	16,78	0,97
R13	-0,098	25,04	1,34	3,47
R14	0,198	64,66	7,32	2,57
R15	-0,081	60,42	6,11	0,51
R16	-0,181	88,35	30,34	0,52
R17	-0,230	88,97	32,26	0,79
R18	-0,088	35,82	2,23	1,67
R19	-0,180	63,07	6,83	2,26
R20	0,101	12,89	0,59	8,25
DH1	0,223	93,37	56,34	0,42
DH2	0,053	19,91	0,99	1,35
DH3	0,148	90,65	38,78	0,27
DH4	0,118	55,14	4,92	1,37
DH5	0,149	43,53	3,08	3,44
S1	-0,219	82,43	18,76	1,23
S2	-0,018	2,11	0,09	1,72
Tw	-0,218	64,52	7,27	3,15
Bw	0,155	41,24	2,80	4,11
Dw	-0,165	84,03	21,05	0,62
F _{0,10}			4,54	1,96
F _{0,05}			7,71	2,39
F _{0,01}			21,20	3,36

WNIOSKI

1. Dwadzieścia procent badanych genotypów pszenżyta (5 rodów i 1 linia DH) odznaczało się stabilnym plonowaniem.
2. Spośród 24 genotypów niestabilnych 15 (62,5%) wykazało określoną tendencję w plonowaniu w zależności od warunków środowiska. Dwa rody (R4 i R12) oraz dwie linie DH (DH1, DH3) okazały się formami typowo intensywnymi, natomiast ekstensywną reakcją na warunki środowiska charakteryzowały się cztery genotypy: R16, R17, S1 i Dw.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. SERGEN. Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno-hodowlanych. Wersja 3. Poznań.
- Hu H. 1996. Chromosome engineering in the triticales using pollen-derived plants. In: *In vitro* haploid production in higher plants, Vol. 2: Applications. Mohan Jain S., Sopory S. K., Veilleux R. E. (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 203 — 223.
- Pickering R. A., Devaux P. 1992. Haploid production: Approaches and use in plant breeding. In: Barley genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology. Shewry P. R. (ed.). CAB Int., Wallingford: 519 — 547.
- Simmonds N. W. 1991. Selection for local adaptation in a plant breeding programme. *Theor. Appl. Genet.* 82: 363 — 367.
- Soliman K. M., Allard R. W. 1991. Grain yield in composite cross populations of barley: effects of natural selection. *Crop Sci.* 31: 705 — 708.

DANIELA GRUSZECKA¹**EWA CZERWIŃSKA**²¹ Instytut Genetyki i Hodowli Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie² Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o. z/s w Choryni, Oddział Laski

Charakterystyka rodów uzyskanych z mieszańców pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack) z pszenperzem (*Agrotriticum* sp.)

Characterization of breeding strains derived from crosses between *X Triticosecale* Wittmack and *Agrotriticum* sp.

Dotychczasowe badania jednoznacznie wskazują na możliwość transferu genów oraz wykorzystania gatunków z rodzaju *Agrotriticum* do ulepszania pszenżyta. Celem badań była analiza poziomu niektórych elementów plonowania mieszańców pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack) z pszenperzem (*Agrotriticum* sp.), w porównaniu z wzorcowymi odmianami pszenżyta, w doświadczeniach hodowlanych, co pozwoli na ocenę i określenie przydatności badanego materiału w hodowli twórczej pszenżyta. Obiektem badań był ród ozimego pszenżyta heksaploidalnego LAD 965/98 oraz trzy ozime, wzorcowe odmiany pszenżyta Bogo, Lamberto i Woltario. Badany ród uzyskano w wyniku skrzyżowania ozimego pszenżyta heksaploidalnego — rodu CZR 1132/90 [(Liwillla × Donar) × Liwillla] z pszenperzem PPG 113 (Alef.) Mansf, z VIR z Sankt Petersburga z Rosji, a następnie dwukrotnym wstecznym zapyleniu mieszańcowych roślin pyłkiem pszenżyta CZR 1132/90, celem wyparcia niekorzystnych genów dzikiej formy. W dalszej kolejności uzyskane rośliny rozmnażano przez samozapylenie, prowadząc pozytywną selekcję, uwzględniającą cechy ilościowe i jakościowe. Badane formy brały udział w doświadczeniach hodowlanych, założonych przez Firmę Danko i inne w trzech sezonach wegetacyjnych 1999–2000 (B₂/F₆), 2000–2001 (B₂/F₇), 2001–2002 (B₂/F₈), w kilku miejscowościach: w pierwszym roku w doświadczeniu rodowym laskoskim, w drugim roku w doświadczeniu przedwstępnym i w trzecim roku w doświadczeniu wstępnym, odpowiednio z 49, 41 i 41 obiektami. Badany ród LAD 965/98 okazał się cenny z punktu widzenia hodowlanego, gdyż uzyskał wysokie plony (od 79,5 dt/ha — 89,9 dt/ha) i odpowiednio w latach zajął 1 miejsce (106,7% wzorca), 7 miejsce (108,1% wzorca) i 11 miejsce (105,0% wzorca). Ponadto, w porównaniu ze średnią dla wzorców, odznaczał się większą masą 1000 ziaren, mniejszym ich porastaniem i mniejszym porażeniem przez czynniki chorobotwórcze, wywołujące analizowane choroby liści i kłosów. Wysoka wartość hodowlana badanego rodu pszenżyta może wynikać z transferu korzystnych genów pochodzących od pszenperzu (*Agrotriticum* sp.) lub z współdziałania genów stanowiących jego genotyp, co potwierdza celowość uzyskiwania mieszańców oddalonych.

Słowa kluczowe: *Agrotriticum* sp., doświadczenie hodowlane, elementy plonu, pszenperz, pszenżyto, rody hodowlane, *X Triticosecale* Wittmack

Hitherto studies univocally point out the possibility of gene transfer from *Agrotriticum* hybrids and its utilization for triticale improvement. The aim of the study was to analyze the level of some yield elements of a hybrid between triticale (*X Triticosecale* Wittmack) and *Agrotriticum* (*Agrotriticum* sp.) as compared to standard triticale varieties in breeding experiments. It would allow evaluation of usefulness of the studied material in triticale breeding. The introgressed hexaploid winter triticale strain LAD 965/98 and three standard winter triticale varieties (Bogo, Lamberto and Woltario) were the main objects for the study. The studied strain was derived from crossbreeding of winter hexaploid triticale CZR 1132/90 [(Liwilla × Donar) × Liwilla] with *Agrotriticum* PPG 113 (Alef.) Mansf. from VIR in Sankt Petersburg, Russia, and followed by two back-crosses to CZR 1132/90 triticale. The hybrid plants were reproduced by self-pollination and subjected to selection for important quantitative and qualitative traits. The studied forms entered breeding experiments in Danko Ltd. and were tested in three vegetation seasons 1999–2000 (B₂/F₆), 2000–2001 (B₂/F₇), 2001/2002 (B₂/F₈), at several sites. The numbers of objects in the successive year's experiments were 49, 41 and 41, respectively. The last experiment ranked as the preliminary state trial. The strain LAD 965/98 appeared to be valuable from the breeder's point of view, because it gave high yields (from 79.5 dt/ha to 89.9 dt/ha) and was ranked at the first place (106.7% of standard), seventh (108.1% of standard) and eleventh (105.0% of standard), in respective years. Furthermore, as compared to mean values for the standards, it was distinguished by higher 1000-kernel weight, lower grain sprouting and lower infection by some pathogens causing leaf and spike diseases. Great breeding value of the triticale can result from the transfer of favorable genes originating from *Agrotriticum* (*Agrotriticum* sp.) or co-operation of genes forming its genotype, which is confirmed by the usefulness of achieving the reciprocal hybrids.

Key words: *Agrotriticum* sp., breeding experiment, breeding strains, triticale, *X Triticosecale* Wittmack, yield elements

WSTĘP

W programach oddalonych krzyżowań rodzaj *Agropyron* może być źródłem genów warunkujących m.in. odporność na stresowe czynniki środowiska i wykorzystywany jest głównie do ulepszania pszenicy (Dong i in., 1992; Lingrang i in., 1993; Wan i in., 1997). Interesującym było, czy jest możliwość uzyskania mieszańców międzyrodzajowych pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack) z perzem (*Agropyron* sp.) lub pszenperzem (*Agrotriticum* sp.) i tą drogą uzyskania cennych form hodowlanych pszenżyta. W literaturze brak było danych na ten temat, a prace z tego zakresu zapoczątkowane w 1990 roku, jednoznacznie wskazały na możliwość transferu genów oraz wykorzystania gatunków z rodzaju *Agrotriticum* do ulepszania pszenżyta (Gruszecka, 1992; Gruszecka i Marciniak, 1995; Gruszecka i Strzembicka, 1995; Gruszecka i in., 1993, 1995; Makarska i in., 1997; Masłowski i Gruszecka, 1997; Góral i in., 1997; Arseniuk i in., 1998; Góral i Gruszecka, 1998; Makarska i Gruszecka, 1996, 1998; Kowalczyk i Gruszecka, 2000, 2002; Gruszecka i Ceglińska, 2002).

Celem badań była analiza poziomu niektórych elementów plonowania rodów pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack) z pszenperzem (*Agrotriticum* sp.), w porównaniu z wzorcowymi odmianami pszenżyta, w doświadczeniach hodowlanych. Uzyskane wyniki pozwolą na ocenę i określenie przydatności badanego materiału w hodowli twórczej pszenżyta.

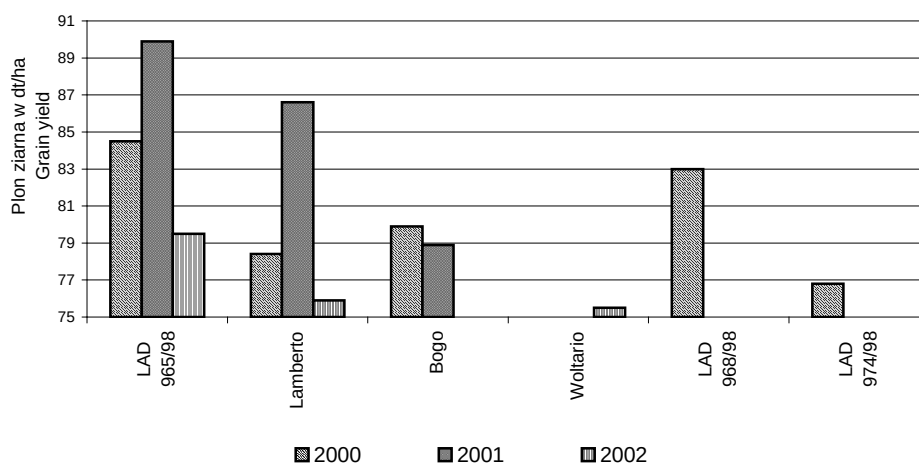
MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań był ród ozimego pszenżyta heksaploidalnego LAD 965/98 oraz trzy ozime, wzorcowe odmiany pszenżyta Bogo, Lamberto i Woltario. Badany ród uzyskano w Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie, w wyniku skrzyżowania ozimego pszenżyta heksaploidalnego — rodu CZR 1132/90 [(Liwilla × Donar) × Liwilla] z pszenperzem PPG 113 (Alef.) Mansf, z VIR z Sankt Petersburga z Rosji a następnie dwukrotnym wstecznym zapyleniu mieszańcowych roślin pyłkiem pszenżyta CZR 1132/90, celem wyparcia niekorzystnych genów dzikiej formy. Następnie uzyskane rośliny rozmnażano przez samozapylenie, prowadząc pozytywną selekcję, uwzględniającą cechy ilościowe i jakościowe.

Badane rody brały udział w doświadczeniach hodowlanych, założonych przez Firmę Danko i inne w trzech sezonach wegetacyjnych 1999–2000 (B₂/F₆), 2000–2001 (B₂/F₇), 2001–2002 (B₂/F₈), w kilku miejscowościach: w pierwszym roku w doświadczeniu rodowym laskoskim w Choryni, Laskach i Dańkowie (po 3 powtórzenia), w drugim roku w doświadczeniu przedwstępnym w pięciu punktach: Laski, Choryń, Sobiejuchy, Dańków i Dębina (po 4 powtórzenia), a w trzecim roku w doświadczeniu wstępnym w sześciu miejscowościach: Choryń, Laski, Małyszyn, Smolice, Szelejewo i Dębina (po 3 powtórzenia). Doświadczenia założone były metodą bloków niekompletnych kolejno w latach: pierwszym dla 49 obiektów, drugim i trzecim po 41 obiektów (400 ziarniaków kielkujących/1 m²). Wielkość poletek do zbioru odpowiednio 5 m², 10 m² i 10 m². Przedplonem były: owies na zielonkę, rzepak ozimy, gorczyca na ziarno, bobik lub mieszanka silosowa. Nawożenie stosowano odpowiednie dla pszenżyta. Obserwacje dotyczące wylegania, porastania i porażenia przez czynniki chorobotwórcze przedstawiono w skali 9°, według której 9 oznacza stan najkorzystniejszy, a 1 najmniej korzystny z punktu widzenia rolniczego. Obliczenia statystyczne opracowano i wykonano w IHAR Kraków w Pracowni Cytogenetyki i Metod Hodowli (programem AWABONS — TP).

WYNIKI I DYSKUSJA

W pierwszym roku badań wybrano trzy rody kombinacji krzyżówkowej [(CZR 1132/90 × PPG 113) × PPG 113] × CZR 1132/90 do doświadczeń w Laskach (LAD 965/98, LAD 968/98 i LAD 974/98). Pierwszy z nich zajął 1 miejsce pod względem wielkości plonu a drugi i trzeci ród uplasowały się odpowiednio na 7 i 41 pozycji (tab. 3). Średni plon odmian wzorcowych Bogo i Lamberto wynosił 79,2 dt/ha, a najlepszy z rodów LAD 965/98 osiągnął średnio o 5,3 dt/ha ziarna więcej, co stanowiło 106,7% wzorca (tab. 3, rys. 1). Ponadto ród ten odznaczał się prawie wszystkimi badanymi cechami rolniczymi korzystniejszymi niż średnie dla wzorców; był o 5 cm niższy, mniej wylegał a ziarno mniej porastało, masa 1000 ziarniaków była większa o 5,0 g, a ciężar ziarna w stanie zsypanym o 3,5 kg/hl (tab. 1), ponadto był odporniejszy na choroby liści o 1,1° (tab. 2). W stosunku do pozostałych dwóch rodów, jako zdecydowanie gorszych, zastosowano selekcję negatywną.



Rys. 1. Plonowanie rodów pszenżyta z pszenperzem oraz odmian wzorcowych pszenżyta w doświadczeniach hodowlanych w latach 2000–2002

Fig. 1. Yielding of strains of triticale — *Agrotriticum* hybrids and triticale standard varieties in breeding experiments in 2000–2002

Tabela 1

Charakterystyka rodów mieszańcowych pszenżyta z pszenperzem w porównaniu z odmianami wzorcowymi; wyniki doświadczeń hodowlanych w latach 2000–2002
Characteristics of hybrid strains of triticale — *Agrotriticum* hybrids as compared to the standard varieties; results from breeding experiments in 2000–2002

Ród Strain	Kłoszenie Heading liczba dni od 1 V days from May the 1 st			Wysokość Height (cm)			Wyleganie skala 1–9 Lodging grade 1–9			Porastanie skala 1–9 Sprouting grade 1–9		Masa 1000 ziaren 1000-kernel weight (g)			Ciężar objętościowy Volume weight (kg/hl)		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002	2001	2002	2000	2001	2002	2000	2001	2002
LAD 965/98	12	24	18	105	123	116	8,7	3,7	7,6	4,6	4,5	40,0	42,0	47,0	74,6	71,1	70,1
LAD 968/98	12			108			9,0										
LAD 974/98	13			117			8,3										
Bogo	13	23		105	121		8,7	4,3		2,5		35,8	34,3		69,2	67,7	70,8
Wzorzec — Standard																	
Lamberto	12	22	17	115	129	118	7,3	2,9	7,4	3,3	4,0	34,2	39,3	40,6	72,9	71,7	71,7
Wzorzec — Standard																	
Woltario			18			99				8,6				50,0			
Wzorzec — Standard																	
Średnia wzorców Mean for standards	13	23	17	110	125	109	8,0	3,6	8,0	2,9	4,0	35,0	36,8	45,3	71,1	69,7	71,2
Liczba doświadczeń Number of experiments	3	5	6	3	5	6	1	4	4	1	2	1	3	2	1	3	2

Tabela 2

Ocena odporności na choroby rodów mieszańcowych pszenżyta z pszenperzem w porównaniu z odmianami wzorcowymi w latach 2000–2002
Evaluation of resistance to diseases of hybrid strains of triticale — *Agrotriticum* hybrids as compared to the standard varieties in 2000–2002

Ród Strain	Choroby liści skala 1–9 Leaf diseases scale 1–9)			Rdza brunatna skala 1–9 Leaf rust scale 1–9		Rdza brunatna Leaf rust MWP*	Rdza żółta skala 1–9 Yellow rust scale 1–9	Choroby kłosa skala 1–9 Spike diseases scale 1–9	
	2000	2001	2002	2001	2002	2001	2001	2001	2002
LAD 965/98	6,3	6,3	7,1	7,3	8,4	4,8	7,7	6,6	7,3
LAD 968/98	6,3								
LAD 974/98	7,0								
Bogo Wzorzec — Standard	5,3	5,9		7,3		1,0	6,1	5,2	
Lamberto Wzorzec — Standard	5,0	6,8	6,2	6,2	6,5	1,3	7,8	6,3	6,6
Woltario Wzorzec — Standard			5,6		7,3				3,1
Srednia wzorców Mean for standard	5,2	6,4	5,9	6,8	6,9	1,2	7,0	5,8	4,9
Liczba doświadczeń Number of experiments	1	2	5	4	5	1	3	2	2

* Ocena rdzy brunatnej metodą wtórnych pędów

* Evaluation of leaf rust by means of secondary shoot method

W doświadczeniu przedwstępnym (w drugim roku badań), w którym analizowano 41 obiektów, ród LAD 965/98 był nieco gorszy pod względem wysokości plonu, zajął 7 miejsce w rankingu (tab. 3), ale okazał się zdecydowanie lepszy od średnich dla wzorców pod względem odporności na badane czynniki chorobotwórcze, szczególnie od powodującego porażenie rdzą brunatną (tab. 2). Ziarniki badanego rodu odznaczały się mniejszym porastaniem niż wzorce, a masa 1000 ziaren i ciężar objętościowy były również stosunkowo wysokie (tab. 1).

W doświadczeniu wstępnym (w trzecim roku badań), w którym wzorcami były odmiany Lamberto i Woltario, w uszeregowaniu pod względem plonowania ród LAD 965/98 zajął 11 miejsce wśród 41 obiektów (tab. 3). Przewyższył średnią dla wzorców o 3,8 dt/ha, co stanowiło 105,0% wzorca. Potwierdziły się także jego stosunkowo niewielkie objawy porażenia przez czynniki chorobotwórcze, wywołujące analizowane choroby liści i kłosów (tab. 2).

Według Gruszeckiej i Marciniak (1995) mieszańce F₁ pszenżyta z pszenperzem wykazywały dużą zmienność pod względem elementów plonowania, odznaczały się istotnie mniejszą masą 1000 ziaren niż ich komponenty rodzicielskie, a ziarniki były bardziej pomarszczone. W wyniku krzyżowań wstecznych, głównie z pszenżytem lub z pszenperzem oraz selekcji pozytywnej, uzyskano wzrost wartości analizowanych cech plonotwórczych, dużą wierność plonowania (Kowalczyk i Gruszecka, 2000, 2002) i stosunkowo małe porażenie przez czynniki chorobotwórcze (Gruszecka i Strzembicka, 1995; Arsenuk i in., 1998; Góral i Gruszecka, 1998).

Tabela 3

Plon ziarna rodów mieszańcowych pszenżyta z pszenperzem w porównaniu z odmianami wzorcowymi w latach 2000–2002

Grain yield of hybrid strains of triticale × *Agrotriticum* hybrids as compared to the standard varieties in 2000–2002

Ród Strain	Plon ziarna Grain yield											
	2000				2001				2002			
	dt/ha	odchyle nie standar- dowe SD	% wzorca % standard	kolej- ność wg plonu ranking by yield	dt/ha	odchyle nie standar- dowe SD	% wzorca % standard	kolej- ność wg plonu ranking by yield	dt/ha	odchyle nie standar- dowe SD	% wzorca % standard	kolej- ność wg plonu ranking by yield
LAD 965/98	84,5	5,3	106,7	1	89,9	6,7	108,1	7	79,5	3,8	105,0	11
LAD 968/98	83,0	3,8	104,8	7								
LAD 974/98	76,8	-2,4	97,0	41								
Bogo												
Wzorzec — Standard	79,9	0,7	100,9	13	79,8	-3,4	95,9	38				
Lamberto												
Wzorzec — Standard	78,4	-0,7	99,1	21	86,6	3,4	104,1	17	75,9	0,2	100,0	17
Woltario												
Wzorzec — Standard									75,5	-0,2	100,0	27
Średnia wzorców Mean for standards	79,2				83,2				75,7			
NIR — LSD	9,3				8,0				4,3			
Liczba doświadczeń Number of experiments	3				5				6			

Niewątpliwie wysoka wartość hodowlana badanego rodu pszenżyta może wynikać zarówno z transferu korzystnych genów pochodzących z pszenperzu, jak i z współdziałania genów wchodzących w skład jego genomu. W dalszym etapie badań celowe będzie określenie udziału obcego genomu w uzyskanym rodzie pszenżyta i jego wpływ na elementy struktury plonu.

WNIOSKI

1. W wyniku krzyżowania oddalonego pszenżyta (*X Triticosecale* Wittmack) z pszenperzem (*Agrotriticum* sp.) oraz selekcji otrzymano materiał mieszańcowy zróżnicowany pod względem elementów plonowania.
2. Badany rząd pszenżyta LAD 965/98, odznaczający się zdecydowanie korzystniejszymi cechami produkcyjnymi w porównaniu z odmianami wzorcowymi pszenżyta, okazał się cenny z punktu widzenia hodowlanego.
3. Wysoka wartość hodowlana badanego rodu pszenżyta może wynikać z transferu korzystnych genów pochodzących od pszenperzu (*Agrotriticum* sp.) lub z współdziałania genów stanowiących jego genotyp, co potwierdza celowość uzyskiwania mieszańców oddalonych.

LITERATURA

- Arseniuk E., Gruszecka D., Tarkowski Cz. 1998. Analysis of *Stagonospora nodorum* blotch resistance in hybrids of triticale, wheat, rye, *Aegilops* sp., *Agrotriticum* sp. and *Dasyphyrum* sp. Proceedings of the 4th International Triticale Symposium. 26–31 July 1998, Red Deer, Alberta, Canada, vol. 1: 303 — 311.
- Dong X. S., Zhou R., Xu S. J. 1992. Desirable characteristic in perennial *Triticeae* collected in China of wheat improvement. *Hereditas* 116: 175 — 178.
- Góral T., Gruszecka D. 1998. Fusarium head blight (*Fusarium culmorum*) resistance in hybrids of X *Triticosecale* Wittmack with *Aegilops* L. species and *Agrotriticum* hybrids. Proceedings of the 4th International Triticale Symposium. 26–31 July 1998, Red Deer, Alberta, Canada, vol. 2: 204 — 207.
- Gruszecka D. 1992. Ocena krzyżowalności niektórych gatunków perzu i pszenperzu z pszenicą, żytem i pszenżytem. XI Zjazd PTG. Kraków. Materiały Konferencji „Genetyka 2000”. 10–12.09: 103.
- Gruszecka D., Ceglińska A. 2003. Jakość technologiczna mieszańców X *Triticosecale* Wittmack z *Agrotriticum* sp. i ich komponentów rodzicielskich. *J. Appl. Genet.* (w druku).
- Gruszecka D., Marciniak K. 1995. Mieszańce F₁ pszenżyta z pszenperzem — otrzymanie i charakterystyka. *Biul. IHAR* 194/195: 85 — 93.
- Gruszecka D., Strzembicka A. 1995. Charakterystyka mieszańców pszenżyta z pszenperzem pod względem odporności na rdzę brunatną. Materiały Drugiego Krajowego Sympozjum pt. „Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające czynniki środowiska”. IHAR Radzików, 12–14 września 1995, 281 — 282.
- Gruszecka D., Masłowski J., Stefanowska G. 1995. Porównanie tolerancyjności siewek mieszańców pszenżyta z pszenperzem na toksyczne jony glinu. Materiały Drugiego Krajowego Sympozjum pt. „Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające czynniki środowiska”. IHAR Radzików, 12–14 września 1995: 405 — 406.
- Gruszecka D., Tarkowski Cz., Marciniak K. 1993. Badania cytogenetyczne międzyrodzajowych mieszańców *Triticosecale* z *Aegilops* i *Agrotriticum*. VIII Krajowa Konferencja Cytogenetyczna, Wrocław, 28–29 wrzesień 1993, Streszczenia — Cytogenetyka roślin.
- Kowalczyk K., Gruszecka D. 2000. Charakterystyka wybranych cech ilościowych mieszańców pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack) z pszenperzem (*Agrotriticum* sp.). *Biul. IHAR* 216: 151 — 157.
- Kowalczyk K., Gruszecka D. 2002. Struktura plonu mieszańcowych rodów X *Triticosecale* Wittmack z *Agrotriticum* sp. *Folia Univ. Agric. Stetin Agricultura* 228, 91: 51 — 56.
- Lingrang K., Fengli G., Honggang W. 1993. Cytoembriological studies on the low fertility of F₁ hybrid between octoploid *Agrotriticum* and *Triticum aestivum* L. Abstracts. VIII Int. Wheat Genet. Symp. China: 23 — 24.
- Makarska E., Gruszecka D. 1996. Wpływ komponentów rodzicielskich na zawartość mikro- i makroelementów w ziarniakach mieszańcowego pszenżyta z pszenperzem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 105 — 110.
- Makarska E., Gruszecka D. 1998. Antitrypsin activity and level of alkylresorcinols in hybrid kernels of X *Triticosecale* Wittmack with *Agrotriticum* sp. and in parental forms. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 3, 7/48: 431 — 435.
- Masłowski J., Gruszecka D. 1997. The analysis of tolerance to toxic aluminium ions in seedlings of [X *Triticosecale* Wittmack × *Agrotriticum* sp.] hybrid. *J. Appl. Genet.* 38B: 289 — 293.
- Makarska E., Makarski B., Gruszecka D. Aktywność antytrypsynowa i poziom alkilorezorcynoli w mieszańcowych ziarniakach pszenżyta z pszenperzem oraz komponentów rodzicielskich. XXXII Zjazd PTB, Kraków, 17–20 września 1996, Streszczenia, VII — 18: 187.
- Wan Y. F., Yen C., Yang J. L. 1997. The diversity of head scab resistance in *Triticeae* and their relation to ecological conditions. *Euphytica* 97: 277 — 281.

JANUSZ SMAGACZ**TADEUSZ DWORAKOWSKI**

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Porównanie wydajności odmian pszenżyta ozimego z pszenicą ozimą lub żytem w stanowiskach po zbożach

Comparison of yielding of winter triticale cultivars with that of winter wheat or rye cultivated after cereals

Dwuczynnikowe doświadczenia polowe przeprowadzono w ramach doświadczalnictwa terenowego ODR. Porównano w nich plonowanie 3 odmian pszenżyta ozimego (Fidelio, Tornado, Prado) z plonem pszenicy ozimej (Roma) na kompleksie żytnim bardzo dobrym w stanowisku po ziemniakach i pszenicy ozimej (9 doświadczeń). Na kompleksie żytnim dobrym po ziemniakach, pszenicy ozimej i pszenżycie ozimym porównywano plonowanie innych 3 odmian pszenżyta ozimego: Moreno, Tewo i Vero z plonem żyta Esprit (3 doświadczenia). Uzyskane wyniki badań potwierdzają pogląd o wysokiej produktywności pszenżyta ozimego uprawianego po zbożach. Na glebach lepszych (kompleks 4) zboże to jest gatunkiem konkurencyjnym w stosunku do pszenicy, natomiast na glebach lżejszych (kompleks 5) plonuje podobnie jak żyto.

Słowa kluczowe: choroby podstawy źdźbła, odmiany, przedplony, pszenżyto ozime, zboża

Two-factorial field experiment was conducted within experimental activity of Regional Advisory Centres. Yielding of three cultivars of winter triticale: Fidelio, Tornado, Prado was compared with that of winter wheat (Roma) all cultivated after potato and winter wheat on a very good rye complex (9 experiments). Moreover, yielding of winter triticale cultivars Moreno, Tewo and Vero was compared with that of winter rye (Esprit) all cultivated after potato, winter wheat and winter triticale on a good rye complex (3 experiments). Results of the research confirm high productivity of winter triticale cultivated after cereals. On better soils (very good rye complex) this cereal is competitive to winter wheat, whereas on light soils (good rye complex) its yielding is similar to that of winter rye.

Key words: cereals, cultivars, forecrops, stem base diseases, winter triticale

WSTĘP

W Polsce w ostatnich latach zbożami obsiewa się ponad 70% gruntów ornych, a w wielu rejonach ich udział w strukturze zasiewów jest znacznie większy. W tej sytuacji problemem staje się zapewnienie odpowiednich stanowisk dla uprawianych gatunków

zbóż. Taka sytuacja wymusza konieczność ich uprawy po sobie, co prowadzi do pewnego spadku plonu, większego w przypadku gatunków bardziej wrażliwych na niekorzystny przedplon (Mazurek, Kuś, 1992; Schönhammer, Fischbeck, 1987; Smagacz, 1997). Jednym ze sposobów przeciwdziałania mniejszej wydajności zbóż uprawianych po sobie jest m.in. dobór gatunków i odmian zbóż dostosowanych do różnych warunków siedliska i agrotechniki oraz charakteryzujących się mniejszymi wymaganiami przedplonowymi i małą wrażliwością na choroby podstawy źdźbła (Bojarczuk, 1995; Collaund i in., 1999; Smagacz, 1999).

Z przeprowadzonych dotychczas badań wynika, że pszenżyto ozime jako gatunek syntetyczny, zawierający w sobie cechy dosyć odpornego żyta oraz wymagającej pszenicy, może wykazywać różny stopień tolerancyjności na niekorzystny przedplon (Bojarczuk, 1995; Smagacz, 2000).

Celem badań jest potwierdzenie hipotezy, że wprowadzone do doboru odmiany pszenżyta ozimego ze względu na swoje pochodzenie genetyczne mogą wykazywać różny stopień wrażliwości na niekorzystny przedplon oraz reagować mniejszym spadkiem plonu ziarna niż inne gatunki zbóż.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenia polowe przeprowadzono w ramach doświadczalnictwa terenowego ODR w latach 2000–2002. Porównano w nich plonowanie 3 odmian pszenżyta ozimego z pszenicą ozimą na kompleksie żytnim bardzo dobrym (9 doświadczeń) oraz z żytem na kompleksie żytnim dobrym (3 doświadczenia). Pojedyncze doświadczenia zakładano w trzech seriach o cyklach dwuletnich, w 3 powtórzeniach, na polach u rolników indywidualnych współpracujących z Ośrodkami Doradztwa Rolniczego w Szepietowie (woj. podlaskie) oraz Kalsku (woj. lubuskie). Pierwszego roku roślinami przygotowującymi stanowiska pod rośliny testowe były:

- ziemniak na oborniku i pszenica ozima (kompleks 4),
- ziemniak na oborniku, pszenica ozima oraz pszenżyto ozime (kompleks 5).

W drugim roku oceniono wartość przedplonową tych stanowisk dla następujących zbóż ozimych:

- pszenżyta ozimego — odmiany Fidelio, Tornado i Prado oraz pszenicy ozimej — odmiana Roma (kompleks 4),
- pszenżyta ozimego — odmiany Moreno, Tewo i Vero oraz żyta mieszańcowego — Esprit F₁ (kompleks 5).

Wielkość poletek do zbioru (dotyczy drugiego roku każdego cyklu badań) wynosiła od 26 do 49 m² w zależności od lokalizacji pojedynczego doświadczenia. Agrotechnika poszczególnych gatunków zbóż była zgodna z technologiami ich produkcji opracowanymi w IUNG (Mazurek, Grabiński, 2000/2001; Mazurek, Jaśkiewicz, 2000/2001; Podolska, 2000/2001).

Oceny porażenia podstawy źdźbła dokonywano jedynie w doświadczeniach zlokalizowanych na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego (dotyczy porównania odmian pszenżyta ozimego z pszenicą ozimą) w fazie dojrzałości mleczno-woskowej. Dla

każdego obiektu zbierano po 100 pędów kłosonośnych. Wydzielono 4 klasy porażenia: 0 — zdrowe, 1 — porażone w stopniu słabym, 2 — porażone w stopniu średnim, 3 — porażone w stopniu silnym. Występowanie nekroz na dolnych międzywęźlach wiązano z ich zainfekowaniem głównie przez *Pseudocercospora herpotrichoides* oraz grzyby z rodzaju *Fusarium*. Indeksy porażenia (%) wyliczono wg wzoru podanego przez Nilssona (cyt. za Hermann, Dovrtel, 1986). Natomiast w fazie dojrzałości pełnej oznaczono plon ziarna oraz masę tysiąca ziaren.

Wyniki opracowano statystycznie, a istotność różnic obliczono przy pomocy testu Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Dodatkowo przy pomocy analizy skupień metodą Warda (cyt. za Filipiak, Wilkos, 1998) wydzielono 4 grupy obserwacji analizowanych zmiennych (dotyczy wyników uzyskanych w 9 doświadczeniach przeprowadzonych na kompleksie żytnym bardzo dobrym), których charakterystykę przedstawiono w dalszej części pracy.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji wykazała istotną zależność wydajności porównywanych zbóż ozimych w zależności od przedplonu i odmiany. W badaniach przeprowadzonych na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego najwyższą wydajnością, średnio z 9 doświadczeń i niezależnie od przedplonu, charakteryzowało się pszenżyto ozime Fidelio, natomiast pozostałe odmiany plonowały istotnie, średnio o 5–8%, niżej. Istotnie mniejsze plony ziarna, średnio aż o 1,2 t z ha, tj. 22%, uzyskano również w przypadku pszenicy ozimej (tab. 1).

Tabela 1

Plon ziarna, masa tysiąca ziaren oraz indeksy porażenia pędów pszenżyta ozimego i pszenicy ozimej w zależności od odmiany i przedplonu (kompleks żytni bardzo dobry, średnio z 9 doświadczeń)
Grain yield, weight of 1000 kernels and eye-spot index of winter triticale and winter wheat depending on cultivar and forecrop (very good rye complex, mean for 9 experiments)

Przedplon Forecrop	Odmiana — Cultivar				Średnio Mean
	Fidelio	Tornado	Prado	Roma	
Plon ziarna — Grain yield (t/ha)					
Ziemniak ^{xx} — Potato	5,95	5,53	5,46	4,68	5,41
Pszenica ozima — Winter wheat	4,70	4,55	4,37	3,57	4,30
Średnio — Mean	5,32	5,04	4,92	4,13	4,85
NIR — LSD _{α = 0,05} dla; for: przedplonu — forecrop (0,11); odmiany — cultivar (0,17); interakcji — interaction (0,21)					
Masa tysiąca ziaren — Weight of 1000 kernels (g)					
Ziemniak ^{xx} — Potato	48,0	42,5	43,1	45,3	44,0
Pszenica ozima — Winter wheat	45,5	40,5	41,0	41,4	42,1
Średnio — Mean	46,7	41,5	42,0	43,4	43,4
NIR — LSD _{α = 0,05} dla; for: przedplonu — forecrop (1,6); odmiany — cultivar (3,7); interakcji — interaction (ni)					
Indeksy porażenia pędów — Eye-spot index (%)					
Ziemniak ^{xx} — Potato	39,6	37,6	40,3	40,6	39,5
Pszenica ozima — Winter wheat	45,1	45,4	46,1	50,1	46,7
Srednio — Mean	42,3	41,5	43,2	45,4	43,1
NIR — LSD _{α = 0,05} dla; for: przedplonu — forecrop (1,3); odmiany — cultivar (2,7); interakcji — interaction (ni)					
Współczynniki korelacji między indeksem porażenia pędów a: plonem ziarna (-0,46); masą 1000 ziaren (-0,52)					
Correlation coefficients between eye-spot index and: grain yield (-0,46); weight of 1000 kernels (-0,52)					

Reakcja porównywanych odmian na niekorzystny przedplon (stanowisko po pszenicy ozimej) była dość duża, a średnie spadki wydajności wahały się od 0,98 do 1,25 t z ha. Największe względne ubytki plonu ziarna stwierdzono u pszenicy ozimej (24%), co istotnie koresponduje z uzyskanymi wynikami dotyczącymi występowania chorób podstawy źdźbła i ich bezpośrednim ujemnym wpływem na masę tysiąca ziaren (tab. 1, wyniki oraz wartości współczynników korelacji prostej). Porażenie dolnych międzywęźli przez patogeny powodujące choroby podstawy źdźbła było największe u pszenicy ozimej (wartość indeksu około 50%) przy jednocześnie 9% ubytku masy 1000 ziaren w porównaniu z obiektem kontrolnym, tj. pszenicą uprawianą w dobrym stanowisku, po ziemniakach na oborniku. Mniejsze względne spadki plonu ziarna w stanowisku po pszenicy stwierdzono u odmian pszenżyta ozimego (średnio 18–21%), co było związane ze słabszym porażeniem dolnych międzywęźli (45–46%) i jego wpływem na dorodność ziarna (tab. 1).

Należy przy tym zaznaczyć, że wysokość uzyskanych plonów ziarna odmian pszenżyta ozimego w stanowisku po pszenicy była podobna (odmiana Fidelio i Tornado) lub tylko nieco mniejsza (odmiana Prado) jak pszenicy ozimej (odmiana Roma) w dobrym stanowisku po ziemniakach na oborniku (tab. 1).

Interesującą charakterystykę uzyskanych wyników dotyczących porównania wydajności odmian pszenżyta ozimego z pszenicą ozimą na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego zawiera tabela 2 dotycząca pogrupowania analizowanych zmiennych na wydzielone 4 grupy obserwacji. Skupienie I obejmuje wyniki dotyczące wszystkich porównywanych odmian głównie po dobrym przedplonie i jednocześnie stanowi najmniej liczną grupę obserwacji (12,5% ogólnej puli 72 wyników). Przeciętne plony ziarna ukształtowały się tu na poziomie 6,2 t z ha przy stosunkowo niskiej masie tysiąca ziaren (33 g) i średnim porażeniu pędów wynoszącym 50%. Najliczniejszą grupę stanowi skupienie II (blisko 39% obserwacji), gdzie skupiły się wyniki uzyskane dla wszystkich odmian jedynie po ziemniakach na oborniku. Średnie plony ziarna wyniosły tu 5,39 t z ha przy równocześnie wysokiej dorodności ziarna (46,8 g) oraz najmniejszym porażeniu roślin przez patogeny powodujące choroby podstawy źdźbła (tab. 2).

Tabela 2

Analiza skupień dotycząca pogrupowania zmiennych na wydzielone grupy obserwacji (n = 72)
Cluster analysis to arrange variables in selected groups of observations (n = 72)

Skupienie Cluster	Odmiana Cultivar	Przedplon Forecrop	Udział wyników Share of results (%)	Plon ziarna Grain yield (t/ha)	MTZ Weight of 1000 kernels (g)	Indeksy porażenia pędów Eye-spot index (%)
I	1, 2, 3, 4	1,6	12,5	6,20	33,0	50,0
II	1, 2, 3, 4	1,0	38,9	5,39	46,8	37,5
III	1, 2	2,0	19,4	4,45	45,5	41,6
IV	3, 4	1,8	29,2	3,81	42,0	48,6

W skupieniu III znalazły się wyniki dotyczące odmian pszenżyta ozimego (odmiana 1 — Fidelio, odmiana 2 — Tornado) uzyskane w stanowisku po pszenicy ozimej i dotyczą 19,4% obserwacji. Wydajność tych odmian ukształtowała się na poziomie 4,45 t z ha przy

równocześnie dużej masie tysiąca ziaren (45,5 g) oraz średnim indeksie porażenia wynoszącym blisko 42%. Skupienie IV natomiast (29,2% obserwacji) obejmuje wyniki uzyskane praktycznie po złym przedplonie (pszenica ozima) i dotyczą odmiany 3 (pszenżyto ozime Prado) oraz 4 (pszenica ozima Roma). Przeciętne plony ziarna nie przekroczyły tu 4 t z ha, przy jednocześnie silniejszym porażeniu dolnych międzywęźli (wartość indeksu — 48,6%) oraz masie tysiąca ziaren na poziomie 42 g (tab. 2).

Wyniki uzyskane na kompleksie żytnim dobrym (tab. 3) dotyczą porównania wydajności pszenżyta ozimego (odmiana Moreno, Tewo i Vero) z żytem mieszańcowym (odmiana Esprit). Wskazują one na istotne zróżnicowanie wydajności poszczególnych odmian w zależności od przedplonu. Najśłabszą reakcję (średnio z 3 doświadczeń) na niekorzystny przedplon wykazywało pszenżyto Vero, które plonowało podobnie po wszystkich przedplonach. Większe względne spadki plonu ziarna po przedplonach kłosowych zanotowano u odmiany Tewo (7–12%) i Moreno (11–15%), natomiast największe u żyta Esprit (15–17%; tab. 3).

Tabela 3

**Plon ziarna oraz masa tysiąca ziaren pszenżyta i żyta ozimego w zależności od odmiany i przedplonu
(kompleks żytni dobry, średnio z 3 doświadczeń)**
**Grain yield and weight of 1000 kernels in winter triticale and rye depending on cultivar and forecrop
(good rye complex, mean for 3 experiments)**

Przedplon Forecrop	Odmiana — Cultivar				Średnio Mean
	Moreno	Tewo	Vero	Esprit	
Plon ziarna — Grain yield (t/ha)					
Ziemniak ^{xx} — Potato	4,67	4,52	4,39	5,35	4,74
Pszenica ozima — Winter wheat	3,99	3,96	4,33	4,53	4,20
Pszenżyto ozime — Winter triticale	4,16	4,22	4,32	4,46	4,29
Średnio — Mean	4,27	4,24	4,34	4,78	4,41
NIR — LSD _{α = 0,05} dla; for: przedplonu — forecrop (0,15); odmiany — cultivar (0,11); interakcji — interaction (0,23)					
Masa tysiąca ziaren — Weight of 1000 kernels (g)					
Ziemniak ^{xx} — Potato	38,4	40,9	44,6	37,0	40,2
Pszenica ozima — Winter wheat	36,5	39,1	41,5	37,4	38,7
Pszenżyto ozime — Winter triticale	37,8	40,2	40,7	36,6	38,8
Średnio — Mean	37,6	40,1	42,3	37,0	39,2
NIR — LSD _{α = 0,05} dla; for: przedplonu — forecrop (ni); odmiany — cultivar (5,6); interakcji — interaction (ni)					

Pomimo tak silnej reakcji żyta na niekorzystny przedplon należy zaznaczyć, że wydajność tego gatunku jest duża i praktycznie w każdym przypadku (znacznie lepiej po dobrym przedplonie) przewyższa swoją wydajnością pszenżyto ozime wysiewane w analogicznych stanowiskach z żytem. Przedplon nie różnicował istotnie masy tysiąca ziaren, która zależała jedynie od odmiany (tab. 3).

Przeprowadzone obserwacje, jak też wcześniejsze badania własne (Smagacz, 2000) oraz innych autorów (Bojarczuk, 1995; Mazurek, Kuś, 1992) wskazują, że odmiany pszenżyta ozimego mogą wykazywać różny poziom wrażliwości na niekorzystny przedplon. Jednocześnie wydajność tego gatunku uprawianego po zbożach na glebach dobrych (kompleks żytni bardzo dobry) jest stosunkowo wysoka, a spadki plonu nie są tak duże, jak w przypadku pszenicy ozimej uprawianej po przedplonach kłosowych, co potwierdzają badania Mazurka i Kusiowej (1992) oraz wcześniejsze badania własne

(Smagacz, 1997). Na glebach słabszych (kompleks żytni dobry) pszenżyto ozime ustępuje wydajnością żytu, jakkolwiek w stanowiskach po zbożach występujące różnice są mniejsze.

WNIOSKI

1. Przeprowadzone doświadczenia potwierdzają pogląd o dużej wydajności pszenżyta ozimego uprawianego po zbożach.
2. Straty plonu spowodowane występowaniem chorób podstawy źdźbła nie są tak duże, jak w przypadku pszenicy ozimej uprawianej w analogicznych stanowiskach po przedplonach kłosowych.
3. Na glebach słabszych żyto jest zbożem konkurencyjnym w stosunku do pszenżyta ozimego.

LITERATURA

- Bojarczuk J. 1995. Reakcja heksaploidalnego pszenżyta ozimego na niekorzystne warunki fitosanitarne gleby. Cz. II. Ocena tolerancji odmian. Hod. Rośl. Aklim. 39. 1/ 2: 19 — 31.
- Collaud J. F., Fossati A., Fossati D. 1999. Description des varietes de cereales du catalogue national. Revue Suisse d'Agriculture, 31 (4).
- Filipiak K., Wilkos S. 1998. Wybrane metody analizy wielozmiennej i ich zastosowanie w badaniach przestrzennych. Puławy R (349).
- Herman M., Dovrtel J. 1986. Vztahy mezi vynosem pšenice a napadením houbou *Pseudocercospora herpotrichoides*. Sborník UVTIZ. Ochrana Rostlin 22 (3): 207 — 216.
- Mazurek J., Grabiński J. 2000/2001. Zalecenia agrotechniczne. Technologie uprawy roślin. Żyto ozime (8).
- Mazurek J., Jaśkiewicz B. 2000/2001. Zalecenia agrotechniczne. Technologie uprawy roślin. Pszenżyto ozime (6).
- Mazurek J., Kuś J. 1992. Porównanie wymagań przedplonowych pszenżyta z innymi gatunkami zbóż. Biul. IHAR 181/182: 93 — 105.
- Podolska G. 2000/2001. Zalecenia agrotechniczne. Technologie uprawy roślin. Pszenica ozima (1).
- Schönhammer A., Fischbeck G. 1987. Untersuchungen an getreidereichen Fruchtfolgen und Getreidemonokulturen. 1. Mitteilung: Die Differenzierung der Ertragsleistung und deren Struktur im Verlauf von 15 Versuchsjahren. Bayer. Landw. Jahrb. 64 (2): 175 — 191.
- Smagacz J. 1997. Plonowanie i porażenie przez choroby podstawy źdźbła pszenżyta i innych zbóż ozimych w zależności od przedplonu. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 175, Rolnictwo 65: 405 — 411.
- Smagacz J. 1999. Znaczenie pszenżyta w warunkach dużego udziału zbóż w strukturze zasiewów. Pam. Puł. 114: 325 — 334.
- Smagacz J. 2000. Plonowanie odmian pszenżyta ozimego i ich porażenie przez patogeny podstawy źdźbła w zależności od stanowiska. Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura 82: 255 — 260.

BOGUSŁAWA JAŚKIEWICZ

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wzrost i gromadzenie masy pszenżyta Fidelio w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i gęstości siewu

Growth and plant mass accumulation of triticale Fidelio under different nitrogen fertilization and sowing rates

W trzyletnim doświadczeniu polowym określono wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na dynamikę masy roślin oraz liczbę i długość pędów na roślinie w poszczególnych fazach rozwoju pszenżyta odmiany Fidelio. Najwyższą masę z rośliny (zieloną i suchą) otrzymano przy wysiewie 1,5 mln ziaren/ha. Nawożenie azotem 80 kg/ha wpłynęło istotnie na zwiększenie masy kłosów z rośliny

Słowa kluczowe: dawka azotu, gęstość siewu, masa roślin, liczba pędów, długość pędu

Influence of N-fertilization and sowing rate on dynamics of plant mass accumulation, shoots number and shoot height was investigated for the winter triticale cultivar Fidelio in a three years experiment. The highest plant mass (green and dry) was recorded at sowing density of 1.5 millions of grains per hectare. The rate of 80 kg/ha of N-fertilization significantly increased mass of spikes per plant.

Key words: nitrogen dose, sowing density, plant mass, number of shoots, shoot length

WSTĘP

Z dotychczasowych badań (Jaśkiewicz, 1995, Mazurek i in., 1999)) wynika, że przebieg przyrostu suchej masy roślin w miarę ich rozwoju, a także kształtowanie się liczby pędów na roślinie ma związek z końcowym plonem ziarna. Mianowicie stwierdzono dodatnią korelację między plonem ziarna z jednostki powierzchni a masą roślin. Z badań Kozłowskiej-Ptaszyńskiej (1987), Nieróbcy (1997) wynika, że pędy boczne konkurują z pędem głównym o wodę, składniki mineralne i światło. Prowadzi to często do zamierania większości z nich, co związane jest z ubytkiem części suchej masy wytworzonej przez rośliny.

Celem niniejszej pracy jest określenie, w jakim stopniu nawożenie azotem i gęstość siewu wpływa na masę roślin oraz liczbę i długość pędów na roślinie w poszczególnych fazach rozwoju roślin pszenżyta półkarłowego odmiany Fidelio.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w RZD IUNG Grabów w latach 1997–2000 na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego. Doświadczenie z dwoma czynnikami założono metodą podbloków losowanych w czterech powtórzeniach. Uwzględniono cztery gęstości siewu: 1,5, 2,5, 3,5, 4,5 mln ziaren na ha, oraz pięć dawek nawożenia azotem 0, 40, 80, 120, 160 kg/ha. Nawożenie fosforem i potasem zastosowano przed siewem pszenżyta w ilości 60 kg P_2O_5 i 100 kg K_2O .

Przebieg gromadzenia masy określono przez pobieranie prób roślin z powierzchni 0,25 m² każdego obiektu w fazie krzewienia wiosennego, strzelania w źdźbło, kłoszenia, dojrzałości pełnej. Oznaczono zieloną i suchą masę rośliny, masę kłosów z rośliny, liczbę i średnią długość pędów na roślinie.

Wyniki pomiarów i oznaczeń opracowano przy pomocy analizy wariancji, synteza z trzech lat, określając istotność różnic pomiędzy średnimi za pomocą testu Tukeya dla $P = 0,05$

WYNIKI I DYSKUSJA

Nie stwierdzono współdziałania nawożeniem azotem z gęstością siewu w kształtowaniu zielonej i suchej masy roślin, liczby pędów na roślinie i średniej ich długości oraz masy kłosów z rośliny. Dlatego w zestawieniu wartości wymienionych cech podano osobno dla gęstości siewu i nawożenia azotem (tab. 1, 2).

Z wcześniejszego opracowania Jaśkiewicz (2001) wynika, że odmiana Fidelio, charakteryzująca się skróconą słomą reaguje wzrostem plonu ziarna na zwiększanie dawek azotu do 120 kg N/ha. Natomiast ilości wysiewu zróżnicowane w granicach od 1,5 do 4,5 mln ziaren na ha nie spowodowały istotnych zmian w poziomie plonowania pszenżyta.

Stwierdzono większą masę kłosów z rośliny przy najrzadszych siewach tj. 1,5 mln/ha (tab. 1). Wraz ze wzrostem gęstości siewu zmniejszała się masa kłosów z rośliny. Istotny wzrost masy kłosów z rośliny stwierdzono między obiektem nienawożonym a obiektem, na którym zastosowano 80 kg azotu na ha.

Badane w doświadczeniu gęstości siewu różnicowały plon zielonej i suchej masy z rośliny. We wszystkich fazach wzrostu wyższą zieloną i suchą masę z rośliny stwierdzono przy wysiewie 1,5 mln ziaren/ha natomiast najniższą przy największym zagęszczeniu roślin na jednostce powierzchni (4,5 mln ziaren/ha). Zielona masa z rośliny najwyższa była w fazie kłoszenia, natomiast sucha masa z rośliny w fazie dojrzałości pełnej.

Według Yoshidy (1972) duża obsada roślin powoduje ich wzajemne zacienianie i powoduje ograniczenie fotosyntezy i niedostateczne zaopatrzenie kwiatostanów w asymilaty.

Zielona i sucha masa rośliny w poszczególnych fazach rozwojowych była różna w zależności od dawki nawożenia azotem z wyjątkiem fazy krzewienia wiosennego (tab. 1), tj. okresu, w którym pogłównie zastosowany nawóz jeszcze nie działał. W fazie strzelania w źdźbło zielona masa roślin istotnie wzrosła pod wpływem dawek 40 i 160 kg N/ha w stosunku do obiektu bez nawożenia. Natomiast w fazie kłoszenia istotny wzrost zielonej masy z rośliny stwierdzono na obiektach nawożonych dawką 40, 80 kg azotu na ha.

Tabela 1

Zielona i sucha masa rośliny oraz masa kłosów z rośliny w fazach rozwojowych w zależności od gęstości siewu (mln/ha) i nawożenia azotem (kg/ha)

Green and dry matter of plants and mass of ears per plant in growth stages, depending on sowing density and nitrogen fertilization

Czynnik Factor	Zielona masa z rośliny (g) Green matter of plants				Sucha masa z rośliny (g) Dry matter of plants				Masa kłosów z rośliny (g) Mass ears per plant			
	fazy rozwojowe growth stages											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
gęstość siewu (mln/ha) density of sowing												
1,5	2,31	9,36	26,6	—	0,39	1,53	6,92	12,11	—	—	—	7,15
2,5	1,54	6,87	18,8	—	0,30	1,19	4,62	8,81	—	—	—	4,72
3,5	1,48	5,83	18,4	—	0,27	1,01	3,95	6,43	—	—	—	3,44
4,5	1,36	4,98	14,8	—	0,26	0,82	3,14	5,95	—	—	—	3,09
NIR _{0,05}	0,464	1,784	8,65	—	0,067	0,364	1,016	2,860	—	—	—	1,459
LSD _{0,05}												
nawożenie azotem (kg/ha) nitrogen fertilization												
0	1,51	4,49	14,2	—	0,30	0,91	4,08	6,75	—	—	—	3,37
40	1,72	6,09	17,3	—	0,31	1,11	4,12	6,74	—	—	—	4,35
80	1,83	6,29	20,7	—	0,32	1,24	4,32	8,21	—	—	—	4,74
120	1,62	6,96	21,8	—	0,30	1,20	4,40	8,76	—	—	—	5,12
160	1,68	7,95	23,0	—	0,31	1,23	4,78	10,1	—	—	—	5,42
NIR _{0,05}	r.n	1,507	3,53	—	r.n	0,243	0,109	2,548	—	—	—	1,252
LSD _{0,05}												

1 — Krzewienie wiosenne — Spring tillering; 2 — Strzelanie w źdźbło — Shooting

3 — Kłoszenie — Heading; 4 — Dojrzałość pełna — Full maturity

Sucha masa z rośliny w fazie strzelania w źdźbło zwiększyła się istotnie pod wpływem zastosowania 40 kg azotu na ha, a w fazie kłoszenia, 80 kg. W fazie dojrzałości pełnej sucha masa z rośliny była podobna na obiektach nienawożonych i 40 kg N/ha i istotnie wyższa przy 80 i 160 kg azotu na ha. Dalszy wzrost nawożenia azotem istotnie zwiększył suchą masę z rośliny.

W okresie wegetacji pszenżyta liczba pędów z rośliny zmniejszała się. Zamieranie pędów bocznych w okresie wegetacji stwierdził Nieróbca (1997) i Kozłowska-Ptaszyńska (1987). Najwięcej pędów stwierdzono w fazie krzewienia wiosennego. Jest to zgodne z wcześniejszym opracowaniem (Jaśkiewicz, 1995), w którym stwierdzono istotny dodatni związek krzewienia wiosennego pszenżyta z krzewieniem produktywnym. Małe zagęszczenie roślin (1,5 mln/ha) wpłynęło korzystnie na liczbę pędów z rośliny, natomiast

większe (2,5 mln/ha) i duże (4,5 mln/ha) spowodowało zmniejszenie liczby pędów we wszystkich fazach rozwojowych. W innych badaniach (Jaskiewicz, 2001) również stwierdzono, że zwiększenie obsady roślin działa ograniczająco na krzewienie się roślin pszenżyta ozimego. Nieróbca (1997) prowadząc badania nad pszenżytem jarym stwierdził, że rośliny wysiane rzadko wytwarzają mniejszą liczbę pędów bocznych od roślin rosnących w większym zagęszczeniu na jednostce powierzchni.

Tabela 2

Liczba pędów z rośliny oraz średnia długość pędów z rośliny w fazach rozwojowych w zależności od gęstości siewu (mln/ha) i nawożenia azotem (kg/ha)
Number of shoots per plant and their average length in growth stages, depending on sowing density and nitrogen fertilization

Czynnik Factor	Liczba pędów z rośliny (szt) Number of shoots per plant				Średnia długość pędów z rośliny (cm) Average length of shoots			
	fazy rozwojowe growth stages							
	1	2	3	4	1	2	3	4
gęstość siewu (mln/ha) density of sowing								
1,5	6,9	6,5	4,6	2,9	—	37,4	76,9	88,6
2,5	5,5	5,0	3,8	2,2	—	36,7	77,8	85,9
3,5	4,8	4,3	3,2	1,7	—	36,8	74,7	86,5
4,5	4,4	3,8	2,9	1,6	—	37,7	77,0	84,3
NIR _{0,05}	0,92	1,21	0,76	0,45	—	r.n	r.n	r.n
LSD _{0,05}								
nawożenie azotem (kg/ha) nitrogen fertilization								
0	5,3	4,2	3,2	1,8	—	30,5	67,5	76,2
40	5,3	4,6	3,5	2,0	—	35,6	77,0	85,2
80	5,6	5,4	3,8	2,2	—	39,3	79,8	90,5
120	5,2	4,8	3,9	2,2	—	40,1	78,3	89,7
160	5,5	5,3	3,7	2,3	—	40,1	80,2	90,0
NIR _{0,05}	r.n	0,68	0,60	0,43	—	2,46	5,16	3,52
LSD _{0,05}								

Zagęszczenie roślin nie miało istotnego wpływu na średnią długość pędów z rośliny w żadnej fazie rozwojowej.

Liczba pędów z rośliny zależała od dawki nawożenia azotem. Począwszy od fazy strzelania w źdźbło, rośliny nawożone azotem 80 kg/ha charakteryzowały się istotnie większą liczbą pędów z rośliny od roślin pochodzących z obiektów nawożonych niższymi dawkami azotu. Natomiast w fazie kłoszenia istotnie większą liczbę pędów stwierdzono między obiektem nienawożonym a obiektem nawożonym dawką 120 kg N/ha. W fazie dojrzałości pełnej liczba pędów z rośliny zwiększyła się pod wpływem nawożenia 160kg azotu na ha.

Średnia długość pędów z rośliny w fazie strzelania w źdźbło i dojrzałości pełnej była podobna przy nawożeniu 80 kg N/ha i wyższym. W badaniach Nieróbcy (1997) nawożenie azotem modyfikowało również występowanie pędów o różnej wysokości.

WNIOSKI

1. Zróżnicowane dawki nawożenia azotem zmieniały przebieg gromadzenia masy roślin pszenżyta w okresie wegetacji
2. Największą masę kłosów z rośliny stwierdzono przy najmniejszym zagęszczeniu roślin na jednostce powierzchni tj. 1,5 mln ziaren/ha
3. Nawożenie azotem 80kg/ha wpłynęło na zwiększenie masy kłosów z rośliny.
4. We wszystkich fazach wzrostu wyższą zieloną i suchą masę z rośliny stwierdzono przy wysiewie 1,5 mln ziaren/ha
5. Małe ilości wysiewu (1,5; 2,5 mln ziaren/ha) stymulowały krzewienie się roślin pszenżyta, ale nie miały istotnego wpływu na długość pędów.

LITERATURA

- Jaśkiewicz B. 2001. Wykorzystanie nawożenia azotem przez odmianę pszenżyta ozimego Fidelio w zależności od gęstości siewu. Biul. IHAR 218/219: 299 — 305.
- Jaśkiewicz B. 1995. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od terminu siewu i obsady roślin, Seria R, IUNG, Puławy.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z. 1987. Reakcja odmian owsa na usuwanie pędów bocznych nie wykłoszonych w zależności od poziomu i terminu nawożenia azotem. IUNG, Puławy, R (226): 1 — 35.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B. 1999. Efektywność zróżnicowanych dawek azotu w uprawie nowych odmian pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 211: 149 — 152.
- Nieróbca P. 1997. Tworzenie się pędów bocznych pszenżyta jarego w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych. Zeszyty Naukowe, AR Szczecin, Rolnictwo, 175, 1997: 293 — 297.
- Yoshida S. 1972. Physiological aspects of grain yield. Ann. Rev. Plant Physiology. Abstract. 23.

MARIA MOŚ**TOMASZ WÓJTOWICZ**Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ temperatury na kiełkowanie wybranych odmian pszenżyta jarego

The effect of temperature on germinability of some cultivars of spring triticale seeds

W latach 2000–2001 podjęto próbę uchwycenia spoczynku ziarniaków 5 odmian pszenżyta jarego. W tym celu podczas oceny kiełkowania zastosowano temperatury 10, 15, 20, 25°C oraz wysiew w dwu terminach w 4 i 14 dniu od zbioru. Najwyższy wpływ temperatur stwierdzono oceniając średni czas kiełkowania (wg Piepera), którego wartości uległy skróceniu ze wzrostem temperatury z 10 do 25°C. W tych samych warunkach obserwowano spadek zdolności kiełkowania w I terminie oceny. Ocena wykonana w późniejszym terminie wykazała istotny wpływ warunków pogodowych na głębokość spoczynku ziarniaków. Najgłębszym spoczynkiem charakteryzowały się odmiany Kargo i Migo, płytki spoczynek wystąpił u odmian Gabo i Wanad. Obliczony indeks spoczynkowy przyjmował bardzo niskie wartości od 0,06 do 0,15 i wskazuje na małą przydatność w ocenie ziarniaków pszenżyta, które charakteryzuje się płytkim spoczynkiem.

Słowa kluczowe: indeks spoczynku, pszenżyto jare, szybkość kiełkowania, zdolność kiełkowania.

In the years 2000–2001 an attempt to determine the dormancy of seeds of five triticale cultivars was made. For that purpose germination was evaluated at 10, 15, 20 and 25°C, and seeds were sown at two dates, 4 and 14 days after harvest. The greatest effect of temperature was found when average germination time was determined (using Pieper's method), the values of which decreased with an increase in temperature from 10 to 25°C. Under the same conditions a decrease in germination capacity at the first evaluation date was observed. When evaluation was done at a later date, a significant effect of weather conditions on the level of seed dormancy was found. Two cultivars, Kargo and Migo, were characterized by the highest level of dormancy, while cultivars Gabo and Wanad showed a low level of dormancy. The values of the estimated dormancy index were very low — from 0.06 to 0.15, which indicates its poor usability for the evaluation of triticale seeds, considering the fact that triticale is characterized by a low dormancy level.

Key words: dormancy index, germination ability, rate of germination, spring triticale

WSTĘP

Pszenżyto charakteryzuje się płytkim spoczynkiem (Moś, 1994), a nawet jego brakiem (Hill, 1980), który sprzyja porastaniu. Głębokość spoczynku zależy od genotypu, jednak

znaczny modyfikujący wpływ na jego kształtowanie mają warunki pogodowe występujące podczas dojrzwienia i zbioru (Buraas, Skinnes, 1985; Karvonen i in., 1991; Fenner, 1991; Moś, 1994; Rodriguez i in., 2001). O szybkości ustępowania spoczynku mogą decydować warunki jego oceny, w których istotny wpływ przypisuje się temperaturze. Podczas oceny zdolności kiełkowania w niskich temperaturach (10°C) spoczynek u zbóż nie jest obserwowany, ale wzrasta ze wzrostem temperatury (Black i in., 1987; Binek, 2000; Rodriguez i in., 2001).

Badania miały na celu określenie wpływu zróżnicowanej temperatury na kiełkowanie ziarniaków pszenżyta jarego. Jednocześnie podjęto próbę uchwycenie spoczynku badanych odmian.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono dla odmian pszenżyta jarego: Gabo, Kargo, Mieszko, Migo, Wanad w latach 2001, 2002. W fazie pełnej dojrzałości zebrano kłosa z doświadczenia polowego prowadzonego w SD Prusy, bezpośrednio po zbiorze omłócono na młocarni do pojedynków i doczyszczono. Ocenę kiełkowania przeprowadzono w dwóch terminach wysiewając ziarniaki po 4 i 14 dniach od zbioru. Kiełkowanie przeprowadzono w 4 zróżnicowanych temperaturach: 10, 15, 20 i 25°C. W obydwu terminach dla każdej temperatury i odmiany wysiano po 50 ziarniaków w szalkach Petriego w 4 powtórzeniach. Codziennie przez okres 8 dni liczono i usuwano z podłoża ziarniaki, które wykształciły korzonki o długości 5 mm. Na tej podstawie obliczono średni czas kiełkowania (współczynnik Piepera), szybkość kiełkowania (współczynnik Maguire'a), zdolność kiełkowania (ZK) oraz indeks spoczynku (IS) (Gate, 1995 cyt. Rodriguez, 2001):

$$IS = (ZK \text{ w temp. } 10^{\circ}C - ZK \text{ w temp. } 25^{\circ}C) / ZK \text{ w temp. } 10^{\circ}C$$

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Procentowe wartości zdolności kiełkowania przekształcono na wartości Blissa, wartości indeksu spoczynkowego powiększono o wartość „1”, pozostałe wskaźniki analizowano bez transformacji. Dla wyodrębnionych źródeł zmienności oszacowano komponenty wariancji według modelu mieszanego, w którym temperatury i odmiany przyjęto jako czynniki stałe, a lata stanowiły czynnik losowy. Na podstawie analizy pojedynczych czynników oceniono istotność zróżnicowania zdolności kiełkowania i szybkości kiełkowania (współczynnik Maguire'a) odmian w zróżnicowanych temperaturach oceny.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały istotny wpływ zastosowanych temperatur do oceny spoczynku ziarniaków. Na podstawie oszacowanych komponentów wariancji najwyższy wpływ temperatur stwierdzono podczas oceny średniego czasu kiełkowania obliczonej na podstawie współczynnika Piepera (tab. 1). Wartości komponentów wariancji wynosiły podczas oceny po 4 (TI) i 14 (TII) dniach od zbioru odpowiednio 94,7 i 73,8% ogólnej zmienności. Wpływ temperatury na średni czas kiełkowania przedstawiono na rysunku 1.

Tabela 1

Procentowe wartości komponentów wariancji oraz istotność zróżnicowania wyodrębnionych źródeł zmienności dla zdolności kielkowania i współczynników Piepera i Maguire'a
Percentage of variance components and significance of variability of the sources of variation for germinability and Pieper's and Maguire's coefficients

Źródła zmienności Sources of variation	Zdolność kielkowania Germinability	Współczynnik Piepera Pieper's coefficient	Współczynnik Maguire'a Maguire's coefficient
	termin oceny: — date of evaluation		
	4 dni po zbiorze — 4 days after harvest		
Lata — Years (A)	1,4 ni	3,1**	9,1**
Temperatura — Temperatures (B)	37,4**	94,7**	0,0**
Odmiany — Cultivars (C)	8,7**	0,6**	11,1**
Interakcja — Interaction:			
A × B	4,2*	0,1 ni	48,3**
A × C	15,7**	0,2 ni	5,3**
B × C	21,0**	0,0 ni	12,7**
A × B × C	0,0 ni	0,2 ni	7,5*
Błąd — Error	11,5	1,1	6,0
14 dni po zbiorze — 14 days after harvest			
Lata — Years(A)	50,9**	22,8**	32,3**
Temperatura — Temperatures (B)	0,1**	73,8**	37,5**
Odmiany — Cultivars (C)	0,0**	1,2 ni	0,0**
Interakcja — Interaction:			
A × B	12,2**	1,0**	17,7**
A × C	27,2**	0,1 ni	8,4**
B × C	0,0 ni	0,2*	0,3 ni
A × B × C	1,0 ni	0,2 ni	0,5 ni
Błąd — Error	8,5	0,6	3,3

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

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

ni — Różnica nieistotna; Not significant

Tabela 2

Istotność zróżnicowania współczynnika Maguire'a oraz zdolności kielkowania odmian pszenżyta jarego w zróżnicowanych temperaturach (10, 15, 20, 25°C) podczas oceny w dwu terminach w latach 2001 i 2002

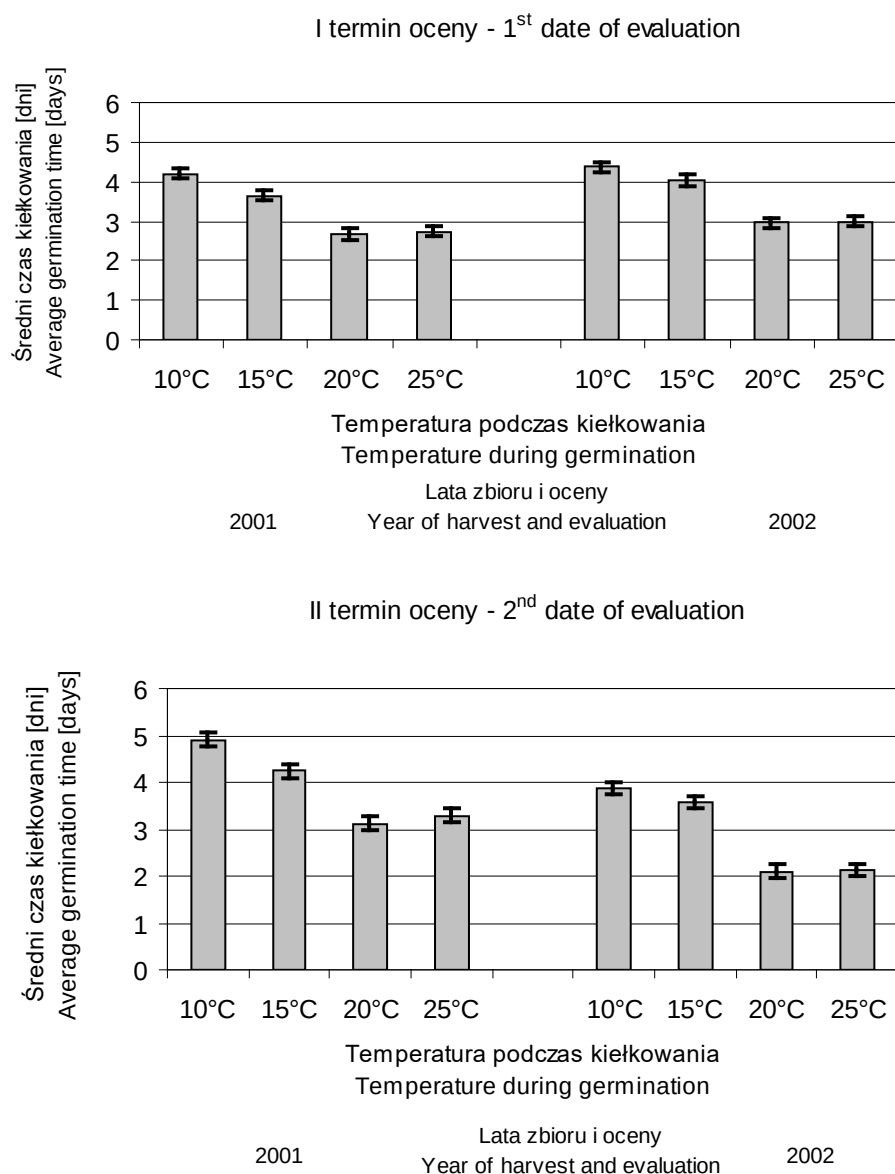
The significance of Maguire's coefficient and germination capacity variability for spring triticale cultivars evaluated at various temperatures (10, 15, 20, 25°C) at two dates in the years 2000 – 2001

Odmiany Cultivars	I termin oceny — 1 st date of evaluation				II termin oceny — 2 nd date of evaluation			
	Współczynnik Maguire'a Maguire's coefficient		ZK — Germinability		Współczynnik Maguire'a Maguire's coefficient		ZK — Germinability	
	2001	2002	2001	2002	2001	2002	2001	2002
Gabo	**	**	*	ni	**	**	**	ni
Kargo	*	**	*	**	**	**	**	ni
Mieszko	**	ni	ni	*	**	**	ni	ni
Migo	**	**	**	**	**	**	*	ni
Wanad	**	**	ni	ni	**	**	*	ni

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

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

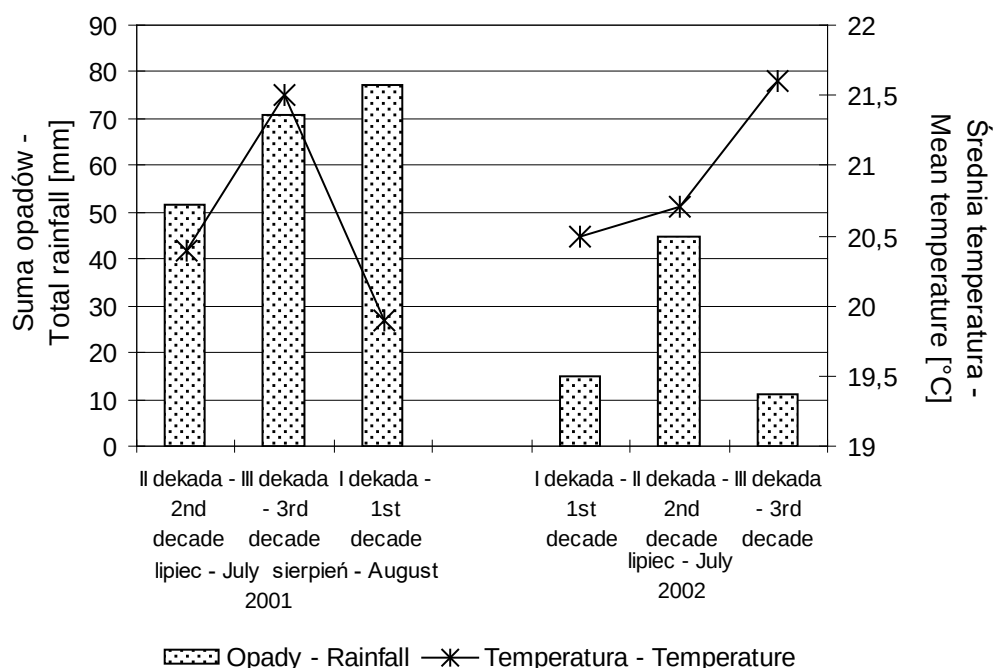
ni — Różnica nieistotna; Not significant



Rys. 1. Wpływ temperatur i lat zbioru na średni czas kiełkowania wg Piepera
Fig. 1 The effects of temperature and year of harvest on average germination time (using Pieper's method)

Wraz ze wzrostem temperatury z 10 do 25°C obserwowano skrócenie czasu kiełkowania. Wartości współczynnika Piepera obliczane dla I i II terminu wysiewu w obydwu latach

obniżały się w kolejno rosnących temperaturach odpowiednio w I terminie wysiewu z 4,2 do 2,7 dni w 2001 i z 4,4 do 3,0 dni w 2002 roku oraz w II terminie oceny z 4,9 do 3,3 dni w 2001 roku oraz z 3,9 do 2,1 dni w 2002 roku. Podczas wysiewu w II terminie ujawnił się znacznie wyższy, istotny wpływ lat, na który przypadało 22,8% ogólnej zmienności. Przebieg warunków pogodowych istotnie różnił się podczas dojrzewania ziarniaków w kolejnych latach (rys. 2). Wyższe temperatury w ostatniej dekadzie przed zbiorem w 2002 roku istotnie wpłynęły na skrócenie spoczynku, a jednocześnie średniego czasu kiełkowania, który w I terminie oceny wynosił 3,6 dni, a w II terminie uległ skróceniu do 2,8 dni. Wyniki te są zgodne z badaniami Fenner (1991), Karvonen i wsp.(1991), Moś (1994), według których płytszy spoczynek wykształca się, gdy podczas dojrzewania ziarna występują wyższe temperatury.

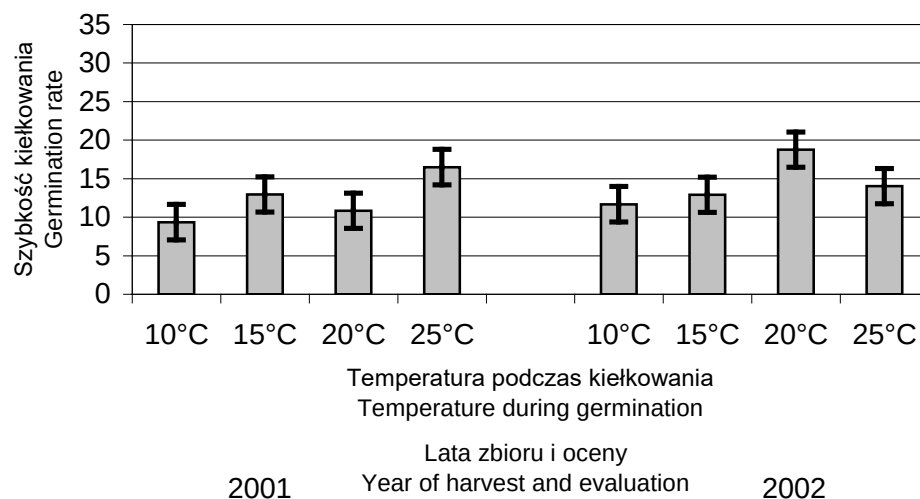


Rys. 2. Przebieg temperatur i opadów w okresie dojrzewania
Fig. 2 Temperature and rainfall during the ripening

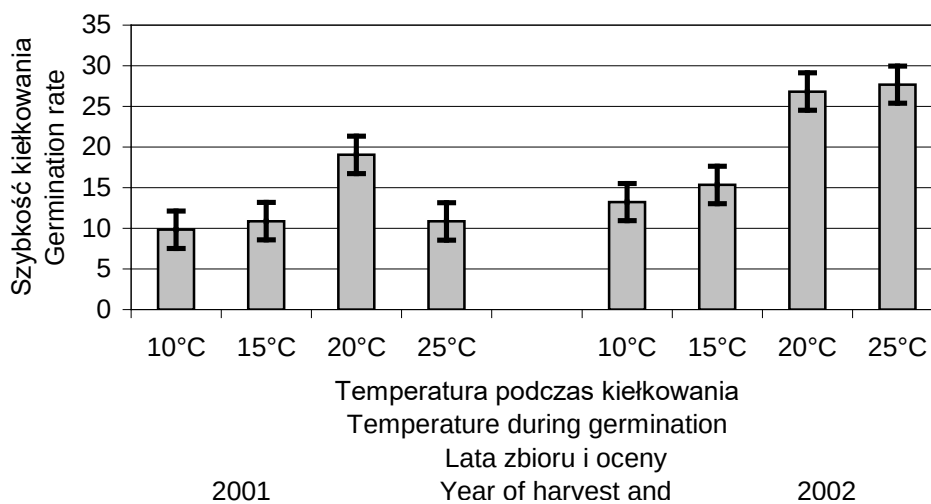
Współczynnik Maguire'a, o którego wartościach decydują ziarniaki szybciej kiełkujące podczas oceny w I terminie, wykazał istotną interakcję temperatur oceny z latami zbioru (rys. 3), na którą przypadało 48,3% ogólnej zmienności (tab. 1). W 2001 roku najwyższe wartości średnie osiągał w temperaturze 25°C (16,5), a w roku 2002 w niższej temperaturze 20°C (18,7). Podczas oceny w II terminie najwyższy udział komponentów wariancji przypadał na zmienność temperatur (37,5%) i lat (32,3%). Wartości średnie tego

wskaźnika, podobnie jak w badaniach Binka (2000) charakteryzowały się dużą zmiennością.

I termin oceny - 1st date of evaluation



II termin oceny - 2nd date of evaluation

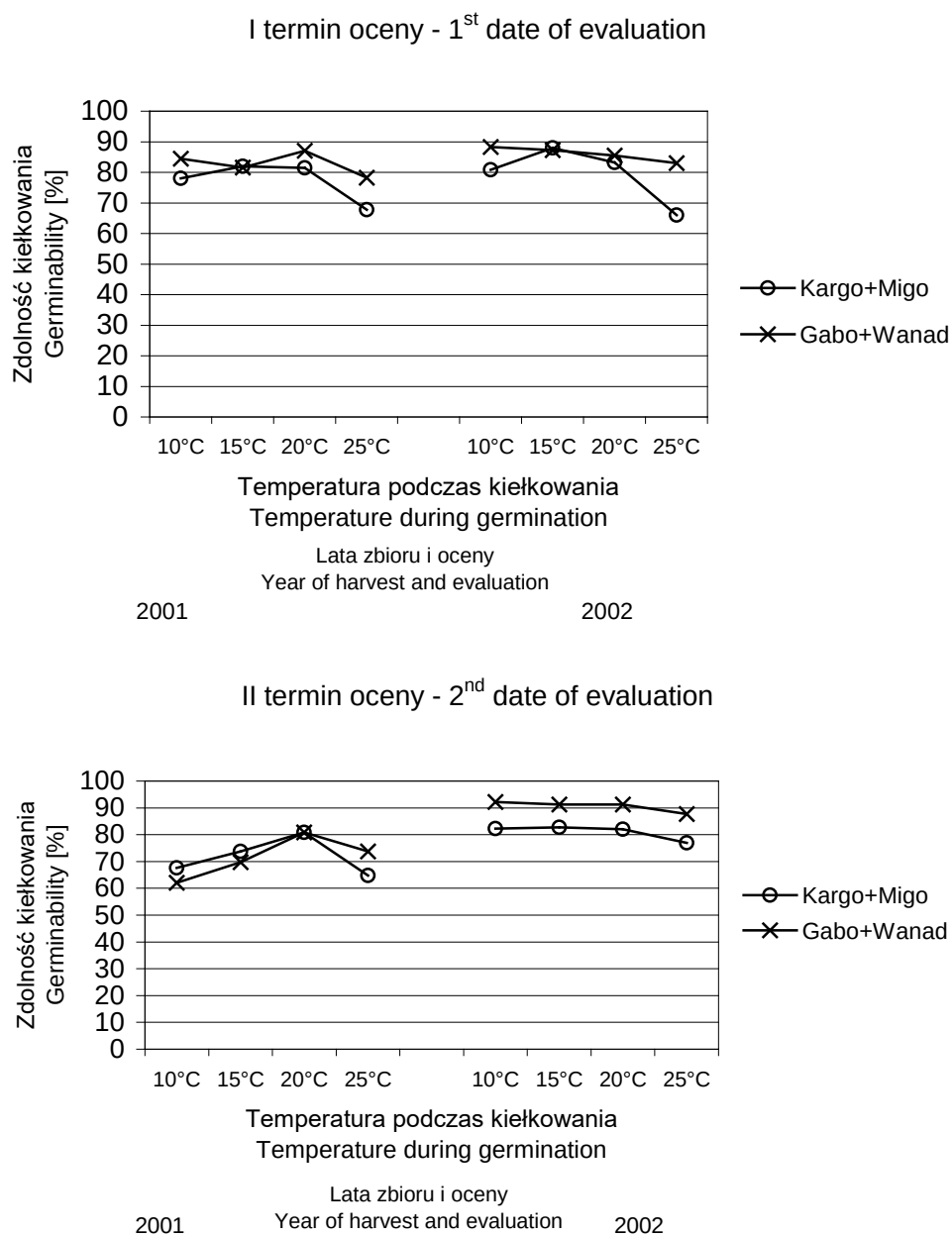


Rys. 3. Wpływ temperatur i lat zbioru na szybkość kiełkowania wg Maguire'a
Fig. 3. The effects of temperature and year of harvest on a germination rate (using Maguire's method)

Najwyższy wzrost tego współczynnika obserwowano w II terminie wysiewu 2002 roku w najwyższych temperaturach oceny 20 i 25°C, który wskazuje na ustąpienie spoczynku (rys. 3). Analiza pojedynczych efektów wykazała istotny wpływ temperatur na wartości współczynnika Maguire'a u badanych odmian w obydwu terminach wysiewu i latach badań. Najwyższy współczynnik Maguire'a uzyskiwały odmiany Gabo i Wanad w II terminie oceny w 2002 roku. Odmiany te charakteryzowały się również najwyższą zdolnością kiełkowania podczas oceny w tym terminie.

Zastosowanie zróżnicowanych temperatur podczas oceny zdolności kiełkowania istotnie wpłynęło na ujawnienie spoczynku. Na rysunku 4 przedstawiono średnie wartości zdolności kiełkowania odmian o płytkim (Gabo i Wanad) oraz głębokim (Kargo i Migo) spoczynku ziarniaków. Odmiana Mieszko charakteryzowała się najbardziej zmiennymi wynikami i nie uwzględniono jej w przedstawianych średnich. Spoczynek ziarniaków najwyraźniej obserwowany był w temperaturze 25°C u odmian Kargo i Migo w I terminie oceny. Wysiew w późniejszym terminie, kiedy można było się spodziewać ustąpienia spoczynku, wykazał istotny wpływ lat, na który przypadało 50,9% ogólnej zmienności. W 2001 roku zaobserwowano spadek zdolności kiełkowania w porównaniu do oceny wykonywanej we wcześniejszym terminie, który wskazuje na wykształcenie się głębszego i dłuższego spoczynku ziarniaków. W następnym roku badań zdolność kiełkowania oceniana w temperaturze 10°C była podobna w obydwu terminach oceny. Według Black i wsp. (1987), Binka (2002), spoczynek u zbóż w niskich temperaturach może nie być obserwowany, ale zwiększa się ze wzrostem temperatury. W temperaturze 25°C podczas oceny wykonywanej w II terminie wysiewu zdolność kiełkowania w 2002 roku była wyższa, co wskazuje na ustąpienie spoczynku. Analiza pojedynczych czynników nie wykazała istotnego wpływu temperatur na zdolność kiełkowania odmian w tym terminie (tab. 2) U pszenżyta, które charakteryzuje się krótkim spoczynkiem zastosowanie zróżnicowanych temperatur przy wysiewie w opóźnionym terminie nie zawsze pozwala na jego uchwycenie, które jest możliwe w przypadku gatunków o głębszym spoczynku. Nyachiro (2002) badając u pszenicy jarej wpływ temperatury w zakresie 10–20°C na ekspresję spoczynku ze wzrostem temperatury, wykazał pogłębianie się spoczynku. Największe różnice genotypowe stwierdził w temperaturze 15–20°C. Dla pszenżyta temperatura 25°C wydaje się być najodpowiedniejsza do oznaczania spoczynku, który u tego gatunku jest zazwyczaj krótki. W obydwu terminach oceny najwyższą zdolnością kiełkowania charakteryzowały się odmiany Gabo i Wanad.

Wartości indeksu spoczynkowego mogą mieścić się w granicach od 0 do 1. Wartość „0” wskazuje na płytki spoczynek, a uzyskuje się ją, gdy zdolność kiełkowania w temperaturze 10 i 25°C jest równa. Wartość „1” wskazuje na głęboki spoczynek, gdy nasiona kiełkują tylko w temperaturze 10°C. Indeks spoczynkowy może przyjmować ujemne wartości, gdy zdolność kiełkowania w temperaturze 25°C jest wyższa od zdolności kiełkowania w temperaturze 10°C. Podczas oceny wykonanej w I terminie nie stwierdzono wpływu lat i odmian na jego wartości, które wahały się od 0,04 do 0,16 i wskazują na bardzo płytki spoczynek. W ocenie wykonanej w II terminie średnie wartości indeksu spoczynkowego wynosiły w 2001 roku 0,06, a w 2002 roku 0,04.



Rys. 4. Zdolność kiełkowania odmian pszenżyta o płytkim spoczynku (średnia dla odmian Gabo i Wanad) oraz głębokim spoczynku ziarniaków (odmian Kargo i Migo)
 Fig. 4. Germinability of seeds of triticale cultivars with a low level of dormancy (average for cvs. Gabo and Wanad) and a high level of dormancy (average for cvs. Kargo and Migo)

Wyniki te wskazują na bardzo płytki spoczynek, a w przypadku wartości ujemnych na jego brak. Podobnie Hill (1980) wykazał brak spoczynku u niektórych linii pszenżyta. Salmon i Helm (1985) badając spoczynek w kolejnych dwóch latach u kilku linii pszenżyta o podwyższonej liczbie opadania stwierdzili istotne różnice pomiędzy liniami oraz latami badań. Podobnie podczas oceny w II terminie stwierdzono istotny wpływ lat, odmian oraz interakcję obydwu czynników, która wskazuje na różną długość spoczynku. Największą zmienność odmian w latach pod względem indeksu spoczynkowego obserwowano u odmiany Wanad i Mieszko. Jednak bardzo niskie lub ujemne wartości indeksu spoczynkowego u pszenżyta wskazują na mniejszą jego przydatność w porównaniu z gatunkami o głębszym spoczynku. W przypadku innych gatunków zbóż, które charakteryzują się głębszym spoczynkiem wskaźnik ten może być bardziej przydatny (Rodriguez i in., 2001; Binek, 2002; Nyachiro i in., 2002).

WNIOSKI

1. Istotny wpływ temperatury na obniżenie zdolności kiełkowania, a jednocześnie ujawnienie się spoczynku zaobserwowano w obydwu latach podczas oceny przeprowadzonej w najwyższej temperaturze 25°C.
2. Ze wzrostem temperatury od 10 do 25°C obserwowano skrócenie średniego czasu kiełkowania podczas oceny wykonywanej w dwóch terminach. Wysiew w późniejszym terminie (TII), w miarę ustępowania spoczynku, wykazał istotny wpływ lat na średni czas kiełkowania i zdolność kiełkowania.
3. Najgłębszym spoczynkiem oznaczonym na podstawie średniego czasu kiełkowania, szybkości i zdolności kiełkowania oraz indeksu spoczynku charakteryzowały się odmiany Kargo i Migo, płytki spoczynek wystąpił u odmian Gabo i Wanad.
4. Oszacowane komponenty wariancji wykazały najwyższy wpływ temperatury (73,8–94,7% ogólnej zmienności) na średni czas kiełkowania oznaczony na podstawie współczynnika Piepera.

LITERATURA

- Binek A. 2000. Zmienność stanu spoczynkowego ziarniaków odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR. 216: 313 — 318.
- Binek A. 2002. Wpływ temperatury na kiełkowanie w okresie spoczynku ziarniaków pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 488 (w druku).
- Black M., Butler J., Hughes M. 1987. Control and development of dormancy in cereal. Proc. of 4th Symp. on Preharvest Sprouting in Cereals in D. Mares ed. 379 — 392.
- Buraas T., Skinnis H. 1985. Development of seed dormancy in barley, wheat and triticale under controlled condition. Acta Agric. Scand. 35: 233 — 244.
- Fenner M. 1991. The effect of the parent environment on seed germinability. Seed Sci. Res. 1:78 — 84.
- Gate P. 1995. Ecophysiologie de la germination sur pied. Persect. Agric. 204: 22 — 29.
- Hill R. D. 1980. Physiological studies on kernel shriveling in triticale. Hod. Rośl. Aklim. 24, 5: 661 — 667.
- Karvonen H.F., Peltonen J., Kivi E. 1991. The effect of northern climatic condition on sprouting damage of wheat grains. Acta Agric. Scand. 41: 55 — 64
- Moś M. 1994. Porastanie pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR w Krakowie ser. Rozprawy 195: 1 — 51.

- Nyachiro J. M., Clerke F. R., DePauw R. M., Konx R. E., Armstrong K. C. 2002. Temperature effects on seed germination on expression of seed dormancy in wheat. *Euphytica* 120: 123 — 127.
- Rodriguez M. V., Margineda M., Gonzales-Martin J. F., Insausti P., Benech-Arnold R. L. 2001. Predicting preharvest sprouting susceptibility in barley: a model based on temperature during grain filling. *Agron. J.* 93: 1071 — 1079.
- Salmon D. F., Helm J. H. 1985. Preharvest and postharvest dormancy in spring triticale. *Agron. J.* 77: 649 — 652.

ELŻBIETA PISULEWSKA
MAREK KOŁODZIEJCZYK
ROBERT WITKOWICZ

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Krakowie

Plonowanie, struktura plonu oraz kształtowanie się morfotypu pszenżyta jarego w zależności od odmiany i ilości wysiewu

Effect of cultivar and seeding rate on grain yield, its structure and morphotype of spring triticale

Dwuczynnikowe doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 1999–2001 w Stacji Doświadczalnej Prusy k. Krakowa, na czarnoziemie zdegradowanym zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego. Badano trzy odmiany pszenżyta jarego: Migo, Kargo i Wanad oraz dwie ilości wysiewu: 400 i 500 szt. $\cdot$ m⁻². Plony pszenżyta jarego były istotnie zróżnicowane w latach badań i zależały zarówno od odmiany, jak i stosowanej ilości wysiewu. Spośród odmian najwyżej plonowała odmiana Kargo, średnio o 8,2 dt $\cdot$ ha⁻¹ wyżej od odmiany Migo i 5,4 dt ha⁻¹ od odmiany Wanad. Odmiany Kargo i Migo zareagowały wzrostem plonu ziarna w wyniku zwiększenia ilości wysiewu. Badane odmiany różniły się między sobą masą 1000 ziaren, w mniejszym stopniu intensywnością krzewienia, długością kłosa i wysokością roślin. W doświadczeniach nie stwierdzono istotnego zróżnicowania odmianowego pod względem liczby kłosków i ziaren w kłosie. Ilość wysiewu istotnie modyfikowała wielkości elementów struktury plonu oraz cechy morfotypu roślin pszenżyta jarego. Zagęszczenie wysiewu powodowało wzrost obsady kłosów na jednostce powierzchni, masy 1000 ziaren oraz wysokości roślin a spadek liczby kłosków i ziaren w kłosie oraz skrócenie kłosa.

Słowa kluczowe: ilość wysiewu, morfotyp, pszenżyto jare, plon ziarna, struktura plonu

Two-factorial field experiments were conducted at the Prusy Experiment Station near Kraków from 1999 to 2001. They involved three spring triticale cultivars (Migo, Kargo and Wanad) and two seeding rates (400 and 500 kernels per m²). The soil type was degraded chernozem classified as the very good wheat complex. The grain yields of spring triticale varied between years and were affected by cultivars and seeding rates. Of the studied cultivars, Kargo gave higher yields than Migo (+8.2 dt $\cdot$ ha⁻¹) and Wanad (+5.4 dt $\cdot$ ha⁻¹). The grain yields of Kargo i Migo were increased by higher seeding rates. Cultivar had a significant effect on 1000-grain weight. Less apparent effects of cultivar were observed for the degree of tillering, length of ears and height of plants. No effect of cultivar was noted for the number of spikelets and kernels in an ear. Seeding rate significantly modified the components of yield structure and characteristics of spring triticale morphotype. Increasing seeding rate resulted in higher number of

ears per area unit, higher 1000-grain weight and enhanced height of plants. In contrast, number of spikelets and kernels in an ear and its length were decreased.

Key words: grain yield, morphotype, seeding rate, spring triticale, yield structure

WSTĘP

Pszenżyto charakteryzuje się wysokim potencjałem plonowania. Niestety nie zawsze jest on w pełni wykorzystany, zwłaszcza w nowych odmianach. Dalszy postęp w plonowaniu tego gatunku zboża wielu autorów upatruje w zrozumieniu fizjologicznych właściwości zarówno pojedynczej rośliny, jak i zachowania się jej w łanie (Jaśkiewicz i Mazurek, 1997; Czerednik i in., 1997).

Wielkość plonu pszenżyta podobnie jak pozostałych gatunków zbóż kształtują trzy zasadnicze elementy: liczba kłosów na jednostce powierzchni, liczba ziaren w kłosie oraz masa tysiąca ziaren. Cechy te tzw. plonotwórcze elementy plonowania zależą od wielu czynników agrotechnicznych m.in. ilości wysiewu. Spośród wymienionych wyżej elementów struktury plonu największy udział w jego kształtowaniu ma liczba kłosów na jednostce powierzchni (Stankowski, 1994; Podolska i Wielgo, 1997). Dotychczasowe wyniki badań nad określeniem optymalnej ilości wysiewu pszenżyta jarego nie są jednoznaczne i wskazują na silną samoregulację zwartości łanu pszenżyta (Budzyński i Korona, 1994). Badania Mazurka i Nieróbca (1998 i 2000) dotyczące nowych odmian i rodów pszenżyta jarego uwzględniające zróżnicowaną ilość wysiewu wykazały, że większa obsada roślin na jednostce powierzchni nie powoduje istotnej zmiany plonu ziarna. Również Wojnowska i wsp. (1997) wykazali, że zwiększenie ilości wysiewu pszenżyta jarego nie różnicuje istotnie plonu ziarna, a przyczynia się jedynie do zwiększenia plonu słomy. Wyniki badań innych autorów dowodzą, że większa liczba roślin na jednostce powierzchni przyczynia się istotnie do zwiększenia obsady kłosów a zmniejszenia masy tysiąca ziaren oraz ich liczby w kłosie (Mazurek i Nieróbca, 2000; Jaśkiewicz i Mazurek, 2000; Rudnicki i in., 1997).

Odmiany pszenżyta jarego mogą ponadto wykazywać indywidualną reakcję na zróżnicowaną ilość wysiewu. Niektóre odmiany plonują wyżej przy większym, a inne przy mniejszym zagęszczeniu łanu (Chrzanowska-Drożdż i Liszewski, 2000). Pszenżyto jare charakteryzujące się stosunkowo słabą krzewistością przy bardzo dużej dominacji pędu głównego istotnie determinującego wielkość plonu ziarna, silnie reaguje na obsadę roślin. Dlatego celem podjętych badań było określenie wpływu ilości wysiewu na: plon, kształtowanie się wielkości poszczególnych elementów struktury plonu oraz morfotyp wybranych odmian pszenżyta jarego.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1999–2001 w Stacji Doświadczalnej Prusy k. Krakowa na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego i I klasy bonitacyjnej.

Doświadczenia polowe zakładano w układzie losowanych bloków w trzech replikacjach. Badano trzy odmiany pszenżyta jarego: Migo, Kargo i Wanad oraz dwie ilości wysiewu: 400 i 500 szt. $\cdot$ m⁻² kiełkujących ziaren. Siew wykonywano w I dekadzie kwietnia siewnikiem poletkowym Bratek w rozstawie rzędów 12,5 cm. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 10 m². Przedplonem dla pszenżyta we wszystkich latach prowadzenia badań był bobik. Nawożenie mineralne zastosowano w ilości: 60 kg N $\cdot$ ha⁻¹, 80 kg P₂O₅ $\cdot$ ha⁻¹ i 90 kg K₂O $\cdot$ ha⁻¹. Chwasty zwalczano w pełni krzewienia stosując Granstar 75 WG. W uprawie pszenżyta jarego nie stosowano ochrony przed chorobami i szkodnikami jak również nie stosowano retardantów.

Przed zbiorem pszenżyta określano liczbę kłosów produktywnych (na pow. 1 m²) oraz pobrano losowo po 10 roślin z każdego poletka w celu określenia długości kłosa, liczby kłosków i ziaren w kłosie oraz wysokości roślin. Po zbiorze określano wielkość plonu ziarna oraz MTZ.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. W stosunku do wszystkich badanych cech zastosowano analizę wariancji a wnioskowanie statystyczne przeprowadzono wykorzystując test Newman-Keulsa przyjmując poziom istotności P = 0,05.

Układ warunków pogodowych w okresie prowadzenia badań był zróżnicowany (tab. 1).

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie badań
Mean monthly temperature and monthly sums of rainfall

Rok Year	Opad Rainfall (mm)						Temperatura Temperature (°C)					
							miesiąc months					
	IV	V	VI	VII	VIII	Σ	IV	V	VI	VII	VIII	średnia mean
1999	34	27	201	62	41	365	10,6	13,4	19,3	18,9	18,1	16,1
2000	43	63	70	217	41	434	9,8	12,9	17,9	21,0	17,6	15,8
2001	146	73	86	142	77	524	9,3	16,0	16,1	21,1	20,8	16,7
1991–2000	68	64	94	97	58	381	9,1	14,7	17,3	19,1	18,7	15,8

Rok 1999 charakteryzował się bardzo dużą ilością opadów w miesiącu czerwcu (201 mm). W pozostałych miesiącach ilość opadów była znacznie mniejsza od przeciętnej z ostatniej dekady. Średnia temperatura powietrza w kwietniu i czerwcu była wyższa, a w maju niższa od przeciętnej, w pozostałych zaś miesiącach kształtowała się na poziomie zbliżonym do średniej z okresu 1991–2000. W roku 2000 odnotowano bardzo wysokie opady deszczu w miesiącu lipcu (217 mm), a średnia temperatura powietrza w tym miesiącu była wyższa blisko o 2°C od przeciętnej. Chłodniejszymi miesiącami były maj i sierpień. Rok 2001 był wybitnie mokry (suma opadów od kwietnia do sierpnia wynosiła 524 mm), a zarazem najcieplejszy. Średnia temperatura powietrza była wyższa od przeciętnej 0,9°C.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plonowanie pszenżyta było istotnie zróżnicowane w latach badań i zależało od odmiany oraz ilości wysiewu (tab. 2). Najwyżej plonowała odmiana Kargo a najniżej odmiana Migo odpowiednio 59,1 i 50,9 dt·ha⁻¹. Uzyskane w doświadczeniu polowym średnie plony ziarna badanych odmian pszenżyta jarego były wyższe od przedstawionych w syntezie wyników doświadczeń rejestrowych prowadzonych w latach 1999-2001 dla rejonów Polski południowej i południowo-wschodniej (Zych, 2001). W przypadku porównywanych odmian różnice te wynosiły: dla odmiany Wanad 2,4 dt·ha⁻¹, odmiany Migo 3,6 dt·ha⁻¹ a odmiany Kargo 8,0 dt·ha⁻¹. Wyższe plony badanych odmian pszenżyta jarego uzyskane przez autorów są efektem przedplonu (bobik) oraz kompleksu przydatności rolniczej gleby (kompleks pszenny bardzo dobry).

Tabela 2

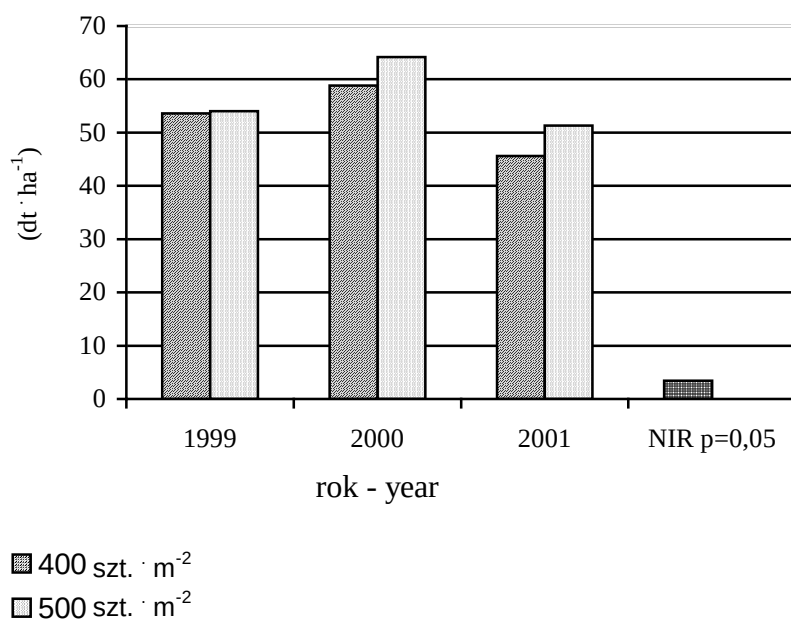
Plonowanie odmian pszenżyta jarego w zależności od ilości wysiewu i sezonu badań (dt·ha⁻¹)
Grain yield of spring triticale cultivars as affected by seeding rate and growing seasons, (dt·ha⁻¹)

Wyszczególnienie Specification	Odmiana Cultivar			Średnia Mean
	Migo	Kargo	Wanad	
Lata: Years:				
1999	56,56d	54,49cd	50,33b	53,79b
2000	51,46bc	71,31f	61,81e	61,52c
2001	44,75a	51,46bc	49,06b	48,42a
Ilość wysiewu: Seeding rate:				
400 szt.·m ⁻²	48,48a	55,34b	54,15b	52,66a
500 szt.·m ⁻²	53,36b	62,84c	53,31b	56,50b
Średnia Mean	50,92a	59,09c	53,73b	

Średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P = 0.05

Means in columns bearing different letters differ significantly at P = 0.05

Większa obsada roślin — 500 szt.·m⁻² zapewniała uzyskanie wyższego średnio o ponad 7% plonu ziarna w porównaniu do obsady 400 szt.·m⁻². Poziom plonowania pszenżyta był również efektem współdziałania lat badań z ilością wysiewu. We wszystkich latach prowadzenia doświadczeń wyższe plony ziarna uzyskano przy większej obsadzie roślin na jednostce powierzchni, przy czym istotny wzrost plonu wystąpił w latach 2000 i 2001 (rys. 1). Stwierdzono ponadto indywidualną reakcję badanych odmian na ilość wysiewu. Na większą ilość wysiewu najsilniej reagowała odmiana Kargo (wzrost plonu o 13,6%), słabiej odmiana Migo (wzrost plonu o 10%), natomiast w przypadku odmiany Wanad różnice w wielkości plonu pomiędzy ilością wysiewu 400 a 500 szt. na 1 m² okazały się nieistotne. Na indywidualną reakcję odmian pszenżyta jarego co do ilości wysiewu wskazują również Chrzanowska-Drożdż i Liszewski, (2000). Autorzy w swoich badaniach prowadzonych na glebie kompleksu żytniego dobrego stosując ilość wysiewu 180, 360 i 540 szt.·m⁻² najwyższy plon ziarna odmiany Migo uzyskali przy ilości wysiewu 360 szt.·m⁻² a odmiany Gabo przy 540 szt.·m⁻².



Rys. 1. Wpływ zróżnicowanej ilości wysiewu pszenżyta jarego na plon ziarna
Fig. 1. Effect of increasing seeding rate on grain yield of spring triticale

Dotychczas przeprowadzone badania wskazują na silny związek poziomu plonowania pszenżyta jarego z gęstością siewu, determinującą obsadę kłosów produkcyjnych na jednostce powierzchni (Wojnowska i in., 1997). W badaniach własnych obsada kłosów również podlegała istotnemu zróżnicowaniu pod wpływem ilości wysiewu badanych odmian w kolejnych latach prowadzenia doświadczeń (tab. 3). Odmiany Migo i Wanad charakteryzowały się zbliżoną intensywnością krzewienia. Obie odmiany wytworzyły średnio 534 kłosy na 1 m², a ich liczba istotnie wzrastała wraz ze wzrostem ilości wysiewu. Takiej zależności nie stwierdzono u odmiany Kargo, która wykształcała średnio o 15% więcej kłosów na jednostce powierzchni. Zwiększenie ilości wysiewu wiązało się ze wzrostem obsady kłosów, ale jednocześnie malała intensywność krzewienia. Uzyskane wyniki znajdują potwierdzenie w badaniach Jaśkiewicz i Mazurka, (2000), którzy stosując ilość wysiewu 300 szt. ziaren na 1 m² pszenżyta odmiany Migo uzyskali największy przyrost liczby kłosów w stosunku do ilości wysiewu — 548 kłosów na 1 m², przy ilości wysiewu 500 szt. na 1 m² uzyskali obsadę kłosów 605 szt. na 1 m², natomiast wysiewając 700 szt. ziaren na 1 m² uzyskali zaledwie 645 kłosów.

Liczba ziaren w kłosie istotnie zależała od roku badań oraz ilości wysiewu. W I roku badań, kiedy uzyskano największą obsadę kłosów wynoszącą średnio dla odmian 648 szt. na 1 m² stwierdzono najmniejszą liczbę ziaren w kłosie 29,9 szt. W kolejnych latach badań uzyskano znacznie mniejszą obsadę kłosów, natomiast wzrosła liczba ziaren w kłosie.

Zwiększenie ilości wysiewu z 400 do 500 szt.·ha⁻¹ przyczyniło się do zmniejszenia liczby ziaren w kłosie u wszystkich badanych odmian, średnio o ok. 12%. Chrzanowska-Drożdż i Liszewski (2000) w swoich badaniach uzyskali 5% spadek liczby ziaren w kłosie w wyniku zwiększenia ilości wysiewu z 360 do 540 szt. na 1 m² pszenżyta jarego odmiany Migo i Gabo.

Tabela 3

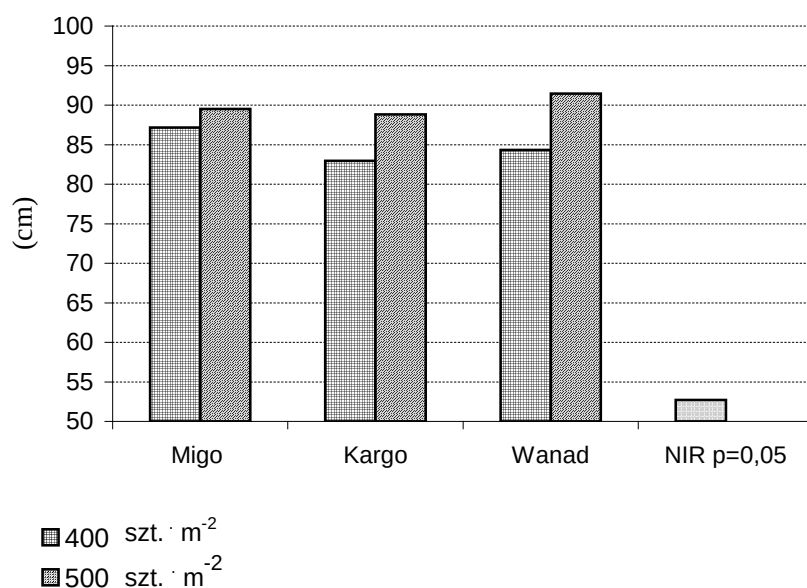
Elementy struktury plonu badanych odmian pszenżyta jarego
Components of yield structure of spring triticale cultivars

Wyszczególnienie Specification	Odmiana Cultivar			Średnia Mean
	Migo	Kargo	Wanad	
liczba kłosów/ m ⁻² number of ears per m ⁻²				
Lata: Years:				
1999	617b	693b	633b	648c
2000	504a	655b	501a	553b
2001	481a	500a	469a	484a
Ilość wysiewu: Seeding rate:				
400 szt.·m ⁻²	503a	589b	488a	526a
500 szt.·m ⁻²	566b	643b	581b	597b
Średnia Mean	534a	616b	534a	
liczba ziaren w kłosie number of kernels per ear				
Lata: Years:				
1999	30,8ab	30,8ab	27,9a	29,9a
2000	34,9bc	36,8bc	38,4c	36,7b
2001	32,1abc	37,2bc	37,3bc	35,5b
Ilość wysiewu: Seeding rate:				
400 szt.·m ⁻²	35,6b	37,3b	35,7b	36,2b
500 szt.·m ⁻²	29,5a	32,6ab	33,4ab	31,8a
Średnia Mean	32,6a	34,9a	34,5a	
masa 1000 ziaren 1000-grain weight (g)				
Lata: Years:				
1999	37,2c	34,9b	40,4d	37,5a
2000	36,8c	35,5b	41,5d	37,8a
2001	37,7c	33,0a	39,9d	36,9a
Ilość wysiewu: Seeding rate:				
400 szt.·m ⁻²	36,5c	33,9a	40,0e	36,8a
500 szt.·m ⁻²	37,8d	35,0b	41,1f	37,9b
Średnia Mean	37,1b	34,4a	40,6c	

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

Masa tysiąca ziaren jest cechą odmianową modyfikowaną czynnikami siedliskowymi i agrotechnicznymi. Badane odmiany pszenżyta charakteryzowały się wysoką stabilnością masy 1000 ziaren w poszczególnych latach badań. Najwyższą MTZ charakteryzowała się odmiana Wanad — 40,6 g, nieco niższą odmiana Migo — 37,2 g, a najniższą odmiana Kargo 34,4 g. Zych (2001) w syntezie wyników doświadczeń rejestrowych wykazuje znacznie mniejsze zróżnicowanie MTZ odmian pszenżyta jarego, odpowiednio dla badanych odmian Wanad — 39,6 g, Migo — 39,0 g i Kargo 37,7 g. Dotychczasowe wyniki badań wskazują na niewielki lub brak wpływu ilości wysiewu na MTZ (Mazurek i Nieróbca, 2000, Jaśkiewicz i Mazurek, 2000). Z kolei w badaniach Rudnickiego i wsp. (1997) mimo zmniejszającej się MTZ w wyniku zwiększania ilości wysiewu wzrastał udział masy 1000 ziaren w kształtowaniu się wielkości plonu z 9,5% przy gęstości siewu 250 szt. $\cdot$ ha $^{-1}$ do 22,4% przy wysiewie 550 szt. $\cdot$ ha $^{-1}$. W badaniach własnych autorzy uzyskali niewielki aczkolwiek istotny wzrost masy tysiąca ziaren wszystkich badanych odmian pszenżyta jarego z siewu rzadszego.

Wysokość roślin pszenżyta jarego jest cechą w wysokim stopniu uwarunkowaną wpływem genotypu, o czym świadczy wysoki współczynnik odziedziczalności tej cechy uzyskany przez Koczowską i Puzio-Idzikowską (1997) dla 4 odmian pszenżyta wynoszący 0,719. W badaniach własnych, najmniejszą wysokością roślin odznaczała się odmiana Kargo, odmiana Wanad wykazywała najsilniejszą, natomiast odmiana Migo najsłabszą reakcją na ilość wysiewu, różnice w wysokości roślin dla porównywanych gęstości siewu wynosiły odpowiednio dla odmian 7,1 i 2,4 cm (rys. 2).



Rys. 2. Wysokość roślin pszenżyta jarego w zależności od odmiany i gęstości siewu
Fig. 2. The height of spring triticale plants as affected by cultivar and seeding rate

Z długością źdźbła zdaniem Koczowskiej i Korony (1994) ściśle skorelowana jest długość kłosa. W badaniach własnych autorzy nie dopatrzili się takiej zależności. Długość kłosów jako cecha w niewielkim stopniu odziedziczalna, a więc silnie determinowana warunkami środowiska zależała przede wszystkim od roku badań. Różnica w długości kłosa pomiędzy poszczególnymi okresami badań dochodziła nawet do 1 cm (tab. 4). Wpływ ilości wysiewu na wielkość tej cechy u badanych odmian okazał nieco słabszy, ale również istotny. Rośliny pszenżyta z siewu rzadszego wykształcały średnio o 0,6 cm dłuższe kłosa od roślin z siewu gęściejszego. Długość kłosa w najmniejszym stopniu determinowana była przez czynnik odmianowy.

Tabela 4

Liczba kłosków w kłosie oraz jego długość w zależności od badanych czynników
Number of spikelets in an ear and its length as affected by the experimental factors

Wyszczególnienie Specification	Odmiana Cultivar			Średnia Mean
	Migo	Kargo	Wanad	
długość kłosa spike length (cm)				
Lata Years:				
1999	5,78a	6,52b	7,02cd	6,44a
2000	6,83c	7,57e	7,10cd	7,17b
2001	7,42e	7,58e	7,27de	7,42c
Ilość wysiewu Seeding rate:				
400 szt.·m ⁻²	6,96b	7,67d	7,30c	7,31b
500szt.·m ⁻²	6,40a	6,78b	6,96b	6,71a
Średnia Mean	6,68a	7,22b	7,13b	
liczba kłosków w kłosie number of spikelets per ear				
Lata Years:				
1999	18,9b	17,8a	18,8b	18,5a
2000	21,0cd	22,2e	21,3cd	21,5c
2001	20,7c	21,7de	20,6c	21,0b
Ilość wysiewu Seeding rate:				
400 szt.·m ⁻²	21,0b	21,5b	20,8b	21,1b
500 szt.·m ⁻²	19,3a	19,a	19,7a	19,6a
Średnia Mean	20,2a	20,6a	20,2a	

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

Liczba kłosków w kłosie wpływająca bezpośrednio na liczbę ziaren w kłosie w największym stopniu zależna była od roku badań oraz ilości wysiewu, nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w liczbie kłosków w kłosie pomiędzy badanymi odmianami pszenżyta jarego.

WNIOSKI

1. Plon ziarna pszenżyta jarego był istotnie zróżnicowany w badanych okresach wegetacyjnych i zależał od ilości wysiewu oraz odmiany. Najwyżej plonowała odmiana Kargo ($59,1 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$) głównie dzięki dużej obsadzie kłosów na jednostce powierzchni. Zwiększenie ilości wysiewu u odmiany Kargo i Migo powodowało wzrost, natomiast u odmiany Wanad nie miało wpływu na plon.
2. Badane odmiany w największym stopniu różniły się między sobą masą 1000 ziaren, w mniejszym zaś zakresie obsadą kłosów, długością kłosa i wysokością roślin. Nie stwierdzono natomiast zróżnicowania odmianowego pod względem liczby kłosek i ziaren w kłosie.
3. Ilość wysiewu istotnie modyfikowała wielkość elementów struktury plonu oraz cechy morfotypu roślin pszenżyta jarego. Zagęszczenie wysiewu powodowało wzrost obsady kłosów, masy 1000 ziaren oraz wysokości roślin, a spadek liczby kłosek i ziaren w kłosie oraz skrócenie długości kłosa.

LITERATURA

- Budzyński W., Korona E. 1994. Wpływ gęstości siewu na plonowanie pszenżyta jarego. Zesz. Nauk. AR Szczec., Rol. 162: 19 — 22.
- Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 2000. Reakcja pszenżyta jarego Migo i Gabo na gęstość siewu. Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura (82): 39 — 44.
- Czerednik A., Łoboda T., Dalbiak A., Pietkiewicz S., Nalborczyk E. 1997. Analiza wzrostu i struktura plonu różnych morfotypów pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittmack). Zesz. Nauk. AR Szczec. Rol. 175: 79 — 84.
- Jaśkiewicz B., Mazurek J. 1997. Wpływ obsady na plonowanie i architekturę łanu trzech odmian pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczec. Rol. 175: 135 — 141.
- Jaśkiewicz B., Mazurek J. 2000. Produkcyjność pszenżyta jarego przy różnych technikach nawożenia azotem i gęstości siewu. Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura (82): 105 — 108.
- Koczowska I., Korona A. 1994. Zmienność i korelacja wybranych cech pszenżyta jarego. Zesz. Nauk. AR Szczec. 162 Rol. 58: 67 — 72.
- Mazurek J., Nieróbca P. 1998. Wpływ czynników agrotechnicznych na plon i elementy struktury plonu pszenżyta jarego. Biul. IHAR 205/206: 175 — 179.
- Mazurek J., Nieróbca P. 2000. Wpływ nawożenia azotowego, terminu siewu i ilości wysiewu na plon i elementy struktury plonu pszenżyta jarego. Biul. IHAR 214: 111 — 114.
- Podolska G., Wielgo B. 1997. Produktywność pszenżyta ozimego w zależności od modelu morfologicznego rośliny. Zesz. Nauk. AR Szczec. 175, Rol. 65: 341 — 347.
- Rudnicki F., Jaskulski D., Kotwica K. 1997. Zależność plonu pszenżyta jarego od gęstości siewu i ilości opadów. Zesz. Nauk. AR Szczec. 175 Rol. 65: 379 — 385.
- Stankowski S. 1994. Reakcja pszenżyta jarego na termin siewu, ilość wysiewu, rozstaw rzędów i głębokość siewu w uprawie na glebie lekkiej. Rozpr. AR Szczec. 159.
- Wojnowska T., Budzyński W., Koc J. 1997. Reakcja pszenżyta jarego na gęstość siewu i nawożenie azotem. Cz. I. Struktura plonu. Cz. II. Plonowanie pszenżyta. Zesz. Nauk. AR Szczec. Rol. 175: 473 — 489.
- Wojnowska T., Budzyński W., Koc J., Szymczyk S., Pilejczyk D. 1997. Rola czynników agrotechnicznych w kształtowaniu plonu i jego struktury oraz cech biometrycznych pszenżyta jarego. Cz. I. Struktura plonu. Zesz. Nauk. AR Szczec. 175 Rol. 65: 481 — 487.
- Zych J. 2001. Pszenżyto jare, synteza wyników doświadczeń rejestrowych. COBORU, Słupia Wielka.

ALEKSANDER SZMIGIEL**ANDRZEJ OLEKSY**Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Krakowie

Kształtowanie się powierzchni liści dwóch odmian pszenżyta jarego w zależności od jego udziału w mieszance z pszenicą

Development of leaf area of two spring tritcale cultivars depending on their share in a mixture with wheat

W doświadczeniu polowym przeprowadzonym w latach 1998–2000 na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego badano wpływ uprawy w mieszance z pszenicą na powierzchnię asymilacyjną liści dwóch odmian (Gabo, Wanad) pszenżyta jarego. Udział pszenżyta w materiale siewnym mieszanek wynosił 75, 50 i 25%. Pomiary blaszek liściowych wykonywano w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia. W przeprowadzonych badaniach większą powierzchnię asymilacyjną blaszek liściowych w fazie strzelania w źdźbło stwierdzono u pszenicy, natomiast w fazie kłoszenia u pszenżyta odmiany Wanad. Rośliny mieszanek z udziałem odmiany Wanad w fazie strzelania w źdźbło charakteryzowały się większą powierzchnią liści. Wskaźnik LAI osiągał wartości w zakresie 1,67–2,90 w zależności od gatunku, odmiany i mieszanki. W fazie kłoszenia rośliny pszenżyta odmiany Gabo w mieszkach charakteryzowały się istotnie większą powierzchnią liści w stosunku do zasiewów jednogatunkowych, natomiast rośliny odmiany Wanad mniejszą. Wskaźnik LAI w fazie kłoszenia największe wartości osiągał w mieszkach z najmniejszym udziałem pszenżyta (3,63–3,67) oraz w siewie czystym pszenicy (3,61). Wszystkie badane kombinacje mieszanek osiągały większe wartości LAI w porównaniu do zasiewów jednogatunkowych pszenżyta. Nie stwierdzono jednak wyższego plonowania mieszanek w stosunku do zasiewów jednogatunkowych pszenżyta.

Słowa kluczowe: LAI, mieszanki, plon, powierzchnia asymilacyjna liści, pszenżyto jare

The effect of two spring tritcale cultivars (Gabo and Wanad) cultivation in mixture with wheat on the assimilative area of its leaves was studied in a field experiment conducted on a very good wheat soil in 1998–2000. Tritcale share in the mixture sowing material constituted 75, 50 or 25%. Measurements of leaf blades were conducted at the phases of shooting and earing. In the conducted experiment, a bigger assimilative area of leaf blades was found in wheat at the shooting phase, whereas at the earing phase it was higher in the Wanad tritcale. At the shooting phase, plants in the mixture with Wanad were characterized by a bigger leaf area. LAI index reached values ranging between 1.67 and 2.90, depending on the species, cultivar and mixture. At the earing phase Gabo tritcale plants in mixtures revealed much bigger leaf area as compared to single species cultures, whereas Wanad cultivar plants had smaller area. LAI index at the earing phase reached the highest values in the mixtures with the smallest share of tritcale (3.63–3.67) and in wheat pure culture (3.61). All the studied combinations

of mixtures reached bigger LAI values in comparison to single species triticales cultures. However, no higher yielding of mixtures in comparison to single species triticales cultures was found.

Key words: assimilation surface area of the leaves, leaf area index, mixtures, spring triticales, yield

WSTĘP

Jednym z ważniejszych elementów architektury ładu zbóż jest powierzchnia asymilacyjna liści, która w dużym stopniu decyduje o potencjale produkcyjnym roślin zbożowych (Nalborczyk, 1991; Nieróbca i Faber, 1996; Szmigiel, 1995). Duże znaczenie dla produktywności łąnów ma również intensywność fotosyntezy na jednostkę powierzchni, która zachodzi we wszystkich zielonych częściach roślin. Najważniejszym organem, w którym odbywa się fotosynteza są u większości roślin uprawnych liście. Uzyskanie wysokiego plonu biomasy gatunków i odmian roślin uprawnych zależy bowiem od absorpcji promieniowania fotosyntetycznie czynnego i gromadzenia jej w związkach chemicznych plonu użytecznego, stąd też dużą wagę przywiązuje się do zachowania aktywności fotosyntetycznej liścia flagowego i kłosa przez maksymalnie długi czas. Ważnym wskaźnikiem produktywności roślin zbożowych jest stosunek powierzchni blaszek liściowych do powierzchni gleby (wskaźnik LAI). Charakteryzuje on wielkość powierzchni organów roślin zdolnych do absorbowania promieniowania, od którego zależy fotosynteza, a więc pośrednio także przyrosty nadziemnej masy oraz plon ziarna. Powierzchnia liści zbóż zmienia się w czasie wegetacji, osiągając swoje maksimum pod koniec fazy strzelania w źdźbło lub po wykłoszeniu (Doliński, 1986; Szmigiel, 1991; Szmigiel, 1994). Według Nalborczyka i wsp. (1981) wśród roślin zbożowych można wyróżnić trzy modele aktywności fotosyntetycznej roślin: liściowy, liściowo kłosowy i źdźbłowy. U pszenżyta jarego występuje model liściowy, przy czym duże znaczenie odgrywa również liść podflagowy, a udział fotosyntezy liści w całkowitej aktywności fotosyntetycznej pszenżyta jarego wynosi ponad 60%. Dużym udziałem aktywności fotosyntetycznej czynnej liści w stosunku do całej rośliny odznacza się również pszenica (Nalborczyk, 1991; Zając i Witkiewicz, 1997). W zasiewach mieszanych rozwój poszczególnych gatunków jest zróżnicowany, a wzajemne oddziaływania o charakterze konkurencyjnym o światło, wodę i składniki pokarmowe wpływają na wzrost, rozwój i cechy morfologiczne roślin, a w tym i na powierzchnię liści.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zróżnicowanego udziału komponentów mieszanki pszenżyta z pszenicą na powierzchnię asymilacyjną liści badanych odmian pszenżyta jarego i prześledzenie zmian w powierzchni liści w wyniku współrzędnej uprawy tych gatunków.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe wykonano w latach 1998–2000 metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin w Prusach koło Krakowa na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego (czarnoziem zdegradowany wytworzony z lessu). W badaniach, które obejmowały 9 obiektów

uprawiano dwa gatunki zbóż jarych: pszenżyto Gabo i Wanad oraz pszenicę Henika w siewie czystym oraz we wzajemnych mieszankach. W siewie mieszanym udział pszenżyta wynosił: 75, 50, i 25%. Ustalając ilość wysiewu przyjęto gęstość siewu w siewie czystym: pszenżyto 450 szt./m², pszenica 500 szt./m² stosując rozstaw rzędów co 12,5 cm. W zasiewach mieszanych gęstości siewów gatunków odpowiadały procentowi ich udziału w mieszance. Zboża każdego roku wysiewano w I dekadzie kwietnia w stanowisku po okopowych uprawianych na nawozach mineralnych. Wielkość pojedynczego poletka do zbioru wynosiła 10 m². Przed siewem nasiona zaprawiono preparatem Funaben T. Nawożenie mineralne zastosowano przed siewem zbóż w ilości 45 kg N/ha w formie saletry amonowej, 40 kg P₂O₅/ha (superfosfat potrójny) i 50 kg K₂O/ha w formie 60% soli potasowej. Ze względów ekonomicznych i ekstensywny charakter tego typu upraw oraz liczne doniesienia o mniejszym zagrożeniu ze strony agrofagów zabiegi pielęgnacyjne w czasie wegetacji zbóż, ograniczono do zwalczania chwastów herbicydem Chwastox D w dawce 5 l/ha w fazie krzewienia zbóż. W fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia (wg Feekesa faza 7 i 10,5) pobierano próby roślin z powierzchni 0,5 × 0,5 m z każdego poletka, w celu określenia liczby roślin i pędów na jednostce powierzchni oraz powierzchni liści. Powierzchnię blaszek liściowych mierzono na 10 roślinach automatycznym planimetrem LI-COR model 3100 Area Meter. W fazie kłoszenia dla prób pochodzących z obiektów, na których uprawiano mieszanki pomiary blaszek liściowych wykonywano oddzielnie dla każdego komponentu. Znając zagęszczenie roślin i pędów wyliczono indeks powierzchni liści łąnu LAI. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Opady atmosferyczne w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji zbóż różniły się znacznie w latach prowadzenia badań (tab. 1).

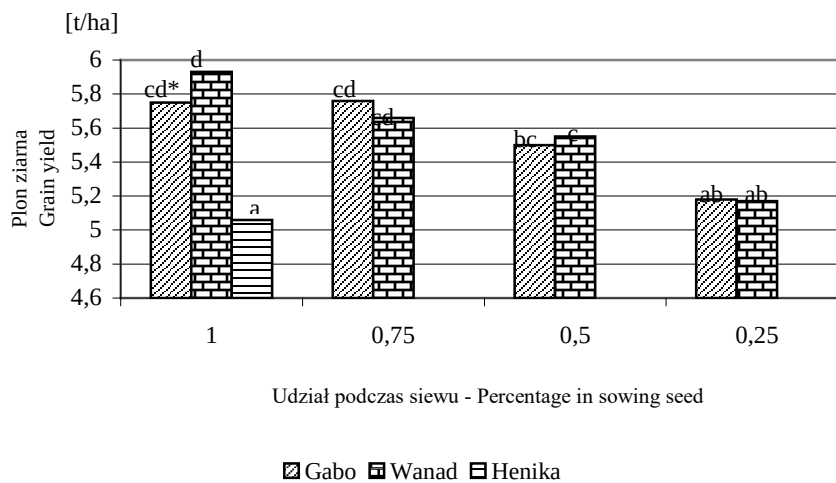
Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie badań Mean monthly temperatures (°C) and monthly sums of rainfall (mm)										
Rok Year	Opad (mm) Rainfall					Temperatura (°C) Temperature				
	miesiące months									
	IV	V	VI	VII	Σ	IV	V	VI	VII	średnia mean
1998	112,7	39,3	107,3	46,3	305,6	10,6	13,4	19,3	18,9	15,6
1999	34,2	26,9	201,0	61,5	323,6	9,8	12,9	17,9	21,0	15,4
2000	42,9	62,9	70,3	217,4	393,5	11,8	15,9	16,9	16,6	15,3
Średnia wieloletnia Multi-year mean	53,0	83,4	95,4	85,4	317,2	8,0	13,0	16,1	17,5	13,7

Rok 1998 charakteryzował się dużą ilością opadów w kwietniu, znacznie przewyższającą przeciętne dla tego miesiąca przy stosunkowo wysokiej średniej miesięcznej temperaturze powietrza, co w dużej mierze sprzyjało wschodom i początkowemu rozwojowi zbóż.

W latach następnych opady kwietniowe kształtowały się poniżej przeciętnych a temperatura powietrza była wyższa, szczególnie ciepły był kwiecień 2000 roku. W latach 1998 i 1999 w maju panowała susza, co w połączeniu z niezbyt wysokimi opadami w kwietniu 1999 roku potęgowało jej nasilenie. W czerwcu 1999 roku niedobory wody z poprzednich miesięcy zostały uzupełnione bardzo wysokimi opadami, miesiąc ten był szczególnie mokry a opady były wyższe od przeciętnych o ponad 100%. Również lipiec 2000 roku obfitował w opady, a średnia miesięczna temperatura powietrza kształtowała się poniżej przeciętnej (tab. 1).

W warunkach prowadzonych badań odmiany pszenżyta wykazały istotne zróżnicowanie powierzchni blaszek liściowych jednej rośliny w fazie strzelania w źdźbło. Większą wartością tej cechy odznaczała się odmiana Wanad, której powierzchnia asymilacyjna liści wynosiła średnio za trzy lata 65,5 cm². Znacznie mniejszą powierzchnię liści stwierdzono u odmiany Gabo — 52,6 cm² (rys. 1).



* Średnie oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie, $\alpha = 0,05$

* Means marked with different letters differ significantly, $\alpha = 0.05$

Rys. 1. Powierzchnia liści jednej rośliny badanych odmian pszenżyta i pszenicy uprawianych w siewie czystym i w mieszkach w fazie strzelania w źdźbło (wg Feekesa faza 7)

Fig. 1. Leaf area of a single plant at shooting phase (acc. To Feekes phase 7) of the studied triticales and wheat cultivars cultivated in pure culture and in mixtures

Zróżnicowanie powierzchni blaszek liściowych pędu głównego pomiędzy odmianami pszenżyta stwierdzili również Korona i Korona (1996) oraz roślin Szmigiel (1997). W zasiewach jednogatunkowych największą powierzchnią liści odznaczała się pszenica 66,1 cm², nieznacznie mniejszą, różnica statystycznie niepotwierdzona, odmiana Wanad, a najmniejszą pszenżyto Gabo. W mieszkach z udziałem odmiany Wanad, powierzchnia liści roślin nie ulegała większym zmianom. Stwierdzono wprawdzie nieco większą powierzchnię liści roślin z mieszanek o 75 i 50% udziale pszenżyta oraz mniejszą

z mieszanki o 25% udziale pszenżyta, jednak różnice w stosunku do siewu czystego były niewielkie, statystycznie nieudowodnione.

Rośliny mieszanki z 25% udziałem odmiany Wanad charakteryzowały się najmniejszą powierzchnią blaszek liściowych, a istotne różnice stwierdzono w stosunku do roślin z mieszanki o 50% udziale pszenżyta. Powierzchnia liści roślin z zasiewów mieszanych odmiany Gabo była istotnie mniejsza w stosunku do roślin pochodzących ze wszystkich badanych obiektów, z wyjątkiem roślin z mieszanki o 25% udziale odmiany Wanad. Rośliny z mieszanek odmiany Gabo w fazie strzelania w źdźbło charakteryzowały się większą powierzchnią liści w stosunku do zasiewu jednogatunkowego — pszenżyta, w mieszankach o 75 i 25% udziale pszenżyta różnice były znaczne i udowodnione statystycznie. Rośliny mieszanek z udziałem odmiany Gabo wytwarzały znacznie mniejszą powierzchnię blaszek liściowych w fazie strzelania w źdźbło w porównaniu do pszenicy.

Wskaźnik powierzchni liści łanu w fazie strzelania w źdźbło kształtował się w zakresie 1,26–3,04 m²·m⁻² w zależności od badanych obiektów i sezonu wegetacyjnego (tab. 2). Średnio najmniejszy wskaźnik LAI stwierdzono w 1998 roku, w latach następnych był istotnie większy. Największym wskaźnikiem LAI odznaczała się pszenica w siewie czystym. Wskaźnik LAI odmian pszenżyta uprawianego w siewie czystym był istotnie niższy w porównaniu do pszenicy. Spośród porównywanych odmian pszenżyta większy LAI osiągała odmiana Wanad i jej mieszanki. Stosunek powierzchni liści do powierzchni gleby (wskaźnik LAI) mieszanek kształtował się na wyższym poziomie w porównaniu do siewów czystych pszenżyta, osiągając maksymalne wartości w mieszankach o najmniejszym udziale pszenżyta, które jednak były niższe w stosunku do LAI pszenicy (tab. 2).

Tabela 2

Wskaźnik powierzchni liści łanu (LAI) w fazie strzelania w źdźbło, badanych odmian pszenżyta jarego i pszenicy w zależności od lat uprawy i udziału pszenżyta w materiale siewnym mieszanki
Leaf area index for a stand at shooting phase of the studied spring triticale and wheat cultivars depending on years of cultivation and triticale share in mixture sowing material

Odmiany Cultivars	Udział podczas siewu (%) Percentage in sowing seed	Lata Years			Średnio Mean
		1998	1999	2000	
Gabo	100	1,26	1,64	1,67	1,67
	75	1,63	2,11	2,15	2,15
	50	1,72	2,40	2,12	2,12
	25	1,72	2,73	2,56	2,56
Wanad	100	1,77	2,02	2,00	2,00
	75	1,98	2,18	2,34	2,34
	50	2,08	2,45	2,45	2,45
	25	2,13	2,77	2,64	2,64
Henika	100	2,53	3,04	2,90	2,90
Średnio — Mean		1,87	2,39	2,32	—

NIR_α = 0,05; LSD_α = 0,05: dla lat; for years 0,10

dla obiektów; for objects 0,14

dla współdziałania (lata × obiekty); interaction (years × objects) 0,25

Wskaźnik powierzchni liści LAI w fazie strzelania w źdźbło uzależniony był od współdziałania lat z obiektami badawczymi. W 1998 roku pszenżyto Gabo uprawiane z siewu czystego miało istotnie mniejszy w porównaniu do lat następnych wskaźnik LAI. Odmiana Wanad uprawiana z siewu czystego nie wykazała istotnego zróżnicowania tej cechy pomiędzy latami badań. Dla większości badanych obiektów najkorzystniejsze w tym względzie były lata 1999 i 2000, w których wskaźnik LAI był największy, a różnice pomiędzy tymi latami nieistotne. Wyjątek stanowiła mieszanka o 50% udziale Gabo, która wykazała istotne zróżnicowanie omawianej cechy pomiędzy latami badań. Pszenżyto Gabo uprawiane z siewu czystego we wszystkich latach badań charakteryzowało się najmniejszym wskaźnikiem LAI, a największym — pszenica w siewie czystym. Mieszanki z odmianą Gabo w porównaniu do siewu czystego charakteryzowały się istotnie większym wskaźnikiem LAI. Natomiast mieszanki o 75% udziale odmiany Wanad w latach 1998 i 1999 nie odbiegały znacząco tą cechą od siewu czystego odmiany Wanad. W 1998 roku udział komponentów w mieszance nie powodował znaczących zmian w omawianej cesze. W latach następnych zróżnicowanie wskaźnika LAI w zależności od udziału komponentów było większe. Mieszanki z odmianą Gabo w 1999 roku wykazały istotne zróżnicowanie tej cechy w zależności od udziału komponentów. Natomiast w 2000 roku nie odnotowano istotnych różnic pomiędzy mieszankami o 75 i 50% udziale pszenżyta, które charakteryzowały się zbliżonymi wskaźnikami LAI. Istotne zróżnicowanie wskaźnika LAI pomiędzy mieszankami o 50 i 25% udziale odmiany Wanad stwierdzono w 1999 roku a pomiędzy mieszankami o 75 i 25% udziale w 2000 roku.

Powierzchnia blaszek liściowych jednej rośliny pszenżyta średnio za 3 lata, w fazie kłoszenia wahała się w zakresie od 91,4 do 102,2 cm² (tab. 3).

Tabela 3

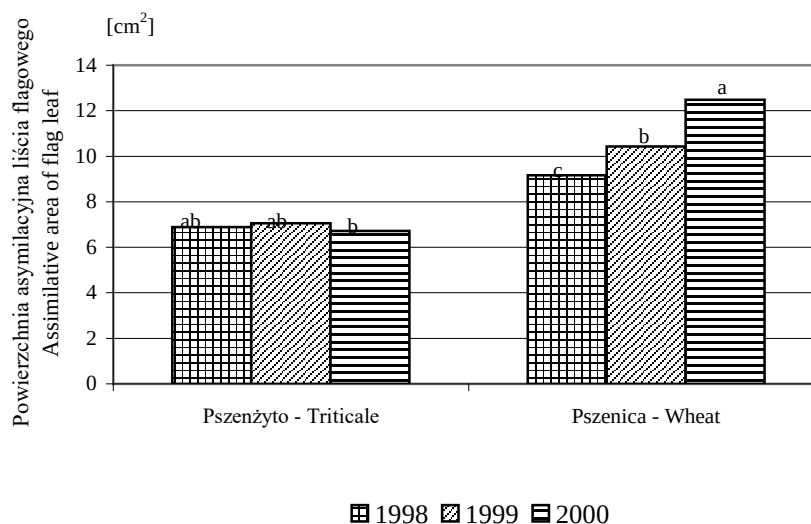
Powierzchnia liści jednej rośliny (cm²) badanych odmian pszenżyta i pszenicy w zależności od udziału komponentów w materiale siewnym mieszanki w fazie kłoszenia (wg Feekesa 10,5)
Leaf area of a single plant (cm²) at earing phase (acc. To Feekes 10.5) of the studied triticale and wheat cultivars depending on a component share in mixture sowing material

Siewy czyste i mieszanki Pure sowing and mixtures	Udział podczas siewu (%) Percentage in sowing seed	Gatunki Species	
		pszenżyto triticale	pszenica wheat
Gabo	100	91,37	—
Mieszanki z odm. Gabo	75	96,98	94,32
Mixtures with cv. Gabo	50	96,82	90,84
	25	98,76	103,58
Wanad	100	102,20	—
Mieszanki z odm. Wanad	75	98,92	96,05
Mixtures with cv. Wanad	50	98,39	91,56
	25	98,87	95,42
Henika	100	—	90,27
NIR _{α = 0,05}		4,11	4,47
LSD _{α = 0,05}			

Większą powierzchnię blaszek liściowych w tej fazie osiągały rośliny odmiany Wanad a największą powierzchnią cechowały się rośliny z zasiewów czystych tej odmiany.

Rośliny odmiany Wanad pochodzące z zasiewów mieszanych charakteryzowały się mniejszą powierzchnią liści w stosunku do roślin z siewu czystego pszenżyta, różnice były jednak niewielkie, statystycznie nieudowodnione. Udział pszenicy w materiale siewnym mieszanki nie powodował istotnych zmian w powierzchni blaszek liściowych pszenżyta odmiany Wanad, która kształtowała się na jednakowym poziomie. Natomiast rośliny odmiany Gabo z zasiewów mieszanych charakteryzowały się istotnie większą powierzchnią blaszek liściowych w stosunku do roślin z zasiewów czystych tej odmiany. Podobnie jak w przypadku odmiany Wanad, rośliny odmiany Gabo nie wykazywały istotnego zróżnicowania powierzchni liści w zależności od udziału pszenżyta w mieszance.

Pszenica uprawiana w siewie czystym charakteryzowała się mniejszą powierzchnią blaszek liściowych w stosunku do siewów czystych pszenżyta. Natomiast w mieszankach z pszenżytem powierzchnia blaszek liściowych pszenicy była większa w porównaniu do roślin z czystych siewów za wyjątkiem roślin z mieszanki o 50% udziale odmiany Gabo, które charakteryzowały się podobną do roślin z siewu czystego powierzchnią blaszek liściowych (tab. 3). Największą powierzchnią liści charakteryzowały się rośliny pochodzące z mieszanki o 25% udziale odmiany Gabo 103,6 cm². Statystycznie istotny przyrost powierzchni liści pszenicy pod wpływem uprawy w mieszankach z pszenżytem stwierdzono u roślin pochodzących z mieszanek o 25% udziale pszenżyta i 75% udziale odmiany Wanad.



* Średnie oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie, $\alpha = 0,05$

* Means marked with different letters differ significantly, $\alpha = 0.05$

Rys. 2. Powierzchnia asymilacyjna liścia flagowego pszenżyta i pszenicy w zależności od lat uprawy
Fig. 2. Assimilative area of triticale and wheat flag leaf depending on years of cultivation

Wielu autorów podkreśla duże znaczenie liścia flagowego w kształtowaniu plonu rolniczego zbóż. Badania Nalborczyka (1991) wskazują, że udział liścia flagowego w kształtowaniu plonu pszenicy wynosi około 35%. W przeprowadzonych badaniach

większą powierzchnią blaszek liścia flagowego odznaczała się pszenica. Lata realizacji badań wywarły istotny wpływ na wielkość blaszek liścia flagowego. Pszenżyto najmniejsze liście flagowe wykształcało w 2000 roku, natomiast pszenica największe (rys. 2). W mieszance, w której udział odmiany Gabo wynosił 75% pszenżyto wytwarzało istotnie mniejsze liście flagowe w stosunku do pozostałych mieszanek z udziałem tej odmiany. Badane odmiany pszenżyta w zasiewach jednogatunkowych nie różniły się znacząco powierzchnią blaszek liścia flagowego. Największe blaszki liścia flagowego wytwarzała odmiana Wanad w mieszance z 50% udziałem pszenicy, różnice istotne w stosunku do odmiany Gabo w siewie czystym i w mieszance, w której udział odmiany Gabo wynosił 75%. Rośliny pszenicy największe liście flagowe wykształcały w mieszkach z 50 i 25% udziałem odmiany Wanad oraz w mieszance z 75% udziałem odmiany Gabo (rys. 2).

LAI łąnów doświadczalnych w fazie kłoszenia kształtował się w zakresie 2,05–4,23 m²·m⁻² w zależności od sezonu wegetacyjnego, gatunku, odmiany i udziału pszenżyta w materiale siewnym mieszanki (tab. 4).

Tabela 4

Indeks powierzchni liści (LAI) odmian pszenżyta i pszenicy w fazie kłoszenia w zależności od sezonu wegetacyjnego i sposobu siewu (siew czysty, mieszanki)
Leaf area index of triticale and wheat cultivars at earing phase depending on vegetation season and method of sowing (pure culture, mixtures)

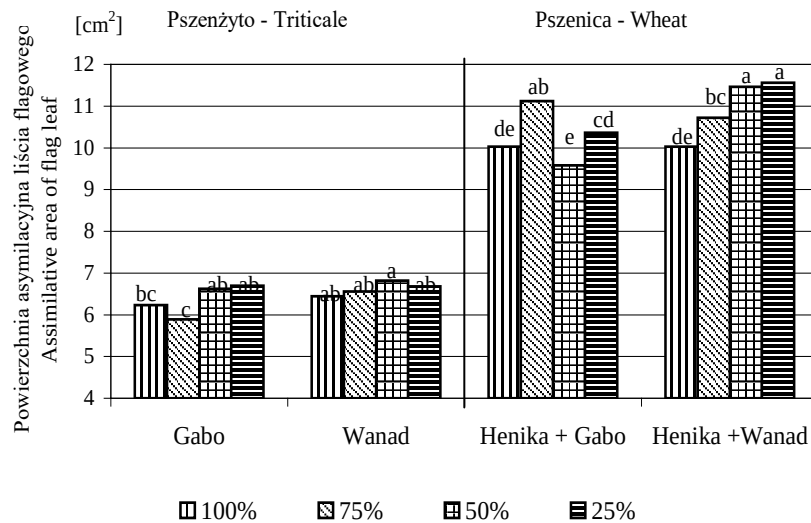
Odmiany Cultivars	Udział podczas siewu (%) Percentage in sowing seed	Lata Years			Średnio Mean
		1998	1999	2000	
Gabo	100	2,50	2,72	2,62	2,61
	75	2,79	3,10	3,22	3,04
	50	2,83	3,18	3,64	3,22
	25	3,28	3,39	4,23	3,63
Wanad	100	2,05	3,20	4,03	3,09
	75	2,46	3,43	3,70	3,20
	50	3,13	3,51	3,12	3,25
	25	3,68	3,93	3,41	3,67
Henika	100	3,75	3,27	3,83	3,61
Średnio — Mean		2,94	3,30	3,53	—

NIR_α = 0,05; LSD_α = 0,05: dla lat; for years 0,13

dla obiektów; for objects 0,12

dla współdziałania (lata × obiekty); interaction (years × objects) 0,22

Średnio za trzy lata największy LAI, 3,67 m²·m⁻² osiągnęła mieszanka z 25% udziałem odmiany Wanad, był on jednak mniejszy od wartości 6,5 która jest typowa dla łąnów zbóż w Zachodniej Europie. Według Nićiporowicza (1970) powierzchnia liści zbóż w łanie 4-krotnie większa od powierzchni gleby (LAI = 4) jest optymalna i stwarza możliwość uzyskania dużego plonu, gdyż wówczas liście nie zacinają się wzajemnie.



* Średnie oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie, $\alpha = 0,05$

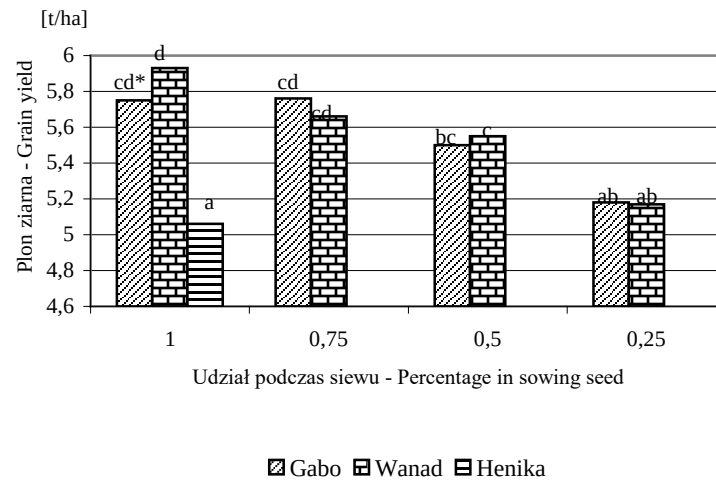
* Means marked with different letters differ significantly, $\alpha = 0.05$

Rys. 3. Powierzchnia asymilacyjna liścia flagowego badanych odmian pszenżyta i pszenicy w zależności od udziału komponentów w materiale siewnym mieszanki

Fig. 3. Assimilative area of flag leaf of the studied triticale and wheat cultivars depending on component shares in a mixture sowing material

LAI większy od 3, który zapewnia pełne pokrycie gruntu osiągnęły wszystkie badane obiekty za wyjątkiem pszenżyta odmiany Gabo w siewie czystym. Lata realizacji badań wpłynęły w sposób istotny na wielkość wskaźnika LAI. Najmniejszy wskaźnik stwierdzono w 1998 roku, większy w 1999 a największy w 2000. Średnio za trzy lata największym wskaźnikiem LAI odznaczała się pszenica oraz mieszanki, w których przeważała pszenica. Istotnie mniejsze wskaźniki stwierdzono w pozostałych mieszankach i siewach czystych pszenżyta. Badane odmiany pszenżyta w siewie czystym różniły się istotnie, większy LAI osiągała odmiana Wanad i jej mieszanka o 75% udziale pszenżyta. LAI pozostałych mieszanek kształtował się na zbliżonym poziomie (tab. 4).

W warunkach prowadzonych badań pszenżyto, plonowało znacznie lepiej niż pszenica pomimo znacznie mniejszego wskaźnika LAI. Obie odmiany pszenżyta (Gabo i Wanad) uprawiane w siewie czystym plonowały, średnio za trzy lata, na zbliżonym poziomie (różnice nieistotne) zdecydowanie niżej plonowała pszenica. Porównując plony ziarna pszenżyta uprawianego w zasiewie jednogatunkowym z plonami ich mieszanek z pszenicą nie stwierdzono wyższego plonowania mieszanek. Mieszanki z 75 i 50% udziałem pszenżyta plonowały wyżej w stosunku do plonów pszenicy w siewie czystym, a z niewielkim 25% udziałem pszenżyta na poziomie pszenicy (rys. 4).



* Średnie oznaczone różnymi literami różnią się od siebie istotnie, $\alpha = 0,05$

* Means marked with different letters differ significantly, $\alpha = 0.05$

Rys. 4. Plon ziarna badanych odmian pszenżyta i pszenicy oraz ich mieszanek w zależności od udziału komponentów (średnio z 3 lat)

Fig. 4. Grain yield of triticale and wheat cultivars and their mixtures depending on component share (mean for 3 years)

WNIOSKI

1. Powierzchnia liści pojedynczej rośliny w fazie strzelania w źdźbło zależała od uprawianego gatunku oraz udziału komponentów w mieszance. Największą powierzchnią odznaczały się rośliny pszenicy w siewie czystym oraz rośliny odmiany Wanad w siewie czystym i mieszankach.
2. Spośród badanych odmian pszenżyta uprawianych z siewu czystego większą powierzchnią liści jednej rośliny w fazie kłoszenia odznaczała się odmiana Wanad.
3. Zróżnicowany udział pszenicy w mieszankach z pszenżytem nie powodował znaczących zmian w powierzchni liści jednej rośliny pszenżyta w fazie kłoszenia. Odmiana Gabo w zasiewach mieszanych miała większą powierzchnię liści niż w siewie czystym, a odmiana Wanad w siewie czystym i mieszanym nie różniła się tą cechą.
4. Rośliny pszenicy w zasiewach mieszanych o 75 i 25% udziale pszenżyta odznaczały się większą powierzchnią liści w stosunku do roślin pochodzących z siewu czystego.
5. Pszenżyto odmiany Wanad plonowało wyżej w stosunku do odmiany Gabo, charakteryzowało się również wyższym indeksem powierzchni liści LAI zarówno w fazie strzelania w źdźbło jak i kłoszenia.
6. W zasiewach mieszanych wskaźnik LAI był większy, wykazywał tendencję wzrostową w miarę zwiększania udziału pszenicy w mieszance, osiągając wartości zbliżone do siewu czystego pszenicy w mieszankach o 25% udziale pszenżyta.

7. W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono wyższego plonowania mieszanek w stosunku do siewów czystych pszenżyta.

LITERATURA

- Doliński R. 1986. Badania nad produktywnością pszenżyta, pszenicy i żyta. Cz. I. Ann. UMC-S, Ser. Agr. 41: 89 — 103.
- Korona A., Korona E. 1996. Zależność między powierzchnią asymilacyjną liści a plonem ziarna pszenżyta jarego. *Fragm. Agron.* 2: 87 — 94.
- Nalborczyk E. 1991. Produkcyjność łanów roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.* 2: 5 — 13.
- Nalborczyk E., Nalborczyk T., Wawrzonowska B. 1981. Photosynthesis and environment. Ed. by G. Akoyunoglou: 97 — 106.
- Nićiporowicz A. A. 1970. Nekotorye principy kompleksnoj optimalizacji fotosintetičeskich dejatelnosti i produktivnosti rastenij. In: *Ważniejsze problemy fotosintezy w rolnictwie*. Kołos, Moskva.
- Nieróbca A., Faber A. 1996. Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz wielkość spodziewanego plonu pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 3: 54 — 66.
- Szmigiel A. 1995. Wpływ nawożenia azotem na powierzchnię asymilacyjną liści i plonowanie pszenicy ozimej. *Rocz. Nauk Rol., ser. A*, 111, 3/ 4: 59 — 67.
- Szmigiel A. 1997. Wpływ kierunku siewu na powierzchnię liści pszenżyta jarego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin*, 175, Rol. 65: 443 — 446.
- Zając T., Witkiewicz R. 1997. Porównanie wartości ochronnej zbóż jarych i bobiku dla koniczyny czerwonej. Cz. I. Wartość ochronna i produkcyjność zbóż jarych i bobiku. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 35: 121 — 132.

PIOTR NIERÓBCA

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Architektura ładu pszenżyta jarego i pszenicy jarej w warunkach różnej obsady roślin

Architecture of spring triticale and spring wheat stands at different population densities

W latach 1994–1996 przeprowadzono w Puławach dwa doświadczenia mikropoletkowe z pszenżytem jarym (odmiana Gabo) i pszenicą jarą (odmiana Igna) uwzględniając trzy obsady roślin po wschodach (300, 450, 600 sztuk na 1 m²). W dojrzałości pełnej pobrano po 20 kolejnych roślin z środkowej części rzędów każdego poletka i oznaczono cechy architektury ładu (udział roślin i pędów o różnej wysokości w ładzie oraz ich płodność i udział w tworzeniu plonu). Stwierdzono, że: pszenżyto jare w warunkach siewów rzadkich krzewi się znacznie silniej w porównaniu do pszenicy jarej. Pszenżyto jare niezależnie od ilości wysiewu wykształcało krótsze pędy boczne, zwłaszcza trzeciego i czwartego rzędu. Kłosa pędów bocznych pszenżyta jarego były znacznie gorzej wykształcone od kłosów pędów głównych, natomiast u pszenicy stopień wykształcenia kłosów był bardziej wyrównany. Niezależnie od obsady roślin pszenżyta i pszenicy jarej, największą masą ziarna charakteryzowały się kłosa z pędów głównych roślin silnie rozkrzewionych.

Słowa kluczowe: architektura ładu, gęstość siewu, pszenica jara, pszenżyto jare

Two microplot experiments with spring triticale var. Gabo and spring wheat var. Igna were conducted in Puławy in the years 1994–1996. Three plant densities (300, 450 and 600 plants/m²) were applied. At the full ripeness stage 20 successive plants from the middle part of rows in each plot were taken, and agronomic characters of stand (percentage of plants and shoots of different height, their productivity and the share in yield forming) were determined. At low sowing density spring triticale propagated much better than spring wheat. It produced shorter lateral shoots, especially of third and fourth order irrespective of a sowing rate. In spring triticale, the heads of lateral shoots were developed not as well as those of main shoots, whereas in spring wheat heading was more uniform. In both, spring triticale and spring wheat, the highest grain yield was produced by main shoot heads of well propagated plants, irrespective of population density.

Key words: canopy architecture, sowing density, spring wheat, spring triticale

WSTĘP

Badania nad architekturą Jaśkiewicz (1995) i Podolskiej (1995) ładu wskazują, że o poziomie plonowania decyduje obsada roślin i tzw. wyrównanie ładu rozumiane jako

możliwie duża unifikacja długości źdźbeł przy optymalnie wysokim poziomie obsady kłosów. Badań nad biologią wzrostu i plonowania pszenżyta jarego jest mało, a wykonane w latach 1987–1989 przez Stankowskiego (1994) wskazują na znaczną specyfikę tego zboża w stosunku do innych gatunków. Autor ten wykazał np. ujemną korelację stopnia rozkrzewienia z plonem, co tłumaczy bardzo dużym udziałem pędów głównych w tworzeniu plonu (do 70%). Takiej zależności nie obserwuje się w przypadku innych zbóż, a wręcz przeciwnie uznaje się za korzystne uzyskanie większego rozkrzewienia produkcyjnego (Mazurek i in., 1991). Dlatego celem przeprowadzonych badań było określenie zmian w pokroju pojedynczej rośliny i plenności pędów pod wpływem różnej obsady roślin pszenżyta jarego w porównaniu do gatunku bardziej rozpoznanego — pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1994–1996 przeprowadzono w Puławach dwa analogiczne doświadczenia mikropoletkowe o powierzchni 2 m², z pszenżytem jarym (odmiana Gabo) i pszenicą jarą (odmiana Igna). Doświadczenia zlokalizowano w miejscowej Stacji Doświadczalnej na glebie kompleksu pszennego dobrego o odczynie zbliżonym do obojętnego i wysokiej zawartości fosforu i potasu.

Doświadczenie założono metodą podbloków losowanych uwzględniając trzy obsady roślin po wschodach: 300, 450, 600 sztuk na 1 m². Nasiona zbóż po zaprawieniu wysiewano ręcznie, punktowo, po dwa ziarniaki w punkt, przy rozstawie rzędów 11 cm. Po pełnych wschodach rośliny przerywano, zostawiając zamierzoną ich liczbę na jednostce powierzchni gleby.

Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przed siewem w ilości jednakowej na całym doświadczeniu (80 kg P₂O₅ i 100 kg K₂O na ha). Nawożenie azotem, w ilości 90 kg N/ha, stosowano w dwóch dawkach: 50 kg N/ha przed siewem oraz 40 kg N/ha w fazie strzelania w źdźbło.

Rośliny zabezpieczono przed wyleganiem i przed ptakami w sposób mechaniczny. Choroby i szkodniki, w przypadku ich pojawienia się zwalczano chemicznie zgodnie z zaleceniami IOR. Chwasty usuwano ręcznie w stadium liścieni lub rozety.

W dojrzałości pełnej pobrano po 20 kolejnych roślin z środkowej części rzędów każdego poletka i oznaczono cechy architektury łanu (udział roślin i pędów o różnej wysokości w łanie oraz ich płodność i udział w tworzeniu plonu).

Wyniki pomiarów i oznaczeń opracowano statystycznie, określając istotność różnic między poszczególnymi parami średnich za pomocą testu Tukeya dla P = 0,95.

WYNIKI

Obsada roślin po siewie istotnie zróżnicowała udział roślin w łanie o różnym stopniu rozkrzewienia. W przypadku pszenżyta jarego na obiektach o obsadzie roślin 300 szt./m² stwierdzono najwięcej roślin dwu i trzy pędowych, najmniej natomiast roślin z czterema pędami produkcyjnymi. Rośliny jednopędowe stanowiły 19,5% obsady. Zwiększenie

obsady roślin do 450 szt./m² spowodowało znaczny wzrost procentowego udziału roślin z jednym pędem produkcyjnym (około 50% populacji). Udział roślin dwupędowych wynosił 40,5%, trzypędowych 7%, a czteropędowych poniżej 2% (tab. 1). W przypadku obsady 600 roślin/m² stwierdzono zanik roślin o czterech pędach produkcyjnych oraz zmniejszenie się udziału w łanie roślin trzypędowych.

Tabela 1

Procentowy udział w łanie roślin pszenżyta jarego i pszenicy jarej o różnym rozkrzewieniu produkcyjnym w zależności od obsady roślin w latach 1994–1996
Percentage of spring triticale and spring wheat plants of different productive tillering depending on population density in years 1994–1996

Obsada roślin Plant density											
300				450				600			
kategoria roślin pszenżyta jarego classes of spring triticale plants											
A*	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
19,5	50,5	25,3	4,7	50,8	40,5	7,3	1,4	54,2	39,2	6,4	0,2
NIR dla gęstości: kategoria A — 9,15 — LSD for densities 											

Udział roślin w łanie pszenicy jarej różniących się stopniem rozkrzewienia również ulegał zmianom na skutek różnej obsady roślin po wschodach (tab. 1). W przypadku małej obsady roślin (300 szt./m²) największy udział w łanie miały rośliny dwupędowe. Rośliny czteropędowe stanowiły 5,6% łanów wysianych rzadko. Przy obsadzie 450 roślin na 1 m² około 50% udziału w łanie miały rośliny jednopędowe. Udział roślin dwupędowych w łanie wynosił 33%. W łanach wytworzonych przez dużą obsadę roślin po wschodach (600 szt./m²) największy udział miały rośliny słabo rozkrzewione. Udział roślin dwupędowych był podobny jak przy obsadzie roślin 450 szt./m² — 32%. Rośliny trzypędowe stanowiły około 9% łanu, natomiast czteropędowe występowały sporadycznie (tab. 1).

Oddziaływanie obsady roślin po wschodach na udział w łanie roślin o różnym rozkrzewieniu było podobne w przypadku pszenżyta jarego i pszenicy jarej z tym, że na obiektach z małą obsadą roślin (300 szt./m²) pszenżyto charakteryzowało się większym udziałem w łanie roślin bardziej rozkrzewionych w stosunku do pszenicy. Na obiektach ze średnią lub dużą obsadą roślin tendencja pszenżyta do większego udziału w łanie roślin

intensywnie rozkrzewionych była mniej wyraźna. Zgodne jest to z wynikami podawanymi przez Stankowskiego (1994), który również zwrócił uwagę na bardzo silne krzewienie się pszenżyta jarego w warunkach siewów rzadkich.

Najdłuższymi pędami kłosowymi u pszenżyta jarego były pędy główne roślin trzy i czteropędowych z obiektów o obsadzie 300 szt./m², czteropędowe z obiektów o obsadzie 450 szt./m² oraz trzypędowe z obiektów o obsadzie 600 szt./m². Zwiększenie obsady powodowało w większości przypadków skrócenie pędów (tab. 2).

Tabela 2

Wpływ obsady roślin na długość pędów (cm) pszenżyta i pszenicy jarej w zależności od kategorii roślin w latach 1994–1996

Influence of plant density on the length of shoots of spring triticale and wheat, depending on plant class in the years 1994–1996

Obsada roślin / m ² Number of plants / m ²	Kategoria roślin Plant class	Pszenżyto jare Spring triticale				Pszenica jara Spring wheat			
		1	2	3	4	1	2	3	4
300	A*	91				89			
	B	94	79			94	83		
	C	99	89	78		96	86	81	
	D	101	94	88	76	96	93	86	78
450	A	92				91			
	B	94	72			95	82		
	C	93	80	70		93	82	72	
	D	97	89	70	64	98	94	88	80
600	A	92				94			
	B	94	78			95	82		
	C	96	85	72		98	87	78	
	D	83	78	78	76	104	94	97	80

A — Jednopędowe — One-shoot plants; B — Dwupędowe — Two-shoot plants

C — Trzypędowe — Three-shoot plants; D — Czteropędowe — Four-shoot plants

Również u roślin pszenicy jarej najdłuższym pędem każdej kategorii rozkrzewienia był pęd główny. Na każdym obiekcie rośliny lepiej rozkrzewione posiadały wyższy pęd główny, przy czym najdłuższy obserwowano na obiekcie o obsadzie 600 szt./m². Zwiększanie obsady roślin na jednostce powierzchni powodowało nieznaczne wydłużenie tylko pędów głównych (tab. 2).

Wpływ ilości wysiewu na długość pędów w zasadzie był podobny u obu gatunków. Jedynie należałoby zwrócić uwagę na stały charakter zmian w długości pędów u pszenicy jarej i większe wahania długości pędów u pszenżyta jarego. Zakres długości pędów u pszenżyta wahał się od 64 do 101 cm, natomiast u pszenicy od 72 do 104 cm. Pszenżyto jare niezależnie od ilości wysiewu wykształcało krótsze pędy boczne (zwłaszcza trzeciego i czwartego rzędu) w porównaniu do pszenicy jarej. Podobne wyniki uzyskała Wolska i wsp. (1988).

Długość kłosa pszenżyta i pszenicy jarej była bezpośrednio zależna od długości pędu, dłuższy pęd to dłuższy kłos. Najdłuższe kłosa u obu gatunków występowały na pędzie głównym, rośliny mocniej rozkrzewione posiadały kłos z tego pędu większy. U pszenżyta zwiększanie obsady roślin w większości przypadków powodowało skrócenie kłosa

(wyjątek długość kłosów roślin czteropędowych z obiektów o obsadzie 450 szt./m²). Natomiast u pszenicy, obsada roślin, zasadniczo nie wpływała na długość kłosa (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ obsady roślin na długość kłosa (cm) pszenżyta i pszenicy jarej w zależności od kategorii roślin w latach 1994–1996

Influence of plant density on the length (cm) of ears of spring triticale and wheat depending on plant class in the years 1994–1996

Obsada roślin / m ² Numer of plants / m ²	Kategoria roślin Plant class	Pszenżyto jare Spring triticale				Pszenica jara Spring wheat			
		1	2	3	4	1	2	3	4
300	A*	7,3				7,6			
	B	8,1	6,8			8,2	7,4		
	C	8,7	7,6	6,9		8,6	7,9	7,6	
	D	8,6	8,1	7,1	6,8	8,7	8,0	8,3	6,7
450	A	7,1				8,5			
	B	7,7	6,2			8,2	6,7		
	C	8,3	6,9	6,0		8,3	7,4	6,8	
	D	8,8	7,4	6,7	6,3	8,9	8,1	7,0	7,2
600	A	7,3				7,4			
	B	7,5	6,2			8,0	6,4		
	C	8,5	6,9	6,2		8,3	7,2	6,3	
	D	9,5	6,5	6,5	4,5	9,4	7,6	7,6	7,5

A — Jednopędowe — One-shoot-plant, B — Dwupędowe — Two-shoot plants

C — Trzypędowe — Three-shoot plants; D — Czteropędowe — Four-shoot plants

Porównując długość kłosa na poszczególnych pędach bocznych u obu gatunków należy zwrócić uwagę na istotne skracanie się kłosa pszenżyta jarego na pędach bocznych kolejnych rzędów. Widoczne jest to głównie u roślin trzy i czteropędowych na obiektach o obsadzie 450 i 600 szt./m². Kłosa pędów bocznych są znacznie krótsze od kłosów pędów głównych. Natomiast u pszenicy jarej dyferencjacja długości kłosów między poszczególnymi obiektami, roślinami i pędami jest mniejsza, długość kłosów jest bardziej wyrównana (tab. 3). Świadczy to, że u roślin pszenżyta występuje silniejsze oddziaływanie konkurencyjne pędu głównego z pędami bocznymi, potwierdzają to prace Koczowskiej, Korony (1994) i Stankowskiego (1994).

Pszenżyto jare największą liczbę ziaren w kłosie wykształciło na pędach głównych, przy czym cecha ta była ściśle związana z stopniem rozkrzewienia roślin. Rośliny trzypędowe i czteropędowe, na obiektach o obsadzie roślin 300 i 450 szt./m², wykształciły więcej ziaren w kłosie pędu głównego niż rośliny jedno i dwupędowe. Na obiektach o obsadzie 600 szt./m² najwięcej ziaren w kłosach pędów głównych posiadały rośliny dwu i trzypędowe. Zwiększenie obsady do 600 szt./m² powodowało zmniejszenie liczby wykształcanych ziaren w kłosie pędów poszczególnych kategorii (tab. 4).

Liczba ziaren z kłosa pszenicy jarej, podobnie jak u pszenżyta, największa była z pędów głównych i rosła wraz ze zwiększeniem rozkrzewienia produkcyjnego niezależnie od obsady. Zwiększanie obsady roślin powodowało nieznaczne zmiany w ilości wytwarzanych ziaren w kłosie, jedynie większe zmniejszenie ich ilości obserwowano u roślin jedno i dwupędowych (tab. 4). Ilość wysiewu nie miała istotnego wpływu na wykształcenie kłosa u pszenicy jarej, a u pszenżyta jarego na obiektach sianych gęsto kłos

był gorzej wykształcony, dotyczy to zarówno kłosów z pędów głównych jak i bocznych (prawie trzykrotnie mniej ziaren z kłosa pędów IV rzędu) (tab. 4).

Masa ziarna z kłosa pszenżyta jarego była najwyższa, niezależnie od obiektu, z pędów głównych. Rosła ona wraz ze zwiększaniem się stopnia rozkrzewienia produkcyjnego roślin na obiektach o obsadzie 300 i 450 szt./m², natomiast na obiektach o obsadzie 600 szt./m² największą masę ziarna z kłosa pędu głównego posiadały rośliny dwupędowe (tab. 5).

Tabela 4

Wpływ obsady roślin na liczbę ziaren z kłosa pszenżyta i pszenicy jarej w zależności od kategorii roślin w latach 1994–1996

Influence of plant density on kernel number per ear of spring triticale and wheat depending on plant class in the years 1994–1996

Obsada roślin / m ² Number of plants / m ²	Kategoria roślin Plant class	Pszenżyto jare Spring triticale				Pszenica jara Spring wheat			
		1	2	3	4	1	2	3	4
300	A*	40,6				38,1			
	B	45,7	31,1			41,2	30,3		
	C	53,9	43,4	31,1		43,5	34,5	28,1	
	D	57,4	51,9	36,4	30,9	45,4	36,8	28,3	23,9
450	A	39,7				35,2			
	B	41,5	24,1			41,2	28,2		
	C	48,2	36,0	21,5		43,7	31,2	25,5	
	D	56,2	45,3	34,6	23,3	46,0	41,0	34,5	29,5
600	A	37,5				33,1			
	B	40,3	26,6			37,2	23,2		
	C	44,2	31,6	23,5		41,9	29,6	24,2	
	D	37,0	27,0	21,0	11,0	49,7	40,5	37,0	27,5

A — Jednopędowe — One-shoot-plant, B — Dwupędowe — Two-shoot plants

C — Trzypędowe — Three-shoot plants; D — Czteropędowe — Four-shoots plants

Tabela 5

Wpływ obsady roślin na masę ziaren z kłosa pszenżyta i pszenicy jarej w zależności od kategorii roślin w latach 1994–1996

Influence of plant density on grain yield per ear in spring triticale and wheat depending on plant class in the years 1994–1996

Obsada roślin / m ² Number of plants / m ²	Kategoria roślin Plant class	Pszenżyto jare Spring triticale				Pszenica jara Spring wheat			
		1	2	3	4	1	2	3	4
300	A*	1,5				1,3			
	B	1,7	1,0			1,8	1,0		
	C	2,1	1,4	1,0		1,7	1,2	0,8	
	D	2,2	1,8	1,2	1,0	1,7	1,1	0,8	0,6
450	A	1,4				1,5			
	B	1,7	0,8			1,7	0,9		
	C	2,0	1,1	0,6		1,7	1,3	1,2	
	D	2,1	1,5	0,8	0,6	1,8	1,3	1,0	0,8
600	A	1,3				1,4			
	B	1,7	0,7			1,4	0,8		
	C	1,5	0,9	0,6		1,5	0,9	0,8	
	D	1,6	0,8	0,7	0,4	2,0	1,2	1,0	0,5

A — Jednopędowe — One-shoot-plant, B — Dwupędowe — Two-shoot plants

C — Trzypędowe — Three-shoot plants; D — Czteropędowe — Four-shoots plants

Masa ziarna z kłosa pszenicy jarej była proporcjonalna do liczby ziaren z kłosa i podlegała tym samym zmianom pod wpływem obsady roślin. Największą masą ziarna charakteryzowały się kłosa z pędów głównych roślin najlepiej rozkrzewionych (tab. 5).

Podobne zależności, co do liczby i masy ziarna z kłosa pod wpływem zwiększającej się ilości wysiewu stwierdzono w pracach opisujących architekturę łanu zbóż (Jaśkiewicz, 1995; Podolska, 1995) oraz rozwój morfogenetyczny kłosa (Kozdój, 1992). Analiza tych elementów budowy łanu również potwierdza obserwacje Stankowskiego (1994) nad dominującą rolą pędu głównego u pszenżyta jarego.

WNIOSKI

1. Pszenżyto jare w warunkach siewów rzadkich krzewi się znacznie silniej w porównaniu do pszenicy jarej.
2. Pszenżyto jare niezależnie od ilości wysiewu wykształcało krótsze pędy boczne, zwłaszcza trzeciego i czwartego rzędu, w porównaniu do pszenicy jarej.
3. Kłosa pędów bocznych pszenżyta jarego są znacznie gorzej wykształcone od kłosów pędów głównych, natomiast u pszenicy stopień wykształcenia kłosów jest bardziej wyrównany.
4. Niezależnie od obsady roślin, pszenżyta i pszenicy jarej, największą masą ziarna charakteryzowały się kłosa z pędów głównych roślin najlepiej rozkrzewionych.

LITERATURA

- Jaśkiewicz B. 1995. Wzrost rozwój oraz plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od terminu siewu i obsady roślin. Puławy R (328).
- Koczowska J., Korona A.: 1994. Zmienność korelacyjna wybranych cech pszenżyta jarego. Zesz. Naukowe AR w Szczecinie 162: 67 — 72.
- Kozdój J. 1992. Wpływ wybranych czynników środowiska na morfogenezę kłosa i potencjał plonotwórczy zbóż. Biul. IHAR 183: 59 — 71.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B., Sułek A. 1991. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie, strukturę plonu oraz jakość ziarna nowych odmian i rodów pszenicy jarej. IUNG Puławy, R (288): 35 — 39.
- Mazurek J., Kuś J., Maj L. 1991. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie 3 odmian pszenicy jarej. IUNG Puławy, R (288): 49 — 58.
- Podolska G. 1995. Struktura plonu i architektura łanu odmian pszenżyta ozimego w zależności od warunków glebowych. Puławy, R (323).
- Stankowski S. 1994. Reakcja pszenżyta jarego na termin siewu, ilość wysiewu, rozstaw rzędów i głębokość siewu w uprawie na glebie lekkiej. AR Szczecin, Rozprawa habilitacyjna, nr 159.

PIOTR NIERÓBCA

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wpływ nawożenia azotowego, terminu siewu i ilości wysiewu na plon i elementy struktury plonu pszenżyta jarego

The effect of nitrogen fertilization, sowing time and sowing density on yield and yield components in the spring triticale

W latach 2001–2002 przeprowadzono doświadczenia, w których określono wpływ nawożenia, terminu i gęstości siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian pszenżyta jarego. Stwierdzono, że badane odmiany MAH 2300, MAH 2500 i CHD 400 dobrze wykorzystują średnie dawki azotu i plonują lepiej przy wczesnym siewie. Badane odmiany mają podobne wymagania, co do gęstości siewu. U żadnej z badanych odmian nie stwierdzono istotnej różnicy plonowania przy obsadzie roślin po wschodach od 400 do 800 na 1 m².

Słowa kluczowe: ilość wysiewu, nawożenie azotowe, pszenżyto jare struktura plonu, termin siewu

The effect of sowing time, sowing density and nitrogen fertilization on grain yield and yield structure of new spring triticale cultivars were examined in experiments conducted in 2001–2002. It was found that: cultivars MAH 2300, MAH 2500 and CHD 400 well utilized medium nitrogen fertilization, above cultivars yielded higher at early sowing, no significant differences in yielding were found at plant densities ranging from 400 to 800 plants per m² when density estimation was performed at full emergence stage.

Key words: nitrogen fertilization, spring triticale, sowing time, sowing density, yield structure

WSTĘP

Aktualnie uprawiane odmiany pszenżyta jarego różnią się znacznie od swych poprzedniczek, zarówno mniejszą wysokością roślin, krótszym okresem wegetacji i większą odpornością na wyleganie, jak też mniejszą dominacją pędu głównego nad bocznymi (Zych i in., 1998). Są w typie bardziej zbliżone do pszenicy niż do żyta (Stankowski, 1993; Wolski i in., 1994; Dmowski i in., 2000). Dlatego określenie podstawowych wymagań agrotechnicznych, pozwoli w większym stopniu wykorzystać ich potencjał produkcyjny.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2001–2002 przeprowadzono równolegle trzy doświadczenia z ilością wysiewu, terminem siewu i nawożeniem azotowym, uwzględniając 3 odmiany pszenżyta jarego: MAH 2300, MAH 2500, CHD 400.

W doświadczeniu pierwszym uwzględniono 3 gęstości siewu: 400, 600, 800 roślin na 1 m², przeprowadzono je na nieobetonowanych mikropoletkach o powierzchni do zbioru 0,33 m², w układzie split-plot, w trzech powtórzeniach. Doświadczenie zlokalizowano na glebie kompleksu psennego dobrego. Siew wykonano punktowo w rzędy o rozstawie 11 cm, w terminie optymalnym dla Puław. Nawożenie mineralne wynosiło: P₂O₅ — 80 kg/ha, K₂O — 100 kg/ha, N — 90 kg/ha. Fosfor, potas i połowę dawki azotu stosowano przed siewem, drugą część dawki azotu w fazie strzelania w źdźbło. Pielęgnację wykonano ręcznie, rośliny zabezpieczono przed wyleganiem. Choroby i szkodniki zwalczano chemicznie. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej. Oznaczono plon ziarna, liczbę roślin i kłosów na 1 m² oraz MTZ i komponenty plonu. Wyniki opracowano statystycznie i określono istotność różnic testem Tukeya dla P = 0,95.

W doświadczeniu drugim uwzględniono trzy terminy siewu: najwcześniejszy, jaki był możliwy w danym roku oraz opóźnione o 10 i 20 dni. Sposób założenia i warunki wykonania takie jak w doświadczeniu pierwszym.

Doświadczenie trzecie przeprowadzono w hali wegetacyjnej w wazonach Mitscherlicha w trzech powtórzeniach. Uwzględniono 3 dawki azotu: 1,2; 2,4; 3,6 g N na wazon. Azot podawano w formie NH₄NO₃, wg techniki 1/2 dawki przed siewem i 1/2 w fazie strzelania w źdźbło. Poziom pozostałych makro i mikroelementów był jednakowy. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej. Wyniki pomiarów i oznaczeń opracowano statystycznie przy pomocy analizy wariancji, a istotność różnic oceniano przy pomocy testu Tukeya przy P = 0,95.

WYNIKI

Zróznicowanie obsady roślin po wschodach od 400 do 800 na 1 m² nie spowodowało istotnej zmiany plonu ziarna badanych odmian pszenżyta jarego (tab. 1). Liczba roślin i kłosów, w czasie zbioru, zwiększała się wraz ze wzrostem ilości wysiewu. Istotnie niższy plon z rośliny i z kłosa u badanych odmian oraz niższy MTZ, na obiektach o dużej obsadzie roślin w stosunku do obiektów o rzadszym siewie, spowodował, że plon ziarna z powierzchni gleby nie wykazywał istotnego zróżnicowania. Wystąpiła jedynie tendencja do lepszego plonowania odmian MAH 2300 i MAH 2500 na obiektach o ilości wysiewu 600 ziaren na 1 m² (tab. 1).

Odmiany MAH 2300, MAH 2500 i CHD 400 pszenżyta jarego nie różniły się reakcją na termin siewu, reagowały istotną obniżką plonu na opóźnienie siewu o 20 dni. Spowodowane to było w przypadku MAH 2300 istotnie mniejszą liczbą kłosów i plonem z kłosa, natomiast odmiany MAH 2500 i CHD 400 charakteryzowała się istotnie mniejszym plonem z rośliny i z kłosa oraz MTZ na obiektach z trzeciego terminu siewu (tab. 2).

Tabela 1

Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i strukturę plonu odmian pszenżyta jarego (2001–2002)
Influence of sowing density on yield and yield structure in spring triticale cultivars (2001–2002)

Odmiany Cultivars	Ilość wysiewu szt./m ² Sowing density	Cechy Traits						
		liczba roślin/1 m ² number of plants/1 m ²	liczba kłosów/ 1 m ² number of heads/ m ²	rozkrzewie- nie produkcyjne productive tillering	plon z rośliny (g) yield of grain per plant (g)	plon z kłosa (g) yield of grain per head (g)	MTZ weight of 1000 grains	Plon z 1 m ² (kg) yield from 1 m ² (kg)
MAH 2300	400	305	489	1,6	3,2	2,0	38,9	0,97
	600	435	641	1,5	2,6	1,7	38,1	1,11
	800	508	696	1,4	2,1	1,5	37,2	1,04
NIR LSD		152,1	136,8	r.n.	0,60	0,12	r.n.	r.n.
MAH 2500	400	309	481	1,6	2,9	1,9	38,5	0,91
	600	442	655	1,5	2,5	1,7	36,7	1,09
	800	494	667	1,4	2,2	1,6	36,2	1,07
NIR LSD		149,5	139,6	r.n.	0,30	0,21	r.n.	r.n.
CHD 400	400	366	611	1,7	2,5	1,5	31,1	0,91
	600	485	714	1,5	2,0	1,3	31,2	0,95
	800	587	854	1,5	1,7	1,2	29,9	0,98
NIR LSD		94,7	46,8	r.n.	0,37	0,31	r.n.	r.n.

Tabela 2

Wpływ terminu siewu na plonowanie i strukturę plonu odmian pszenżyta jarego (2001–2002)
The effect of sowing time on yield and yield structure in spring triticale cultivars (2001–2002)

Odmiany Cultivars	Termin siewu Sowing time	Cechy Traits						
		liczba roślin/1 m ² number of plants/ 1 m ²	liczba kłosów/ 1 m ² Number of heads/ m ²	rozkrzewie- nie produkcyjne productive tillering	plon z rośliny (g) yield of grain per plant (g)	plon z kłosa (g) yield of grain per head (g)	MTZ weight of 1000 grains	plon z 1 m ² (kg) yield from 1 m ² (kg)
MAH 2300	I	389	620	1,6	2,8	1,8	38,0	1,10
	II	466	629	1,4	2,1	1,5	36,1	0,96
	III	410	571	1,4	2,1	1,5	35,2	0,84
NIR LSD		r.n.	43,8	r.n.	r.n.	0,25	r.n.	0,171
MAH 2500	I	377	583	1,5	2,7	1,8	37,9	1,01
	II	464	653	1,4	2,1	1,4	35,1	0,96
	III	416	594	1,4	1,8	1,2	32,2	0,73
NIR LSD		18,3	50,4	r.n.	0,35	0,37	3,11	0,161
CHD 400	I	461	711	1,6	2,1	1,4	30,0	0,99
	II	522	712	1,4	1,7	1,2	28,1	0,88
	III	514	678	1,3	1,4	1,1	26,0	0,71
NIR LSD		r.n.	r.n.	r.n.	0,39	0,19	3,48	0,153

Analiza plonowania na różnych dawkach azotu, pozwoliła stwierdzić, że badane odmian pszenżyta jarego nie różnią się reakcją na wielkość dawki azotu. Istotnie zwiększają plon na skutek zwiększenia dawki nawożenia azotem z 1,2 do 2,4 g na wazon, natomiast dalsze zwiększenie poziomu nawożenia nie spowodowało zwiększenia plonu. Plon ziarna badanych odmian pszenżyta, w zależności od poziomu nawożenia azotowego, bezpośrednio zależał od plonu ziarna z rośliny (tab. 3).

Tabela 3

Plon ziarna odmian pszenżyta jarego w zależności od nawożenia azotem
Grain yield of spring triticales cultivars depending on nitrogen fertilization

Odmiany Cultivars	Poziom nawożenia azotem Nitrogen fertilization	Cechy Traits				
		rozkrzewienie produkcyjne productive tillering	plon z rośliny (g) yield of grain per plant (g)	plon z kłosa (g) yield of grain per head (g)	MTZ weight of 1000 grains	plon w g/ wazon yield per pot (g)
MAH 2300	I	2,4	5,3	2,2	39,1	53,0
	II	2,9	6,2	2,2	38,0	62,2
	III	3,2	5,8	1,8	30,0	58,2
NIR LSD		0,56	0,86	r.n.	8,82	8,74
MAH 2500	I	2,1	5,0	2,3	37,7	49,5
	II	2,8	6,0	2,2	35,0	60,1
	III	3,1	6,4	2,1	36,0	63,9
NIR LSD		0,66	0,92	r.n.	r.n.	9,65
CHD 400	I	2,5	4,3	1,7	33,9	42,7
	II	3,0	5,5	1,9	32,4	55,3
	III	3,3	5,3	1,6	29,2	52,3
NIR LSD		0,53	0,60	0,26	1,32	5,34

WNIOSKI

1. Badane odmiany: MAH 2300, MAH 2500 i CHD 400 mają podobne wymagania, co do gęstości siewu — u żadnej nie stwierdzono istotnej różnicy plonowania przy obsadzie roślin po wschodach od 400 do 800 na 1 m².
2. Pod względem wrażliwości na termin siewu odmiany MAH 2300, MAH 2500 i CHD 400 można zaliczyć do grupy odmian średnio wrażliwych — plonują podobnie przy siewie najwcześniejszym i opóźnionym o 10 dni, ale znacznie gorzej przy opóźnieniu siewu o 20 dni.
3. MAH 2300, 2500 i CHD 400 można zaliczyć do odmian efektywnie wykorzystujących średnie dawki nawożenia azotem.

LITERATURA

- Dmowski Z., Dzieżyc H., Szymczyk R. 2000. Zależność plonowania pszenżyta od odmiany, warunków glebowych i rejonu uprawy. Zeszyt 73, COBORU, Słupia Wielka.
- Stankowski S. 1994. Reakcja pszenżyta jarego na termin siewu, ilość wysiewu, rozstawę rzędów i głębokość siewu w uprawie na glebie lekkiej. Rozprawa nr 159 AR Szczecin.
- Wolski T., Czerwińska E., Ceglińska A. 1994. Hodowla pszenżyta w firmie Danko. Materiały z seminarium naukowego „Agrotechnika i spożytkowanie pszenżyta”: 19 — 32.
- Zych J., Behnke M., Kaczyński L., Lewandowska B. 1998. Zboża jare — syntezy wyników doświadczeń odmianowych. Zeszyt 1137, COBORU Słupia Wielka.

STEFAN STOJAŁOWSKI**PAWEŁ MILCZARSKI****PIOTR MASOJC**

Katedra Genetyki i Hodowli Roślin

Akademia Rolnicza w Szczecinie

Przydatność markerów ISSR do identyfikacji linii wsobnych oraz mapowania genomu żyta*

Usefulness of ISSR markers for identification of inbred lines and mapping of rye genome

Celem pracy była ocena przydatności markerów ISSR do identyfikowania linii wsobnych oraz konstruowania map genetycznych żyta. Analizami objęto 16 linii wsobnych oraz liczącą 94 osobniki populację F₂ mieszańca między liniami 544 i Ot0-20. Spośród 57 starterów zawierających sekwencje powtarzalne wybrano 12 generujących wyraźne i powtarzalne produkty amplifikacji. Wybrane startery pozwoliły na ujawnienie 29 polimorficznych fragmentów DNA jednoznacznie różnicujących badane linie wsobne i pozwalających na wstępne oszacowanie zróżnicowania genetycznego pomiędzy nimi. Utworzony na bazie uzyskanych rezultatów dendrogram podobieństwa genetycznego pomiędzy liniami wsobnymi zasadniczo nie wykazuje sprzeczności z danymi rodowodowymi. Spośród ośmiu fragmentów DNA wybranych do oceny w obrębie populacji mapującej sześć wykazywało segregację zgodną z oczekiwaniami dla produktów amplifikowanych w pojedynczym locus. Wyniki analiz segregacji markerów ISSR w populacji mapującej dowodzą, że technika ta może znaleźć zastosowanie przy konstruowaniu map genetycznych żyta, ale jej efektywność będzie raczej niska, porównywalna z techniką RAPD.

Słowa kluczowe: ISSR, markery molekularne, mapowanie genetyczne, żyto

This study was aimed at evaluation of the utility of ISSR markers as a tool for identification of inbred lines and for construction of genetic map of rye. Sixteen rye inbred lines and a mapping population composed of 94 individual F₂ plants from the 544 × Ot0-20 intercross were used for the study. Twelve primers, which generated strong and reproducible amplification products, were selected out of 57 primers tested. The selected primers revealed 29 polymorphic bands which allowed the identification of lines and the estimation of their genetic diversity. A dendrogram developed on the basis of genetic similarities proved to be generally consistent with the pedigree data. Out of eight markers used for the analysis of F₂ intercross population, six showed segregation consistent with 3:1 expectation for a single locus. The presented results of ISSR marker segregation suggest that this PCR-based method should be suitable for construction of rye genetic map. However, its efficiency seems to be comparable with that of RAPD.

* Praca dofinansowana przez Akademię Rolniczą w Szczecinie, temat BW nr 28/2000

Key words: genetic mapping, ISSR, molecular markers, rye

WSTĘP

Markery molekularne, a przede wszystkim markery generowane przy użyciu łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR), znajdują w ostatnich latach coraz szersze zastosowanie przy identyfikowaniu materiałów hodowlanych oraz mapowaniu genomów roślin uprawnych. Do najpowszechniej stosowanych metod należy analiza losowo amplifikowanego polimorficznego DNA (RAPD) opracowana przez Williamsa i wsp. (1990). Popularność markerów RAPD wynika ze względnie niskich kosztów analiz oraz możliwości stosowania tej techniki bez znajomości specyficznych sekwencji DNA w genomie analizowanego gatunku. Poważną wadą RAPD są jednak problemy z powtarzalnością wynikające ze stosowania krótkich (przeważnie 10-nukleotydowych) starterów. Ziętkiewicz i wsp. (1994) opracowali system markerowy określany skrótem ISSR (inter simple sequence repeat), którego podstawę stanowi polimorfizm fragmentów DNA występujących pomiędzy prostymi sekwencjami powtórzonymi. Startery ISSR zawierają przeważnie 2–4 nukleotydowy motyw powtarzalny z 1–2 nukleotydową kotwicą selekcyjną na końcu 3' lub 5'. Technika ISSR, posiadając podstawowe zalety RAPD, bazuje jednocześnie na starterach o długości 16–25 nukleotydów, gwarantujących dzięki temu wyraźnie lepszą powtarzalność analiz (Predeep Reddy i in., 2002).

U zbóż technikę ISSR stosowano z powodzeniem do identyfikacji oraz oceny zróżnicowania genetycznego odmian i linii pszenicy (Nagoaka i Ogihara 1997), jęczmienia (Fernandez i in. 2002), kukurydzy (Kantety i in., 1995) i ryżu (Blair i in., 1999; Virk i in., 2000), za każdym razem uzyskując rezultaty zbliżone lub lepsze niż przy stosowaniu markerów RAPD. Istnienie sprzężeń pomiędzy markerami ISSR a genami warunkującymi niektóre cechy użytkowe u roślin uprawnych (Ratnaparkhe i in., 1998; Ammiraju i in., 2001; Cekic i in., 2001) otwiera możliwości wykorzystania tej techniki w pracach hodowlanych. U żyta zastosowano ją jak dotąd jedynie do oceny zróżnicowania genetycznego między formami tolerancyjnymi i nietolerancyjnymi na niedobory N i K w pożywkach stosowanych w kulturach *in vitro* (Smolik i Rzepka-Plevneš, 2003).

Celem niniejszej pracy była ocena przydatności markerów ISSR do identyfikacji oraz oceny zróżnicowania genetycznego między liniami wsobnymi, jak również próba określenia przydatności tego typu markerów do konstruowania map genetycznych żyta.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano 16 linii wsobnych żyta. Większość z nich pochodziła z kolekcji Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Szczecinie. Liście trzech linii (S436N, G1M i G135M) użytych do badań otrzymano z firmy hodowlanej DANKO sp. z o.o. Przydatność markerów do mapowania testowano na wyprowadzonej w AR Szczecin populacji F₂ mieszańca międzyliniowego 544 × Ot0-20.

DNA z liści zebranych z linii wsobnych zamrożonych w -70°C izolowano uproszczoną metodą Thomson i Henry'ego (1995) z użyciem buforu ekstrakcyjnego (TPS), a z liści 94 pojedynków tworzących populację mapującą — przy użyciu zestawu DNeasy Plant Mini

Kit firmy QIAGEN. Koncentrację DNA w uzyskanych ekstraktach określano przy użyciu fluorymetru VersaFluor firmy Bio-Rad. DNA izolowane metodą Thomson i Henry'ego (1995) używano bezpośrednio do przygotowywania mieszaniny reakcyjnej PCR, ekstrakty otrzymywane po użyciu zestawu firmy QIAGEN rozcieńczano do finalnego stężenia 15 ng/μl.

Różnice w sposobie izolacji DNA (niższa koncentracja DNA uzyskiwana przy uproszczonej metodzie izolacji, słabsze jego doczyszczanie oraz odmienny skład buforu elucyjnego) wymusiły, dla uzyskania porównywalnych rezultatów analiz, dostosowanie składu mieszaniny reakcyjnej PCR do rodzaju użytego ekstraktu (tab. 1).

Tabela 1

Skład mieszaniny reakcyjnej (o obj. 25μl) do analiz PCR
PCR mixture composition (vol. 25μl)

	Linie wsobne Inbred lines	Populacja mapująca Mapping population
Bufor 10 × PCR z dod. (NH ₄) ₂ SO ₄ (MBI Fermentas)		
10 × PCR buffer with (NH ₄) ₂ SO ₄ (MBI Fermentas)	0,25 μl	2,5 μl
MgCl ₂	2 mM	3 mM
dNTP mix	100 μM	100 μM
BSA	2,5 μg	2,5 μg
Taq-polimeraza (MBI Fermentas)		
Taq-polimerase (MBI Fermentas)	1,5 U	1,0 U
Starter Primer	35 ng	35 ng
Ekstrakt DNA Template DNA	2–4 ng (TPS)	15 ng (Qiagen)

W badaniach wykorzystano ogółem 57 starterów ISSR o długości od 14 do 19 nukleotydów. Każdy ze starterów posiadał jedno- lub dwunukleotydowe zakończenie selekcyjne poprzedzone dwu- (53 startery), trzy- (3 startery) lub czternukleotydowym (1 starter) motywem powtarzalnym. Po wstępnej selekcji do bardziej szczegółowych analiz wybrano 12 starterów (tab. 2) generujących powtarzalne i łatwe do identyfikacji w żelach agarozowych, polimorficzne produkty amplifikacji.

Reakcje PCR prowadzone były według następującego profilu:

wstępna denaturacja: 94°C przez 4'00"

35 × (94°C przez 30'; X°C przez 30"; 72°C przez 1'30")

końcowa inkubacja 72°C przez 5',

gdzie X = temperatura o 2°C niższa od temperatury topnienia dla danej sekwencji startera (tab. 2).

Produkty amplifikacji rozdzielano w zawierających bromek etydy 1,8% żelach agarozowych i wizualizowano w świetle UV.

Współczynniki podobieństwa genetycznego (S_D) między badanymi liniami obliczono według formuły Dice:

$$S_D = \frac{2N_{AB}}{N_A + N_B}$$

gdzie:

N_{AB} — liczba prążków wspólnych dla obu porównywanych linii,

N_A — liczba wszystkich prążków dla odmiany A,

N_B — liczba wszystkich prążków dla odmiany B.

Tabela 2

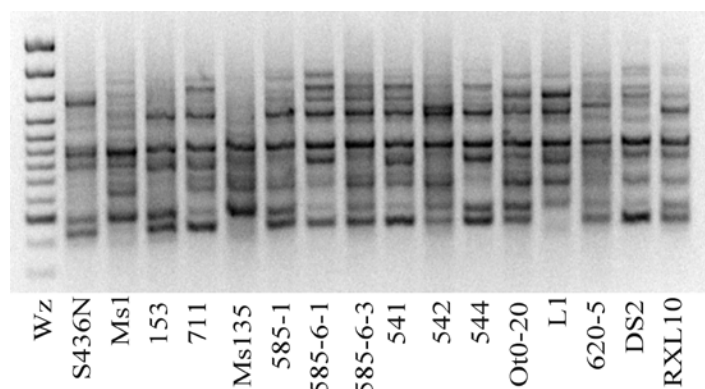
Charakterystyka starterów ISSR użytych w pracy
Characterization of ISSR primers used in the study

Starter Primer	Sekwencja (5'-3') Sequence (5'-3')	Temperatura topnienia (°C) Melting temperature (°C)
is2	GAGAGAGAGAGAGAGAGAA	56
is3	GAGAGAGAGAGAGAGAGAC	58
is4	GAGAGAGAGAGAGAGAGAT	56
is9	AGAGAGAGAGAGAGAGC	52
is11	ACACACACACACACT	50
is14	CTCTCTCTCTCTCTA	50
is16	CTCTCTCTCTCTCTT	50
is17	TCTCTCTCTCTCTCA	50
is18	TCTCTCTCTCTCTCC	52
is19	TCTCTCTCTCTCTCG	52
is25	AGAGAGAGAGAGAGAG(CT)C	55
is32	ACACACACACACAC(CT)G	55
is44	TCTCTCTCTCTCTC(GA)C	55

Na podstawie wyliczonych współczynników sporządzono metodą UPGMA dendrogram. Obliczenia współczynnika podobieństwa i wykreślenie dendrogramu przeprowadzono przy użyciu programu komputerowego Molecular Analyst v. 2,0 firmy BioRad. Analizy oparto wyłącznie o markery polimorficzne, w związku z czym ich rezultaty obrazują względne relacje między badanymi liniami, a nie ich faktyczne zróżnicowanie genetyczne. Zgodność segregacji testowanych markerów z wartościami oczekiwanymi dla populacji mapującej pokolenia F_2 określano przy użyciu standardowego testu χ -kwadrat.

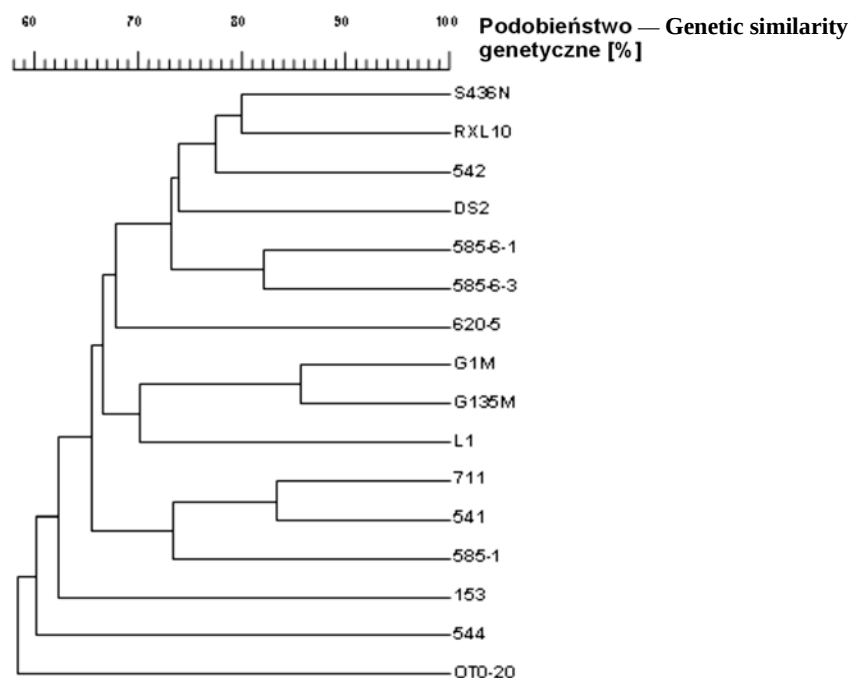
WYNIKI

Startery uznane w trakcie wstępnych analiz za najprzydatniejsze do oceny zróżnicowania genetycznego linii żyta bazują wyłącznie na dwunukleotydowych motywach powtarzalnych (tab. 2). Każdy z tych starterów pozwalał na powielenie od 5 do 16 fragmentów DNA o długościach od 200 do 2000 par zasad. Wśród nich polimorfizm wykazywało od 1 do 6 produktów amplifikacji (rys. 1). W sumie, po zastosowaniu 11 starterów ISSR, uzyskano 29 polimorficznych prążków pozwalających na jednoznaczną identyfikację każdej z analizowanych linii wsobnych oraz umożliwiających obliczenie wartości podobieństwa genetycznego między nimi (tab. 3). Uzyskane wartości podobieństwa były dość zróżnicowane i mieściły się w granicach 0,49-0,86. Stały się one podstawą do wykreślenia dendrogramu, łączącego prawie wszystkie analizowane linie w trzy grupy skupień (rys. 2). Pierwszą grupę tworzą linie o odrębnym pochodzeniu: S426N, RXL10, DS2 oraz spokrewnione ze sobą linie 542, 585-6-1, 585-6-3 i 620-5.



Rys. 1. Polimorfizm fragmentów ISSR uzyskany wśród linii wsobnych żyta, przy zastosowaniu startera is3

Fig. 1. ISSR patterns detected among the inbred lines of rye by means of the is3 primer



Rys. 2. Dendrogram obrazujący podobieństwo genetyczne między liniami wsobnymi żyta otrzymany przy użyciu metody UPGMA

Fig. 2. Dendrogram illustrating genetic similarity between the inbred lines of rye built using the UPGMA method

Tabela 3

Macierz podobieństwa genetycznego linii wsobnych żyta
Matrix of genetic similarity between inbred lines of rye

RXL10	0,80														
542	0,77	0,77													
DS2	0,77	0,71	0,74												
585-6-1	0,63	0,75	0,73	0,67											
585-6-3	0,76	0,76	0,79	0,78	0,82										
620-5	0,73	0,60	0,65	0,71	0,63	0,76									
G1M	0,75	0,63	0,79	0,72	0,59	0,77	0,63								
G135M	0,67	0,61	0,71	0,70	0,57	0,75	0,61	0,86							
L1	0,67	0,67	0,65	0,60	0,58	0,74	0,61	0,68	0,72						
711	0,63	0,63	0,67	0,50	0,59	0,72	0,50	0,65	0,69	0,68					
541	0,65	0,71	0,74	0,63	0,78	0,78	0,59	0,61	0,65	0,70	0,83				
585-1	0,65	0,71	0,69	0,63	0,67	0,74	0,65	0,67	0,59	0,60	0,67	0,80			
153	0,63	0,63	0,67	0,61	0,65	0,67	0,44	0,65	0,69	0,63	0,65	0,67	0,55		
544	0,64	0,64	0,62	0,44	0,73	0,69	0,57	0,53	0,52	0,53	0,67	0,63	0,62	0,60	
Ot0-20	0,60	0,73	0,58	0,65	0,56	0,65	0,47	0,56	0,49	0,61	0,56	0,59	0,71	0,50	0,50
	S436N	RXL10	542	DS2	585-6-1	585-6-3	620-5	G1M	G135M	L1	711	541	585-1	153	544

W skład drugiej grupy wchodzi wyprowadzone w ramach jednego programu hodowlanego linie G1M i G135M oraz odrębna pochodzeniowo linia L1. Trzecia grupa skupień obejmuje trzy, mające częściowo wspólny rodowód, linie oznaczone symbolami 711, 541 i 585-1. Linie z trzeciej grupy skupień są też spokrewnione w mniejszym lub większym stopniu z liniami 542, 585-1 i 585-3 należącymi do grupy pierwszej oraz z dwiema pozostałymi liniami występującymi w dendrogramie: 153 i 544. Największą odrębność od pozostałych analizowanych obiektów wykazuje wyprowadzona z odmiany Otello linia Ot0-20.

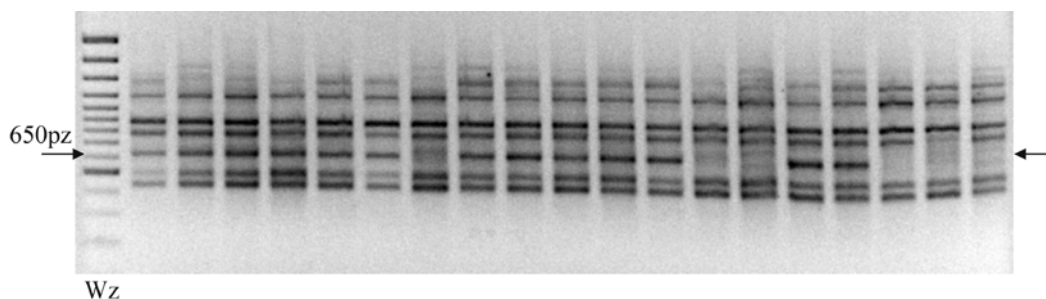
Osiem wyraźnych prążków różnicujących linie 544 i Ot0-20 zostało wybranych do przeprowadzenia oceny segregacji markerów ISSR w populacji mapującej (tab. 4).

Tabela 4

Segregacja wybranych fragmentów DNA w populacji mapującej (544 × Ot0-20) F₂
Segregation of some DNA fragments in the mapping population (544 × Ot0-20) F₂

Marker	Pochodzenie amplifikowanego fragmentu Source of PCR product	Obserwowane rozszczepienia Observed segregation	χ^2	Prawdopodobieństwo Probability
is2/1200pz	Ot0-20	66 : 21	0,03	0,75–0,9
is3/650pz	Ot0-20	67 : 17	1,02	0,25–0,5
is11/750pz	Ot0-20	67 : 27	0,70	0,25–0,5
is11/800pz	544	81 : 13	6,25	0,01–0,05
is14/650pz	Ot0-20	70 : 24	0,01	0,9–0,95
is18/640pz	Ot0-20	73 : 20	0,61	0,25–0,5
is19/900pz	544	74 : 17	1,94	0,1–0,25
is44/600pz	544	32 : 2	6,63	0,01–0,05

Zastosowanie przy analizach segregacji ekstraktów DNA o większej koncentracji i czystości zasadniczo nie wpłynęło na profil uzyskiwanych produktów amplifikacji (rys. 3), chociaż uzyskiwane obrazy elektroforetyczne były nieco wyraźniejsze i przez to łatwiejsze do interpretacji.



Rys. 3. Segregacja markera is3/650pz w populacji F₂ mieszańca między liniami 544 i Ot0-20
Fig. 3. Segregation of the is3/650bp marker in F₂ population of the cross between 544 and Ot0-20 lines

Uzyskane liczebności dla sześciu spośród analizowanych produktów amplifikacji: is2/1200pz, is3/650pz, is11/750pz, is14/650pz, is18/640pz i is19/900pz wskazywały na dziedziczenie jednogenowe. Markery te spełniają, więc podstawowe kryterium przydat-

ności do tworzenia mapy genetycznej żyta. Segregacje pozostałych dwóch analizowanych fragmentów DNA odchylały się od wartości oczekiwanych przy amplifikacji fragmentu w pojedynczym locus. Uzyskane rozszczepienia wskazują, że prążki markerowe mogą mieć charakter heterogeniczny i tym samym nie znajdują zastosowania przy konstruowaniu mapy genomu żyta.

DYSKUSJA

Wybrane w trakcie wstępnej oceny startery pozwalające na jednoznaczną identyfikację badanych linii wsobnych żyta, charakteryzują się obecnością pięciu dwunukleotydowych motywów powtarzalnych: (AG), (GA), (CT), (TC), (AC). W genomach roślinnych sekwencje powtarzalne z motywem trzy- lub czternukleotydowym są znacznie rzadsze niż dwunukleotydowe, a startery z motywami (AT), (TA), (GC) i (CG) generują zazwyczaj niski polimorfizm, co prawdopodobnie jest związane z tendencją do tworzenia połączeń komplementarnych pomiędzy starterami i w obrębie samego startera oraz związanego z tym powstawania struktury tzw. „spinki do włosów” (Cekic i in., 2001). Dlatego też największy polimorfizm w trakcie dotąd prowadzonych prac uzyskiwano przy zastosowaniu starterów z powtórzeniami typu: (AG), (GA), (CT), (TC), (AC) i (CA) (Pradeep Reddy i in., 2002). Ograniczona liczba sekwencji powtarzalnych, jakie mogą być podstawą do projektowania starterów dających użyteczny polimorfizm jest również jedną z podstawowych wad techniki ISSR limitujących jej stosowanie przy badaniu genomów roślin (Cekic i in., 2001).

Markery ISSR znajdują najczęściej zastosowanie przy identyfikacji genotypów, ocenie zróżnicowania genetycznego i analizach filogenetycznych (Pradeep Reddy i in., 2002). Fernandez i wsp. (2002) stwierdzili, że skonstruowany na bazie markerów ISSR dendrogram ukazujący podobieństwo genetyczne między odmianami jęczmienia lepiej odzwierciedlał ich pochodzenie niż wtedy, gdy do jego konstruowania używano techniki RAPD. U ryżu (Virk i in., 2000) obie te techniki dawały zbliżone rezultaty, odzwierciedlające z pewnymi możliwymi do zaakceptowania odstępstwami, pochodzenie badanych genotypów.

Dendrogram utworzony na bazie przeprowadzonych w niniejszej pracy analiz względnie dobrze odzwierciedla związki rodowodowe pomiędzy badanymi liniami żyta. Zaobserwowane odstępstwa mogą wynikać z faktu, że nie zawsze rodowód w pełni odzwierciedla podobieństwo genetyczne między liniami. Precyzja oceny dystansu genetycznego mogłaby też zostać wydatnie poprawiona poprzez zwiększenie liczby loci będących podstawą do wykreślenia dendrogramu. Według Myśków i wsp. (2001) przy stosunkowo niewielkiej liczbie markerów używanych do oceny dystansu genetycznego pomiędzy liniami wsobnymi wskazane jest, aby były one względnie równomiernie rozproszone po genomie żyta. Lokalizacja loci ISSR użytych w trakcie opisywanych badań nie jest jednak dotąd poznana.

Markery ISSR nie były dotąd stosowane do tworzenia nowych map genetycznych. Kilkakrotnie były one jednak z powodzeniem używane do rozbudowy map skonstruowanych na bazie markerów RFLP lub SSR (Pradeep Reddy i in., 2002). W populacji

mapującej diploidalnych pszenic zgodność segregacji markerów ISSR z modelem jednogenowym była duża (44 spośród 49 polimorficznych fragmentów) — znacząco większa niż dla markerów RAPD ocenianych na tym samym materiale (Kojima i in., 1998). Ocena segregacji markerów ISSR w badanej populacji mapującej żyta zakończona została wskazaniem sześciu markerów spełniających podstawowe kryteria wymagane przy użyciu ich do konstruowania mapy genetycznej (powtarzalność i zgodność dziedziczenia z modelem jednogenowym). Liczba wytypowanych markerów (6) jest względnie niska w porównaniu do całkowitej liczby zastosowanych w trakcie badań starterów (57). Poziom ten jest jednak zbliżony do polimorfizmu generowanego u żyta przez markery RAPD (Masojć i in., 2001). Można przy tym przypuszczać, że efektywność mapowania przy użyciu markerów ISSR okaże się wyższa, jeśli przy elektroforezie produktów amplifikacji agarozą zostanie zastąpiona żelami poliakrylamidowymi. Moreno i wsp. (1998) wykazali, że wysoka rozdzielczość elektroforezy w żelach poliakrylamidowych w warunkach zdenaturowanych pozwala na uwidocznienie znacznie większej liczby produktów amplifikacji niż przy zastosowaniu 2% agarozy.

Niedostateczny poziom polimorfizmu generowanego przez markery ISSR może ograniczać przydatność tej techniki do konstruowania map genetycznych oraz określania dystansu genetycznego między badanymi obiektami. Z drugiej jednak strony technika ta jest prosta i względnie tania, a przy tym gwarantuje wysoką powtarzalność uzyskiwanych rezultatów, co czyni ją bardzo przydatnym narzędziem przy rozróżnianiu linii wsobnych żyta.

WNIOSKI

1. Markery ISSR stanowią użyteczne narzędzie do identyfikacji linii wsobnych żyta.
2. Rezultaty oceny podobieństwa genetycznego między badanymi genotypami są w dużej części zgodne z danymi rodowodowymi. Przydatność techniki ISSR do oceny zróżnicowania genetycznego może być jednak w pewnym stopniu ograniczona trudnościami w uzyskiwaniu większej liczby fragmentów polimorficznych.
3. Przy tworzeniu map genetycznych żyta przydatność techniki ISSR połączonej z elektroforezą w żelach agarozowych wydaje się być zbliżona do techniki RAPD, a podstawowym jej ograniczeniem jest przeciętny poziom uzyskiwanego polimorfizmu.

LITERATURA

- Ammiraju J. S. S., Dholakia B. B., Dantra D. K., Sigh H., Lagu M. D., Tamhankar S. A., Dhaliwal H. S., Rao V. S., Gupta V. S., Ranjekar P. K. 2001. Identification of inter simple sequence repeat (ISSR) markers associated with seed size in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 102: 726 — 732.
- Blair M. W., Panaud O., McCouch S. R. 1999. Inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification for analysis of microsatellite motif frequency and fingerprinting in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 98: 780 — 792.
- Cekic C., Battey N. H., Wilkinson M. J. 2001. The potential of ISSR-PCR primer-pair combinations for genetic linkage analysis using the seasonal flowering locus in *Fragaria* as a model. *Theor. Appl. Genet.* 103: 540 — 546.

- Fernandez M. E., Figueiras A. M., Benito C. 2002. The use of ISSR and RAPD markers for detecting DNA polymorphism, genotype identification and genetic diversity among cultivars with known origin. *Theor. Appl. Genet.* 104: 845 — 851.
- Kantety R. V., Zeng X. P., Bennetzen J. L., Zehr B. E. 1995. Assessment of genetic diversity in dent and popcorn (*Zea mays* L.) inbred lines using inter-simple sequence repeat (ISSR) amplification. *Mol. Breed.* 1: 365 — 373.
- Kojima T., Nagaoka T., Noda K., Ogihara Y. 1998. Genetic linkage map of ISSR and RAPD markers in Einkorn wheat in relation to that of RFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 96: 37 — 45.
- Masojć P., Myśków B., Milczarski P. 2001. Extending a RFLP-based genetic map of rye using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and isozyme markers. *Theor. Appl. Genet.* 102: 1273 — 1279.
- Moreno S., Martin J. P., Ortiz J. M. 1998. Inter-simple sequence repeats PCR for characterization of closely related grapevine germplasm. *Euphytica* 101: 117 — 125.
- Myśków B., Masojć P., Banek-Tabor A., Szołkowski A. 2001. Genetic diversity of inbred rye lines evaluated by RAPD analysis. *J. Appl. Genet.* 42: 1 — 4.
- Nagaoka T., Ogihara Y. 1997. Applicability of inter-simple sequence repeat polymorphism in wheat for use as DNA markers in comparison to RFLP and RAPD markers. *Theor. Appl. Genet.* 94: 597 — 602.
- Pradeep Reddy M., Sarla N., Siddiq E. A. 2002. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. *Euphytica* 128: 9 — 17.
- Ratnaparkhe M. B., Tekeoglu M., Muehlbauer F. J. 1998. Inter-simple sequence repeat (ISSR) polymorphisms are useful for finding markers associated with disease resistance gene clusters. *Theor. Appl. Genet.* 97: 515 — 519.
- Smolik M., Rzepka-Plevneš D. 2002. Wykorzystanie polimorfizmu DNA w regionach sekwencji mikrosatelitarnych do identyfikacji genotypów żyta o różnej tolerancji na niedobory pokarmowe w podłożu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 488 „Nowoczesne metody i techniki w hodowli roślin”: 145 — 151.
- Thomson D., Henry R. 1995. Single-step protocol for preparation of plant tissue for analysis by PCR. *BioTechniques* 19: 394 — 400.
- Virk P. S., Zhu J., Newbury H. J., Bryan G. J., Jackson M. T., Ford-Lloyd B. V. 2000. Effectiveness of different classes of molecular marker for classifying and revealing variation in rice (*Oryza sativa*) germplasm. *Euphytica* 112: 275 — 284.
- Williams J. G. K., Kubelik A. R., Livak K. J., Rafalski J. A., Tingey S. V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18: 6531 — 6535.
- Ziętkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. 1994. Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR) — Anchored Polymerase Chain Reaction Amplification. *Genomics* 20: 176 — 183.

DANUTA RZEPKA-PLEVNEŠ¹**MIŁOSZ SMOLIK¹****KAROLINA LEBIECKA²**¹ Zakład Hodowli Roślin Ogrodniczych² Katedra Genetyki i Hodowli Roślin

Akademia Rolnicza w Szczecinie

Polimorfizm białek zapasowych wybranych form żyta (*Secale* sp.) określony techniką SDS-PAGE

Polymorphism of seed protein in some rye (*Secale* sp.) forms determined by SDS-PAGE electrophoresis

Badano dwie odmiany i 8 prostych i wstecznych mieszańców międzygatunkowych żyta (*Secale* sp.) różniących się między sobą odpornością na mączniaka, rdzę brunatną i porastanie. Materiał eksperymentalny stanowiły nasiona roślin tolerancyjnych i nietolerancyjnych na niedobory N i K w podłożu wyselekcjonowane z każdej wyżej wymienionej populacji żyta. Różnice genotypowe między nimi określono w oparciu o elektroforetyczny rozdział białek zapasowych techniką SDS-PAGE. Otrzymane wyniki badań wykazały wyraźne różnice w strukturze białek badanych form żyta. Polegały one na obecności lub braku specyficznych dla nich polipeptydów.

Słowa kluczowe: białko, elektroforeza, tolerancja, niedobory pokarmowe, odporność, choroby, porastanie

The investigations included two cultivars and 8 simple and backcross interspecies rye (*Secale* sp.) hybrids differing in resistance to powdery mildew, brown rust and sprouting. Experimental material consisted of the seeds of plants tolerant and non-tolerant to N and K deficiencies, selected from above mentioned rye populations. The usual SDS-PAGE electrophoresis of storage proteins was used for determining genetic differences between them. The results showed genetic differences between the tested rye genotypes. Marked differences in protein structure, shown in the presence of polypeptides specific for each genotype, were found.

Key words: protein, electrophoresis, tolerance, nutrition, deficit, resistance, disease, sprouting

WSTĘP

Żyto *Secale cereale* L. wyróżnia się wśród zbóż wieloma cennymi z punktu widzenia hodowli właściwościami (Jagodziński, Rakowska, 1996). Stąd w programach hodowli tej rośliny dąży się do ich zachowania i utrzymania wysokiego potencjału plonowania, przy niższym od obecnie stosowanego poziomie nawożenia mineralnego (Ciepły i in., 1999). Jest to możliwe, wówczas gdy hodowca dysponuje odpowiednim materiałem wyjściowym,

dobrze przekazującym cechy potomstwu, a selekcję prowadzi się o sprawdzone kryteria (Węgrzyn, 1988). W przypadku żyta, podobnie jak i innych zbóż, może nim być długość korzeni zarodkowych (Górny, 1992; Rzepka-Plevneš, 1999). Jednak szansę wyboru przez hodowcę właściwego genotypu dają dopiero techniki biologii molekularnej, a wśród nich elektroforetyczna analiza białek zapasowych (Drzewiecki, 1997; Waga, Węgrzyn, 2000).

Celem pracy była ocena stopnia zróżnicowania białek zapasowych wybranych form żyta różniących się tolerancją na niedobory azotu i potasu w podłożu oraz odpornością na mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną żyta.

MATERIAŁ I METODY

Badano dwie populacyjne odmiany żyta — Dańkowskie Złote i Motto oraz 8 prostych i wstecznych mieszańców międzygatunkowych *Secale* sp., różniących się między sobą odpornością na mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *secalis* Marchal), rdzę brunatną żyta (*Puccinia graminis* Pers. f. *secalis* Eriks et Henn.) i porastanie (tab. 1).

Tabela 1

Pochodzenie badanych mieszańców międzygatunkowych żyta
Parentage of the tested rye interspecies hybrids

Mieszańce Hybrids	Kombinacja krzyżowań Cross combination	Pokolenie Generation	Cecha Trait
M-1/1	(Dańkowskie Złote × BFK*) × Dańkowskie Złote	BC ₅	odporność na mączniaka prawdziwego resistance to powdery mildew
M-4/1	(Halo × BFK) × Dańkowskie Złote	BC ₅	
M-7/2	(Tempo × 715/81**) × Motto	BC ₅	
M-8/2	(Kustro × 715/81) × Motto	BC ₅	
84/18	Pastewne Późne × <i>S. kuprijanovii</i>	S ₁₆	
RB-3/91	Dańkowskie Selekcyjne × <i>S. montanum</i>	BC ₂	odporność na rdzę brunatną resistance to brown rust
RB-4/91	Dańkowskie Selekcyjne × <i>S. montanum</i>	BC ₂	
8486/31	(Kunngs II × <i>S. vavilovii</i>) × Halo	BC ₂	odporność na porastanie resistance to sprouting

* BFK — Bernburger Futterroggen × *Secale kuprijanovii*

** 715/81 — linia żyta, z udziałem *S. kuprijanovii*, *S. cereale* cv. Smolickie oraz *S. cereale* KaH.

** Rye line with genotypes *S. kuprijanovii*, *S. cereale* cv. Smolickie and *S. cereale* KaH.

Nasiona odmian pochodziły z Hodowli Roślin „Danko”, Oddziału w Choryni, mieszańców — z kolekcji własnej (Rzepka-Plevneš, 1990).

Przed przystąpieniem do analizy polimorfizmu białek zapasowych określono tolerancję wymienionych form żyta na niedobory azotu i potasu w podłożu testem *in vitro* (Rzepka-Plevneš, 1999). Podstawą oceny tolerancji były pomiary biometryczne 10 dniowych siewek, przy czym za tolerancyjne uważano siewki o wysokości 5 i powyżej 5 cm, z dobrze wykształconymi korzeniami zarodkowymi i liśćmi, za nietolerancyjne — siewki o wysokości poniżej 2 cm, bez lub ze słabo wykształconymi korzeniami. Siewki obu grup roślin wysadzono w hali wegetacyjnej i rozmnożono w chowie siostrzanym, a zebrane z nich nasiona wykorzystano do dalszych badań.

Polimorfizm białek zapasowych wymienionych form żyta badano w oparciu o elektroforezę SDS-PAGE (Kapała i Rybiński, 1996; Westermeier, 1993). Białko do analiz ekstrahowano z mąki otrzymanej z przemiału 20 ziarniaków każdej z badanych form żyta. Do izolacji białka z próby użyto 400 μ l 70% etanolu i mieszano je z buforem ekstrakcyjnym składającym się z: ddH₂O, 0,5 M Tris-HCl, o pH 6,8, gliceryny, 10% (w/v) SDS, 2-mercaptoetanolu i 1% błękitu bromofenolowego w ilości, odpowiednio: 15,2; 4,0; 3,20; 6,40; 1,60 i 1,60 ml.

Elektroforezę prowadzono w układzie nieciągłym, na dwóch rodzajach żeli akrylamidowych, zagęszczającym (4%) i rozdzielającym (12,5%), o grubości 1 mm na aparatach Mini Protean II (Bio Rad) i Multiphor II (Pharmacia LKB) w trzech powtórzeniach. Otrzymane elektroforegramy barwiono Coomassie R — 250 i odbarwiano w roztworze 10% etanolu i 20% kwasu octowego. Wysuszone żele analizowano w świetle przechodzącym skanera Sharp JX — 350 i opracowywano przy użyciu pakietu programu komputerowego „Diversity one” 1.3 (Pharmacia LKB).

WYNIKI

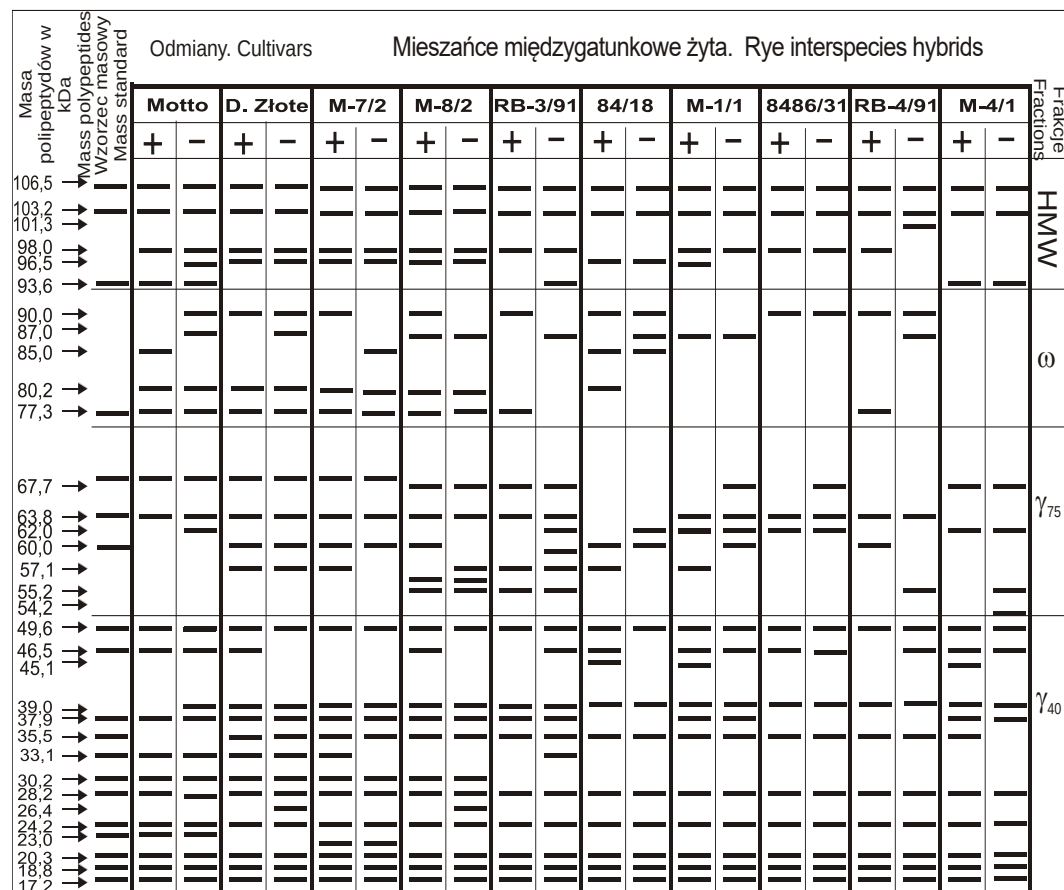
Elektroforetyczna analiza białek zapasowych wybranych form żyta wykazała duże zróżnicowanie w ich budowie (rys. 1). Polimorfizm dotyczył liczby i masy prążków białkowych. Zidentyfikowano od 15 do 24 prążków, najwięcej — w grupie roślin nietolerancyjnych wyselekcjonowanych z odmiany Dańkowskie Złote i tolerancyjnych z mieszańca M-8/2, najmniej — u roślin tolerancyjnych wyselekcjonowanych z mieszańców 8486/31 i RB-4/91. Obserwowane na żelach polipeptydy zaliczono do czterech frakcji: HMW, ω , γ 75 i γ 40. U większości badanych form żyta we frakcji HMW wyróżniono 2 prążki, we frakcji ω — od 1 do 7 prążków, we frakcjach γ 75 i γ 40, odpowiednio: od 3 do 8 i od 7 do 11 prążków.

Porównując polimorfizm białek zapasowych badanych form żyta w zależności od ich tolerancji na niedobory azotu i potasu w podłożu stwierdzono, że u roślin nietolerancyjnych wyselekcjonowanych z odmiany Motto obok 19 powtarzających się w obu grupach roślin polipeptydów obserwowano 5 dodatkowych prążków, u roślin tolerancyjnych — jeden o masie 85,0 kDa (rys. 1). Z kolei rośliny tolerancyjne pochodzące od odmiany Dańkowskie Złote charakteryzował jeden polipeptyd o masie 46,5 kDa, nietolerancyjne — dwa, o masie 87,0 i 26,4 kDa.

Podobne do odmian różnice w strukturze białek zapasowych obu omawianych grup roślin stwierdzono u mieszańców żyta odpornych na mączniaka. I tak, na obrazach elektroforetycznych roślin tolerancyjnych mieszańca M-7/2 widoczne były trzy specyficzne dla nich prążki, nietolerancyjnych — jeden, o masie 85 kDa. U mieszańca M-8/2 zidentyfikowano 5 różnicujących genotypy polipeptydów. Trzy z nich, o masie 90,0, 60,0 i 45,1 kDa obserwowano u roślin tolerancyjnych, dwa o masie 57,1 i 26,4 kDa — u roślin nietolerancyjnych. Podobne różnice stwierdzono u mieszańca M-1/1 (rys. 1).

Rozdziały elektroforetyczne białek izolowanych z roślin tolerancyjnych i nietolerancyjnych wyselekcjonowanych z mieszańców RB-3/91 i RB-4/91 odpornych na rdzę wykazały obecność u nich, odpowiednio 7 i 6 specyficznych polipeptydów, u roślin

tolerancyjnych — dwa prążki, nietolerancyjnych — pięć. U roślin tolerancyjnych drugiego z wymienionych mieszańców widoczne były dwa dodatkowe prążki, o masie 96,5 i 60,0 kDa, roślin nietolerancyjnych — prążki o masach: 101,3, 87,0, 55,2 i 46,1 kDa. Najmniejsze różnice w strukturze białek zapasowych roślin tolerancyjnych i nietolerancyjnych stwierdzono u mieszańca 8486/31 odpornego na porastanie. Różniły się one jednym charakterystycznym tylko dla danej grupy polipeptydem (rys. 1).



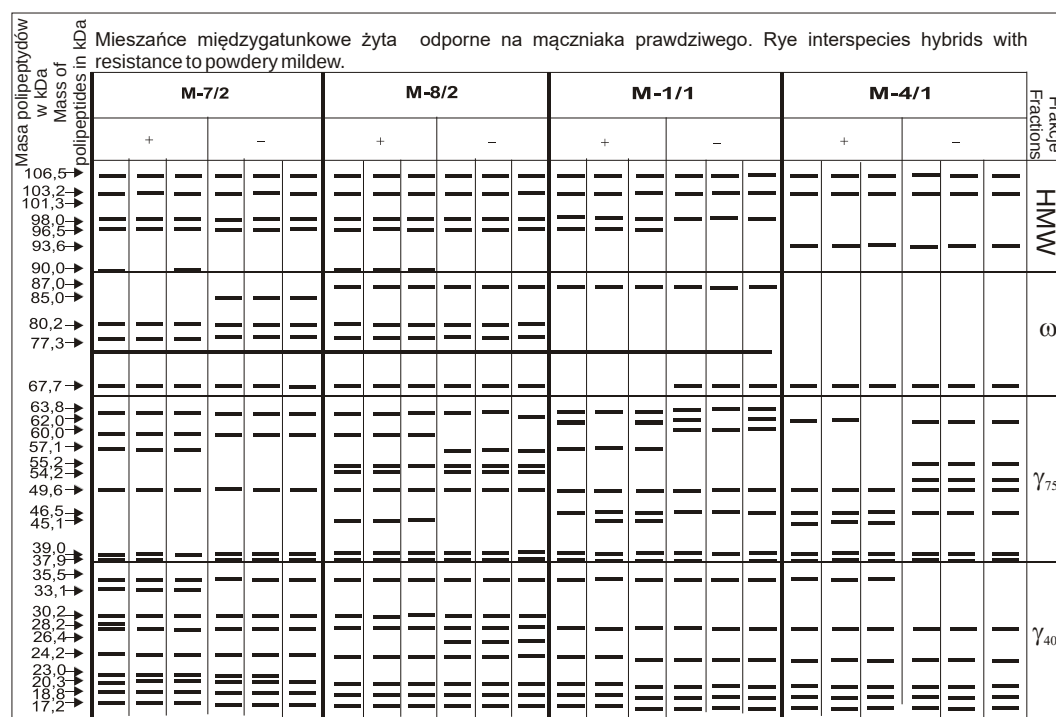
Rys. 1. Obrazy elektroforetyczne białek zapasowych form żyta tolerancyjnych (+) lub nietolerancyjnych (-) na niedobory pokarmowe w podłożu

Fig. 1. Electrophoretic protein patterns of tested rye forms with tolerance (+) or no-tolerance (-) to nutrient deficiency in medium

Obecność specyficznych prążków białkowych charakterystycznych tylko dla roślin tolerancyjnych lub nietolerancyjnych żyta pozwoliła podzielić je na trzy grupy. Do pierwszej grupy zaliczono odmiany żyta oraz mieszańce RB-3/91, RB-4/91 i 84/18, do drugiej — mieszańce RB-3/91 i RB-4/91, do trzeciej — cztery mieszańce odporne na mączniaka prawdziwego — M-1/1, M-4/1, M-7/2 i M-8/2 (rys. 1). W pierwszej grupie we

frakcji białek ω stwierdzono obecność charakterystycznego dla roślin nietolerancyjnych specyficznego prążka o masie 87,0 kDa, w drugiej — u roślin tolerancyjnych obecność prążka o masie 77,3 kDa. W trzeciej zaś grupie roślin we frakcjach białek ω i γ_{75} roślin tolerancyjnych na niedobory pokarmowe obserwowano dwa powtarzające się prążki o masach 90,0 i 45,1 kDa.

Analiza elektroforetyczna białek zapasowych roślin tolerancyjnych na niedobory pokarmowe mieszańców M-1/1, M-4/1, M-7/2 i M-8/2 odpornych na mączniaka prawdziwego wykazała pewną zależność między obu tymi cechami w postaci widocznych na obrazach elektroforetycznych dwóch polipeptydów o masach 90,0 i 45,1 kDa (rys. 2). Podobną zależność w postaci prążka o masie 87,0 stwierdzono między brakiem tolerancji na niedobory pokarmowe a odpornością roślin na rdzę brunatną żyta.



Rys. 2. Obrazy elektroforetyczne białek zapasowych form żyta odpornych na mączniaka tolerancyjnych (+) lub nietolerancyjnych (-) na niedobory pokarmowe w podłożu

Fig. 2. Electrophoretic protein patterns of rye forms resistant to powdery mildew with tolerance (+) or no-tolerance (-) to nutrient deficit in medium

DYSKUSJA

Obecny sposób klasyfikacji białek zapasowych łączy w sobie niektóre elementy dwóch systemów ich identyfikacji — czynników genetycznych i dużej precyzji określania względnych pozycji prążków białkowych na żelu (Waga 2000). Stąd ocena na drodze

rozdziałów elektroforetycznych ich polimorfizmu pozwala różnicować i charakteryzować genotypy wielu gatunków roślin uprawnych (Waga i Grzywa, 1995; Drzewiecki, 1997; Hegde i Singhal, 2000).

W niniejszej pracy dokonano oceny zmienności białek zapasowych 10 form żyta *Secale* sp. różniących się tolerancją na niedobory azotu i potasu w podłożu oraz dodatkowo: odpornością na mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *secalis* Marchal), rdzę brunatną żyta (*Puccinia dispersa* Eriks. et Henn.) i porastanie. W przeprowadzonym doświadczeniu wykazano istotny polimorfizm badanych form żyta. Przejawiał się on odmienną liczbą i masą widocznych na elektroforegramach prążków. Wysoki stopień zmienności badanych sekalin umożliwił opracowanie dla nich schematycznych bloków białkowych z zaznaczeniem zarówno tych podobnych, jak i tych specyficznych tylko dla danego genotypu. Otrzymane wyniki pozostają w zgodności z wynikami badań innych autorów (Waga, 1997; Drzewiecki, 1997; Smolik, 2001).

Obrazy elektroforetyczne białek zapasowych roślin tolerancyjnych i nietolerancyjnych na niedobory pokarmowe w podłożu różniły się liczbą i masą wyodrębnionych na nich polipeptydów. Obok prążków wspólnych, powtarzających się u obu grup roślin obecne były tam również prążki charakterystyczne tylko dla danej grupy. Ich liczba i masa była różna i zależała od pochodzenia badanych prób białkowych. Najmniejszy polimorfizm dotyczący liczby wyodrębnionych polipeptydów różnicujących grupy roślin tolerancyjnych i nietolerancyjnych na niedobory N i K w podłożu stwierdzono dla próby białek izolowanych z mieszańca 8486/31 odpornego na porastanie.

Waga i Grzywa, (1995) wykazali powiązanie białek hordeinowych izolowanych z jęczmienia jarego z jego odpornością na mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*). U użytych w niniejszych badaniach własnych źródeł odporności na mączniaka prawdziwego (Rzepka-Plevneš, 1990) w grupie roślin tolerancyjnych na niedobory azotu i potasu zidentyfikowano dwa prążki białkowe o masie 90,0 i 45,1 kDa, mogące świadczyć o pewnej zależności między wymienionymi cechami żyta. Podobną zależność w postaci prążka o masie 87,0 kDa stwierdzono między brakiem tolerancji na niedobory pokarmowe w podłożu a odpornością mieszańców na rdzę brunatną żyta.

WNIOSKI

1. Uzyskane metodą SDS-PAGE obrazy elektroforetyczne sekalin pozwalają określić zróżnicowanie genetyczne wybranych do badań form mieszańcowych żyta.
2. Na podstawie oceny polimorfizmu białek zapasowych roślin tolerancyjnych i nietolerancyjnych na niedobory azotu i potasu w podłożu podzielono badane formy żyta na trzy grupy podobieństwa genetycznego. Pierwszą grupę stanowiły rośliny nietolerancyjne wyselekcjonowane z odmian Dańkowskie Złote i Motto oraz mieszańców międzygatunkowych: RB-3/91, RB-4/91 i 84/18, drugą — rośliny tolerancyjne wyselekcjonowane z mieszańców RB-3/91 i RB-4/91, trzecią — rośliny tolerancyjne wyselekcjonowane z mieszańców odpornych na mączniaka prawdziwego (M-1/1, M-4/1, M-7/2 i M-8/2).

3. Wykazano obecność dwóch wspólnych prążków białkowych (90,0 i 45,1 kDa) u mieszańców międzygatunkowych żyta charakteryzujących się odpornością na mączniaka prawdziwego i tolerancją na niedobory pokarmowe w podłożu oraz jednego o masie 87,0 kDa — u mieszańców odpornych na rdzę brunatną i nietolerancyjnych na niedobory pokarmowe.

LITERATURA

- Cieplý J., Oracka T., Kozdój J. 1999. Możliwości hodowli zbóż efektywniej wykorzystujących składniki mineralne. Biul. IHAR 211: 13 — 21.
- Drzewiecki J. 1997. Ocena tożsamości roślin rolniczych na podstawie nasion i siewek — stan obecny i nowe kierunki. Biul. IHAR 203: 13 — 21.
- Górny A. G. 1992. Genetic variation of the root system in spring barley and oat. Rozpr. hab. Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Science, Poznań.
- Hegde V. S., Singhal N. C. 2000. Identification and cluster analysis of Indian bread wheat varieties by acid PAGE of gliadin marker. Plant Varieties and Seeds 13: 1 — 3.
- Jagodziński J., Rakowska M. 1996. Wartość żywieniowa ziarna linii wsobnych i mieszańców żyta. Biul. IHAR 200: 119 — 124.
- Kapała A., Rybiński W. 1996. Genetic variation of hordein polypeptides in grains of mutants of hull-less spring barley (*Hordeum vulgare* L.) breeding lines. Genet. Pol. 37 (1): 29 — 35.
- Rzepka-Plevneš D. 1990. Studia nad mieszańcami międzygatunkowymi *Secale* sp. pod kątem przydatności niektórych ich cech w hodowli żyta *Secale cereale* L. Rozpr. hab. Zesz. Nauk. AR Szczecin.
- Smolik M. 2001. Zmienność genotypów żyta *Secale cereale* L. o różnej tolerancyjności na niedobory pokarmowe w podłożu. Praca doktorska: 41 — 97.
- Waga J., Grzywa M. 1995. Powiązanie białek hordeinowych z odpornością na mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) jęczmienia jarego. Hod. Rośl. Aklim. 39/ 6: 41 — 49.
- Waga J. 1997. Białka gliadynowe i ich rola w hodowli pszenic. Biul. IHAR. 164: 181 — 188.
- Waga J., Węgrzyn S. 2000. Powiązanie wybranych frakcji białek gliadynowych ze zmiennością cech użytkowych odmian i rodów pszenicy ozimej. Biul. IHAR. 215: 61 — 76.
- Westermeier R. (ed.). 1993. Electrophoresis in practice, VCH: 275.

HENRYK BUJAK¹**JAROSŁAW BOJARCZUK**²**JAN KACZMAREK**¹¹ Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu² Hodowla Roślin Smolice Sp. z o. o.

Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania rodów hodowlanych żyta ozimego

Genotype-environmental interaction for yield of winter rye candivars and cultivars

Celem badań było określenie charakteru interakcji genotypowo-środowiskowej plonowania rodów i odmian żyta ozimego w różnych miejscowościach. W 1998 roku badano 20 rodów i 5 odmian w 7 miejscowościach (Kowróż, Łagiewniki, Raszewy, Rogożewo, Smolice, Sroki i Szelejewo). W 2000 roku badano 20 genotypów w czterech miejscowościach (Raszewy, Rogożewo, Smolice i Sroki). Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie plonowania żyta ozimego w obydwu latach badań oraz zróżnicowanie badanych miejscowości i interakcję genotypów z miejscowościami. Zdecydowana większość rodów i odmian charakteryzowała się stabilnością plonowania i nie wykazała interakcji z miejscowościami. Plonowanie odmian i rodów było najsilniej zróżnicowane w miejscowościach Kowróż, Raszewo, Sroki i Smolice. Lokalizacje te są dobrymi punktami doświadczalnymi do ujawniania różnic międzyodmianowych. Spośród badanych rodów hodowlanych istotną interakcję plonu ze środowiskami wykazały jedynie rody SMH 142 w 1998 roku i SMH 216 w 2000 roku.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, plon ziarna, rody hodowlane, żyto ozime

The aim of the studies was to determine the nature of GE interactions for grain yield of candivars and cultivars of winter rye. In 1998, twenty candivars and five cultivars were tested at 7 locations (Kowróż, Łagiewniki, Raszewy, Rogożewo, Smolice, Sroki and Szelejewo). In 2000, twenty genotypes were tested at four locations (Raszewy, Rogożewo, Smolice, Sroki). ANOVA showed differences among the tested candivars and cultivars in the both year, significant location effect and genotype $\times$ location interaction. Most of the genotypes studied showed high yield stability. The highest yield differences among the cultivars and candivars were recorded at Kowróż, Raszewo, Sroki and Smolice. These locations are good testing environments for revealing genotypic differences. Significant interaction between yield and location was observed only for the candivar SMH 142 in 1998 and for the candivar SMH 216 in 2000.

Key words: candivars, cultivars, $G \times E$ interaction, grain yield, testing environments, winter rye

WSTĘP

Żyto jest wciąż dominującym zbożem na glebach lżejszych i mniej zasobnych. Pojawiająca się konkurencja pomiędzy odmianami populacyjnymi i mieszańcowymi oraz jednorodność i węższa podstawa genetyczna mieszańców w stosunku do odmian populacyjnych sprawia potrzebę poznania reakcji odmian na czynniki środowiskowe. Interakcja genotypowo-środowiskowa jest ważnym zagadnieniem, które należy uwzględnić w trakcie prac hodowlanych i jest dość szeroko dyskutowana w literaturze z tej dziedziny (Bujak i in., 2000; Grochowski i in., 1996; Kaczmarek i in., 1996; Węgrzyn, 1988, 1989; Węgrzyn i Śmiałowski, 1996, 2000; Węgrzyn i in., 1996). Odmiany populacyjne i mieszańcowe powinny cechować się wysoką dynamiczną stabilnością plonowania. Właściwość ta ma duże znaczenie w rekomendacji odmian w skali mikro- i makrośrodowiska w porejestrowym doświadczalnictwie odmianowym. Wcześniej jednakrody hodowlane powinny być pod tym kątem przebadane zanim zostaną zgłaszane do doświadczeń rejestrowych, bowiem sama rejestracja zależy w dużym stopniu od stabilności plonowania rodów. Do szacowania interakcji genotypowo-środowiskowej wykorzystuje się wiele metod, a wśród nich często wykorzystywane są modele opisywane w pracach Eberhart i Russela (1966), Shukli (1972), Mądrego (1998, 2003 a, 2003 b).

Celem niniejszych badań było określenie interakcji genotypowo-środowiskowej i stabilności plonowania rodów hodowlanych żyta ozimego w doświadczeniach przedwstępnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w dwóch latach 1998 i 2000 roku. Materiałem badawczym w 1998 roku było 20 rodów hodowlanych oraz 5 odmian wzorcowych żyta ozimego pochodzących z doświadczeń przedwstępnych. Wśród badanych obiektów był jeden mieszańiec F_1 (ród RAH-1398) oraz odmiana mieszańcowa Marder użyta jako jedna z odmian wzorcowych. Cały zestaw badanych rodów i odmian przedstawiają tabele 1 i 2.

W 1998 roku założono doświadczenia w 7 miejscowościach (Kowróż, Łagiewniki, Raszewy, Rogożewo, Smolice, Sroki i Szelejewo), a w 2000 roku w czterech miejscowościach (Raszewy, Rogożewo, Smolice i Sroki). Wielkość poletek do zbioru wynosiła 15 m².

Otrzymane wyniki z miejscowości opracowano statystycznie za pomocą programu Sergen 3 dla analizy wyników z serii doświadczeń odmianowych (Caliński i in., 1998).

WYNIKI

Średnie plony z miejscowości dla rodów hodowlanych i odmian wzorcowych żyta ozimego z doświadczeń przeprowadzonych w 1998 roku przedstawiono w tabeli 1. Z tego zestawienia wynika, że spośród badanych 20 rodów aż 12 plonowało średnio powyżej 6 ton z hektara, przekraczając średni plon odmiany Warko, najlepszej z populacyjnych odmian wzorcowych. Najlepiej plonował mieszańiec RAH 1398 F_1 , jednak nie przekroczył średniego plonu wzorcowej odmiany mieszańcowej Marder.

Tabela 1

Średnie wartości plonów (t/ha) odmian i rodów hodowlanych żyta ozimego w badanych miejscowościach (1998)

Yield means of winter rye varieties and candivars (1998)

Genotypy Genotypes	Łagiewniki	Kowróż	Sroki	Rogożewo	Raszewy	Smolice	Szelejewo	Średnia Mean
Motto (P)	6,23	6,05	6,57	5,02	5,27	5,27	6,55	5,85
Warko (P)	6,27	5,83	6,92	5,34	5,37	5,11	6,45	5,90
Wibro (P)	6,15	5,65	6,47	5,42	5,52	5,35	6,21	5,82
Zduno (P)	5,85	5,64	6,58	5,33	5,69	5,53	6,26	5,84
Marder (H)	7,30	5,99	7,92	6,71	6,57	6,55	7,33	6,91
RAH 1398(H)	6,84	5,93	6,84	6,08	6,14	6,09	6,88	6,40
SMH 1195 (P)	6,05	5,92	6,93	5,68	5,97	5,11	6,45	6,02
SMH 1295 (P)	6,08	5,64	6,49	5,23	5,94	5,34	6,37	5,87
SMH 129 (P)	5,98	5,61	6,55	5,31	5,79	5,58	6,47	5,90
SMH 132 (P)	6,55	6,08	6,84	5,28	5,86	5,21	6,73	6,08
SMH 134 (P)	6,23	5,88	6,29	5,21	5,74	5,69	6,52	5,94
SMH 142 (P)	6,16	5,62	6,12	5,41	5,18	5,48	5,65	5,66
SMH 201 (P)	6,49	5,80	6,85	5,80	5,86	5,84	6,79	6,20
SMH 203 (P)	5,83	5,67	6,26	5,45	5,77	5,27	6,56	5,83
SMH 207 (P)	6,32	5,88	6,28	5,45	5,73	5,23	6,43	5,90
SMH 209 (P)	6,23	5,82	6,55	5,58	5,90	5,65	6,57	6,04
SMH 210 (P)	6,00	5,58	6,45	5,33	5,81	5,46	6,26	5,84
SMH 213 (P)	6,05	5,28	6,68	5,36	5,50	5,50	6,03	5,77
SMH 214 (P)	6,36	5,74	6,84	5,65	6,26	5,93	6,49	6,18
SMH 216 (P)	6,19	5,88	6,49	5,60	5,77	5,49	6,67	6,01
SMH 217 (P)	6,22	5,49	6,46	5,70	5,74	5,89	6,26	5,97
SMH 218 (P)	6,36	5,25	6,85	5,69	5,57	5,78	6,66	6,02
SMH 219 (P)	6,63	5,67	6,89	5,82	5,82	5,93	6,67	6,2
SMH 220 (P)	6,38	6,04	6,96	5,69	5,72	6,04	6,73	6,22
SMH 221 (P)	6,40	5,92	7,23	5,42	6,03	5,72	6,55	6,18
Średnia Mean	6,29	5,75	6,69	5,55	5,78	5,63	6,50	

P — Odmiana populacyjna; Population cultivar

H — Odmiana mieszańcowa; Hybrid cultivar

W 2000 roku w doświadczeniach brało udział 13 rodów i 7 odmian wzorcowych. Średnie wartości plonów dla obiektów biorących udział w doświadczeniach założonych w czterech miejscowościach podano w tabeli 2. Analizując uzyskane wyniki można zauważyć, że średni plon najlepszej z odmian wzorcowych Zduno, przekroczył trzy rody SMH 209/210, SMH 213 i SMH 219.

W tabeli 3 przedstawiono średnie kwadraty odchyleń w analizie wariancji, które pozwoliły na weryfikację hipotez zerowych o braku zróżnicowania efektów środowisk, genotypów oraz braku interakcji genotypowo-środowiskowej. Jak wynika z informacji zawartych w tej tabeli w obydwu seriach doświadczeń odrzucono dwie pierwsze hipotezy, czyli wykazano istotne zróżnicowanie efektów środowisk, w których prowadzone były doświadczenia oraz zróżnicowanie plonu dla badanych genotypów żyta ozimego. Zarówno w doświadczeniach przedwstępnych przeprowadzonych w 1998, jak i 2000 roku nie stwierdzono istotnego współdziałania badanych genotypów ze środowiskami. Świadczy to o stabilności dynamicznej rodów hodowlanych żyta skierowanych do doświadczeń przedwstępnych.

Tabela 2

Średnie wartości plonów (t/ha) odmian i rodów hodowlanych żyta ozimego w badanych miejscowościach (2000 rok)

Yield means of winter rye varieties and cultivars (2000)

Genotypy Genotypes	Sroki	Rogożewo	Raszewy	Smolice	Średnia Mean
Motto (P)	7,90	4,85	8,37	6,57	6,92
Hegro (P)	8,12	5,29	8,18	7,12	7,18
Wibro (P)	7,66	5,34	8,13	7,07	7,05
Zduno (P)	7,96	6,23	8,31	7,44	7,49
Warko (P)	7,91	4,92	7,72	7,14	6,92
Kier (P)	8,11	5,95	7,98	7,09	7,28
Walet (P)	7,87	6,17	8,02	7,51	7,39
SMH 82 (P)	8,79	6,00	7,88	6,78	7,36
SMH 201 (P)	8,72	6,60	8,05	7,50	7,72
SMH 203 (P)	8,68	5,40	7,58	6,96	7,16
SMH 207 (P)	8,25	4,99	7,61	7,05	6,98
SMH 209/10 (P)	8,92	6,76	8,13	6,88	7,67
SMH 213 (P)	8,73	6,24	7,76	7,54	7,57
SMH 214 (P)	8,01	6,22	8,01	6,78	7,26
SMH 216 (P)	8,77	5,98	7,89	6,08	7,18
SMH 218 (P)	8,56	5,25	7,89	7,44	7,29
SMH 219 (P)	8,59	6,19	7,98	7,63	7,60
SMH 220 (P)	8,77	5,35	8,08	6,77	7,24
SMH 221 (P)	8,65	4,70	7,90	6,74	7,00
SMH 135 (P)	8,31	6,24	7,77	7,49	7,45
Średnia Mean	8,36	5,73	7,96	7,08	

P — Odmiana populacyjna; Population cultivar

Tabela 3

Analiza wariancji plonu żyta ozimego genotypów badanych w serii wielokrotnej(1998, 2000)

Mean squares of variation in the analysis of variance for yield of winter rye

Źródło zmienności Source of variation	1998 rok		2000 rok	
	liczba stopni swobody degrees of freedom	średnie kwadraty mean squares	liczba stopni swobody degrees of freedom	średnie kwadraty mean squares
Miejscowości Sites	6	5,19**	3	27,11**
Genotypy Genotypes	24	0,46**	19	0,24**
Genotypy × Miejscowości Interaction Genotypes × Sites	144	0,06*	57	0,19*
Regresja względem środowiska Regression on environments	24	0,05	19	0,22
Odchylenia od regresji Regression deviations	120	0,04	38	0,14
Błąd doświadczalny Error	503	0,04	152	0,13

* Istotne efekty przy $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotne efekty przy $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.1$

Przeprowadzono dalszą analizę badanych rodów i odmian żyta ozimego z doświadczeń przedwstępnych, oceniając ich przeciętną wysokość plonowania za pomocą efektów głównych oraz odpowiednich wartości statystyki F. Wyniki tych analiz przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Testowanie efektów głównych odmian i rodów oraz ich interakcji z miejscowościami
Testing of main effects of winter rye varieties and candivars and their interaction with sites

Genotypy Genotypes	1998 rok			2000 rok		
	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
Motto (P)	-0,18	2,37	2,23*	-0,36	1,75	2,46
Warko (P)	-0,13	1,66	1,71	-0,36	3,88*	1,11
Wibro (P)	-0,20	47,42**	0,14	-0,24	1,44	1,26
Zduno (P)	-0,19	15,83**	0,38	0,20	0,96	1,38
Hegro (P)				-0,11	0,52	0,71
Kier (P)				-0,004	0,00	0,31
Walec (P)				0,11	0,24	1,60
Marder F ₁ (H)	0,86	51,49**	2,57*			
RAH 1398 F ₁ (H)	0,37	38,02**	0,62			
SMH 1195 (P)	0,13	2,94	0,95			
SMH 1295 (P)	-0,16	6,81*	0,61			
SMH 82 (P)				0,08	0,23	0,88
SMH 129 (P)	0,05	0,22	1,97			
SMH 132 (P)	-0,13	9,18*	0,30			
SMH 134 (P)	-0,09	1,44	0,96			
SMH 135 (P)				0,17	0,98	0,98
SMH 142 (P)	-0,37	10,53*	2,15*			
SMH 201 (P)	0,18	27,84**	0,19	0,43	7,15*	0,86
SMH 203 (P)	-0,20	6,17*	1,05	-0,13	0,65	0,85
SMH 207 (P)	-0,13	2,55	1,03	-0,31	3,64*	0,85
SMH 209 (P)	-0,02	0,25	0,18	0,39	2,16	2,27
SMH 210 (P)	-0,20	19,53**	0,34			
SMH 213 (P)	-0,26	15,73**	0,70	0,28	2,90	0,89
SMH 214 (P)	0,16	5,19	0,77	-0,03	0,02	1,23
SMH 216 (P)	-0,02	0,14	0,50	-0,10	0,11	3,24*
SMH 217 (P)	-0,06	0,67	0,98			
SMH 218 (P)	-0,01	0,00	1,59	0,001	0,00	1,12
SMH 219 (P)	0,18	9,60*	0,55	0,31	6,72*	0,48
SMH 220 (P)	0,19	11,49*	0,55	-0,04	0,05	1,15
SMH 221 (P)	0,15	3,78	1,04	-0,29	1,06	2,56

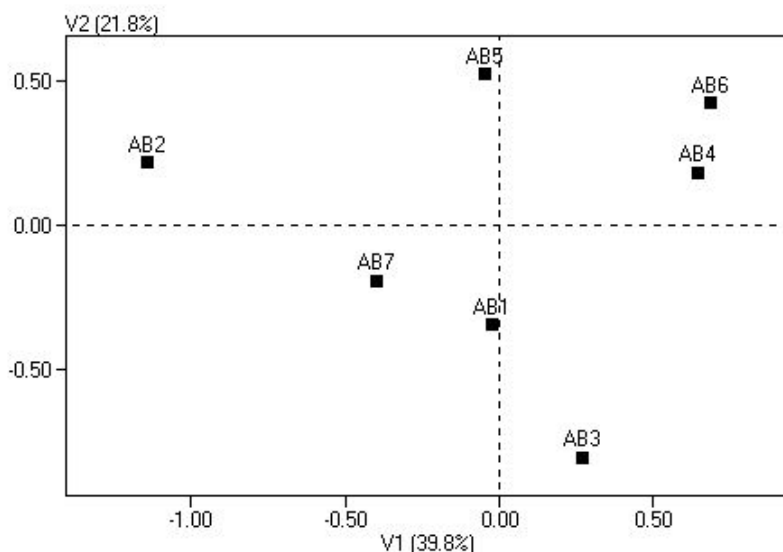
P — Odmiana populacyjna; Populatin cultivar

H — Odmiana mieszańcowa; Hybrid cultivar

Istotne dodatnie wartości efektów głównych, obliczone na podstawie doświadczeń przedwstępnych prowadzonych w 1998 roku, stwierdzono u odmiany mieszańcowej Marder oraz czterech rodów (mieszańca RAH 1398 F₁ oraz populacyjnych SMH 201, SMH 219 i SMH 220). Rody te charakteryzowały się ponadto wysoką stabilnością plonowania, o czym świadczy brak istotnej interakcji efektu głównego ze środowiskiem. Efekty główne

dla rodów i odmian żyta otrzymane na podstawie danych z doświadczeń przedwstępnych przeprowadzonych w 2000 roku okazały się nieistotne, to znaczy, że nie stwierdzono zróżnicowania średnich plonów genotypów we wszystkich miejscowościach i nie można wyróżnić żadnego rodzaju hodowlanego ani odmiany odbiegającej istotnie od średniej wartości wszystkich badanych obiektów. Wszystkie badane rody i odmiany w tych doświadczeniach były również stabilne, o czym świadczy nieistotna interakcja poszczególnych genotypów ze środowiskiem.

W celu uzyskania informacji o zachowaniu się badanych rodów i odmian żyta w poszczególnych miejscowościach przedstawiono graficznie w układzie składowych głównych rozmieszczenie środowisk i genotypów. Na rysunkach 1 i 2 dokonano graficznego rozmieszczenia miejscowości na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych składowych głównych. Odległości punktów reprezentujących lokalizacje doświadczeń (miejscowości) z początkiem układu współrzędnych pozwala określić udział każdego środowiska w interakcji genotypowo-środowiskowej. Miejscowości dalej leżące od początku układu współrzędnych charakteryzują się większą interakcją odmian ze środowiskiem. W 1998 roku we wszystkich miejscowościach stwierdzono znaczne zróżnicowanie badanych genotypów pod względem plonowania, ale największą interakcję z genotypami obserwowano w Kowrozie, Smolicach i Srokach (rys. 1), natomiast w 2000 roku (rys. 2) najwyższą interakcję rodów stwierdzono w Rogożewie. W pozostałych miejscowościach interakcja środowiska z odmianami była mniejsza.



Środowiska — Environments:

AB1 — Łagiewniki

AB2 — Kowróż

AB3 — Sroki

AB4 — Rogożewo

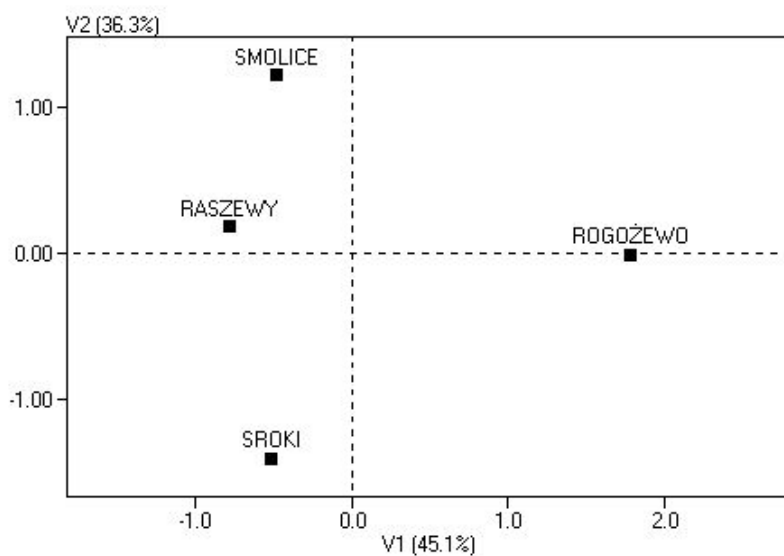
AB5 — Raszewy

AB6 — Smolice

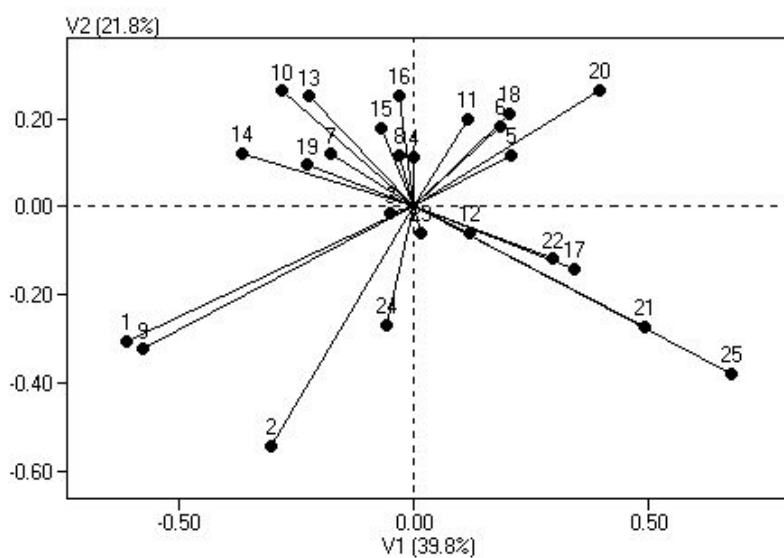
AB7 — Szelejewo

Rys. 1. Rozmieszczenie środowisk w układzie składowych głównych (1998)

Fig. 1. Representation of environments in the system of principal components (1998)



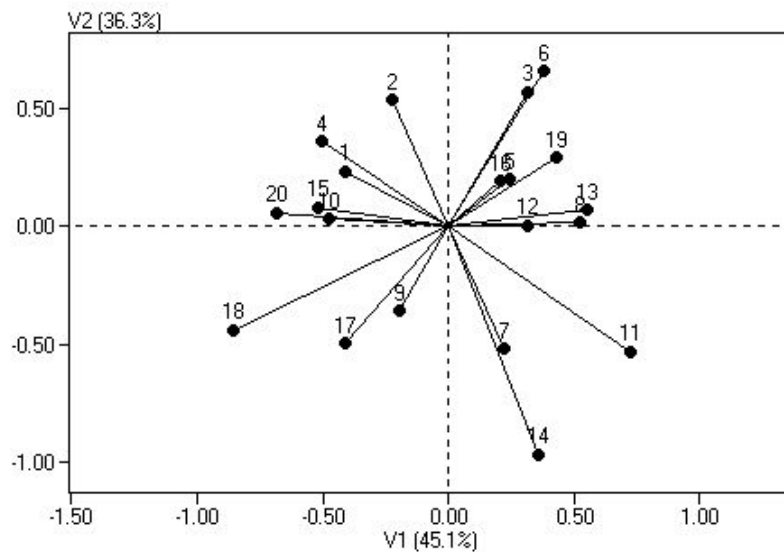
Rys. 2. Rozmieszczenie środowisk w układzie składowych głównych (2000)
 Fig. 2. Representation of environments in the system of principal components (2000)



Genotypy — Genotypes:

1. Motto	3. Wibro	5. RAH-1398F1	6. SMH-1195	7. SMH-1295	8. SMH-129
9. SMH-132	10. SMH-134	11. SMH-142	12. SMH-201	13. SMH-203	14. SMH-207
15. SMH-209	16. SMH-210	17. SMH-213	18. SMH-214	19. SMH-216	20. SMH-217
21. SMH-218	22. SMH-212	23. SMH-220	24. SMH-221	25. Marder	

Rys. 3. Genotypy żyta ozimego w układzie składowych głównych (1998)
 Fig. 3. Winter rye genotypes in the system of principal components (1998)



Genotypy — Genotypes:

1. Hegro	2. Wibro	3. Zduno	4. Warko	5. Kier	6. Walet
7. SMH-82	8. SMH-201	9. SMH-203	10. SMH-207	11. SMH-209/10	12. SMH-213
13. SMH-214	14. SMH-216	15. SMH-218	16. SMH-219	17. SMH-220	18. SMH-221
19. SMH-135	20. Motto				

Rys. 4. Wektorowe przedstawienie genotypów żyta ozimego w układzie składowych głównych (2000)

Fig. 4. Vector representation of winter rye genotypes in the system of principal components (2000)

Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wektorowe położenie odmian w układzie dwóch pierwszych składowych głównych, informujących o interakcji każdej z nich ze środowiskami. W 1998 roku rody i odmiany można podzielić na 3 grupy (rys. 3). Do obiektów o najwyższej interakcji z miejscowościami zaliczono odmiany Marder, Warko, Motto i ród SMH 132. Do genotypów o niewielkiej interakcji zaliczono odmiany Wibro, Zduno oraz rody SMH-220, SMH 129 i SMH 201. W 2000 roku interakcja odmian dotyczyła tylko czterech miejscowości. Do rodów o najwyższej interakcji można zaliczyć SMH 209/10, SMH 216, SMH 221 oraz odmianę Walet (rys. 4).

WNIOSKI

1. Na podstawie analizy wariancji stwierdzono istotną zmienność miejscowości, genotypów oraz interakcję genotypów z miejscowościami.
2. Odmiany mieszańcowe plonowały wyżej w stosunku do populacyjnych. Zdecydowana większość rodów i odmian charakteryzowała się dynamiczną stabilnością plonowania i nie wykazała interakcji z miejscowościami.
3. Plonowanie odmian i rodów było najsilniej zróżnicowane w miejscowościach Kowróż, Raszewy, Sroki i Smolice. Miejscowości te są dobrymi punktami doświadczalnymi do ujawniania różnic międzyodmianowych.

4. Do genotypów wykazujących wysoką interakcję z miejscowościami zaliczono w 1998 roku odmiany Motto, Marder, a w 2000 roku ród SMH 216.

LITERATURA

- Bujak H., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Grochowski L. 2000. Interakcja genotypowo-środowiskowa żółtoziarnistych linii żyta ozimego. Biul. IHAR 216: 55 — 60.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. Podręcznik użytkownika programu Sergen 3. IGR Poznań.
- Eberhart S. A., Russel W. A. 1966. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 6: 36 — 40.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. Plant Breed. Seed Sci. 40: 37 — 47.
- Kaczmarek J., Grochowski L., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetyczno-hodowlana analiza cech użytkowych ksenicznych mieszańców żyta. Biul. IHAR 198: 53 — 57.
- Mądry W., Kubicka H. 1998. Wielocechowa ocena zróżnicowania linii wsobnych wyselekcjonowanych z odmian uprawnych żyta ozimego (*S. cereale* L.). Hod. Rośl. Aklim. 32: 15 — 26.
- Mądry W. 2003 a. Zastosowanie modeli mieszanych Shukli i regresji łącznej do analizy stabilności i adaptacji genotypów. Część I. Podstawy teoretyczne. Biul. IHAR 226/227: 7 — 14.
- Mądry W., 2003 b. Zastosowanie modeli mieszanych Shukli i regresji łącznej do analizy stabilności i adaptacji genotypów. Część II. Przykład dla pszenicy jarej. Biul. IHAR 226/227: 15 — 23.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. Heredity 89: 327 — 345.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i zależność cech oraz genetyczne uwarunkowania wybranych cech u odmian i rodów żyta ozimego. Biul. IHAR 216: 61 — 68.
- Węgrzyn S. 1988. Synteza i wyodrębnianie materiałów wyjściowych do hodowli zbóż. Zesz. Probl. IHAR, Radzików: 31 — 40.
- Węgrzyn S. 1989. Wyznaczenie wartości cech mierzalnych w warunkach interakcji genotypowo-środowiskowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 382: 51 — 59.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T., Grochowski L. 1996. Zmienność i współzależność cech oraz ocena zjawisk genetycznych w kolekcji roboczej żyta ozimego 1977–1992. Biul. IHAR 200: 69 — 84.

DANUTA MACKIEWICZ**ZBIGNIEW BRODA**Katedra Genetyki i Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza w Poznaniu

Ocena przydatności hodowlanej mieszańców żyta uprawnego *Secale cereale* (L.) z dzikimi gatunkami z rodzaju *Secale*

Estimation of breeding suitability of hybrids of rye (*Secale cereale* L.) with wild species from the genus *Secale*

Prace nad mieszańcami oddalonymi żyta prowadzone były od lat przez wielu hodowców. Przeważnie prowadzono badania nad mieszańcami żyta uprawnego z takimi gatunkami dzikimi jak: *S. montanum*, *S. kuprijanovii*, *S. sylvestre* i *S. vavilovii*. Problemem u form wytworzonych drogą krzyżowania oddalonego jest często plon i jego jakość. Jak do tej pory, nie wykorzystano w tych pracach podgatunków dzikich *Secale cereale* L. i gatunku *Secale strictum* ssp. *africanum*. Analizie poddano pokolenie F₂ uzyskane przez zapylenie siostrzane mieszańców prostych otrzymanych na drodze krzyżowania zwrotnego odmian żyta uprawnego *Secale cereale* ssp. *cereale* z dzikimi podgatunkami żyta: *S.c. ssp. afghanicum*, *S.c. ssp. ancestrale*, *S.c. ssp. segetale* i gatunkiem *Secale strictum* ssp. *africanum*. Badane mieszańce wykazały obecność wielu użytecznych rolniczo cech. Spośród mieszańców z *S.c. ssp. afghanicum* i *S.c. ssp. ancestrale*, wyselekcjonowano rośliny odporne na mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną. Rośliny te dodatkowo charakteryzowały się długim kłosem i porównywalną z odmianami uprawnymi masą ziarniaków z kłosa. Występowały rośliny o krótkim źdźbłę i jednocześnie długim kłosie, co może być wykorzystane w hodowli odmian krótkosłomych. Ze względu na bardzo szerokie liście mieszańce *S.c. ssp. cereale* × *S.s. ssp. africanum* mogą być materiałem wyjściowym do hodowli odmian pastewnych żyta. Uzyskane wyniki wskazują na dużą przydatność badanych mieszańców do wyprowadzania materiałów wyjściowych do hodowli żyta.

Słowa kluczowe: hodowla mieszańcowa, mieszańce oddalone, *Secale*, żyto, źródła genetyczne

The investigations on interspecific hybrids of rye cultivars and wild species *S. montanum*, *S. kuprijanovii*, *S. sylvestre* and *S. vavilovii*, have been conducted for many years. The aim of these studies was the extension of variability of the initial plant material for rye breeding. The problem, which is often encountered in the forms obtained by interspecies crossing, is the crop and its quality. The intraspecific hybrids in species *Secale cereale* L. and interspecific hybrids of *S.c. ssp. cereale* with the *Secale strictum* ssp. *africanum* have not been used so far. The sib F₂ generation of the reciprocal, intraspecific hybrids of *Secale cereale* L. ssp. *cereale* (cultivars) with the wild *S.c. ssp. afghanicum*, *S.c. ssp. ancestrale* and *S.c. ssp. segetale* and interspecific hybrids of *S.c. ssp. cereale* with the *Secale strictum* ssp. *africanum* were used in this study. Some of the tested hybrids possess a number of valuable traits. From the hybrids of rye cultivars with *S.c. ssp. afghanicum* and *S.c. ssp. ancestrale*,

plants resistant to powdery mildew and brown rust were selected. Moreover, the selected resistant plants had long ears and the grain weight per ear was comparable to that in cultivated rye varieties. Selected hybrids with short straw and long ears can be used to breed the short straw varieties. Because of very broad leaves, the interspecific hybrids of *S.c. ssp. cereale* and *Secale strictum ssp. africanum* can be utilized as parental forms in breeding of rye pasture varieties. The results show that the tested hybrids can be very useful in rye breeding as an initial plant material.

Key words: genetic resources, hybrid breeding, interspecific hybrids, *Secale*, rye

WSTĘP

Hodowlę żyta prowadzi się w Polsce od początku XIX wieku, pomimo tego posiada ono wiele niekorzystnych, pierwotnych cech, które należy poprawić lub wyeliminować. Dodatkowo, wraz z postępem w hodowli, uprawie i przetwórstwie żyta, przed hodowcami stawia się nowe wymagania. Już w 1975 roku Ruebenbauer wskazywał, że postęp w hodowli żyta będzie możliwy dzięki zwiększeniu zakresu zmienności materiału wyjściowego do hodowli. Jednym ze sposobów zwiększania tej zmienności jest korzystanie z pokrewnych, dzikich gatunków jako dawców poszukiwanych genów. Prace nad mieszańcami oddalonymi żyta prowadzili między innymi: Rozmus (1967), Łapiński (1977), Kobyljanskij (1982), Lehmann, Plarre (1982), Rzepka, Tomczak (1984), Słaboński i wsp. (1984). W swoich krzyżówkach wykorzystywali oni dzikie gatunki żyta: *S. montanum*, *S. anatolicum*, *S. kuprijanovii*, *S. vavilovii*. Wśród tych dzikich gatunków poszukiwano między innymi genów na krótszą, sztywną słomę, podwyższoną zawartość białka oraz odporności na porastanie i choroby. Prace te zakończyły się w pewnym sensie niepowodzeniem przede wszystkim ze względu na małą masę ziarniaków otrzymanych form mieszańcowych (Rzepka, 1988). Jak do tej pory, w pracach hodowlanych nie wykorzystywano mieszańców z podgatunkami dzikimi gatunku *S. cereale*.

Celem prezentowanej pracy było przeprowadzenie wstępnej oceny przydatności hodowlanej mieszańców pokolenia F₂ uzyskanych z krzyżowania żyta uprawnego z trzema podgatunkami dzikimi gatunku *Secale cereale*: *S.c. ssp. afghanicum*, *S.c. ssp. ancestrale*, *S.c. ssp. segetale* i gatunkiem *Secale strictum ssp. africanum*.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były rośliny mieszańcowe pokolenia F₂ uzyskane z zapylenia siostrzanego roślin F₁ otrzymanych z krzyżowania odmian uprawnych żyta *Secale cereale* L. ssp. *cereale* z gatunkami i podgatunkami dzikimi rodzaju *Secale*.

Do wyprowadzenia mieszańców F₁ użyto dziewięć odmian żyta uprawnego: Dańkowskie Złote, Dańkowskie Nowe, Kier, Motto, Walet, Warko, Antonińskie, Wielkopolskie i Włoszanowskie oraz cztery dzikie formy żyta: *Secale cereale* L. ssp. *afghanicum* (Vav.) Hammer, *S.c. L. ssp. ancestrale* Zhuk., *S.c. L. ssp. segetale* Zhuk., i *Secale strictum ssp. africanum* (Staf) Hammer. Ziarniaki odmian (elity) pochodziły z firmy Danko — Hodowla Roślin sp. z o.o. stacji w Choryni. Ziarniaki form dzikich pochodziły z Banku Genów w Radzikowie. Zastosowano system klasyfikacji rodzaju *Secale* zaproponowany przez Hammera (Hammer i in., 1987).

Formy rodzicielskie krzyżowano w 1999 roku w dwóch kierunkach, wykorzystując raz odmianę uprawną jako formę mateczną, a drugi raz jako formę ojcowską. Tak uzyskane potomstwo F₁ mieszańców prostych po przeprowadzeniu identyfikacji na mieszańcowość, poddano zapyleniu siostrzanemu. Wyprowadzone w ten sposób linie siostrzane, stanowiące pokolenie F₂, były przedmiotem prezentowanych w pracy analiz fenologicznych, morfologicznych, biometrycznych i fitopatologicznych.

Za odmianę wzorcową przyjęto odmianę Dańkowskie Złote. Doświadczenie przeprowadzono w 2001 roku na polu doświadczalnym Katedry Genetyki i Hodowli Roślin, Akademii Rolniczej w Poznaniu. Ziarniaki pokolenia F₂ wysiano w rzędach w rozstawie 10 × 20 cm wysiewając potomstwo jednej rośliny w rzędzie. Zastosowano nawożenie i zabiegi zgodne z zasadami agrotechniki.

Na początku sezonu wegetacyjnego obliczono liczbę roślin, które przezimowały i biorąc pod uwagę tę liczbę i liczbę roślin, które wzeszły, obliczono stopień przezimowania. Odnotowano terminy rozpoczęcia faz fenologicznych (według Feekesa). W czasie kwitnienia przeprowadzono ocenę organoleptyczną pylenia roślin. Rośliny poddano zapyleniu siostrzanemu.

Przeprowadzono obserwacje polowej odporności na mączniaka prawdziwego (*Erysipha graminis* DC. f. sp. *secalis* Marchal) i rdzę brunatną (*Puccinia dispersa* Eriks et Henn.), stosując własną uproszczoną skalę 3-stopniową; 0 — brak odporności (silne porażenie), 1 — słaba odporność (częściowe porażenie), 2 — całkowita odporność (brak porażenia). Na tej podstawie wyselekcjonowano rośliny uznane za odporne.

Dokonano oceny mieszańców pod względem wybranych cech użytkowych. W okresie przedżniwnym dokonano pomiarów długości źdźbła, długości kłosa i liczby kłosków w kłosie z każdej rośliny. Po zbiorze określono liczbę i masę ziarniaków z kłosa. Przy pomocy uzyskanych danych obliczono zbitość kłosa i masę 1000 ziaren. Obliczono średnie, błąd standardowy i współczynnik zmienności dla kilku cech dla każdej kombinacji krzyżówkowej.

Na podstawie uzyskanych wyników i obserwacji wizualnych dokonano wyboru pojedynczych roślin charakteryzujących się odpornością na mączniaka prawdziwego i/lub odpornością na rdzę brunatną oraz roślin charakteryzujących się interesującymi z punktu widzenia użyteczności rolniczej cechami.

WYNIKI

Charakterystyka zmienności wybranych cech mieszańców pokolenia F₂

Do dokonania ogólnej oceny mieszańców oddalonych posłużyły obserwacje i wyniki pomiarów uzyskane z mieszańców różnych odmian uprawnych żyta potraktowanych łącznie jako gatunek *Secale cereale* ssp. *cereale* — żyto uprawne. Uwzględniając kierunek krzyżowania, uzyskano siedem rodzajów mieszańców (tab. 1). Nie uzyskano mieszańców kombinacji S.s. ssp. *africanum* × S.c. ssp. *cereale*.

Tabela 1

Stopień przezimowania oraz terminy faz fenologicznych mieszańców międzygatunkowych żyta, pokolenia F₂ na tle wzorca — Dańkowskie Złote
The winter ratio and dates of phenological stages of rye interspecific hybrids, generation F₂, as compared to the standard, cv. Dańkowskie Złote

Kombinacja krzyżówkowa Cross combination	Stopień przezimowania Winter ratio %	Liczba roślin badanych Numer of analyzed plants x	Terminy faz fenologicznych Dates of phenological stages		
			kłoszenia heading	kwitnienia blooming	zbiór harvest
Dańkowskie Złote — wzorzec Dańkowskie Złote — standard	93,3	112	10.05	28.05	27.07
<i>S.c. ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. afghanicum</i>	41,5	392	14–16.05	28–31.05	27.07
<i>S.c. ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. ancestrale</i>	34,8	678	8–17.05	20–30.05	27.07
<i>S.c. ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. segetale</i>	37,0	278	10–17.05	20–30.05	27.07
<i>S.s. ssp. cereale</i> × <i>S.s.ssp. africanum</i>	46,9	179	8–15.05	21–30.05	27.07
<i>S.c. ssp. afghanicum</i> × <i>S.c. ssp. cereale</i>	41,1	282	4–8.05	20–22.05	27.07
<i>S.c. ssp. ancestrale</i> × <i>S.c. ssp. cereale</i>	45,4	139	7–15.05	22–28.05	27.07
<i>S.c. ssp. segetale</i> × <i>S.c. ssp. cereale</i>	56,9	57	7–10.05	20–26.05	27.07

Obserwacje wykazały generalnie niski (poniżej 50%) stopień przezimowania. Łącznie poddano analizom 2005 roślin pokolenia F₂.

W fazę strzelania w źdźbło, rośliny weszły w tym samym terminie, tj. 24–25.04 (tab. 1). Wzorcowa odmiana — Dańkowskie Złote rozpoczęła tę fazę 23.04. Różnice dały się zauważyć w terminach rozpoczęcia fazy kłoszenia i później kwitnienia. W porównaniu do wzorca, rośliny mieszańcowe z pierwszego kierunku krzyżowania, gdy rośliną mateczną było *S.c. ssp. cereale* (odmiany uprawne żyta), rozpoczynały fazę kłoszenia w terminie późniejszym o 4–5 dni. Natomiast mieszańce z przeciwnego kierunku krzyżowania a więc gdy matkami były podgatunki dzikie, rozpoczynały tę fazę o 1–3 dni wcześniej. W fazie kwitnienia pojawiły się jeszcze większe różnice i ponownie mieszańce, których matkami było żyto uprawne, zakwitły o 4–5 dni później od wzorca a mieszańce z kierunku przeciwnego zakwitły o 5–6 dni wcześniej. Zbioru dokonano w tym samym terminie — 27.07.

Obserwacje procesu pylenia pozwoliły wyizolować 32 rośliny całkowicie niepylące — męskosterylne. Rośliny te wyselekcjonowano spośród mieszańców żyta uprawnego z *S.c. ssp. afghanicum*, *S.c. ssp. ancestrale* i *S.s. ssp. africanum*.

Pod względem cech biometrycznych rośliny wykazywały silne zróżnicowanie zarówno pomiędzy różnymi liniami jak i w obrębie poszczególnych linii. Uśrednione wyniki dla poszczególnych rodzajów mieszańców, błąd standardowy, współczynnik zmienności oraz rozstęp maksymalny podano w tabeli 2. Otrzymane wyniki wskazują, że rośliny na ogół były dużo wyższe od wzorca. Ponownie zauważono zależność od kierunku krzyżowania roślin rodzicielskich. Rośliny, których formami matecznymi były odmiany uprawne żyta, generalnie były zbliżone pod względem długości źdźbła do wzorca, natomiast z przeciwnego kierunku krzyżowania rośliny były znacznie wyższe.

Tabela 2

Zmienność wybranych cech użytkowych mieszańców oddalonych żyta pokolenia F₂, na tle wzorca Dańkowskie Złote
The variability of some useful traits of interspecific rye hybrids generation F₂, as compared to the standard cv. Dańkowskie Złote

Kombinacja krzyżówkowa Cross combination	Liczba roślin Number of analyzed plants x	Długość źdźbła Culm length				Długość kłosa Ear length				Liczba kłosków w kłosie Number of spikelets per ear				Zbitość kłosa Ear density			
		$\bar{x}$ (cm)	SE	CV %	$x_{\max} - x_{\min}$ x(cm)	$\bar{x}$ (cm)	SE	CV %	$x_{\max} - x_{\min}$ x(cm)	$\bar{x}$ (cm)	SE	CV %	$x_{\max} - x_{\min}$ x	$\bar{x}$ (cm)	SE	CV %	$x_{\max} - x_{\min}$ x
Dańkowskie Złote — wzorzec Dańkowskie Złote — standard	120	117,5	1,85	4	15	8,8	0,5	15	4,0	32,0	1,52	13	12	39,0	1,51	10	8,3
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. afghanicum</i>	392	126,7	0,83	13	85	9,6	0,08	16	7,0	30,9	0,25	16	24	35,0	0,19	11	17
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. ancestrale</i>	678	126,1	0,55	11	70	9,4	0,06	18	9,5	30,9	0,22	18	25	36,2	0,17	12	21,2
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. segetale</i>	278	116,8	0,84	12	65	9,1	0,09	18	6,0	29,2	0,27	15	18	34,5	0,22	11	19
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.s.ssp. africanum</i>	179	117,8	1,27	14	65	8,7	0,16	25	7,0	27,9	0,47	23	25	36,1	0,38	14	19,3
<i>S.c.ssp. afghanicum</i> × <i>S.c.ssp. cereale</i>	282	133,5	1,07	13	70	9,1	0,10	18	7,5	30,5	0,29	16	20	37	0,25	11	18
<i>S.c.ssp. ancestrale</i> × <i>S.c.ssp. cereale</i>	139	135,6	1,17	9	50	10,1	0,15	12	6,5	32,9	0,42	14	15	35,8	0,33	10	15,8
<i>S.c.ssp. segetale</i> × <i>S.c.ssp. cereale</i>	57	138,8	2,47	13	55	9,8	0,22	17	5,5	31,9	0,64	15	15	35,9	0,62	13	14

SE — Błąd standardowy; Standard error

CV — współczynnik zmienności; Coefficient of variation

 $x_{\max} - x_{\min}$ — Rozstęp maksymalny; max. range $\bar{x}$ — Średnia; Mean

Niemniej, wśród mieszańców a zwłaszcza z *S.c. ssp. afghanicum* i *S.s. ssp. africanum* znajdowały się pojedynki o żdźbło wyraźnie krótszym od wzorca (75–90 cm), a najwyższe rośliny dochodziły do 160 cm wysokości. Pokrój roślin był zbliżony do roślin uprawnych. Rośliny miały różną liczbę żdźbeł od jednego do kilkunastu (na ogół 3–5) o słomie od bardzo cienkiej i wiotkiej do grubej i sztywnej. Barwa roślin przeważnie ciemnozielona z woskowym nalotem i z antocyjanowym zabarwieniem. Większość mieszańców miała liście szerokością zbliżone do wzorca, tj. 5–8 mm, jedynie w kombinacji F₂ (Motto × *S.s. ssp. africanum*) miały szerokość 16–18 mm.

Kłosa były kształtu na ogół cylindrycznego, w kilku przypadkach stożkowatego, zawsze z ośmiu. Długość kłosa była zróżnicowana u pojedynków od 5 do 14,5 cm, średnio jednak kłos był dłuższy niż u wzorca zwłaszcza u mieszańców z drugiego kierunku krzyżowania. Liczba kłosek w kłosie wahała się od 13 do 43 dla pojedynków, wartości średnie dla kombinacji jednak w większości przypadków były niższe od wzorca (31,3), z wyjątkiem mieszańców z *S.c. ssp. ancestrale* i *ssp. segetale* jako partnerami żeńskimi (tab. 2). Zbitość kłosa wykazywała zmienność od 25,7 do 47,7 dla pojedynków, ale wartości średnie dla kombinacji na ogół były niższe od wzorca (38,9).

Zróżnicowany stopień przezimowania jak również zbyt zróżnicowana i mała ilość roślin w obrębie jednego potomstwa, uniemożliwiły przeprowadzenie bardziej dogłębnej analizy statystycznej. Dlatego powyższe wyniki należy traktować jako wstępną ocenę ich przydatności do hodowli. Niemniej bardzo duże zróżnicowanie roślin pozwoliło na dokonanie wyboru pojedynków charakteryzujących się niektórymi cechami podnoszącymi użyteczność rolniczą roślin.

Ocena wybranych mieszańców pokolenia F₂ posiadających użyteczne rolniczo cechy

Cechy, na które zwrócono szczególną uwagę dokonując selekcji pojedynków, to ogólny pokrój rośliny zbliżony do wzorca o średniej liczbie żdźbeł 4–5 i grubej, sztywnej słomie. Poza tym rośliny te posiadały, chociaż jedną z użytecznych rolniczo cech jak: skrócone żdźbło, długi kłos czy dużą liczbę kłosek w kłosie. Na tej podstawie wybrano 31 pojedynków, których uśrednione wyniki dla rodzaju kombinacji krzyżówkowej podano w tabeli 3.

Poza jedną rośliną wybraną z kombinacji (Warko × *S.c. ssp. afghanicum*), która posiadała silnie skrócone żdźbło do 90 cm, pozostałe rośliny miały żdźbła na ogół dłuższe od wzorca (100–167 cm). Kłosa wybranych roślin były długości od 8 do 13 cm a liczba kłosek w kłosie wahała się od 28 do 40. Zbitość kłosa dla poszczególnych roślin mieszańcowych mieściła się w przedziale od 25,7 do 44,0.

Liczba ziarniaków z kłosa była zróżnicowana i wahała się od 20 dla mieszańca (Warko × *S.c. ssp. afghanicum*) do 72 dla mieszańca (D. Złote × *S.s. ssp. africanum*). Większość wybranych roślin posiadała ziarniaki barwy szarozielonej, na ogół dobrze lub dość dobrze wypełnione. Masa ziarniaków z kłosa była zróżnicowana od 0,52 do 3,14 g, przy czym należy nadmienić, że w każdym rodzaju mieszańców znaleziono rośliny, które miały masę ziarniaków większą od wzorca. Najdorodniejsze kłosa i ziarniaki miała roślina z kombinacji (*S.c. ssp. afghanicum* × Motto) o liczbie ziarniaków z kłosa 49, ogólnej masie

z kłosa 3,14 g i MTZ 64,1g (rys. 1 A). Również kombinacja z *S.c. ssp. segetale* charakteryzowała się wyjątkowo dorodnymi ziarniakami o dużej ich masie (rys. 1 B).

Tabela 3

Niektóre cechy wybranych na podstawie cech morfologicznych, mieszańców pokolenia F₂, na tle wzorca — Dańkowskie Złote
Some useful traits of hybrids generation F₂, selected with regard to morphological traits, as compared to the standard cv. Dańkowskie Złote

Kombinacja krzyżówkowa Cross combination	Liczba roślin Numer of analyzed plants x	Średnia Mean						
		długość żdźbła culm length $\bar{x}$ (cm)	długość kłosa ear lenght $\bar{x}$ (cm)	liczba kłosków w kłosie number of spikelets per ear $\bar{x}$	zbiorność kłosa ear density $\bar{x}$	liczba ziarniakó w z kłosa number of grains per ear $\bar{x}$	masa ziarniakó w z kłosa grain weight per ear $\bar{x}$ (g)	masa 1000 ziaren 1000 grains weight $\bar{x}$ (g)
Dańkowskie Złote — wzorzec Dańkowskie Złote — standard		118,3	8,83	31,3	38,9	57,7	2,29	39,7
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. afghanicum</i>	1	90,0	10,5	28,0	30,0	20,0	0,7	35,0
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. ancestrale</i>	7	130,0	10,6	34,8	36,0	48,9	1,74	35,6
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.c.ssp. segetale</i>	4	125,0	11,4	34,3	32,4	48,0	2,35	48,9
<i>S.c.ssp. cereale</i> × <i>S.s.ssp. africanum</i>	8	125,0	10,7	32,6	33,6	51,0	1,72	33,7
<i>S.c.ssp. afghanicum</i> × <i>S.c.ssp. cereale</i>	5	143,6	10,7	31,8	33,8	46,0	2,02	43,9
<i>S.c.ssp. ancestrale</i> × <i>S.c.ssp. cereale</i>	4	145,0	11,9	36,0	32,7	41,0	1,64	40,0
<i>S.c.ssp. segetale</i> × <i>S.c.ssp. cereale</i>	2	132,5	11,0	30,0	30,5	45,5	2,04	44,8



A



B

Rys. 1. Dorodne ziarniaki F₃ pojedynka nr N4 mieszańca *S.c. ssp. afghanicum* × Motto (A) i pojedynka nr N41 mieszańca Amilo × *S.c. ssp. segetale* (B)

Fig. 1. Robust grains generation F₃, from single plant nr N4 from hybrid *S.c. ssp. afghanicum* × Motto (A) and from a single plant nr N41 from hybrid Amilo × *S.c. ssp. segetale* (B)

Wyniki te wskazują, że wyprowadzone mieszańce proste z trzema podgatunkami dzikimi *Secale cereale* mogą posłużyć jako materiał wyjściowy do hodowli nowych odmian żyta o polepszonych cechach struktury plonu takich jak dłuższy kłos o większej liczbie ziarniaków i o większej ich masie. Bliskość filogenetyczna krzyżowanych form nie powoduje drastycznego spadku użyteczności mieszańców i tym samym łatwiej i szybciej będzie można wyprowadzić z takich mieszańców odmiany. Natomiast dziki gatunek *S.s. ssp. africanum* wydaje się, że może być użyteczny do wyprowadzania odmian o skróconym źdźbłę i zwiększonej powierzchni asymilacyjnej liści lub do odmian pastewnych.

Ocena roślin mieszańcowych pokolenia F₂ odpornych na mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną

W roku poprzednim — 2000, kiedy rośliny F₁ rosły w szklarni, doszło do spontanicznego, silnego porażenia roślin mączniakiem prawdziwym. Wykorzystano to i dokonano wstępnej oceny odporności na patogena. Podobnie w omawianym tu pokoleniu F₂ doszło do spontanicznego, silnego porażenia roślin zarówno mączniakiem prawdziwym jak i rdzą brunatną. Ponownie przeprowadzono obserwacje odporności polowej na te choroby. Na podstawie oceny stopnia porażenia roślin dokonano wyboru roślin odpornych na te patogeny.

Pojedynki odporne na mączniaka prawdziwego znaleziono w kombinacji krzyżówkowej żyta uprawnego z *S.c. ssp. afghanicum* i *S.c. ssp. ancestrale* w obu kierunkach krzyżowania oraz w kombinacji z *S.s. ssp. africanum*, gdy gatunek ten wystąpił jako forma ojcowska. Łącznie takich roślin znaleziono 50. Należy podkreślić, że w tych kombinacjach cecha odporności na mączniaka utrzymywała się przez dwa pokolenia.

W pokoleniu F₂ pojawiło się silne spontaniczne skażenie rdzą brunatną. Roślin całkowicie wolnych od patogena było tylko 4. Pojawiły się one w kombinacjach krzyżówkowych z *S.c. ssp. ancestrale* z obu kierunków krzyżowania i z *S.c. ssp. segetale* jako formą mateczną.

Charakterystykę wybranych odpornych roślin, pod względem cech uwzględnianych w ocenie mieszańców przedstawiono w tabeli 4. Rośliny te posiadały dużo gorsze parametry cech aniżeli wyniki średnie dla kombinacji (tab. 2) i rośliny wybrane jako interesujące (tab. 3). Na ogół posiadały one niekorzystnie długie źdźbło. Kłosa wprawdzie długie o zbliżonej do wzorca liczbie kłosek, lecz w większości przypadków z mniejszą liczbą ziarniaków i o dużo mniejszej ich masie. Ponieważ, jednak w tych samych kombinacjach krzyżówkowych znaleziono pojedynki o parametrach lepszych aniżeli wzorzec, wydaje się wskazane wykorzystywanie tych mieszańców jako dawców genów odporności na mączniaka prawdziwego i być może rdzę brunatną — chorób, powodujących, co roku wielkie ubytki plonu.

Otrzymane wyniki wskazują, że wyprowadzone mieszańce kryją w sobie potencjał genetyczny, który zdaniem autorów może być wykorzystany do prac hodowlanych nad żytem. Wydaje się być uzasadnione dalsze prowadzenie i badanie uzyskanego materiału mieszańcowego jako materiału wyjściowego do hodowli.

Tabela 4

Niektóre cechy wybranych mieszańców pok. F₂ odpornych na mączniaka prawdziwego i/lub rdzę brunatną na tle wzorca — Dańkowskie Złote
 Some useful traits of selected hybrids, generation F₂, resistant to powdery mildew and/or to brown rust as compared to the standard cv. Dańkowskie Złote

Kombinacja krzyżówkowa Cross combination Liczba roślin	Numer of analyzed plants x	Średnia Mean							M R
		długość żdźbła culm length $\bar{x}$ (cm)	długość kłosa ear length $\bar{x}$ (cm)	liczba kłosków w kłosie number of spikelets per ear $\bar{x}$	zbitość kłosa ear density $\bar{x}$	liczba ziarniaków z kłosa number of grains per ear $\bar{x}$	masa ziarniaków z kłosa grain weight per ear $\bar{x}$ (g)	masa 1000 ziaren 1000 grains weight $\bar{x}$ (g)	
Dańkowskie Złote — wzorzec Dańkowskie Złote — standard		118,3	8,83	31,3	38,9	57,7	2,29	39,7	
Amilo × S.c.ssp. <i>afghanicum</i>	4	136,3	10,0	33,8	37,0	34,3	1,0	29,1	M
D. Złote × S.c.ssp. <i>ancestrale</i>	4	129,5	9,1	39,7	35,6	34,4	1,2	34,9	M, R
D. Nowe × S.c.ssp. <i>ancestrale</i>	1	135,0	8,0	28,0	68,6	53,5	2,2	41,1	R
Kier × S.c.ssp. <i>ancestrale</i>	11	128,6	9,5	32,2	36,7	37,2	1,1	29,6	M
Motto × S.c.ssp. <i>ancestrale</i>	3	130,0	9,0	32,7	39,6	37,0	1,0	27,0	M
Antonińskie × S.c.ssp. <i>ancestrale</i>	2	125,0	8,8	28,5	35,9	41,5	0,9	21,7	M
D. Złote × S.s.ssp. <i>africanum</i>	8	85,0	5,5	19,5	41,5	15,5	0,3	19,3	M
Motto × S.s.ssp. <i>africanum</i>	5	132,0	10,8	32,2	33,7	42,5	1,3	30,6	M
S.c.ssp. <i>afghanicum</i> × D. Złote	4	146,3	9,8	32,0	36,0	22,3	0,6	26,9	M
S.c.ssp. <i>afghanicum</i> × Motto	3	154,0	11,3	32,7	31,0	42,0	1,6	38,1	M
S.c.ssp. <i>ancestrale</i> × D. Złote	3	135,0	9,0	32,7	39,0	38,3	1,1	28,7	M
S.c.ssp. <i>ancestrale</i> × Amilo	1	130,0	10,0	32,0	34,0	50,0	1,5	30,0	R
S.c.ssp. <i>ancestrale</i> × Kier	4	131,3	9,6	35,3	39,8	33,8	1,1	32,5	M
S.c.ssp. <i>segetale</i> × Warko	1	130,0	8,0	30,0	41,0	41,0	1,6	39,0	R

M — Odporność na mączniaka; Resistance to powdery mildew

R — Odporność na rdzę brunatną; Resistance to brown rust

DYSKUSJA

Prace nad mieszańcami oddalonymi żyta prowadzone są od lat 60. ubiegłego wieku. Rozmus (1967), Kuckuck i Peters (1970), Łapiński (1977), Kobyljanskij (1982), Rzepka

(1988) to tylko niektórzy autorzy i przykłady prac prowadzonych w tym temacie. Przeważnie prowadzono badania nad mieszańcami żyta uprawnego z takimi gatunkami dzikimi jak: *S. montanum*, *S. kuprijanovii*, *S. sylvestre* i *S. vavilovii*. Niestety jak do tej pory nie udało się metodą krzyżowania międzygatunkowego bezpośrednio ulepszyć formy uprawne. Jest to jednak znakomita metoda na powiększenie zmienności genetycznej materiałów wyjściowych do hodowli (Ruebenbauer, 1975; Łapiński, 1977; Lehmann i Plarre, 1982). Ujednolicenie genetyczne odmian obecnie uprawianych — i to nie tylko żyta — stanowi jedną z głównych przyczyn zwolnienia tempa postępu hodowlanego i braku nowych materiałów wyjściowych do hodowli. Te, którymi dysponują hodowcy, z uwagi na ograniczoną przez ciągłą selekcję zmienność genetyczną, znajdują się w stanie równowagi genetycznej. Dlatego prace mające na celu poszerzenie zmienności genetycznej i wyprowadzanie materiałów wyjściowych do hodowli mają kapitalne znaczenie (Ruebenbauer, 1975; Koczowska, 1977; Wolski, 1983).

Wiele prac prowadzonych nad mieszańcami żyta dotyczyło możliwości uzyskania mieszańców i zagadnień cytogenetycznych (Kranze, 1961; Rozmus, 1967; Singh, 1977). Obecnie postęp w technikach biotechnologicznych umożliwia otrzymywanie mieszańców oddalonych bez większych problemów. Problemem jednak u wytworzonych drogą krzyżowania oddalonego form jest często plon i jego jakość (Węgrzyn 1988). Ponadto mogą się one charakteryzować niską odziedziczalnością interesujących hodowcę cech oraz silnym ich powiązaniem z cechami niekorzystnymi. Stąd otrzymane tą drogą materiały wyjściowe często są bezużyteczne dla hodowcy (za Rzepką-Plevneš i in., 1995). Jedną z przyczyn tych problemów z pewnością będzie zbytne oddalenie filogenetyczne krzyżowanych form.

Rzeczywistymi możliwościami wykorzystania prostych mieszańców międzygatunkowych żyta jako materiału do hodowli jego odmian zajmowali się Kobyljanskij (1982), Lehmann i Plarre (1982), Sołoduchina (1982), Szgat i Nürnberg (1982), Rzepka i Tomczak (1984), Słaboński i wsp. (1984), Rzepka (1988, 1993, 1995).

Gatunki: *S. montanum* i *S. kuprijanovii* służą jako źródło genów odporności na mączniaka i rdzę brunatną (Kobyljanskij, 1987; Rzepaka, 1993). *S. anatholicum* jest wykorzystywane w hodowli odmian o dużej zawartości białka w ziarnie oraz odmian przeznaczonych na zieloną masę (Kobyljanskij, 1987), natomiast *S. sylvestre*, *S. anatholicum* i *S. vavilovii* w hodowli odmian odpornych na wyleganie i porastanie (Rzepaka, 1993). W dzikich gatunkach żyta poszukuje się również genów męskiej sterility i cytoplazmy sterylizującej (Łapiński 1977; Tarnowski, 1983).

Rzepka i współpracownicy w latach 1983–1995 pracowali nad mieszańcami prostymi żyta z *S. kuprijanovii* i *S. montanum* badając ich przydatność w hodowli odpornościowej na mączniaka (Rzepka, Łapiński, 1988; Rzepka-Plevneš i in., 1995). Wyselekcjonowane odporne linie z chowu siostrzanego poddano 5-krotnemu krzyżowaniu wstecznemu z żytem uprawnym. Według Rzepki (1995) dwukrotne krzyżowanie wsteczne prostych mieszańców międzygatunkowych z odmianami uprawnymi okazało się niewystarczające do podwyższenia ich plenności. Plon ziarna z jednostki powierzchni mieszańca BC₂ był niższy od wzorca o 26%. Dalsze trzy krzyżowania wsteczne nie przyczyniły się do podwyższenia omawianych (przez Rzepkę), cech struktury plonu. Mieszańce BC₃, BC₄

i BC₅ ustępowały pod względem liczby i masy ziaren i kłosa oraz masy 1000 ziaren odmianie wzorcowej. Mimo to, sugeruje ona, że do programu krzyżowań rutynowo stosowanych w praktyce hodowlanej można z powodzeniem wykorzystywać mieszańce proste BC₁ i BC₂ żyta.

Podobne wyniki otrzymano prowadząc prace nad mieszańcami żyta z *S. vavilovii* mające na celu poprawienie odporności na porastanie (Rzepka i Tomczak, 1993). Masa ziaren z kłosa badanych mieszańców pok. BC₂ wahała się od 1,49 do 1,79 g.

Wyniki prezentowane w pracy wydają się wskazywać na większą przydatność do prac hodowlanych mieszańców prostych w obrębie gatunku *Secale cereale* ze względu na bliższe pokrewieństwo do żyta uprawnego a co za tym idzie, mniejsze zakłócenia mejozy i tym samym większą płodność roślin. Dodatkowo niezmiernie istotną sprawą jest masa ziarniaków podgatunków dzikich, która jest największa ze wszystkich dzikich form żyta. Spośród otrzymanych mieszańców pokolenia F₂ wyselekcjonowano takie, których masa ziarniaków z kłosa nie tylko dorównywała wzorcowi, ale również przewyższała go dochodząc do 3,14 g. Z trzech badanych podgatunków dzikich najlepszym pod względem dorodności ziarniaków wydaje się *S.c. ssp. segetale*. Dodatkowo duże zróżnicowanie roślin mieszańcowych pod względem długości kłosa i liczby kłosek z kłosa pozwala przypuszczać, że mieszańce żyta uprawnego z *S.c. ssp. afghanicum*, *S.c. ssp. ancestrale* i *S.c. ssp. segetale* mogą posłużyć jako materiał wyjściowy do wyprowadzania odmian o podwyższonym plonie ziarna.

Wielkim atutem mieszańców w obrębie *Secale cereale* jest obecność gonów odporności na mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną. Mieszańce otrzymane przez Rzepkę i współpracowników, chociaż odporne, posiadały poważny mankament — małą masę ziarniaków. Wydaje się, że stosując omawiane w pracy podgatunki *Secale cereale*, można przenieść do odmian żyta odporność na te choroby, jednocześnie nie uszczuplając plonu ziarna.

Dziki gatunek *S.s. ssp. africanum* z kolei wydaje się, że może posłużyć do polepszania cechy długości źdźbła jak również do wyprowadzania nowych, plenniejszych odmian pastewnych

WNIOSKI

1. Badane mieszańce proste pok. F₂ uzyskane z krzyżowań zwrotnych odmian uprawnych żyta z podgatunkami dzikimi: *S.c. ssp. afghanicum*, *S.c. ssp. ancestrale* i *S.c. ssp. segetale* oraz gatunkiem *S.s. ssp. africanum*, wykazały obecność wielu użytecznych rolniczo cech. Wskazuje to na ich przydatność do wyprowadzania materiałów wyjściowych do hodowli żyta.
2. Wyselekcjonowane mieszańce żyta uprawnego z *S.c. sp. afghanicum* i *S.c. ssp. ancestrale*, ze względu na odporność polową na mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną mogą posłużyć do hodowli odpornościowej.
3. Wśród badanych mieszańców żyta uprawnego z *S.c. ssp. ancestrale*, *S.c. ssp. segetale*, i *S.s. ssp. africanum*, występowały rośliny o krótkim źdźble i jednocześnie dorodnym kłosie, co może być wykorzystane w hodowli odmian krótkosłomych.

4. Spośród wszystkich badanych rodzajów mieszańców, wyselekcjonowano rośliny o długim kłosie i masie ziarniaków z kłosa równej lub większej od wzorca, co wskazuje na potencjalne możliwości wykorzystania ich do hodowli odmian o podwyższonym plonie.
5. Mieszańce *S.c. ssp. cereale* × *S.s. ssp. africanum* ze względu na bardzo szerokie liście, mogą być materiałem wyjściowym do hodowli odmian pastewnych żyta.

LITERATURA

- Hammer K., E Skolimowska, H. Knüpfner 1987. Vorarbeiten zur monographischen Darstellung von Wildpflanzensortimenten: *Secale* L. Kulturpflanze 35: 135 — 177.
- Kobyljanskij V. D. 1982. Roż. Kołos, Moskwa: 137 — 152.
- Kobyljanskij V. D. 1987. Studies of rye and their relations to aspects of breeding. Vestn. Selsch. 111: 35 — 41 (Wheat, Barley and Triticale Abstr. 1988, 5: poz. 3827).
- Koczowska I. 1977. Badania nad otrzymywaniem materiałów wyjściowych żyta ozimego do hodowli odmian plennych odpornych na wyleganie i pleśń śniegową. Zesz. Nauk. ART w Olsztynie, 19: 49 — 74.
- Kranz A. R. 1961. Cytologische Untersuchungen und Genetische Beobachtungen zum Beispiel zwischen *Secale cereale* L. und *Secale kuprijanovii*. Züchter. 31: 219 — 225.
- Kuckuck H., Peters R. 1970. Weitere genetisch-züchterische Untersuchungen, an *Secale vavilovii* Grossh. Z. Pflanzenzücht. 64: 182 — 200.
- Lehmann C., Plarre W. 1982. Untersuchungen zur Bildung quantitativer Merkmale in Kreuzungspopulation *Secale cereale* × *Secale silvestre* nach Rückkreuzung mit der Kulturform. Tag. — Ber. Akad. Landwirtsch. — Wiss. DDR. Berlin, 198: 79 — 90.
- Łapiński M. 1975. Cytoplasmic male sterility in interspecific rye hybrids. Hod. Rośl. Aklim. 19 (5/6): 415 — 420.
- Łapiński M. 1977. Wstępne wyniki badań nad krzyżówkami oddalonymi w rodzaju *Secale*. Pr. Zesp. Hod. Żyta w 1975 r. IHAR Radzików: 89 — 95.
- Nürnberg-Krüger U. 1960. Zytologischen Untersuchungen an der Gattung *Secale* L. Z. Pflanzenzücht. 44: 65 — 72.
- Rozmus M. 1967. Badania cytoembriologiczne nad gatunkami rodzicielskimi oraz mieszańcami *Secale cereale* L. × *S. montanum* Guss. i *S. cereale* L. × *S. vavilovii* Grossh. form di- i tetraploidalnych. Hod. Rośl. Aklim. 11 (4): 409 — 453.
- Ruebenbauer T. 1975. Podstawowe problemy genetyki zbóż. Post. Nauk Rol. 2: 3 — 4.
- Rzepka D. 1988. Właściwości międzygatunkowych mieszańców żyta (*Secale* sp.). Hod. Rośl. Aklim. 32 (3/4): 27 — 38.
- Rzepka D. 1993. Badania nad mieszańcami *S. cereale* × *S. vavilovii* Gross. w aspekcie ich przydatności w hodowli odmian żyta odpornych na porastanie. Część I Ocena odporności na porastanie mieszańców międzygatunkowych żyta. Hod. Rośl. Aklim. 37 (5/6): 69 — 79.
- Rzepka D., Łapiński M. 1988. Przydatność międzygatunkowych mieszańców żyta (*Secale* sp.) w hodowli odmian odpornych na mączniaka (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *secalis* Marchal). Hod. Rośl. Aklim. 32, 3/4: 39 — 48.
- Rzepka D., Tomczak P. 1984. Ocena cech użytkowych mieszańców międzygatunkowych żyta i ich przydatność w hodowli nowych odmian. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 115: 179 — 189.
- Rzepka D., Tomczak P. 1993. Badania nad mieszańcami *S. cereale* × *S. vavilovii* Gross. w aspekcie ich przydatności w hodowli odmian żyta odpornych na porastanie. Część II. Właściwości użytkowe mieszańców. Hod. Rośl. Aklim. 37 (5/6): 81 — 91.
- Rzepka-Plevneš D., Tomczak P., Pławska M. 1995. Możliwość wykorzystania mieszańców międzygatunkowych żyta w hodowli odmian plennych i odpornych na mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC. f. sp. *secalis* Marchal). Hod. Rośl. Aklim. 39 (6): 68 — 80.
- Singh R. 1977. Cross compatibility, meiotic pairing and fertility in 5 *Secale* species and their interspecific hybrids. Cereal Res. Commun. 5 (1): 67 — 75.

- Słaboński A., Rzepka D., Pieniążek B. 1984. Możliwość wykorzystania mieszańców międzygatunkowych *Secale cereale* × *S. montanum*, *S. cereale* × *S. kuprijanovii*, *S. cereale* × *S. vavilovii* w hodowli żyta. Hod. Rośl. Aklim. 28 (2): 195 — 208.
- Sołoduchina O. 1982. Donorskie sposobnosti istočnikov ustojčivosti rzi k buroj rżavčine. Trudy po Prikl. Bot. Genet. i Selekcii. VNJJ. Rastenevod, 73 (1): 61 — 65.
- Szigat G., Nürnberg U. 1982. Möglichkeiten zur Nutzung von *Secale silvestre* Bastarden als Ausgangsmaterial für die Züchtung. Tag. — Ber. Akad. Landwirtsch. — Wiss. DDR Berlin. 198: 73 — 78.
- Tarkowski Cz. 1983. Biologia żyta, PWN, Warszawa.
- Węgrzyn S. 1988. Synteza i wyodrębnianie materiałów wyjściowych dla hodowli zbóż. Zesz. Probl. IHAR Radzików: 33 — 40.

RENATA GALEK**HENRYK BUJAK**Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Ocena podobieństwa form żyta jarego pod względem niektórych cech użytkowych

Analysis of similarity of spring rye forms in regard to some agronomy characters

Celem badań była ocena podobieństwa obiektów w kolekcji żyta jarego pod względem 6 cech użytkowych. Badano 20 odmian populacyjnych żyta jarego pochodzącego z różnych warunków geograficzno-klimatycznych. Analizowano wysokość roślin (cm), termin kłoszenia (liczba dni od 1 maja), liczbę kłosów na 1 m², plon ziarna z 1 m² (g), masę 1000 ziaren (g) i masę hektolitra (kg). Do podziału badanych genotypów na grupy i określenia odległości między grupami wykorzystano analizę skupień (cluster analysis). Wydzielenie jednorodnych grup obiektów metodą najdalszego sąsiedztwa Warda umożliwia określenie podobieństwa, ale nie pozwala na nadanie cechom określonej wartości hodowlanej. Z uwagi na to zastosowano również test Haufe-Geidela pozwalający na wydzielenie rozłącznych grup jednorodnych i tym samym przypisanie każdej grupie hodowlanej przydatności. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie badanych obiektów dla wszystkich analizowanych cech. Test Haufe-Geidela pozwolił na wydzielenie wśród badanych obiektów od 2 grup jednorodnych (dla krzewistości ogólnej) do 7 (dla masy 1000 ziaren) pod względem średnich wartości cech. Klasyfikacja według najdalszego sąsiedztwa w oparciu o cechy ilościowe wykazała duże zróżnicowanie badanych obiektów. Wyróżniono samodzielne grupy jednorodne, które stanowiły poszczególne genotypy. Najbardziej podobne do siebie, pod względem badanych cech są formy znajdujące się w bliższym sąsiedztwie na diagramie.

Słowa kluczowe: masa tysiąca nasion, ocena podobieństwa, plon nasion, termin kłoszenia, waga hektolitra, wysokość roślin, żyto jare

The aim of the studies was to evaluate similarity and breeding value of a collection of 20 spring rye cultivars from different climatic and geographical regions. The following traits were analysed: plant height (cm), heading date, number of ears per 1 m², grain yield per 1 m² (g), 1000 grain weight (g), and hectolitre weight (kg). For classification of studied genotypes into groups and for determination of genetic distance between groups, Ward's clustering method was used. Since Ward's method is not appropriate for assigning breeding value to particular traits, Haufe-Geidel procedure was applied for separation of means into non-overlapping homogenous groups. Variance analysis showed significant genetic variability for all studied traits. Haufe-Geidel's test produced two (no. of ears/m²) to seven (1000 grains/ weight) homogenous groups. Cluster analysis of the spring rye genotypes the Ward's method indicated strong intergenotype differentiation. Almost each of the genotypes from collection constituted a distinct homogeneous group.

Key words: date of heading, hectolitre weight, plant height, similarity analysis, spring rye, 1000 grain weight, yield of grain

WSTĘP

Postęp w hodowli żyta jarego jest ściśle związany z dostępem do wartościowych materiałów wyjściowych oraz wykonaniem ich oceny pod kątem przydatności do krzyżowań i wytworzenia pożądaných rekombinantów. Już wcześniejsze badania określające interakcję genotypowo-środowiskową (Kaczmarek i in., 2000) pozwoliły ustalić przydatność różnych genotypów do rekultywacji różnych gleb po powodzi, a prace Grochowskiego (1995), Grochowskiego i wsp. (1996), Kaczmarka i wsp. (1998), Galek i Grochowskiego (1998) określiły zmienność cech bonitacyjnych, jakościowych i struktury plonu form kolekcyjnych pochodzących z różnych stref klimatycznych.

Obecnie obserwuje się coraz większe zainteresowanie możliwością uprawy żyta jarego jako rośliny alternatywnej w stosunku do innych zbóż. Związane jest ono z tym, że posiadamy dużo gleb lekkich ze złymi właściwościami wodnymi o dużej przepuszczalności, słabym podsiąkaniem, szybkim wysychaniem i silnie zakwaszonych. Żyto jare może sprostać tym warunkom, szczególnie z uwagi na to, że posiada wysoką tolerancję na toksyczne działanie jonów glinu (Grochowski, Galek, 1997) oraz charakteryzuje się stosunkowo małymi wymaganiami glebowymi, termicznymi i wodnymi. Można je również wykorzystać w celu rekultywacji gleb zdegradowanych (Reimann-Philipp, 1986; Fortin, Hamil, 1994). Formy jare żyta są użytkowane na nawóz zielony, zielonkę, ziarno. Zapotrzebowanie na uprawę żyta jarego wynika również z poszukiwania dobrej rośliny podporowej w mieszkankach z roślinami motylkowymi. Do rejestru w roku 2000 wprowadzono odmianę żyta jarego Abago. Krzyżowanie form rodzicielskich odrębnych genetycznie (należących do różnych pul genowych) stwarza możliwości uzyskania wyższej zmienności cech użytkowych. Celem badań była ocena podobieństwa form kolekcyjnych żyta jarego pod względem sześciu cech użytkowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 20 odmian populacyjnych żyta jarego pochodzącego z różnych warunków geograficzno-klimatycznych. Synteza wyników obejmuje okres trzyletni. Doświadczenia zakładano co roku w dwóch miejscowościach, metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach, stosując siew punktowy, w rozstawie 5×20 cm na poletkach o powierzchni 1 m^2 . Analizowano wysokość roślin (cm), termin kłoszenia (liczba dni od 1 maja), liczbę kłosów na 1 m^2 , plon ziarna z 1 m^2 (g), masę 1000 ziaren (g) i masę hektolitra (kg). Do podziału badanych genotypów na grupy i określenia odległości między grupami wykorzystano analizę skupień (cluster analysis). Wydzielenie jednorodnych grup obiektów metodą najdalszego sąsiedztwa Warda umożliwia określenie podobieństwa, ale nie pozwala na nadanie cechom określonej wartości hodowlanej.

W metodzie Warda wykonano dendrogram metodą najdalszego sąsiedztwa i określono podobieństwo międzyobiektywne badanych form za pomocą statystyki F_α . W praktyce stosuje się statystykę F, dla której wartość krytyczna na poziomie α jest (Mądry, 1993):

$$F_{\alpha} = \frac{\alpha}{\left(\frac{n}{2}\right)}, p, n - a - b - p + 2$$

gdzie:

α — poziom istotności,

p — liczba badanych cech,

a — liczba obiektów,

n — liczba obserwacji.

Dendrogram przecięto linią prostą na poziomie F_{α} , otrzymując skupienia obiektów zawieszone na odpowiednich gałęziach. Skupienia te stanowią grupy jednorodne pod względem badanych cech.

Z uwagi na to zastosowano również test Haufe-Geidela (1984) pozwalający na wydzielenie rozłącznych grup jednorodnych i tym samym przypisanie każdej grupie hodowlanej przydatności.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie środowisk dla badanych cech. Stwierdzono również istotne zróżnicowanie badanych genotypów żyta jarego dla wszystkich badanych cech oraz istotność interakcji genotypowo-środowiskowej (tab. 1).

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności z analizy wariancji dla wybranych cech
The mean square of variability for chosen traits

Źródło zmienności Source of variability	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Wysokość roślin Plant height	Termin kłoszenia Date of heading	Krzewistość ogólna Number of ears per plot	Plon ziarna Yield per plot	Masa tysiąca ziaren 1000 grains weight	Masa hektolitra Hectolitre weight
Środowiska (E) Environments	5	27913,8**	1020,3**	209632,0**	73645,6**	936,5**	972,4**
Powtórzenia w środowiskach Replications in environments	18	546,8	10,0	10340,7	39787,3	14,1	24,4
Genotypy (G) Genotypes	19	2631,5**	34,2**	8107,6**	44454,3**	242,1**	70,5**
Interakcja (G × E) Interaction	95	205,6**	5,3**	4370,3**	15694,9**	14,8**	42,5**
Błąd Error	342	84,3	3,5	3023,4	5660,4	5,1	30,7

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

** Significant at level $\alpha = 0.01$

Podział średnich arytmetycznych testem Haufe-Geidel pozwolił na podział badanych form żyta jarego na kilka rozłącznych grup jednorodnych w obrębie badanych cech (tab. 2).

Tabela 2

Średnie wartości cech z podziałem na grupy jednorodne wg testu Haufe-Geidel
Mean values of traits separated into homogenous groups according to Haufe-Geidel's test

Obiekt Object	Pochodzenie Origin	Wysokość roślin Plant height (cm)		Termin kłoszenia Heading date		Krzewistość ogólna/m ² Number of ears per plot		Plon ziarna Yield per plot (g)		Masa tysiąca ziaren 1000 grains weight (g)		Masa hektolitra (g) Hectolitre weight	
Bred Bosche	ROM	148,7	b	35,6	c	373,3	a	243,1	c	27,3	e	62,9	a
DL 67/176	ZAF	145,5	c	36,8	b	366,7	a	227,5	c	26,8	e	62,7	a
DL 67/190	ZAF	156,3	a	36,2	b	358,4	a	247,5	c	28,7	d	61,9	b
Gazelle	CAN	157,8	a	37	b	365,0	a	300,1	b	26,2	f	61,8	b
Gotav	—	137,1	d	35,2	c	384,2	a	79,6	e	33,2	b	60,8	b
Karlshulder	DEU	161	a	37	b	352	a	334,1	a	30,1	d	64,5	a
Ludowe	POL	154,1	b	35,9	c	342,5	b	326,1	a	29,1	d	64,1	a
Petka	DEU	151,6	b	36,5	b	350,2	a	384,4	a	33,5	b	67,3	a
Priaborschi	ROM	147,9	b	36,6	b	372,1	a	272,2	b	27,7	e	63,7	a
SMH 01	POL	131,1	e	39,1	a	374,9	a	190,3	d	36,6	a	61,7	b
SMH 02	POL	119,8	f	38	a	373,6	a	270,6	b	31,8	c	63,3	a
Somro	DEU	152,8	b	37,6	a	357,8	a	343,4	a	31,5	c	66,4	a
Sorom	DEU	148,1	b	37,5	a	370,9	a	353,0	a	30,7	c	68,4	a
Strzekęcińskie	POL	152,3	b	37,2	a	356,3	a	286,3	b	31,3	c	63,6	a
Tiroler	AUT	160,4	a	38,4	a	330,3	b	312,9	b	27,5	e	62,6	a
Tiroler Smolicki	AUT	158,6	a	38,2	a	347,8	b	357,1	a	28,5	d	64,1	a
Tosevschi	BGR	137,9	d	36,8	b	375,5	a	256,7	b	28,2	d	63,6	a
Wrens Abruzzi	USA	148,6	b	37,6	a	372,3	a	302,3	b	27,4	e	65,6	a
Zenit	CS	141,7	c	36,5	b	406,8	a	236,4	c	26,2	f	65,5	a
Żyto jare P. Grand.	POL	141,3	c	33,8	d	401,2	a	274,2	b	23,8	g	66,1	a
Średnia Mean		147,6		36,9		369,5		278,9		29,3		63,7	
NIR LSD		5,2		1,06		31,1		42,6		1,3		3,14	

a,b,c... — Grupy jednorodne wg testu Haufe-Geidel

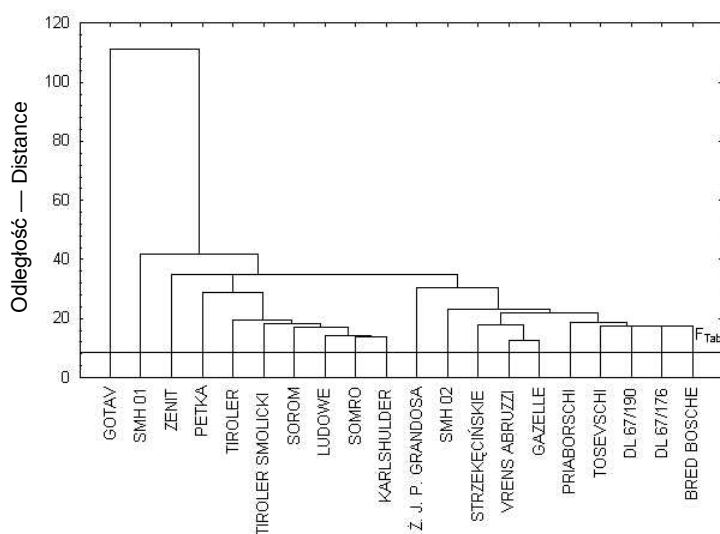
a,b,c... — Homogenous groups according to Haufe-Geidel's test

Większość badanych form charakteryzowało się długą i wiotką słomą, co było przyczyną podatności na wyleganie. Wysokość roślin mieściła się w przedziale od 119,8 (SMH-02) do 161 cm (Karlsfelder). W obrębie tej cechy badaną kolekcję podzielono na 6 grup jednorodnych. Pod względem terminu kłoszenia wyróżniono 4 grupy jednorodne. Najszybciej kłosiło się Żyto jare P. Grandosa (33,8 dni licząc od 1 maja) a najpóźniej, bo powyżej 37 dni Strzekeńskie, Somro, Sorom, Wrens Abruzzi, Tiroler Smolicki, Tiroler SMH-01 oraz SMH-02.

Krzewistość roślin jest cechą, na którą istotny wpływ mają czynniki siedliskowe, środowiskowe i agrotechniczne. W badanym materiale wahała się ona od 330 do 407 kłosów na 1 m². Przy pomocy testu Haufe-Geidela wyodrębniono tylko 2 grupy jednorodne. Średnia krzewistość form jarych (370 kłosów na poletko) jest mniejsza od ozimych o 23% (Węgrzyn i in., 1996).

W warunkach mikrodoświadczenia i przy punktowym siewie 105 ziaren na 1 m² poprzez plon należy rozumieć zdolność roślin do większej lub mniejszej produktywności. Plon z poletka dla poszczególnych obiektów wahał się od 79,6 g do 384,4 g. Pod względem plonowania odmian zaliczono je do 5 grup jednorodnych (tab. 2). Do najwyższej plonujących zaliczono 6 obiektów o plonie od 326,1 do 384,4 g.

Selekcja materiałów hodowlanych nastawiona jest na otrzymanie odmian o masie tysiąca ziaren powyżej 27 gramów. Poniżej tej wartości ziarno uznawane jest za drobne a powyżej 35 gramów za grube. Wśród ocenianych materiałów tylko ród SMH-01 charakteryzował się grubym ziarnem. Zdecydowana większość, bo 15 form wykształcała ziarno o średniej grubości od 27 do 35 gramów. U form ozimych masa 1000 ziaren kształtuje się na granicy 37,5 gramów (Węgrzyn i in., 1996). Na podstawie testu wydzielono siedem grup jednorodnych.



Rys. 1. Podobieństwo form żyta jarego pod względem badanych cech
Fig. 1. Similarity of spring rye forms in relation to the investigated traits

U badanych obiektów wyróżniono dwie grupy jednorodne przy ocenie masy hektolitra. Do grupy „a” zaliczono 16 obiektów o masie hektolitra od 62,6 u Tirolera do 68,4 kg u Sorom. Formy jare ustępują znacznie, bo ponad 10 kg, pod względem tej cechy formom ozimym (Grochowski i in., 1996), co jest związane z drobniejszym ziarnem. Średnia wartość tej cechy u badanych populacji żyta jarego wynosiła 63,7 kg.

Na rysunku 1 przedstawiono dendrogram dla 20 form żyta jarego wykonany metodą skupień Warda na podstawie badanych cech jakościowych ziarna. Dendrogram przecięto linią prostą na poziomie F_{α} , otrzymując skupienia genotypów zawieszone na odpowiednich gałęziach. Analizując otrzymane wyniki można zauważyć, że wszystkie genotypy stanowią samodzielne grupy jednodne, a inne tworzą grupy o dużym fenotypowym podobieństwie. Z otrzymanego diagramu można wnioskować jedynie, że genotypy bardziej oddalone od siebie są silniej zróżnicowane pod względem badanych cech. Im bliższe jest położenie względem siebie grup, tym większe podobieństwo między formami.

WNIOSKI

1. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie między środowiskami oraz zróżnicowanie badanych genotypów żyta jarego dla wszystkich analizowanych cech ilościowych. Stwierdzono również istotność interakcji genotypowo-środowiskowej.
2. Zastosowanie testu Haufe-Geidel do porównania średnich wartości cech pozwoliło na podział kolekcji form żyta jarego na kilka grup jednorodnych. Dla masy hektolitra i krzewistości utworzono dwie, terminy kłoszenia cztery, plonu ziarna z poletka pięć, wysokości roślin sześć, a masy tysiąca ziaren siedem grup jednorodnych.
3. Klasyfikacja według najdalszego sąsiedztwa wskazuje na duże zróżnicowanie badanych obiektów. Każdy z badanych genotypów został przyporządkowany do odrębnej grupy.

LITERATURA

- Fortin M. C., Hamil A. S. 1994. Rye residue geometry for faster corn development. *Agron. J.* 86 (2): 238 — 243.
- Galek R., Grochowski L. 1998. Zróżnicowanie cech plonu i jakości w kolekcji żyta jarego. *Biul. IHAR* 205/206: 45 — 50.
- Grochowski L. 1995. Wstępna ocena kolekcyjnych form żyta jarego. *Biul. IHAR* 195/196: 317 — 321.
- Grochowski L., Galek R., Śmiałowski T. 1996. Zmienność i współzależność wybranych cech ilościowych kolekcyjnych form żyta jarego. *Biul. IHAR* 200: 85 — 91.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. *Plant Breed. Seed Sci.* 40, 3/4: 37 — 47.
- Grochowski L., Galek R. 1997. Genetyczno-hodowlana ocena wybranych cech ilościowych rodów żyta jarego. *Hodowla Roślin materiały z I Krajowej Konferencji Poznań, 19–20 listopada*: 187 — 190.
- Haufe W., Geidel H. 1984. Vorschlag eines Schätzverfahrens zur Klassifizierung von Versuchsergebnissen. In: *Arbeitstagung 1984 der „Arbeitsgemeinschaft der Vereinigung österreichischer Pflanzenzüchter, gehalten vom 27. bis 29. November an der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irnding*: 257 — 290.
- Kaczmarek J., Bujak H., Gandecki R. 2000. Reakcja genotypów żyta jarego na czynniki środowiska glebowego związane z rekultywacją. *Biul. IHAR* 216/1: 87 — 93.

- Kaczmarek J., Galek R., Bujak H., Grochowski L. 1998. Influence of powdery mildew, brown rust and steam rust on growth and yield of spring rye. *Plant Breed. Seed Sci.* 42, 1: 15 — 19.
- Mądry W. 1993. *Studia statystyczne nad wielowymiarową oceną zróżnicowania cech ilościowych w kolekcji zasobów genowych zbóż*. Wydawnictwo SGGW Warszawa. Rozprawy Naukowe i Monografie.
- Reimann-Philipp R. 1986. Perennial spring rye as crop alternative. *J. Agron. Crop. Sci.* 4: 281 — 285.
- Węgrzyn St., Śmiałowski T., Grochowski L. 1996. Zmienność i współzależność cech oraz ocena zjawisk genetycznych w kolekcji roboczej żyta ozimego 1977–1992. *Biul. IHAR* 200: 69 — 84.

CECYLIA JAŃCZAK

ADAM PAWLAK

Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu

Podatność żyta mieszańcowego Esprit na choroby grzybowe i efektywność ich zwalczania fungicydami w latach 2000–2002

Susceptibility of the Esprit hybrid rye cultivar to fungal diseases and effectiveness of their control with the use of fungicides in the years 2000–2002

Badania przeprowadzone na życie mieszańcowym wykazały, że odmiana Esprit jest bardzo podatna na porażenie trzema gatunkami grzybów z rodzaju *Puccinia* spp. oraz wrażliwe na *Rhynchosporium secalis* (Qud.) Davis. Spośród chorób grzybowych w największym nasileniu występowała co roku rdza brunatna. Straty w plonach żyta spowodowane chorobami grzybowymi wynosiły od 19,8% do 28,5%. Stosowane w doświadczeniach fungicydy (Amistar 250 SC i Juwel 250 SC) charakteryzowały się wysoką i długotrwałą (6 tygodni) skutecznością w zwalczaniu występujących chorób. Co roku był istotny efekt ekonomiczny ochrony żyta.

Słowa kluczowe: fungicydy, rdza brunatna, rdza żółta, rdza żdźbłowa, rynchosporioza, plon, żyto mieszańcowe

Research carried out on hybrid rye in 2000–2002 showed that the Esprit cultivar was very susceptible to the infection of three *Puccinia* species and *Rhynchosporium secalis* (Qud.) Davis. The brown rust appeared to be the most important fungal disease every year. The losses in rye yield caused by the diseases ranged between 19.8% and 28.5%. Fungicides applied on the experimental fields (azoxystrobin and kresoxim-methyl + epoxiconazole) demonstrated their high and long lasting (6 weeks) effectiveness in control of the diseases. Economic effect of rye protection was high every year.

Key words: brown rust, fungicides, hybrid rye, leaf blotch, stem rust, yellow rust, yield

WSTĘP

Żyto mieszańcowe zostało wprowadzone do uprawy w Polsce w 1995 roku, a pierwszą zarejestrowaną odmianą był niemiecki mieszaniec trójliniowy Marder. W roku 1998 został zarejestrowany polski mieszaniec liniowo-populacyjny Nawid. Aktualnie do Rejestru Odmian wpisanych jest 8 odmian żyta mieszańcowego (Lista odmian..., 2002).

Z badań COBORU wynika, że plon żyta mieszańcowego jest od kilku do kilkunastu procent wyższy w porównaniu z tradycyjnym żytem populacyjnym (Lewandowska, 1999;

Kaczyński, 2000). Wyniki badań własnych potwierdzają doniesienia z literatury o wyższym plonowaniu żyta mieszańcowego w porównaniu z populacyjnym (Jańczak, Pawlak, 2000). Mało rozpoznana i określona jest podatność nowego typu żyta na porażenie grzybami patogenicznymi. W charakterystykach odmian wpisanych do Rejestru w latach 1995–2001 jako powszechnie występującą podatność mieszańców na porażenie podaje się grzyb *Puccinia recondita* Erikss., sprawcę rdzy brunatnej i grzyba *Puccinia graminis* Pers., powodującego rdzę żółtobłą. Zarejestrowane w 2002 roku dwa mieszańce scharakteryzowano następująco: Picasso jako odmiana o mało do bardzo małej odporności na rdzę brunatną, a Stach jako odmiana o dość dużej odporności na rdzę brunatną i żółtobłą oraz septoriozę liści. Wrażliwość obu nowych odmian na inne choroby grzybowe (bez ich sprecyzowania) oceniono jako średnią (Lewandowska, 2002).

Według COBORU zarejestrowana w Polsce w 1998 roku niemiecka odmiana Esprit scharakteryzowana jest jako podatna na rdzę brunatną, rdzę żółtobłą i sporysz oraz średnio wrażliwa na inne choroby. Plonowanie odmiany Esprit w doświadczeniach porejestrowych COBORU (PDO) w latach 1998–2000 było wyższe o średnio 10–13% w porównaniu z odmianami populacyjnymi. Wyniki te znajdują potwierdzenie w badaniach Szemplińskiego (2001), w których żyto mieszańcowe Esprit bez względu na kompleks glebowy, gwarantowało wyższy o 13–15% poziom plonowania niż populacyjna odmiana Warko. W porównaniu z populacyjną odmianą Amilo mieszaniec Esprit plonował o 25% lepiej w warunkach gleb kompleksu żyniego bardzo dobrego (Budzyński i in., 2001).

Wykonane w latach 2000–2002 kompleksowe badania na życie mieszańcowym miały na celu:

- ocenę wrażliwości odmiany Esprit na porażenie liści, źdźbeł i kłosów grzybami patogenicznymi,
- określenie strat powodowanych w plonach żyta przez choroby grzybowe,
- ocenę skuteczności zwalczania występujących chorób i efektywności stosowania fungicydów.

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Ochrony Roślin w Winnej Górze (Wielkopolska). Doświadczenie ściśle powtórzone przez 3 lata zakładano na glebie bielcowej klasy IVa metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach. Powierzchnia poletek wynosiła 16,5 m² (1,5 m × 11,5 m). Co roku w doświadczeniu stosowano te same środki ochrony roślin oraz jednakową dawkę nawożenia mineralnego. Ziarno zaprawiano przed siewem zaprawą Vitavax 200 FS w dawce 300ml/100 kg ziarna. Do regulacji zachwaszczenia poletek i wzrostu roślin stosowano herbicyd Dicuran Forte 80 WP w dawce 1,0 kg/ha i Cerone 480 SL (1,0 l/ha). Nawóz azotowy aplikowano dwukrotnie wiosną w formie 34% saletry amonowej. Łączny poziom nawożenia w doświadczeniu wynosił 120 kg N/ha.

W fazie BBCH-37, w której ostatni liść jest widoczny, ale jeszcze nierozwinięty, a kłos zaczyna pęcznieć, rozpoczynano systematycznie obserwować zdrowotność roślin. Decyzję

o opryskiwaniu podejmowano, kiedy pierwsze objawy pojawiających się chorób występowały średnio na 1–3% powierzchni dolnych liści (L₄ i L₃).

W trzech doświadczeniach przeprowadzonych w warunkach naturalnej infekcji stosowano 2 nowoczesne środki grzybobójcze: Amistar 250 SC (azoksystrobina) i Juwel 250 SC (krezoksym metylowy + epoksykonazol).

Obserwacji występowania chorób dokonywano corocznie w okresie 2, 4 i 5 tygodni po zabiegu fungicydem. Analizowano pod względem mikologicznym każdorazowo próbki 100 roślin pobieranych losowo z poletek chronionych i kontrolnych. Porażenie liści i źdźbeł grzybami patogenicznymi oceniano według zaleceń EPPO (EPPO: Standards..., 1999).

Skuteczność działania fungicydów obliczono według wzoru Abbotta:

$$S = \frac{A - B}{A} \times 100\%$$

gdzie:

S — skuteczność

A — porażenie w obiekcie kontrolnym

B — porażenie w obiekcie chronionym

Zysk ekonomiczny wyliczono według średniej kalkulacji:

cena 1 tony żyta mieszańcowego = 380 PLN

fungicyd Amistar 250 SC + wykonanie zabiegu = 240 PLN/ha

fungicyd Juwel 250 SC + wykonanie zabiegu = 200 PLN/ha

Wyniki opracowano statystycznie stosując analizę wariancji dla układu bloków losowanych wraz z testem t-Studenta na poziomie istotności 0,01.

WYNIKI

Porażenie żyta mieszańcowego odmiany Esprit grzybami patogenicznymi w latach 2000–2002 i skuteczność zwalczania chorób

Co roku w maju, w doświadczeniu pojawiały się równocześnie rdza brunatna (*Puccinia recondita* Erikss.) i rynchosporioza (*Rhynchosporium secalis* (Qu.) Davis. Najwcześniej choroby wystąpiły w sezonie 2002 roku (2 maja), a najpóźniej (14 maja) w roku 2000. Grzyby infekowały początkowo dolne liście (L₄ i L₃).

Po dwóch tygodniach oba grzyby porażały już liście flagowe i podflagowe (L₂ i L₁). Wyniki analiz mikologicznych wykazały, że średni procent porażonej powierzchni trzech liści (L₃+L₂+L₁) rdzą brunatną wynosił: od 8,0% (2002 rok) do 31,6% (2001 rok). W tym samym czasie i na tych samych liściach występowała w znacznie mniejszym nasileniu rynchosporioza. Średnie porażenie trzech liści wahało się od 5,4% w 2002 roku do 8,6% w roku 2000.

Po kolejnych dwóch tygodniach stwierdzono w 2001 roku epidemiczny rozwój rdzy brunatnej oraz występowanie rdzy żdźbłowej (14,0%) i rdzy żółtej na kłosach (13,7%). Silna infekcja grzybem *Puccinia recondita* Erikss., sprawcą rdzy brunatnej spowodowała

gwałtowne zasychanie liści podflagowych. W dniu 19 czerwca 2001 roku powierzchnia porażonych blaszek liści flagowych wynosiła ponad 30%.

Rdza brunatna była chorobą dominującą również w latach 2000 i 2002. Po pięciu tygodniach od zaobserwowania pierwszych objawów choroby na dolnych liściach średnie porażenie powierzchni liści flagowych (L_1) i podflagowych (L_2) wynosiło odpowiednio: 47,6% i 36,8%.

Tabela 1

Występowanie i skuteczność zwalczania rdzy brunatnej (*Puccinia recondita* Erikss.) po 2 tygodniach od zastosowania fungicydów

Occurrence of brown rust and effectiveness of its control 2 weeks after the application of fungicides

Daty obserwacji Date of observation	Obiekty doświadczeń Treatment	Średni % porażonej powierzchni 3 liści Mean infected surface of 3 leaves ($L_4+L_3+L_2$)	Średni % skuteczności Effectiveness
5 czerwca June 5 2000 r.	Kontrola — Untreated	29,23	a
	Juwel 250 SC	7,30	b
	Amistar 250 SC	7,01	b
	NIR, LSD _(0,01)	5,270	
31 maja May 31 2001 r.	Kontrola — Untreated	30,63	a
	Amistar 250 SC	11,06	b
	Juwel 250 SC	8,63	b
	NIR, LSD _(0,01)	7,782	
22 maja May 22 2002 r.	Kontrola — Untreated	8,00	a
	Juwel 250 SC	1,55	b
	Amistar 250 SC	1,25	b
	NIR, LSD _(0,01)	2,064	

Tabela 2

Występowanie i skuteczność zwalczania rdzy brunatnej (*Puccinia recondita* Erikss.) po 4 tygodniach od zastosowania fungicydów

Occurrence of brown rust and effectiveness of its control 4 weeks after the application of fungicides

Daty obserwacji Date of observation	Obiekty doświadczeń Treatment	Średni % porażonej powierzchni 2 liści Mean infected surface of 2 leaves (L_2+L_1)	Średni % skuteczności Effectiveness
19 czerwca June 19 2000r.	Kontrola — Untreated	45,68	a
	Juwel 250 SC	13,79	b
	Amistar 250 SC	11,59	b
	NIR, LSD _(0,01)	8,289	
19 czerwca June 19 2001r.	Kontrola — Untreated	31,83*	a
	Juwel 250 SC	7,65	b
	Amistar 250 SC	7,40	b
	NIR, LSD _(0,01)	18,827	
3 czerwca June 3 2002r.	Kontrola — Untreated	36,88	a
	Juwel 250 SC	5,88	b
	Amistar 250 SC	5,25	b
	NIR, LSD _(0,01)	7,256	

* Tylko liść flagowy

* Only flag leaf

Żyto mieszańcowe Esprit wykazało również dużą wrażliwość na porażenie grzybem *Puccinia graminis* Pers.. Objawy rdzy żółtobłowej w dniu 19 czerwca 2002 roku zajmowały

30% powierzchni źdźbła, a w tym samym dniu w 2001 roku 14%. W roku 2000 choroba nie wystąpiła z powodu niesprzyjających jej rozwojowi warunków pogodowych.

Stosowane w doświadczeniach fungicydy (Amistar 250 SC i Juwel 250 SC) charakteryzowały się wysoką i długotrwałą (6 tygodni) skutecznością działania w zwalczaniu trzech gatunków rdzy i rynchosporiozy.

Wyniki oceny porażenia żyta grzybami patogenicznymi w obiektach chronionych i kontrolnych wraz z wyliczoną skutecznością zwalczania chorób przedstawiono w tabelach: rdzy brunatnej w tabelach 1 i 2, rynchosporiozy w tabelach 3 i 4 oraz rdzy źdźbłowej w tabeli 5.

Tabela 3

Występowanie i skuteczność zwalczania rynchosporiozy (*Rhynchosporium secalis* (Qud.) Davis) po 2 tygodniach od zastosowania fungicydów
Occurrence of leaf blotch (*Rhynchosporium secalis* (Qud.) Davis) and effectiveness of its control 2 weeks after the application of fungicides

Daty obserwacji Date of observation	Obiekty doświadczeń Treatment	Średni % porażonej powierzchni 3 liści Mean infected surface of 3 leaves ($L_4+L_3+L_2$)	Średni % skuteczności Effectiveness
5 czerwca June 5 2000 r.	Kontrola — Untreated	4,58	a
	Amistar 250 SC	0,99	b
	Juwel 250 SC	0,46	b
	NIR, LSD _(0,01)		2,121
31 maja May 31 2001 r.	Kontrola — Untreated	2,45	a
	Amistar 250 SC	1,13	b
	Juwel 250 SC	0,97	b
	NIR, LSD _(0,01)		1,045
22 maja May 22 2002 r.	Kontrola — Untreated	8,10	a
	Juwel 250 SC	3,14	b
	Amistar 250 SC	2,50	b
	NIR, LSD _(0,01)		2,137

Tabela 4

Występowanie i skuteczność zwalczania rynchosporiozy (*Rhynchosporium secalis* (Qud.) Davis) po 4 tygodniach od zastosowania fungicydów
Occurrence of leaf blotch (*Rhynchosporium secalis* (Qud.) Davis) and effectiveness of its control 4 weeks after the application of fungicides

Daty obserwacji Date of observation	Obiekty doświadczeń Treatment	Średni % porażonej powierzchni 2 liści Mean infected surface of 2 leaves (L_2+L_1)	Średni % skuteczności Effectiveness
19 czerwca June 19 2000 r.	Kontrola — Untreated	14,10	a
	Juwel 250 SC	3,35	b
	Amistar 250 SC	2,36	b
	NIR, LSD _(0,01)		3,581
3 czerwca June 3 2002 r.	Kontrola — Untreated	7,79	a
	Juwel 250 SC	0,44	b
	Amistar 250 SC	0,29	b
	NIR, LSD _(0,01)		3,305

Tabela 5

Występowanie i skuteczność zwalczania rdzy źdźbłowej (*Puccinia graminis* Pers.) po 4 tygodniach (2001 rok) i po 6 tygodniach (2002 rok) od zastosowania fungicydów
Occurrence of stem rust (*Puccinia graminis* Pers.) and effectiveness of its control 4 weeks (2001) and 6 weeks (2002) after the application of fungicides

Daty obserwacji Date of observation	Obiekty doświadczeń Treatment	Średni % porażonej powierzchni źdźbeł Mean infected surface of stems	Średni % skuteczności Effectiveness
19 czerwca June 19 2001 r.	Kontrola — Untreated	14,08	a
	Juwel 250 SC	3,03	b
	Amistar 250 SC	2,91	b
	NIR, LSD _(0,01)		5,561
19 czerwca June 19 2002 r.	Kontrola — Untreated	30,00	a
	Juwel 250 SC	8,25	b
	Amistar 250 SC	6,75	b
	NIR, LSD _(0,01)		8,182

Straty w plonach żyta powodowane przez grzyby patogeniczne i efektywność zwalczania występujących chorób

Straty w plonach żyta mieszańcowego odmiany Esprit w latach 2000–2002 wynosiły od 19,8% (2000 rok) do 28,5% (2002 rok) (tab. 6). W trzyletnim cyklu badań najniższy poziom plonowania niechronionego żyta uzyskano w 2002 roku. Plon różnił się o 3,15 t/ha i 1,78 t/ha w porównaniu do lat 2000 i 2001. Na obniżenie plonowania w 2002 roku znaczący wpływ miały zarówno występująca rdza brunatna, jak i rynchosporioza, ale główną przyczyną było 30% porażenie źdźbeł grzybem *Puccinia graminis* Pers., powodującym rdzę źdźbłową.

Tabela 6

Wpływ jednokrotnego zastosowania fungicydów na plonowanie żyta Esprit. Efektywność ekonomiczna zwalczania chorób grzybowych
Effect of a single application of fungicides on rye yield. Economic effectiveness of fungal diseases control

Lata badań Years	Obiekty doświadczeń Treatment	Plon Yield (t /ha)		Zwiększenie w stosunku do kontroli Yield increase		Opłacalność zabiegu Effectiveness spraying zł/ha
				t/ha	%	
2000	Kontrola — Untreated	8,62	a	—	100,0	—
	Juwel 250 SC	10,33	bc	1,71	119,8	450 zł
	Amistar 250 SC	10,37	c	1,75	120,3	425 zł
	NIR, LSD _(0,01)		0,431			
2001	Kontrola — Untreated	7,25	a	—	100,0	—
	Juwel 250 SC	8,74	bc	1,49	120,5	370 zł
	Amistar 250 SC	8,92	c	1,67	123,0	395 zł
	NIR, LSD _(0,01)		0,394			
2002	Kontrola — Untreated	5,47	a	—	100,0	—
	Juwel 250 SC	7,02	b	1,55	128,3	390 zł
	Amistar 250 SC	7,03	b	1,56	128,5	355 zł
	NIR, LSD _(0,01)		0,772			

Uzyskiwany co roku plon ziarna w obiektach chronionych różnił się istotnie w porównaniu z kontrolą. Opryskiwanie roślin fungicydami w okresie wegetacji 2000 roku, było najbardziej efektywne. Również wysoce efektywna była chemiczna ochrona w roku 2001, w którym wystąpiły trzy gatunki rdzy oraz rynchosporioza. Zastosowanie jednych z najdroższych na rynku środków grzybobójczych spowodowało, że efekt ekonomiczny ochrony żyta był co roku wysoce istotny.

DYSKUSJA

Trzyletnie badania potwierdziły wyniki Porejestranych Doświadczeń Odmianowych i opinię Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych o dużej podatności odmiany Esprit na rdzę brunatną i rdzę żółtą (Jańczak, Pawlak, 2001; Jańczak, 2002). Rynchosporioza występująca co roku w doświadczeniach prowadzonych w środkowo-zachodniej części Polski (rejon Wielkopolska) pozwala wyrazić opinię, że odmiana Esprit jest również wrażliwa na porażenie grzybem *Rhynchosporium secalis* (Qu.) Davis, który jest sprawcą choroby.

Opierając się na wynikach badań prowadzonych przez hodowców oraz wykonanych w Akademii Rolniczej w Szczecinie (Maciorowski i in., 1999) można stwierdzić, że niekorzystną cechą wszystkich odmian mieszańcowych jest ich niższa plenność w porównaniu do odmian populacyjnych. Oznacza to, że w niesprzyjających warunkach pogodowych (opady i zmiany temperatury) w okresie kwitnienia żyta ilość pyłku w łanie może być niewystarczająca do zapylenia roślin. Konsekwencją takiej sytuacji może być słabsze zawiązywanie ziaren w kłosie. W miejscach niewypełnionych kłosów może rozwijać się swobodnie grzybnia, a następnie mogą tworzyć się sklerocja sporyszu. Podatności odmiany Esprit na grzyb *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul. (sporysz) nie potwierdzono w niniejszych badaniach. W trzyletnim cyklu doświadczeń sporysz nie wystąpił, co mogło być spowodowane niesprzyjającym dla rozwoju grzyba przebiegiem pogody w latach 2000 i 2002. W deszczowym sezonie 2001 roku na kłosach żyta rozwinął się grzyb *Puccinia striiformis* Wese, sprawca rdzy żółtej.

Nowatorskim aspektem pracy jest precyzyjne określenie strat powodowanych przez choroby w plonach żyta Esprit (19,8%–28,5%) oraz opracowanie prawidłowej ochrony żyta opartej na systematycznej ocenie zagrożenia chorobami. Zabieg opryskiwania wykonywano co roku w terminie optymalnym. Skuteczność działania zastosowanych fungicydów w zwalczaniu występujących chorób była wysoka, a efektywność jednokrotnego opryskiwania żyta istotnie opłacalna. Ocena ekonomiczna dokonana w badaniach Kusia i Mroza (2001 rok) nie potwierdza opłacalności chemicznej ochrony żyta przed chorobami.

Wyniki doświadczeń PDO COBORU z lat 2000–2002 wskazują na istotne obniżenie poziomu plonowania odmiany Esprit. W porównaniu do wzorca średnie plony wynosiły 104,7% wzorca i odpowiednio: 103% (2000 roku), 102% (2001 rok) i 109% (2002 rok). Najniższy średni poziom plonowania żyta w 2001 roku uzyskany z 33 doświadczeń krajowych COBORU pozwala częściowo wyjaśnić wyniki badań prowadzonych w 2001 roku w Wielkopolsce (Jańczak, Pawlak, 2002). Badania wykonane na różnych gatunkach

zbóż wykazały, że sezon 2001 roku był bardzo sprzyjający występowaniu i rozwojowi różnych gatunków grzybów z rodzaju *Puccinia* spp. Wyniki badań pozwalają stwierdzić, że rdze należą do najgroźniejszych chorób zbóż. W doświadczeniach prowadzonych w latach 2000–2002 plon żyta w 2002 roku był najniższy, a straty największe i spowodowane przede wszystkim dużym nasileniem rdzy żdźbłowej.

Wyniki badań wykonywanych w latach 2000–2002 oraz lustracje licznych plantacji różnych odmian żyta pozwalają wyrazić opinię, że genotyp mieszańcowy wymaga „chemicznego wsparcia” w zwalczaniu grzybów patogenicznych.

WNIOSKI

1. Żyto mieszańcowe odmiany Esprit było bardzo podatne na porażenie trzema gatunkami grzybów z rodzaju *Puccinia* spp., sprawców rdzy oraz wrażliwe na *Rhynchosporium secalis* (Qud.) Davis, sprawcę rynchosporiozy.
2. Spośród trzech gatunków rdzy w największym nasileniu występowała co roku rdza brunatna (*Puccinia recondita* Erikss.). Dynamika rozwoju i nasilenie choroby w latach 2000 i 2001 miały charakter epifitozy.
3. Rdza żdźbłowa (*Puccinia graminis* Pers.) występowała w latach 2001 i 2002. Porażenie żdźbeł w roku 2002 było znaczne (30% powierzchni) i istotnie wpływało na poziom plonowania, ponieważ żyto jest rośliną, u której żdźbła odgrywają dużą rolę w procesie fotosyntezy i dostarczają produkty asymilacji do kłosa. Plon w 2002 roku był najniższy, a straty największe.
4. Rdza żółta (*Puccinia striiformis* Wese.) w trzyletnim cyklu badań pojawiła się tylko w sezonie 2001 r. Interesującym aspektem było porażenie kłosów żyta (do niedawna choroba występowała przede wszystkim na liściach i rzadziej na żdźbłach).
5. Rynchosporioza pojawiała się na dolnych liściach żyta co roku równocześnie z rdzą brunatną. Późniejszy jej rozwój na górnych liściach wyraźnie hamowała dynamicznie rozwijająca się rdza brunatna, stanowiąca konkurencję dla rynchosporiozy.
6. Straty w plonach żyta spowodowane chorobami grzybowymi wynosiły od 19,8% (2000 r.) do 28,5% (2002 r.).
7. Stosowane w doświadczeniach fungicydy (Amistar 250 SC i Juwel 250 SC) charakteryzowały się wysoką i długotrwałą (6 tygodni) skutecznością działania w zwalczaniu trzech gatunków rdzy i rynchosporiozy.
8. Pomimo zastosowania jednych z najdroższych na rynku środków grzybobójczych efekt ekonomiczny ochrony żyta był co roku istotny.
9. Podczas podejmowania decyzji o prewencyjnej ochronie żyta należy uwzględnić dobór środka o odpowiednim zakresie działania grzybobójczego oraz koszt zastosowania na hektar.

LITERATURA

- Budzyński W., Szulc J., Szempliński W. 2001. Porażenie przez choroby i plonowanie żyta populacyjnego i mieszańcowego w warunkach zróżnicowanej ochrony przed chorobami. *Pam. Puł.* 128: 39 — 45.
- EPPO Standards: Guidelines for the efficacy evaluation of plant protection products. 1999. *Foliar Diseases on Cereals* vol. 1: 187 — 195.
- Jańczak C., Pawlak A. 2000. Choroby żyta heterozyjnego, ich szkodliwość i zwalczanie. *Prog. Plant Protect./ Post. Ochr. Roślin.* 40. No 2: 722 — 725.
- Jańczak C., Pawlak A. 2001. Choroby żyta mieszańcowego Marder i Esprit oraz skuteczność działania fungicydów w ich zwalczaniu. *Prog. Plant Protect./ Post. Ochr. Roślin.* 41. No 2: 727 — 731.
- Jańczak C. 2001. Choroby liści i źdźbeł żyta mieszańcowego i skuteczność ich zwalczania. *Pamiętnik Puławski. Zeszyt nr 128*: 115 — 124.
- Jańczak C., Pawlak A., 2002. Rdza – corocznie występująca choroba zbóż. *Prog. Plant Protection/ Post. Ochr. Roślin* 42/ 2: 864 — 867.
- Kaczyński L. 2000. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych 1999. COBORU Słupia Wielka, nr 1165
- Kuś J., Mróz A. 1991. Wpływ chemicznego zwalczania chorób na plonowanie zbóż w różnych zmianowaniach. *Fragm. Agron.* 4: 72 — 83.
- Lewandowska B. 1999. Synteza wyników doświadczeń odmianowych 1998. COBORU Słupia Wielka. *Zboża ozime* nr 1163: 35 — 51.
- Lewandowska B. 2002. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. COBORU Słupia Wielka. *Żyto ozime*: 67 — 75.
- Maciorowski R. i in. 1999. Żyto dla zaawansowanych. *Top Agrar Polska* nr 9: 48 — 50.
- Praca zbiorowa. Zboża, rzepak. 2002. Wyniki plonowania odmian w doświadczeniach porejestrowych. COBORU Słupia Wielka. *PDO*: 1 — 11.
- Szempliński W. i in. 2001. Reakcja żyta na czynniki agrotechniczne. *Pamiętnik Puławski. Zeszyt nr 128*: 241 — 246.

WOJCIECH RYBIŃSKI**ELŻBIETA ADAMSKA**

Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Analiza zmienności genetycznej cech ilościowych u mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.)

Genetic variation of quantitative traits in hull-less mutants of spring barley (*Hordeum vulgare* L.)

Materiał wyjściowy do badań stanowiły nagoziarniste mutanty jęczmienia jarego uzyskane na drodze sztucznego indukowania mutacji u nieoplewionej formy 1N/86. Czynnikiem mutagenicznym były dwa chemomutageny — N-nitroso-N-metylomocznik (MNU) oraz azyd sodu (NaN_3). Na podstawie różnic morfogenetycznych oraz zdolności plonowania w porównaniu do formy wyjściowej wybrano 19 mutantów, które były przedmiotem doświadczeń polowych w latach 2000–2002. W pracy przedstawiono genetyczną zmienność cechy plonowania oraz struktury plonu mutantów oraz ich formy wyjściowej. Wyniki opracowano statystycznie w odniesieniu do poszczególnych lat oraz analizowanych cech. W porównaniu z formą wyjściową mutanty charakteryzowały się szerokim spektrum zmienności badanych cech. Generalnie pod względem plonowania i cech struktury plonu w trzyletnim okresie doświadczeń polowych mutanty ustępowały swej formie wyjściowej. Mimo tej niekorzystnej tendencji niektóre z mutantów względem plonu ziaren z poletka oraz cech struktury plonu przewyższały swą formę wyjściową i stanowić mogą interesujący materiał w hodowli jęczmienia nagoziarnistego.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, mutanty, nagoziarnistość, struktura plonu, zmienność genetyczna

Hull-less mutants of spring barley obtained by mutation induction from the hull-less breeding line 1N/86 constituted the material for the performed studies. Two chemomutagens — N-nitroso-N-methylurea (MNU) and sodium azide (NaN_3) were used for the treatment. Among the mutants 19 forms, representing different morphotypes and yielding ability, were chosen to field experiments performed in the years 2000–2002. The paper presents genetic variation of yielding and yield structure parameters of the mutants and their initial form. The results were statistically elaborated considering the years of the experiments and the analyzed traits. As compared to the initial forms, the mutants were characterized by a broad spectrum of variation for the traits. Generally, in the three years of experiments, the mutants showed lower yielding ability and decrease of the yield structure parameters. In spite of this, several mutants yielded above their initial form and exceeded it in the yield structure traits. They may constitute an interesting initial material for breeding programs of hull-less barley.

Key words: barley, genetic variation, hull-less barley, mutants, yield structure

WSTĘP

Zdecydowana większość odmian jęczmienia przeznaczanych na cele żywieniowe to jęczmiona oplewione. W roku 1985 Rossnagel i wsp. wprowadzili do uprawy w Kanadzie wysokoplenną, nieoplewioną odmianę Tuper. Dalszy postęp hodowlany w tym względzie umożliwił uzyskanie kolejnych odmian (Vaidya i Mahabalan, 1989; Eslick i in., 1990; Thair i Shevtsov, 1994), które pod względem plonowania i innych cech agronomicznych nie ustępowały odmianom oplewionym, a pod względem adaptacji do określonych warunków środowiskowych nawet je przewyższały. W roku 1999 zespół prof. Czembora z IHAR Radzików zarejestrował nową polską odmianę nagoziarnistą Rastik o dobrej plenności i wysokich wartościach żywieniowych.

Oplewienie jęczmienia to około 10–13% suchej masy pojedynczego ziarniaka (Bhatty i in., 1975) przy czym plewa jęczmienia zawiera przede wszystkim celulozę, chemicelulozę, ligniny oraz nieznaczną ilość niskowartościowego białka. Pozbawienie ziarniaka jego oplewienia redukuje tym samym zawartość trudno strawnego błonnika sprawiając, że ziarna nieoplewione są cennym składnikiem pasz w żywieniu zwierząt monogastrycznych (Xue i in., 1997; Zheng i Bhatty, 1998) oraz przemyśle spożywczym (Bhatty i Rossnagel, 1998) zwłaszcza do produkcji kaszy (Bhatty, 1997). Analizując odmiany nieoplewione wykazano wyższą zawartość skrobi i białka w porównaniu z odmianami oplewionymi a także korzystniejszy skład aminokwasowy (Bhatty i Rossnagel, 1981). Badania nieoplewionych rodów jęczmienia pod względem zawartości białka, jego składu aminokwasowego, zawartości włókna strawnego, strawności białka oraz jego wartości biologicznej i stopnia wykorzystania wykazały ich wyższą wartość żywieniową w porównaniu z formami oplewionymi (Boros i in., 1996), a brak plewki wpływał na obniżenie nierozpuszczalnego włókna strawnego o 44% (Xue i in., 1997). Według tego samego autora wpływ genów nagoziarnistości uniemożliwia trwałe przyleganie plewki do ziarniaka redukując tym samym zawartość trudno rozpuszczalnego włókna.

Mimo niewątpliwych zalet jęczmienia nagoziarnistego jego szersze wprowadzenie do uprawy ogranicza niższa zdolność plonowania (obniżenie parametrów struktury plonu) w porównaniu z formami oplewionymi (Bhatty, 1986), a także obserwowana negatywna korelacja między zawartością białka a plonem ziarna. Jednym z warunków zmiany tej sytuacji jest poszerzenie zmienności genetycznej cech u form nieoplewionych wykorzystując w tym celu nie tylko efekty rekombinacji, ale także indukowane mutacje.

Celem badań było określenie genetycznej zmienności cech ilościowych (struktury plonu) u mutantów nagoziarnistych w porównaniu z ich formą wyjściową w doświadczeniach polowych prowadzonych przez okres trzech kolejnych lat.

MATERIAŁ I METODY

Materiał wyjściowy do indukowania mutacji stanowiły ziarniaki nagoziarnistego rodu hodowlanego 1N/86. W wyniku traktowania ziarniaków chemomutagenami — N-nitroso-N-metylomocznika (MNU) oraz azydku sodu (NaN_3) uzyskano pokolenie M_1 , którego

ziarniaki posłużyły do uzyskania pokolenia M_2 gdzie prowadzono wybór mutantów. W pokoleniu M_3 potomstwo każdego z mutantów wysiewano wraz z formą wyjściową w doświadczeniu polowym w celu potwierdzenia czy wybrane w pokoleniu M_2 i zmienione w stosunku do kontroli rośliny utrzymują swą zmienność o charakterze mutacji. Po kolejnych rozmnożeniach wybrano 19 zmutowanych form, które pod względem ich morfotypu i zdolności plonowania istotnie różniły się od swej formy wyjściowej 1 N/86. Materiał ten oraz odmiana wyjściowa stanowiły obiekty do doświadczeń polowych prowadzonych w trzech kolejnych latach (2000–2002) na polu doświadczalnym IGR PAN w Cerekwicy. Doświadczenia zakładano metodą bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Wysiew prowadzono siewnikiem poletkowym umieszczając na poletku o długości 2,0 m i szerokości 1,0 m po 330 ziarniaków na 1 m². Przed zbiorem z każdego poletka i powtórzenia zbierano po 25 kłosów, dla których określono długość kłosa oraz liczbę i masę ziaren z kłosa. Zbiór roślin prowadzono kombajnem poletkowym określając plon ziaren z poletka, a następnie masę 1000 ziaren.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie określając wartości średnich, współczynniki zmienności, odchylenie standardowe oraz współczynnik korelacji. Ocenę i wyniki testowania porównań średnich dla badanych cech między formą wyjściową a mutantami określono w formie kontrastów (Caliński i in., 1976; Ceranka i in., 1977). Rozkład średnich dla badanych cech mutantów i formy wyjściowej przedstawiono w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Pierwsze prace nad indukowaniem mutacji u form nieoplewionych wykazały, że mutageneza w połączeniu z krzyżowaniem uzyskanych mutantów może być efektywną metodą uzyskiwania nieoplewionych jęczmion charakteryzujących się poprawioną plennością, wyższą zawartością białka oraz korzystniejszym składem aminokwasowym (Scholz, 1965). Uzyskane przez nas mutanty nagoziarniste w porównaniu z ich formą wyjściową charakteryzowały się szerokim spektrum zmienności plonowania oraz cech struktury plonu. Otrzymane wartości średnich cech w trzech kolejnych latach doświadczeń polowych przedstawia tabela 1. Najniższy plon ziarna z poletka uzyskano w pierwszym roku badań, wyższe w roku drugim a najwyższe w trzecim roku. Na niski plon ziaren w pierwszym roku badań (rok 2000) niewątpliwie wpływ miało wystąpienie suszy wiosennej (31,5 mm opadów w okresie od 1 kwietnia do 20 maja), która mogła negatywnie oddziaływać na wielkość krzewienia produkcyjnego roślin a w efekcie końcowym na liczbę kłosów z rośliny. Dalszy korzystny rozkład opadów stymulował wykształcanie się ziarniaków, na co wskazują wysokie wartości masy 1000 ziaren w pierwszym roku badań.

Charakterystykę statystyczną cechy plonowania i struktury plonu dla badanych lat i obiektów łącznie przedstawiono w tabeli 2. Średni plon z poletka wynosił 0,71 kg przy wartościach minimalnych i maksymalnych wynoszących 0,3 i 1,5 kg. Najwyższą wartość współczynnika zmienności uzyskano dla plonu ziaren z poletka a dla pozostałych cech uzyskane wartości były niższe i na zbliżonym poziomie.

Tabela 1

Średnie wartości cech dla badanych mutantów i ich formy wyjściowej 1 N/86
Mean values for analyzed traits of mutants and their initial form 1 N/86

Obiekty Objects	Plon ziaren z poletka Grain yield per plot (kg)			Długość kłosa Spike length (cm)			Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike			Masa ziaren z kłosa Grain weight per spike (g)			Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)		
	1*	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1 N/86	0,63	0,76	0,91	7,7	8,0	7,4	20,0	22,6	19,4	1,01	0,93	1,04	51,2	41,4	48,9
M/1	0,48	0,63	0,82	7,7	7,9	7,7	19,7	21,2	20,5	1,00	0,97	1,05	51,7	45,3	47,8
M/2	0,38	0,71	0,78	7,5	8,0	7,8	189	22,6	19,5	0,96	1,0	0,97	52,3	43,5	47,7
M/3	0,43	0,56	0,88	7,2	7,5	7,3	19,8	21,1	19,1	1,06	0,89	1,04	53,4	41,8	46,8
M/4	0,70	0,86	1,21	9,0	8,8	9,2	24,5	25,9	25,8	1,05	0,98	1,10	43,9	37,4	39,1
M/5	0,68	1,18	1,18	8,7	9,1	9,0	25,0	24,3	25,5	1,06	1,01	1,12	44,1	39,8	38,9
M/6	0,41	0,73	0,88	8,5	8,5	8,3	25,3	23,8	25,0	1,18	1,04	1,13	47,6	41,7	41,7
M/7	0,58	0,80	0,95	8,3	8,5	8,1	21,8	22,0	22,9	0,91	0,79	1,04	42,1	35,5	39,5
M/8	0,46	0,65	0,87	8,3	8,2	8,1	21,1	21,6	22,8	1,02	0,95	1,07	48,2	43,7	47,7
M/9	0,41	0,76	0,80	7,8	8,1	7,4	20,2	22,8	20,7	1,01	0,96	0,94	49,0	41,8	47,5
M/10	0,56	0,78	0,86	7,1	7,9	7,2	18,4	19,8	18,9	0,93	0,87	1,00	49,5	43,2	51,8
M/11	0,46	0,63	0,83	7,3	7,7	7,5	18,0	19,5	18,9	0,93	0,88	1,01	51,3	44,7	52,4
M/12	0,57	0,61	0,88	8,7	8,5	8,8	21,9	22,5	23,0	0,97	0,91	1,14	43,8	40,0	42,7
M/13	0,57	0,63	0,88	9,7	9,5	10,5	23,9	22,8	25,2	1,06	0,95	1,23	44,0	40,8	46,1
M/14	0,48	0,58	0,86	9,5	8,9	9,9	22,7	22,3	24,1	1,08	1,01	1,21	46,9	44,6	47,6
M/15	0,81	1,05	1,11	8,3	8,1	8,3	19,1	20,3	21,5	0,90	0,86	1,10	46,7	42,3	44,5
M/16	0,46	0,66	0,80	7,9	7,9	7,8	19,6	20,9	20,7	0,88	0,89	0,98	44,6	42,2	47,7
M/17	0,41	0,60	0,71	6,9	7,3	7,1	17,9	19,5	18,7	0,86	0,85	0,97	47,6	43,3	50,5
M/18	0,45	0,60	0,78	7,5	7,4	7,6	19,3	20,8	20,6	0,93	0,92	1,02	47,2	43,7	51,2
M/19	0,56	0,77	0,90	7,7	8,0	7,9	18,5	20,8	19,1	0,87	0,95	0,97	47,1	44,8	48,6

* 1, 2, 3 — Kolejne lata badań; Years of experiment

Tabela 2

Charakterystyka statystyczna cechy plonowania i struktury plonu dla badanych lat łącznie
Statistical characteristics of yield and yield structure parameters for studied years together

Cecha Trait	Charakterystyka statystyczna Statistical characteristics				
	średnia mean	min. min.	maks. max.	współczynnik zmienności coefficient of variability	odchylenie standardowe standard deviation
Plon ziaren z poletka (kg) Grain yield per plot (kg)	0,71	0,30	1,50	30,49	0,219
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	8,15	6,40	11,00	10,24	0,835
Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike	21,42	17,10	27,6	11,19	2,396
Masa ziaren z kłosa (g) Grain weight per spike (g)	0,99	0,78	1,30	10,49	0,104
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains	45,36	31,40	54,80	9,81	4,452

Jak wskazują wartości średnich plonu ziarna z poletka (tab. 1) oraz dane dla mutantów w poszczególnych latach badań, (tab. 3) najniższy średni plon mutantów obserwowano w 1 roku badań (0,52 kg) a wyższy w dwóch kolejnych latach (0,73 i 0,89 kg). Efekt ten w pierwszym roku badań był związany między innymi z obniżeniem liczby ziaren w kłosie (20,8), czemu towarzyszyło dobre wykształcenie ziarniaków i najwyższa we wszystkich

latach średnia wartość cechy masy 1000 ziaren (47,6 g.). Najwyższą wartość współczynnika zmienności w poszczególnych latach uzyskano dla plonu ziaren z poletka. Na uwagę zasługują niskie wartości współczynnika w drugim roku badań dla cechy długości kłosa oraz liczby i masy ziaren z kłosa.

Tabela 3

Charakterystyka statystyczna cechy plonowania i struktury plonu dla poszczególnych lat badań
Statistical characteristics of yield and yield structure parameters for each years of experiment

Cecha Trait	Lata Years	Charakterystyka statystyczna Statistical characteristics				
		średnia mean	min. min.	maks. max.	współczynnik zmienności coefficient of variability	odchylenie standardowe standard deviation
Plon ziaren z poletka (kg) Grain yield per plot (kg)	1	0,52	0,30	0,90	24,06	0,127
	2	0,73	0,45	1,50	25,12	0,184
	3	0,89	0,65	1,35	18,07	0,162
Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	1	8,11	7,00	10,30	10,09	0,818
	2	8,20	7,00	9,60	7,32	0,600
	3	8,15	6,40	11,0	12,76	1,040
Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike	1	20,80	17,5	26,0	11,69	2,433
	2	21,85	18,9	27,1	7,85	1,716
	3	21,61	17,1	27,6	13,05	2,819
Masa ziaren z kłosa (g) Grain weight per spike (g)	1	0,98	0,81	1,19	9,06	0,089
	2	0,93	0,78	1,05	7,69	0,071
	3	1,05	0,82	1,30	10,15	0,107
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains (g)	1	47,63	40,30	54,8	7,19	3,425
	2	42,00	31,40	49,4	8,43	3,541
	3	46,4	37,70	53,9	9,13	4,241

1, 2, 3 — Kolejne lata badań

1, 2, 3 — Years of experiment

Zależności między cechami wyrażone współczynnikiem korelacji przedstawia tabela 4. Wartości współczynnika korelacji dla cech w badanych latach łącznie wskazują na istotną, dodatnią zależność między nimi z wyjątkiem cechy masy 1000 ziaren, która była ujemnie skorelowana z plonem ziaren z poletka, długością kłosa oraz liczbą ziaren z kłosa. We wszystkich kolejnych latach plon ziaren z poletka był istotnie, ujemnie skorelowany z masą 1000 ziaren natomiast nie obserwowano istotnej korelacji plonu ziaren z długością kłosa oraz liczbą i masą ziaren z kłosa w pierwszym roku badań. We wszystkich latach natomiast uzyskano ujemną, wysoce istotną zależność między masą 1000 ziaren a liczbą ziaren z kłosa a długość kłosa wykazywała dodatnią i istotną zależność z liczbą i masą ziaren z kłosa.

Jak wskazują dane literaturowe, mniejsza konkurencyjność form nagoziarnistych w porównaniu z oplewionymi wiąże się z ich niższą zdolnością plonowania (Nam i in., 1990). Wyniki testowania porównań dla badanych cech między mutantami a ich formą wyjściową (tab. 5) wskazuje, że mutanty pod względem plonu ziaren ustępowały ich formie wyjściowej (dodatnia wartość kontrastu) a tylko trzy z badanych form (M/4, M/5 i M/15) istotnie lepiej plonowały aniżeli forma wyjściowa przy wysokich wartościach cechy długości kłosa, liczby i masy ziaren w kłosie, lecz niższej masie 1000 ziaren.

Tabela 4

Współczynniki korelacji dla analizowanych cech w kolejnych latach badań i badanych lat łącznie
Coefficients of correlations for the analyzed traits in years and for years together

Cechy Traits	Lata Years	Plon ziaren z poletka Grain yield per plot (kg)	Długość kłosa Spike length (cm)	Liczba ziaren z kłosa Grain no. per spike	Masa ziaren z kłosa Grain weight per spike	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)
	1#	1,00				
Plon ziaren z poletka	2					
Grain yield per plot (kg)	3					
	4#					
	1	0,187	1,00			
Długość kłosa	2	0,252*				
Spike length (cm)	3	0,426**				
	4	0,225**				
	1	0,202	0,753**	1,00		
Liczba ziaren z kłosa	2	0,265*	0,615**			
Grain no. per spike	3	0,570**	0,851**			
	4	0,335**	0,770**			
	1	-0,062	0,441**		1,00	
Masa ziaren z kłosa	2	0,075	0,352**	0,449**		
Grain weight per spike	3	0,427**	0,776**	0,571**		
(g)	4	0,294**	0,497**	0,702**		
	1	-3,632*	-0,617**	-0,515**	0,131	1,00
Masa 1000 ziaren	2	-0,277*	0,314*	-0,430**	0,345**	
Weight of 1000 grains	3	-0,582**	-0,467**	-0,687**	-0,385**	
(g)	4	-0,349**	-0,420**	-0,550**	0,150*	

1, 2, 3 — Kolejne lata badań; Years of experiment

4 — Łącznie dla lat; Together for years

* Istotne przy $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$ ** Istotne przy $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Stosując również chemomutagen MNU, uzyskano liczne nagoziarniste mutanty jęczmienia, spośród których siedem mutantów oprócz poprawionej zawartości białka plonowało powyżej swej formy wyjściowej (Uhlík, 1991). W innych badaniach nad jęczmieniem, mimo wyraźnie poprawionej zawartości białka form nagoziarnistych, nie uzyskano form plonujących powyżej ich odmian wyjściowych a plon genotypów nagoziarnistych kształtował się na poziomie 80-90% plonu ziarna form oplewionych (Bhatty, 1986). Geny warunkujące nagoziarnistość mają wpływ na obniżenie masy 1000 ziaren oraz redukcję stosunku długości do szerokości pojedynczego ziarniaka o około 14% (Nam i in., 1990). Charakterystyczną cechą form nagoziarnistych była redukcja masy ziarniaka aczkolwiek u kilku linii wartość tej cechy była nieoczekiwanie bardzo wysoka (Persson, 1998). Podobny efekt obserwowano u badanych mutantów charakteryzujących się wyraźnym obniżeniem masy 1000 ziaren w stosunku do formy wyjściowej, przy czym kilka mutantów charakteryzowało się wyższą wartością tej cechy. Oprócz obniżenia masy ziarniaka według Lundquist (1991) obniżenie plonowania mutantów związane było z redukcją długości kłosa. Efektu tego nie obserwowano u badanych mutantów a wysoka liczba ujemnych wartości kontrastu (tab. 5) wskazuje, że większość mutantów pod względem tej cechy przewyższała formę wyjściową.

Tabela 5

Ocena i wyniki testowania porównań między mutantami a formą wyjściową jęczmienia nagoziarnistego dla cech struktury plonu

The estimation and results of comparisons between mutants and initial form of hull-less barley for yield structure parameters

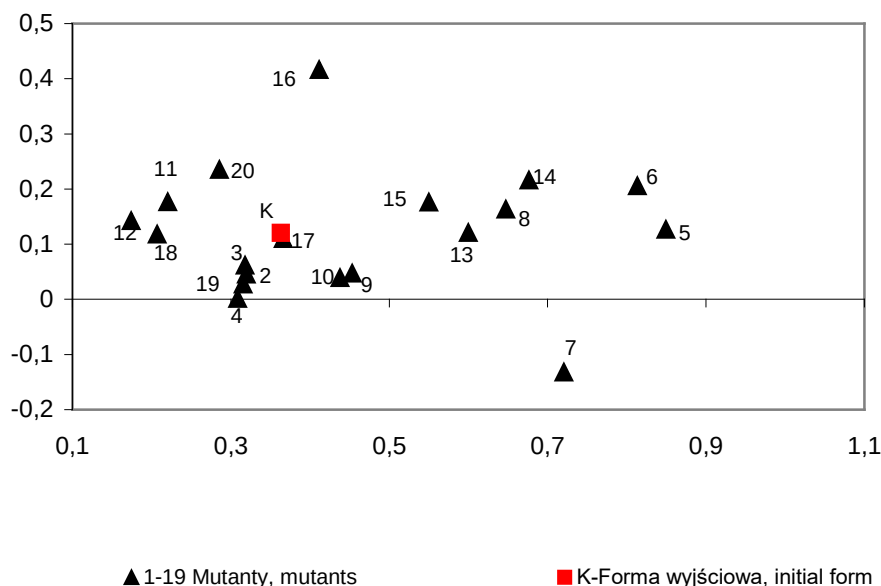
Kontrast Contrast	Ocena kontrastu dla: Estimation of contrast for:					Wartości stat. F dla 5 cech łącznie F-stat. value for 5 traits jointly
	cechy traits					
	plon z poletka yield per plot (kg)	długość kłosa spike length (cm)	liczba ziaren z kłosa grain no. per spike	masa ziaren z łosa grain weight per spike (g)	masa 1000 ziaren weight of 1000 grains (g)	
1N/86 – M/1	0,13*	-0,01	0,22	-0,01	-1,08	1,51
1N/86 – M/2	0,14**	-0,06	0,30	0,02	-0,71	1,78
1N/86 – M/3	0,14**	0,36	0,69	0,00	-0,18	2,41*
1N/86 – M/4	-0,16**	-1,29**	-4,74**	-0,05	6,99**	25,07**
1N/86 – M/5	-0,25**	-1,27**	-4,28**	-0,07*	6,33**	21,90**
1N/86 – M/6	0,09	-0,72**	-4,04**	-0,12**	3,51**	19,89**
1N/86 – M/7	0,00	-0,60**	-1,57**	0,08*	8,10**	15,24**
1N/86 – M/8	0,11*	-0,49*	-1,19*	-0,02	0,62	2,76*
1N/86 – M/9	0,11*	-0,09	-0,54	0,03	2,12*	2,72*
1N/86 – M/10	0,03	0,32	1,68**	0,06*	-1,03	2,60*
1N/86 – M/11	0,13*	0,21	1,89**	0,05	-2,31*	4,76**
1N/86 – M/12	0,08	-0,97 **	-1,80**	-0,01	5,00**	9,45**
1N/86 – M/13	0,08	-2,17**	-3,32**	-0,08**	3,53**	21,90**
1N/86 – M/14	0,13*	-1,83**	-2,37**	-0,11**	0,80	16,08**
1N/86 – M/15	-0,22**	-0,53*	0,37	0,04	2,68**	9,48**
1N/86 – M/16	0,13*	-0,18	0,30	0,07*	1,64	2,84*
1N/86 – M/17	0,17**	0,37	2,09**	0,10**	0,03	5,06**
1N/86 – M/18	0,16**	0,14	0,44	0,03	-0,24	2,15*
1N/86 – M/19	0,03	-0,14	1,19*	0,06	0,30	2,89*
Wartości krytyczne Critical values						Wartości krytyczne Critical values
F _{0,05} = 3,92;						F _{0,05} = 2,29
F _{0,01} = 6,86						F _{0,01} = 3,18

* — Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$, Significant at $\alpha = 0.05$

** — Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$, Significant at $\alpha = 0.01$

Mimo uzyskania w odniesieniu do niektórych mutantów istotnie wyższych wartości cechy długości kłosa oraz liczby i masy ziaren z kłosa, pod względem plonu ziarna z poletka mutanty ustępowały swej formie wyjściowej. Może to wskazywać, że przyczyną redukcji plonowania mutantów nagoziarnistych jest wykształcanie mniejszej liczby kłosów z rośliny, a więc ich słabsze krzewienie produkcyjne. Mimo tych niekorzystnych zależności, podobnie jak w naszych badaniach, możliwe jest uzyskanie wysoko plonujących form nagoziarnistych (Vaidya i Mahabalan, 1989; Eslick i in., 1990), gdzie formy nagoziarniste plonowały na poziomie odmian oplewionych a ponadto wykazywały wyższą tolerancję na stresowe czynniki środowiska jak susza czy niskie temperatury (Thair i Shevtsov, 1994) oraz poprawioną wartość żywieniową (Bhatty 1986). Wartości kontrastu oraz istotne wartości statystyki F dla kompleksu badanych cech w porównaniach mutantów

z formą wyjściową (tab. 5) wskazują, że indukowanie mutacji może być efektywnym narzędziem wywoływania zmienności genetycznej cech u jęczmienia nagoziarnistego, co dodatkowo potwierdza uzyskana zmienność badanych form przedstawiona w układzie dwóch zmiennych kanonicznych (rys. 1).



Rys. 1. Rozkład średnich dla badanych cech mutantów i ich formy wyjściowej w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych

Fig. 1. Distribution of means of analyzed traits for mutants and their initial form in the two first canonical variables

WNIOSKI

1. Uzyskana zmienność różna w poszczególnych latach dla mutantów nagoziarnistych w porównaniu z ich formą wyjściową, w odniesieniu do analizowanych cech, wskazuje na występowanie interakcji genotypowo-środowiskowej.
2. Wartości współczynników zmienności wskazują, że największą zmienność w każdym roku badań obserwowano dla plonu ziaren z poletka, a w mniejszym stopniu dla pozostałych cech.
3. Mimo, że zdecydowana większość mutantów pod względem plonowania i cech struktury plonu ustępowała swej formie wyjściowej to kilka z nich pod względem plonowania i niektórych elementów struktury plonu przewyższało formę wyjściową. Należą do nich mutanty M/4, M/5 i M/15, które stanowić mogą interesujący materiał wyjściowy w pracach hodowlanych nad jęczmieniem nagoziarnistym.

4. Uzyskana zmienność cech mutantów wskazuje, że indukowanie mutacji stanowi efektywną metodę poszerzenia istniejącej zmienności genetycznej i stanowić może wartościowe uzupełnienie zmienności rekombinacyjnej w praktyce hodowlanej.

LITERATURA

- Bhatty R. S., Berdhal J. D., Christison G. J. 1975. Chemical composition and digestible energy of barley. *Can. J. Anim. Sci.*, 55: 759.
- Bhatty R. S., Rossnagel B. G. 1981. Nutritional requirements in feed barley. *Proc. 4th Int. Barley Genetics. Symp.*, Edinburgh, UK: 341.
- Bhatty R. S. 1986. The potential of hull-less barley — review. *Cereal Chem.* 63: 97 — 103.
- Bhatty R. S. 1997. Milling of regular and waxy starch hull-less barleys for the production of bran and flour. *Cereal Chemistry* 74 (6): 693 — 699.
- Bhatty R. S., Rossnagel B. G. 1998. Comparison of pearled and impearled Canadian and Japanese barleys. *Cereal Chemistry* 75 (1): 15 — 21.
- Boros D., Rek-Cieplý B., Cyran M. 1996. A note on the composition and nutritional value of hull-less barley. *J. Anim. Feed Sci.* 5 (4): 417 — 424.
- Caliński T., Dyczkowska A., Kaczmarek Z. 1976. Algorytmy Biometrii i Statystyki. *Zeszyt 5*: 77 — 113.
- Ceranka B., Chudzik H., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. Wielozmienna analiza wariancji dla doświadczeń wieloczynnikowych. *Algorytmy Biometrii i Statystyki. Zeszyt 6*: 51 — 60.
- Eslick R. F., Blake T., Stallknecht G. 1990. Registration of Wanubet a hullless waxy barley germplasm. *Crop Science* 30 (6): 1371.
- Lundquist U. 1991. Coordinator's report earliness genes. *Barley Genetics Newsletter* 21: 127 — 129.
- Nam I. H., Lee E. S. 1990. Effect of waxy and hullless genes on endosperm quality, yield and its related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Upland and Industrial Crops* 32 (2): 1 — 12.
- Persson G. 1998. Hullless barley in future plant husbandry. *Sverige Utsadesforenings Tidskrift* 108: 35 — 45.
- Rossnagel B. G., Harvey B. L., Bhatty R. S. 1985. Tupper hullless barley. *Can. J. Plant. Sci.* 65: 453 — 454.
- Scholz F. 1965. Experiments on the use of induced mutants to hybridization breeding in barley. *Induction of Mutations and the Mutation Process*, Praha: 73 — 79.
- Thair M., Shevtsov V. 1994. New hull-less barley germplasm for high-altitude areas. *Rachis* 13: 43 — 46.
- Uhlik J. 1991. Induction of mutants of barley suitable for breeding barleys for fodder and food. *Genetica a Slechteni* 27(4): 259 — 267.
- Vaidya S.M., Mahabalran M. 1989. Karan 3 and Karan 16 — two high yielding hull-less barley varieties. *Indian Farming* 39 (7): 37 — 38.
- Xue Q., Wang L., Newman R. K., Newman C. W., Graham H. 1997. Influence of hullless, waxy starch and short-awn genes on the composition of barleys. *J. of Cereal Sci.* 26(2): 251 — 257.
- Zheng G. H., Bhatty R. S. 1998. Enzyme — assisted wet separation of starch from other seed components of hull-less barley. *Cereal Chemistry* 72 (2): 247 — 250.

TADEUSZ ADAMSKI¹ZYGMUNT KACZMAREK¹MARIA SURMA¹STANISŁAW CZAJKA²KAROLINA KRYSTKOWIAK¹ANATTA KUCZYŃSKA¹MICHAŁ RĘBARZ¹¹ Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań² Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego, Poznań

Wykorzystanie linii podwojonych haploidów do wykrywania sprzężeń genów kontrolujących wybrane cechy ilościowe jęczmienia*

The use of doubled haploids for detection of linkage of genes controlling some quantitative traits in barley

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących zmienności i współzależności wybranych cech ilościowych w liniach podwojonych haploidów (DH) jęczmienia w aspekcie występowania sprzężeń między genami kontrolującymi pary cech. Materiał do badań stanowiły linie DH uzyskane z mieszańców F₁ i F₂ Roland × Apex. Analizowano długość źdźbła, długość kłosa, liczbę i masę ziarna z kłosa oraz masę 1000 ziaren. Porównując średnie i wariancje poszczególnych cech oraz wielkość współczynników korelacji między cechami w populacjach linii F₁DH i F₂DH stwierdzono występowanie sprzężenia genów kontrolujących długość źdźbła z genami odpowiedzialnymi za długość kłosa oraz liczbę i masę ziarna z kłosa. Wykazano także niezależne dziedziczenie długości źdźbła i masy 1000 ziaren.

Słowa kluczowe: jęczmień, podwojone haploidy, sprzężenia genów, cechy ilościowe

Barley doubled haploids (DH) were studied with the aim to detect linkage between genes conditioning pairs of metrical traits. Populations of DH lines derived from F₁ and F₂ hybrids from the cross Roland × Apex covered material for the study. The following traits were analysed: stem length, spike length, number of grains per spike, grain weight per spike and 1000-grain weight. On the basis of relations between means, variances and correlation coefficients in the F₁DH and F₂DH populations, the occurrence of linkage between genes responsible for stem length and genes conditioning spike length, grain number and grain weight per spike was recorded. Additionally, independent inheritance of stem length and 1000-grain weight was found.

* Praca wykonana w ramach grantu KBN nr 5PO6A 01717

Key words: barley, doubled haploids, linkage, metrical traits

WSTĘP

W hodowli jęczmienia, podobnie jak i innych roślin samopylnych, linie podwojonych haploidów (DH) uzyskuje się najczęściej z mieszańców pokolenia F_1 lub F_2 (Pickering i Devaux, 1992). Wyprowadzone linie DH reprezentują losową próbę gamet wytwarzanych przez mieszańce, a ich zmienność wynika z rekombinacji zachodzącej podczas gametogenezy. Zmienność populacji linii uzyskanych z mieszańców F_1 i F_2 jest taka sama, o ile geny kontrolujące rozpatrywane cechy nie są sprzężone. Przy występowaniu sprzężeń frekwencja genotypów zrekombinowanych jest większa w populacji linii F_2 DH niż F_1 DH (Snape i Simpson, 1981; Surma i in., 2003). Stąd też porównanie niektórych charakterystyk statystycznych linii F_1 DH i F_2 DH, takich jak średnie i wariancje poszczególnych cech, czy też korelacje między cechami, może być wykorzystane do analizy występowania sprzężeń kontrolujących pary cech ilościowych (Kaczmarek i in., 1994).

Celem pracy było porównanie zmienności i współzależności wybranych cech ilościowych w populacjach linii F_1 DH i F_2 DH jęczmienia w aspekcie występowania sprzężeń między genami kontrolującymi długość źdźbła a genami odpowiedzialnymi za długość kłosa, liczbę ziaren w kłosie, masę ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło 127 linii podwojonych haploidów jęczmienia jarego otrzymanych z mieszańców F_1 i F_2 Roland $\times$ Apex metodą *H. bulbosum* (Kasha i Kao, 1970). Linie badano w doświadczeniu polowym założonym w układzie całkowicie losowym w 3 powtórzeniach. Nasiona wysiewano na poletkach o powierzchni 2 m² w ilości 330 ziaren na 1 m². Pomiarów wykonano na 25 losowo wybranych roślinach z środkowej części każdego poletka. Analizowano długość źdźbła, długość kłosa, liczbę ziaren w kłosie, masę ziarna z kłosa oraz masę 1000 ziaren.

Dla każdej z badanych cech linii F_1 DH i F_2 DH obliczono wartości średnie oraz wariancje, oszacowano także korelacje między wybranymi cechami. Testowano istotność różnic między średnimi (test *t*-Studenta) i wariancjami (test *F*) populacji linii F_1 DH i F_2 DH oraz istotność współczynników korelacji (test *t*). Testowano także hipotezy o braku różnic między współczynnikami korelacji w populacjach F_1 DH i F_2 DH (statystyka *z*). Obliczenia wykonano za pomocą programu LINKGEN (Czajka i in., 2002).

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie wartości badanych cech, wariancje oraz wyniki testowania różnic między średnimi i wariancjami przedstawiono w tabeli 1. Wartości średnie w badanych populacjach były bardzo zbliżone i nie różniły się istotnie statystycznie. Również wariancje czterech spośród pięciu analizowanych cech w obu populacjach były podobne. Istotną różnicę stwierdzono jedynie w przypadku wariancji liczby ziaren z kłosa ($F_{obl.} = 1,975 > F_{0,05}$).

Tabela 1

Średnie i wariancje analizowanych cech w populacjach linii F₁DH i F₂DH jęczmienia
Mean values of the studied traits in the F₁DH and F₂DH barley populations

Cechy Traits	F ₁ DH		F ₂ DH		Wyniki testowania hipotez o równości* Results of testing hypotheses on equality of	
	średnia mean	wariancja variance	średnia mean	wariancja variance	średnich means	wariancji variances
Długość źdźbła Stem length (cm)	71,1	117,56	70,5	94,64	nieodrzucona not rejected	nieodrzucona not rejected
Długość kłosa Spike length (cm)	7,4	0,82	7,2	0,58	nieodrzucona not rejected	nieodrzucona not rejected
Liczba ziaren z kłosa Grains/spike	20,4	7,11	20,5	3,60	nieodrzucona not rejected	odrzucona rejected
Masa ziarna z kłosa Grain weight/spike (g)	0,98	0,024	0,99	0,017	nieodrzucona not rejected	nieodrzucona not rejected
Masa 1000 ziaren 1000-grain weight (g)	47,8	21,98	48,0	16,87	nieodrzucona not rejected	nieodrzucona not rejected

* Przy P = 0,05; At P = 0.05

W tabeli 2 podano oceny współczynników korelacji między długością źdźbła a analizowanymi cechami kłosa i ziarna. Dodatkowo, istotne korelacje w obu populacjach stwierdzono między długością źdźbła a długością kłosa, liczbą ziaren i masą ziarna z kłosa. Współczynniki korelacji między długością źdźbła a masą 1000 ziaren, aczkolwiek dodatnie, okazały się niewielkie i statystycznie nieistotne. Wyniki testowania hipotezy o równości współczynników korelacji w liniach F₁DH i F₂DH wykazały, że stopień zależności między długością źdźbła a długością kłosa i masą 1000 ziaren w obu populacjach był podobny, natomiast korelacja między wysokością a liczbą ziaren i masą ziarna z kłosa była istotnie silniejsza w liniach otrzymanych z mieszańców F₁ niż z F₂.

Tabela 2

Współczynniki korelacji między długością źdźbła a badanymi cechami kłosa
Correlation coefficients between stem length and the studied spike traits

Cechy Traits	F ₁ DH	F ₂ DH	Wyniki testowania hipotezy o równości współczynników korelacji przy P = 0,05 Results of testing hypothesis on equality of correlation coefficients at P = 0.05
Długość kłosa Spike length (cm)	0,503**	0,492**	nieodrzucona not rejected
Liczba ziaren z kłosa Grains/ spike	0,505**	0,467**	odrzucona rejected
Masa ziarna z kłosa Grain weight/spike (g)	0,501**	0,463**	odrzucona rejected
Masa 1000 ziaren 1000-grain weight (g)	0,202	0,127	nieodrzucona not rejected

** P < 0,01

W pracach Kaczmarka i wsp. (1994) oraz Surmy i wsp. (2002) pokazano, jak kształtują się zależności między średnimi, wariancjami oraz kowariancjami dla pary cech ilościowych w liniach DH otrzymanych z mieszańców F₁ i F₂ w przypadku występowania bądź braku sprzężeń między genami warunkującymi te cechy. Biorąc pod uwagę wyniki

tych badań oraz uzyskane w niniejszej pracy rezultaty testowania różnic między średnimi i wariancjami, a także istotności współczynników korelacji wraz z badaniem, czy korelacje te w obu populacjach były takie same, można stwierdzić występowanie pełnego sprzężenia (brak rekombinacji) genów warunkujących długość źdźbła z genami odpowiedzialnymi za długość kłosa oraz częściowego sprzężenia z genami odpowiedzialnymi za liczbę i masę ziarna z kłosa. Otrzymane wyniki wskazują na niezależne dziedziczenie wysokości roślin i masy 1000 ziaren.

Wykazane w prezentowanej pracy występowanie sprzężeń między genami warunkującymi długość źdźbła a genami odpowiedzialnymi za liczbę i masę ziarna z kłosa, potwierdza spostrzeżenie Kleinhofsa i Hana (2002) o częstej lokalizacji loci dla różnych cech ilościowych (ang. quantitative trait loci, QTL) w tych samych regionach genomu rośliny. W przypadku jęczmienia znaleziono kilka takich regionów, między innymi na chromosomie 7 zlokalizowano region obejmujący QTL dla masy ziarna z kłosa, wysokości roślin, terminu dojrzewania i odporności na wyleganie, a na chromosomie 3 region zawierający QTL dla wysokości roślin, plonu oraz terminu kłoszenia (Barua i in., 1993; Hayes i in., 1993; Thomas i in., 1995; Tinker i in., 1996).

Należy podkreślić, że fakt braku istotnych różnic między średnimi, wariancjami oraz korelacjami między dwiema cechami w populacjach linii homozygotycznych uzyskanych z różnych pokoleń, tak jak to obserwowano w przypadku długości źdźbła i długości kłosa, może wskazywać na występowanie pełnego sprzężenia między genami warunkującymi te cechy, jednakże nie można wykluczyć, że jest to efekt plejotropii. Rozróżnienie tych dwóch zjawisk jest trudne, nawet na podstawie badań uwzględniających zarówno obserwacje fenotypowe, jak i markery molekularne (Barua i in., 1993; Thomas i in., 1995).

LITERATURA

- Barua U. M., Chalmers K. J., Thomas W. T. B., Hackett C. A., Lea V., Jack P., Forster B. P., Waugh R., Powell W. 1993. Molecular mapping of genes determining height, time to heading, and growth habit in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Genome* 36: 1080 — 1087.
- Czajka S., Kaczmarek Z., Adamski T., Surma M. 2002. LINKGEN — program obliczeniowy wykrywania sprzężeń genów i nieallelicznej interakcji. IGR PAN, Poznań, (nieopublikowany).
- Hayes P. M., Blake T., Chen T. H. H., Tragoonrung S., Chen F., Pan A., Liu B. 1993. Quantitative trait loci on barley (*Hordeum vulgare* L.) chromosome 7 associated with components of winterhardiness. *Genome* 36: 66 — 71.
- Kaczmarek Z., Surma M., Adamski T. 1994. Theoretical bases for detection of linkage of genes between two quantitative characters in the presence of nonallelic interaction. *Genet. Pol.* 35: 53 — 62.
- Kasha K. J., Kao K. N. 1970. High frequency haploid production in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Nature* 225: 874 — 876.
- Kleinhofs A., Han F. 2002. Molecular mapping of the barley genome. In: *Barley Science — Recent Advances from Molecular Biology to Agronomy of Yield and Quality* (G. A. Slafer, J. L. Molina-Cano, R. Savin, J. L. Araus, I. Romagosa, eds.). Food Products Press, New York: 31 — 63.
- Pickering R. A., Devaux P. 1992. Haploid production: Approaches and use in plant breeding. W: *Barley genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology* (P. R. Shewry, ed.). CAB Inter. Wallingford, UK: 519 — 547.
- Snape J. W., Simpson E. 1981. The genetical expectations of doubled haploid lines derived from different filial generations. *Theor. Appl. Genet.* 60: 123 — 128.

- Surma M., Adamski T., Kaczmarek Z., Czajka S. 2003. Zmienność cech ilościowych linii DH i SSD jęczmienia. Biul. IHAR 226/227: 277 — 283.
- Thomas W. T. B., Powell W., Waugh R., Chalmers K. J., Barua U. M., Jack P., Lea V., Forster B. P., Swanston J. S., Ellis R. P., Hanson P. R., Lance R. C. 1995. Detection of quantitative trait loci for agronomic, yield, grain and disease characters in spring barley (*Hordeum vulgare* L.). Theor. Appl. Genet. 91: 1037 — 1047.
- Tinker N. A., Mather D. E., Rossmagel B. G., Kasha K. J., Kleinhofs A., Hayes P. M., Falk D. E., Ferguson T., Shugar L. P., Legge W. G., Irvine R. B., Choo T. M., Briggs M. A., Ullricg S. E., Franckowiak J. D., Blake T. K., Graf R. J., Dofing S. M., Saghai Maroof M. A., Scoles G. J., Hoffman D., Dahleen L. S., Kilian A., Chen F., Biyashev R. M., Kudrna D., Steffenson A. 1996. Regions of the genome that affect agronomic performance in two-row barley. Crop Sci. 36: 1053 — 1062.

ZYGMUNT KACZMAREK**TADEUSZ ADAMSKI****MARIA SURMA**

Instytut Genetyki Roślin, PAN, Poznań

Interakcja genotypowo-środowiskowa dla plonu dwu- i sześciorzędowych linii DH jęczmienia

The genotype-environment interaction for 2-rowed and 6-rowed barley DH lines

Praca przedstawia wyniki analizy statystycznej plonu ziarna dwu- i sześciorzędowych linii podwojonych haploidów (DH) jęczmienia uzyskane na podstawie danych pochodzących z serii doświadczeń prowadzonych na polu doświadczalnym IGR w Cerekwicy w pięciu kolejnych latach, 1996–2000. Dwadzieścia osiem linii DH (trzyście dwurzędowych i pięćście sześciorzędowych) oraz dwie formy rodzicielskie (dwurzędowa Maresi i sześciorzędowa Klimek) było analizowanych ze względu na wysokość plonu oraz ich interakcję z latami. Analizę przeprowadzono za pomocą programu SERGEN (Caliński i in., 1998). Ranking genotypów uwzględniający wysokość plonowania i wrażliwość na różne warunki środowiskowe pozwolił wyróżnić 3 grupy. W grupie genotypów najlepszych znalazły się obie formy rodzicielskie oraz dwie linie dwurzędowe i dwie sześciorzędowe. Wśród nich tylko odmiana Maresi i linia sześciorzędowa S10 okazały się genotypami stabilnymi, a odmiana Klimek odmianą intensywną. Dodatkowe informacje o genotypach zostały uzyskane w wyniku testowania porównań średnich dla linii dwu- i sześciorzędowych z ich formami rodzicielskimi.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, jęczmień, linie DH, serie doświadczeń, program SERGEN

The paper contains the results of statistical analysis of barley doubled haploid (DH) lines. Twenty eight DH lines (thirteen, 2-rowed and fifteen, 6-rowed) and two parental genotypes (2-rowed, Maresi and 6-rowed, Klimek) were studied in a series of field experiments repeated in five successive years, 1996–2000. The analysis was made using the SERGEN program (Caliński *et al.*, 1998). The results of hypotheses testing concerning the mean yield of DH lines and their interaction with years allowed to distinguish three groups of genotypes: the best, average and the worst. In the first group two parental cultivars, two 2-rowed lines and two 6-rowed DH lines were classified, but among them cultivar Maresi and 6-rowed line, S10, were distinguished as stable genotypes, giving a high yield in all years. Among the remaining genotypes of this group only the cultivar Klimek appeared to be "intensive", i.e. yielding better under profitable climatic conditions of the years. Additional information about the genotypes was obtained by testing the contrasts of the means for 2-rowed and 6-rowed DH lines and the parental cultivars.

Key words: barley DH lines, genotype-environment interaction, series of experiments, SERGEN program

WSTĘP

Uzyskiwanie nowych odmian jęczmienia jarego wielorzędowego o zwiększonym plonie ziarna jest możliwe między innymi poprzez krzyżowanie wysokopłennych odmian dwurzędowych z wysokopłennymi odmianami sześciorzędowymi. W ostatnich latach techniki umożliwiające przeprowadzenie haploidyzacji mieszańców, a tym samym umożliwiające otrzymanie linii podwojonych haploidów (DH), są często stosowane w programach hodowli jęczmienia (Kasha i in., 1997, Ullrich i in., 1998). Linie te są w pełni homozygotyczne i jednorodne. Ponieważ badane w pracy linii podwojonych haploidów uzyskane zostały z mieszańców dwurzędowej odmiany browarnej Maresi z sześciorzędową odmianą Klimek, powstaje pytanie czy istnieje różnica między 2- i 6-rzędowymi formami jęczmienia w ich reakcji na zróżnicowane warunki środowiskowe.

Celem pracy jest więc zbadanie struktury interakcji genotypowo-środowiskowej GE (w naszym przypadku interakcji linii DH z latami) plonu ziarna linii podwojonych haploidów jęczmienia i ustalenie rankingu tych linii.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiło 28 linii podwojonych haploidów jęczmienia jarego, otrzymanych z mieszańców pokolenia F_1 dwurzędowej odmiany browarnej Maresi z sześciorzędową odmianą Klimek oraz obie formy wyjściowe. Linie te zostały wyselekcjonowane na podstawie wyników doświadczenia wstępnego przeprowadzonego w roku 1995 z blisko 100 liniami DH. Doświadczenie to, założone w układzie całkowicie losowym, poprzedziło badaną obecnie serię doświadczeń.

Doświadczenia prowadzono na polu doświadczalnym Instytutu Genetyki Roślin PAN w Cerekwicy w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach, w pięciu latach (1996–2000). Nasiona wysiewano na poletkach 2 m^2 w rozstawie $10 \times 3\text{ cm}$. Zbiór ziarna przeprowadzono w fazie dojrzałości pełnej. Oceniono plon z poletka oraz szereg cech opisujących wartość browarną badanych linii DH. W niniejszej pracy szczegółowej analizie statystycznej poddany zostanie plon ziarna, obserwowany u linii podwojonych haploidów oraz ich form rodzicielskich w serii pięciu doświadczeń. Metody obliczeń, które umożliwiły przeprowadzenie za pomocą programu SERGEN (Caliński i in., 1998) analizy interakcji genotypowo-środowiskowej wraz z badaniem jej struktury ze względu na środowiska i genotypy oparte były na modelach matematycznych omówionych szczegółowo w pracach Kaczmarka (1986) oraz Calińskiego i wsp. (1987, 1997). Model dla dwukierunkowej klasyfikacji krzyżowej, przedstawiony także w pracy Mądrego (2002) i nazywany modelem ScheffŹgo-Calińskiego, jest modelem mieszanym, w którym efekty genotypów traktowane są jako stałe, natomiast efekty środowisk jako losowe. Zakłada się w nim, że obserwacje dotyczące poszczególnych genotypów w danym roku mają rozkłady normalne ze średnimi genotypów i pewną macierzą kowariancji, co oznacza, że obserwacje dla różnych genotypów w tym samym środowisku danego roku mogą być zależne, natomiast obserwacje dla różnych lat — niezależne. Przyjmuje się ponadto możliwość niejednakowych wariancji genotypów w poszczególnych latach, co sprawia, że dopuszcza

się występowanie różnej reakcji genotypów na warunki glebowo-klimatyczne występujące w latach doświadczeń. Interakcja genotypów z latami wyjaśniana jest za pomocą regresji efektów interakcyjnych tych genotypów względem lat, zgodnie z modelem regresji łącznej wywodzącej się z modelu Scheffego-Calińskiego i przedstawionym w pracach Kaczmarka (1986) i Calińskiego i wsp. (1997).

WYNIKI

W tabeli 1 podane są wartości średnie plonu dla sześciorzędowych linii DH (oznaczonych symbolami S1-S15), dwurzędowych linii DH (oznaczonych symbolami D1-D13) oraz dla odmian wyjściowych Maresi i Klimek.

Tabela 1

Wartości średnie plonu dla linii DH i form rodzicielskich w poszczególnych latach
Mean yields for DH lines and their parents in particular years

Genotyp Genotype	Lata Years					Średnia Mean
	1996	1997	1998	1999	2000	
6-rzędowe six-rowed						
S1	1,53	1,68	1,89	1,77	1,53	1,68
S2	1,77	1,97	1,68	2,03	1,58	1,81
S3	1,53	1,80	1,61	1,30	1,49	1,55
S4	2,13	2,00	2,01	1,53	1,82	1,94
S5	1,93	2,07	1,35	1,47	1,60	1,68
S6	1,63	1,87	1,37	1,13	1,67	1,53
S7	1,37	1,93	0,81	1,37	1,25	1,35
S8	1,90	1,97	1,75	1,97	1,60	1,84
S9	1,60	2,20	1,46	1,57	1,67	1,70
S10	2,00	2,33	2,10	2,17	1,89	2,10
S11	2,00	2,07	1,47	1,37	1,47	1,67
S12	2,60	2,20	1,69	2,03	2,00	2,10
S13	2,07	2,03	1,93	2,00	1,80	1,97
S14	1,97	2,13	1,94	1,57	1,67	1,86
S15	2,20	2,00	2,19	1,85	1,94	2,04
2-rzędowe two-rowed						
D1	1,53	2,53	1,81	2,20	1,69	1,95
D2	2,07	2,13	1,54	2,20	2,07	2,00
D3	2,87	2,63	2,31	1,93	1,91	2,33
D4	3,00	2,27	2,18	2,30	1,96	2,34
D5	2,00	2,20	1,81	1,80	2,09	1,98
D6	2,33	2,00	1,70	1,87	1,82	1,94
D7	2,23	2,43	1,60	1,90	1,72	1,98
D8	2,30	2,00	1,51	2,00	1,42	1,85
D9	2,20	2,00	2,15	1,87	1,60	1,95
D10	1,70	1,40	1,16	2,07	1,29	1,52
D11	2,20	1,89	1,87	1,87	1,63	1,89
D12	2,00	1,73	1,87	2,20	1,75	1,91
D13	2,13	2,13	1,56	1,96	1,55	1,87
Maresi	2,33	2,37	1,88	2,43	1,82	2,17
Klimek	2,67	2,93	2,18	1,80	1,69	2,26
Średnia	2,06	2,10	1,75	1,85	1,70	1,89

Mean

Zastosowana w pierwszym etapie analiza wariancji dla serii doświadczeń pozwoliła stwierdzić wysoce istotne zróżnicowanie lat ($F_{obl.} = 51,22$ wobec $F_{0.01} = 3,88$) oraz wysoce istotną interakcję linii DH z latami ($F_{obl.} = 2,82$ wobec $F_{0.01} = 1,42$). Przeprowadzona następnie analiza szczegółowa poszczególnych linii DH ze względu na ich wysokość plonowania oraz interakcję z latami umożliwiła przedstawienie rankingu tych linii uwzględniającego oba wymienione parametry. W rankingu (tab. 2) wyróżniono 3 grupy linii DH: linie najlepiej plonujące, przeciętnie plonujące i plonujące najslabiej, przyjmując jako kryterium podziału, ocenę efektu głównego poszczególnych genotypów (dodatnią bądź ujemną) oraz wartość krytyczną $F_{0.10} = 4,54$.

Tabela 2

Ranking linii DH
The ranking of DH lines

Linie najlepiej plonujące High yielding lines			Linie przeciętnie plonujące Average yielding lines			Linie najslabiej plonujące Low yielding lines		
genotyp genotype	$F_{obl.}$ $F_{calc.}$	ocena efektu głównego estimate of main effect	genotyp genotype	$F_{obl.}$ $F_{calc.}$	ocena efektu głównego estimate of main effect	genotyp genotype	$F_{obl.}$ $F_{calc.}$	ocena efektu głównego estimate of main effect
D3	11,58	0,44	S13	2,53	0,07	D10	5,36	-0,37
D4	11,33	0,45	S15	2,28	0,14	S11	7,23	-0,22
Maresi	10,87	0,28	D7	1,18	0,09	S5	7,67	-0,21
S10	7,99	0,21	D5	1,17	0,09	S6	10,11	-0,36
Klimek	4,60	0,36	D5	1,01	0,11	S3	17,55	-0,35
S12	4,58	0,21	D6	0,64	0,05	S7	18,32	-0,55
			D9	0,32	0,06			
			S4	0,25	0,05			
			D1	0,14	0,06			
			D12	0,03	0,02			
			D11	0,00	0,002			
			D13	0,15	-0,02			
			D8	0,19	-0,05			
			S14	0,21	-0,04			
			S8	1,14	-0,06			
			S2	1,21	-0,09			
			S1	3,11	-0,21			
			S9	3,75	-0,19			

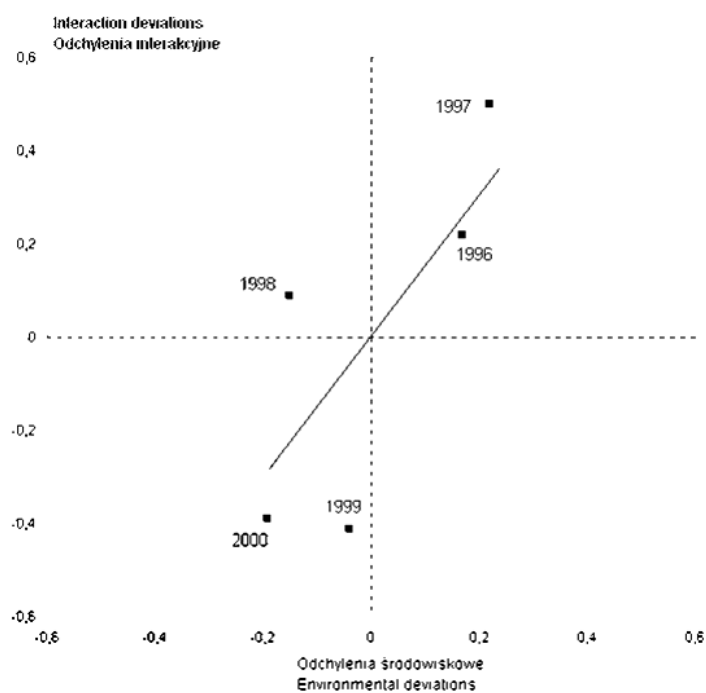
Wartości krytyczne; Critical values: $F_{0.10} = 4,54$; $F_{0.05} = 7,71$; $F_{0.01} = 21,20$

W każdej z grup podano oceny efektów głównych poszczególnych linii oraz wartości statystyki F dla tego efektu uwzględniające również wielkość interakcji danej linii z latami. Wśród genotypów najlepszych wyróżniają się dwie linie dwurzędowe D3 i D4, obie formy wyjściowe Maresi i Klimek oraz dwie formy sześciorzędowe S10 i S12. Grupy linii najgorszych tworzy jedna linia dwurzędowa i 5 linii sześciorzędowych. Pozostałe linie znalazły się w grupie linii przeciętnych. Aby uzyskać dodatkowe informacje dotyczące reakcji badanych genotypów grupy pierwszej na różne warunki klimatyczne lat dokonano, za pomocą regresji liniowej, podziału genotypów na linie stabilne i niestabilne, przy czym wśród tych ostatnich wyróżniono linie intensywne i ekstensywne (tab. 3).

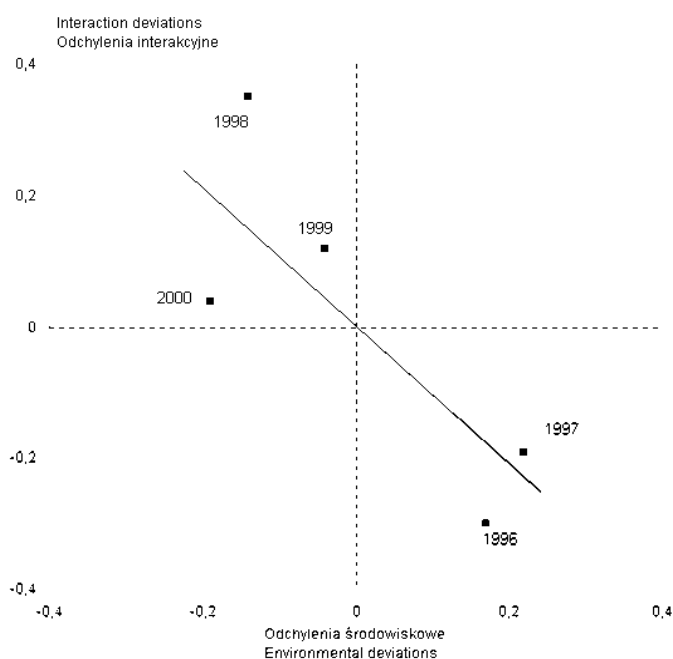
Klasyfikacja linii DH ($\alpha = 0,10$)
Classification of the DH lines

Plon Yield	Genotypy Genotypes			
	stabilne stable	niestabilne unstable		
		intensywne intensive	ekstensywne extensive	nieokreślone undefined
Wysoki High	M, S10	K		D3, D4, S12
Przeciętny Average	S13, D7, D5, D6, D11 D13, S14, S8, S2	D8	S15, D12, S1	D2, D9, S4, D1 S9
Niski Low	S11, S5, S3			D10, S6, S7

Spośród genotypów najlepszych stabilnymi okazały się linia sześciorzędowa S10 oraz dwurzędowa odmiana Maresi. Do genotypów intensywnych, tj. genotypów plonujących lepiej w latach ogólnie dobrych, można zaliczyć drugą z form wyjściowych, a mianowicie sześciorzędową odmianę Klimek (rys. 1). Jako linię ekstensywną, która plonuje lepiej w latach ogólnie niezbyt sprzyjających, możemy uznać linię sześciorzędową S1 zaliczoną do grupy genotypów o przeciętnym plonie (rys. 2).



Rys. 1. Regresja efektów interakcyjnych odmiany Klimek względem środowiska ($b = 1,63$)
Fig. 1. Regression of interaction effects of the cultivar Klimek on environment



Rys. 2. Regresja efektów interakcyjnych genotypu S1 względem środowiska ($b = -11,25$)
Fig. 2. Regression of interaction effects of the genotype S1 on environment

Tabela 4

Analiza porównań średnich linii dwu- i sześciorzędowych między sobą i z odmianami wyjściowymi
The analysis of the contrasts between means of 2-rowed and 6-rowed DH lines and the parental cultivars

Porównanie Contrast	Ocena kontrastu Estimate of the contrast	$F_{obl.}$ dla oceny kontrastu $F_{calc.}$ for estimate of the contrast	$F_{obl.}$ dla interakcji kontrastu z latami $F_{calc.}$ for the contrast by years interaction
$K - M$	0,088	0,17	5,75***
$K - \bar{D}$	0,292	2,48	8,17***
$K - \bar{S}$	0,468	7,30*	7,21***
$M - \bar{D}$	0,204	10,34**	0,96
$M - \bar{S}$	0,380	12,39**	2,80**
$\bar{D} - \bar{S}$	0,176	8,56**	6,46***

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,10$; Significant at the level $\alpha = 0.10$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; Significant at the level $\alpha = 0.05$

*** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; Significant at the level $\alpha = 0.01$

K — Klimek; M — Maresi

$\bar{D}$ — Średnia plonu linii dwurzędowych; Mean yield of 2-rowed DH lines

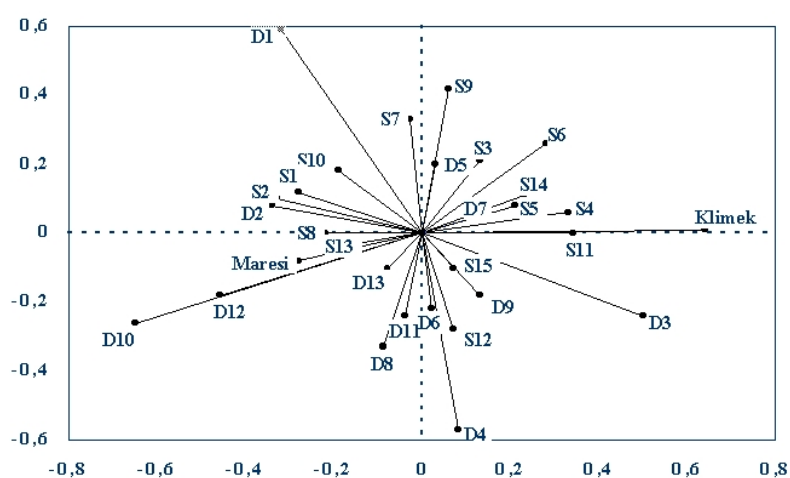
$\bar{S}$ — Średnia plonu linii sześciorzędowych; Mean yield of 6-rowed DH lines

Z uwagi na to, że wśród badanych linii DH występowały linie sześciorzędowe i dwurzędowe interesujące okazało się przeprowadzenie porównań średnich dla obu grup

między sobą, a także z formami wyjściowymi. W tabeli 4 przedstawione są oceny porównań, wartości statystyki F dla tych porównań i ich interakcji z latami. Łatwo zauważyć, że różnica w plonowaniu odmiany Klimek i Maresi jest nieznaczna (0,088 na korzyść Klimka), chociaż interakcja tego kontrastu z latami okazała się wysoce istotna. Informacje te są potwierdzeniem wcześniejszych rezultatów dotyczących badanych odmian; obie formy znalazły się w grupie genotypów najlepszych, przy czym Maresi była uznana za odmianę stabilną, zaś Klimek za odmianę intensywną. Porównanie plonu odmian wyjściowych ze średnimi linii dwurzędowych ($\bar{D}$) i sześciurzędowych ($\bar{S}$) okazało się w każdej sytuacji korzystne dla odmian, a szczególnie dla Maresi (oceny kontrastów $K-\bar{D}$ i $K-\bar{S}$, chociaż dodatnie, okazały się odpowiednio nieistotne bądź istotne lecz tylko na poziomie $\alpha = 0,10$).

Interakcje poszczególnych porównań z latami okazały się w większości przypadków istotne, co wskazuje na zróżnicowaną reakcję na zmienne warunki środowiska obu odmian rodzicielskich i linii DH występujących w tych porównaniach.

W celu uzyskania obrazu zachowania się genotypów w różnych warunkach środowiskowych (tj. w poszczególnych latach) przeprowadzono dodatkowe badanie struktury interakcji linii DH z latami za pomocą analizy składowych głównych. Pozwoliło ono dokonać rozmieszczenia badanych linii, ze względu na ich interakcję z latami, w układzie dwóch pierwszych składowych głównych (rys. 3). Wielkość interakcji każdej z nich jest określona poprzez miarę odległości punktów reprezentujących poszczególne linie DH od początku układu współrzędnych. Analizując rysunek 3 łatwo zauważyć, że genotypami o najwyższej interakcji z latami okazały się przede wszystkim linie dwurzędowe D1, D3, D4, D10 i D12 oraz odmiana Klimek.



Rys. 3. Wektorowe przedstawienie genotypów w układzie składowych głównych
Fig. 3. Vector representation of the genotypes in the principal components space

WNIOSKI

Zastosowane metody statystyczne analizy interakcji genotypowo-środowiskowej pozwoliły:

- przeprowadzić ranking genotypów najlepiej plonujących, przeciętnie plonujących i naj słabiej plonujących; w pierwszej grupie obok odmian wzorcowych znalazły się dwie linie dwurzędowe i dwie sześciorzędowe,
- wyróżnić spośród genotypów o największym plonie dwu form stabilnych: odmiany Maresi i linii sześciorzędowej S10 oraz jednej formy intensywnej (odmiany Klimek),
- wyróżnić spośród linii DH o przeciętnym plonie dziewięciu linii stabilnych, jednej formy o tendencji intensywnej (D8), jednej formy ekstensywnej (S1) oraz linii (S15 i D12) o tendencji ekstensywnej,
- przeprowadzić porównanie przeciętnego plonu linii dwu- i sześciorzędowych, które wypadło zdecydowanie korzystnie dla tych pierwszych.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987. A model for the analysis of a series of experiments repeated at several places over a period of years. I. Theory. Biuletyn Oceny Odmian 17/18: 7 — 34.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1997. A multivariate approach to analysing genotype-environment interactions. In: Advances in Biometrical Genetics, P. Krajewski and Z. Kaczmarek (eds). IGR PAN, Poznań: 3 — 14.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. Statistical methodology and usage of the program SERGEN (Version 3 for Windows 95) dedicated to analysis of series of plant genetic and breeding experiments. IGR PAN, Poznań.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. Roczniki AR w Poznaniu, Rozprawy Naukowe 155: 1 — 117.
- Kasha K. J., Ziauddin A., Cho U.-H., Simion E., Petroski R., CistuŹ L. 1997. Anther and microspore culture of barley and wheat. J. Appl. Genet. 38: 373 — 380.
- Mądry W. 2002. Model mieszany regresji łącznej z nierównymi wariancjami reszt. Colloquium Biometryczne 32: 141 — 157.
- Ullrich S. E., Kleinhofs A., Hou L., Jones B. L. 1998. Application of *in vitro* culture techniques to barley (*Hordeum vulgare* L.) improvement. J. Appl. Genet. 39: 49 — 58.

WOJCIECH RYBIŃSKI**SEBASTIAN GARCZYŃSKI**

Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Wpływ światła lasera na wielkość powierzchni liścia i cechy struktury plonu linii DH jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.)

The influence of laser light on leaves area and yield structure parameters in DH lines of spring barley (*Hordeum vulgare* L.)

Badaniami przeprowadzonymi w warunkach szklarniowych objęto 4 linie DH jęczmienia jarego, z których dwie były formami oplewionymi, a dwie nagoziarnistymi. Przed wysiewem ziarniaki wybranych linii napromieniowano światłem lasera przy czasach ekspozycji 60 i 180 minut. Do badań użyto lasera helowo-neonowego działającego w przedziale światła czerwonego, o mocy 24 mW i długości fali 632 nm. Rośliny uzyskane z ziarniaków nienaświetlanych stanowiły kombinację kontrolną. Analizowano wpływ światła lasera na wielkość powierzchni blaszki liściowej liścia flagowego i podflagowego oraz elementy plonowania. Uzyskane wyniki wykazały, że wielkość powierzchni liści zależna była od zastosowanych dawek energii światła lasera oraz genotypu badanych roślin. Zastosowane łącznie dawki energii światła lasera do badanych linii indukowały biostymulację wartości tej cechy, która wzrastała wraz z wydłużaniem czasu naświetlania. Reakcja poszczególnych linii DH pod względem badanej cechy była zróżnicowana, przy czym najsilniejszą tendencję zwiększenia powierzchni blaszki liściowej, zarówno liścia flagowego jak i podflagowego wykazały nagoziarniste linie DH-R63N/14 i R58N/91. Dla badanych form określono ponadto parametry plonowania, których wartość zależna była od genotypowych właściwości wybranych linii. Generalnie światło lasera wpływało stymulująco na strukturę plonu badanych linii, aczkolwiek dla niektórych cech i czasów ekspozycji światła lasera obserwowano nieznaczny efekt redukcji.

Słowa kluczowe: biostymulacja, jęczmień jary, laser, liść flagowy, liść podflagowy, powierzchnia liścia, struktura plonu

The study material consisted of seeds of four DH lines (two hull-less and two hulled lines) of spring barley. Before sowing the grains of chosen lines were irradiated for 60 or 180 minutes. A helium-neon laser working in the range of red light at the wavelength of 632 nm and power capacity 24 mW was used as a source of irradiation. The plants grown from untreated grains were a control combination. The influence of laser light on area of penultimate and flag leaves as well as parameters of yield structure were analyzed. The results obtained showed the dependence of leaves area on both the applied laser light exposure and plant genotype. In all the analyzed lines laser light had a significant biostimulating effect on leaf area. The effect increased with increase of a dose of irradiation. The reactions of particular DH lines differed greatly. The highest tendency to enlarge the size of penultimate and flag leaves was observed with hull-less lines R63N/14 and R58N/91. In general, laser light

stimulated the yield structure parameters, although a small reducing effect of the treatment on some traits was also observed.

Key words: biostimulation, flag leaves, laser, leaf blade area, penultimate leaves, spring barley, yield structure

WSTĘP

Pierwsza praca nad wykorzystywaniem lasera rubinowego w naukach biologicznych, która ukazała się na początku lat sześćdziesiątych zainicjowała wzrost zainteresowania wykorzystania lasera głównie pod kątem badań nad funkcjonowaniem struktur komórkowych (McBridge i in., 1974; Hahne i Hoffmann, 1984). Prace Bernsa i innych (1969) wykazały, że oprócz destrukcyjnego wpływu światła lasera na struktury komórkowe wywołuje ono uszkodzenia chromosomów prowadząc do powstawania mutacji (Dudin, 1990; Rybiński in., 1993; Rybiński, 2001). O ile uszkodzeniowy charakter działania światła lasera obserwuje się przy dłuższych czasach ekspozycji, to krótsze czasy mogą aktywować funkcje komórek o charakterze biostymulacji, wpływając na przebieg procesów metabolicznych i aktywność fotosyntezy. Wskazuje to, że roślina jest zdolna pochłaniać, przekształcać, magazynować i wykorzystywać energię fotonów światła lasera (Szyrmer i Klimont, 1999). Podniesienie potencjału bioenergetycznego naświetlanych komórek umożliwia zwiększenie aktywności mitotycznej komórek merystematycznych, wyrażonej wzrostem indeksu mitotycznego (Kobrzyński i Różanowski, 2000), wzrost energii i zdolności kiełkowania (Laszkiewicz, 2001), przyspieszenie wzrostu kielków, koleoptyli i korzonków zarodkowych (Drozd i in., 2001) lepsze wyrównanie wschodów (Dziamba i Dziamba, 2001), przyspieszenie wzrostu siewek (Szajnsner i Drozd, 2001), dojrzewania (Lipski, 2001) oraz wzrost plonowania (Klimont, 2001). Obecnie biostymulujące właściwości światła lasera wykorzystuje się już w rolnictwie na skalę komercyjną w celu zwiększenia zdolności plonowania szeregu uprawnych gatunków, zwłaszcza roślin warzywnych (Koper, 1993).

Biorąc pod uwagę fakt, że światło lasera może stymulować wzrost i rozwój rośliny po naświetleniu nasion, niewątpliwie interesującym jest określić jego wpływ na wielkość powierzchni asymilacyjnej liści oraz kształtowanie się w tym kontekście parametrów plonowania jęczmienia jarego, co jest celem niniejszej pracy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły cztery linie DH jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). Dwie pośród nich to linie oplewione (R58N/48 i R63N/34), a pozostałe to formy nagoziarniste (R58N/91 i R63N/14). Linie te, w pełni homozygotyczne, uzyskano z wykorzystaniem metody krzyżowania z *Hordeum bulbosum* (metoda bulbosowa) w Instytucie Genetyki Roślin PAN w Pracowni Genetyki Ilościowej. Przed wysiewem w warunkach szklarni powietrznie suche ziarniaki linii DH poddawano naświetlaniu laserem. Do badań wykorzystano laser helowo-neonowy przygotowany do naświetlania obiektów biologicznych przez Centrum Techniki Laserowej w Warszawie. Wybrany laser helowo-neonowy pracuje na długości fali 632 nm (w przedziale światła czerwonego)

i mocy wyjściowej 24 mW oraz gęstości powierzchniowej mocy padającego światła na naświetlany obiekt — 1 mW/cm². Do naświetlań ziarniaków wybrano dwie ekspozycje światła lasera wynoszące 60 i 180 minut. Ziarniaki badanych odmian nie poddawane działaniu światła lasera stanowiły kombinację kontrolną. Wysiew prowadzono w warunkach szklarniowych do doniczek, umieszczając w każdej z nich stałą ilość dobrze wymieszanej i parowanej gleby. W każdej doniczce pozostawiano trzy rośliny, które w fazie strzelania w źdźbło nawożono taką samą ilością florovitu. Począwszy od stadium siewki rośliny podlewano stałą ilością wody w godzinach porannych. Zależnie od stadium rozwoju prowadzono doświetlanie roślin, wykorzystując w tym celu lampy sodowe o mocy 400 W. W momencie pełnego wykształcenia liścia flagowego prowadzono pomiar powierzchni liści. Dokonywano pomiaru powierzchni liścia flagowego i podflagowego [(szerokość × długość) × 0,75] na roślinach z każdej kombinacji ze światłem lasera oraz kontroli w sześciu powtórzeniach. Uzyskane wyniki wyrażano w cm² z podaniem wartości NIR dla poszczególnych kombinacji.

Po zakończeniu wzrostu i rozwoju roślin w stadium dojrzałości pełnej prowadzono zbiór roślin (3 × 15 roślin z każdej kombinacji), dokonując pomiarów wysokości rośliny, długości kłosa, liczby i masy ziaren z kłosa oraz masy 1000 ziarniaków.

WYNIKI I DYSKUSJA

Biorąc pod uwagę biostymulujący wpływ światła lasera na aktywność mitotyczną komórek merystematycznych żyta wyrażoną wzrostem indeksu mitotycznego (Kobrzyński i Różanowski, 2000) oraz stymulacyjny wpływ na wzrost syntezy DNA i podziałów komórkowych (Karu, 1988) jest niewątpliwie interesującym wpływ światła lasera na wzrost i rozwój rośliny. Jednym z analizowanych parametrów w przeprowadzonych badaniach u jęczmienia jest powierzchnia blaszki liściowej. Uzyskane wartości dla poszczególnych czasów naświetlania oraz badanych linii DH łącznie przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Wpływ czasu naświetlania laserem na rozmiar liści roślin w liniach DH jęczmienia jarego — ocena łączna

The effect of a dose irradiation on the leaf size in DH lines of spring barley

Kombinacje Combination	Powierzchnia liścia (cm ²) Leaf blade area (cm ²)		
	średnia mean	liść flagowy flag leaf	liść podflagowy penultimate leaf
Kontrola Control	14,06	6,88	21,25
Laser 60 min.	23,11	12,80	33,42
Laser 180 min.	24,87	15,00	34,74
NIR ($\alpha = 0,05$)			
LSD ($\alpha = 0,05$)	1,36		1,92

Wartości średnich dla liścia flagowego i podflagowego łącznie wskazują na istotny wzrost powierzchni liści w kombinacjach ze światłem lasera w porównaniu z kontrolą. Również istotnie od kontroli badane linie różniły się pod względem liścia flagowego

i podflagowego. Mimo, że obydwie dawki światła lasera zwiększały powierzchnię liści, czas ekspozycji 180 minut był bardziej efektywny w tym względzie, zwłaszcza w odniesieniu do liścia flagowego. Fotosynteza i transpiracja liścia są istotnymi czynnikami promującymi wzrost i plonowanie roślin (Górny, 2001), a fotosyntetyczna aktywność najwyższej położonych liści na roślinie ma szczególne znaczenie podczas nalewania ziaren (Loss i Sidique, 1994; Turner, 1997). Istotny, biostymulujący wpływ światła lasera w odniesieniu do liścia flagowego wydaje się tu szczególnie interesujący. Na wielkość liścia flagowego mają też wpływ inne czynniki jak ograniczone nawożenie redukujące nie tylko wielkość liścia, ale również intensywność fotosyntezy oraz efektywność wymiany gazowej. Jednocześnie okazuje się, że zróżnicowanie parametrów fotosyntezy jest zależne nie tylko od wielkości liścia, ale także ich położenia na roślinie (Austin, 1989; Del Blanco i in., 2000).

Powierzchnia liści zależna była od genotypowych właściwości badanych linii (tab. 2). Odminną reakcję na światło lasera obserwowano u nagoziarnistej linii DH-R63N/14, która efektywnie wykorzystywała pochłanianą energię światła lasera w kierunku zwiększenia powierzchni zarówno liścia flagowego, jak i podflagowego. Średnia powierzchnia obu rodzajów liści dla tej linii wynosiła 26,4 cm², a u pozostałych linii 17,6–19,4 cm². Dla liścia flagowego linii R63N/14 powierzchnia wynosiła 15,6 cm², a dla pozostałych linii od 8,8–11,2 cm². W odniesieniu do liścia podflagowego wartości te wynosiły kolejno 37,2 cm² oraz 26,4–27,9 cm². Najmniej (statystycznie nieistotnie) pod względem badanej cechy różniły się między sobą linie R58N/91 i R63N/34.

Tabela 2

Wpływ naświetlania laserem na rozmiar liści roślin poszczególnych linii DH jęczmienia jarego
The effect of laser irradiation on the leaf size in particular DH lines of spring barley

Linie DH DH lines	Powierzchnia liścia (cm ²) Leaf blade area (cm ²)		
	średnia mean	liść flagowy flag leaf	liść podflagowy penultimate leaf
R58N/48	17,63	8,82	26,44
R58N/91	19,33	10,76	27,90
R63N/34	19,45	11,21	27,69
R63N/14	26,41	15,63	37,19
NIR ($\alpha = 0,05$)			
LSD ($\alpha = 0,05$)	1,57		2,22

Wpływ poszczególnych dawek światła lasera w odniesieniu do każdej z badanych linii przedstawiono w tabeli 3. Światło lasera w porównaniu z kontrolą wpłynęło na wzrost powierzchni liścia. Wyjątek stanowiła tu linia R58N/48, dla której ekspozycja 60 minut wywołała redukcję powierzchni liścia flagowego przy nieznacznej biostymulacji powierzchni liścia podflagowego. Wysoce efektywne okazało się światło lasera dla linii R63N/14, a zwłaszcza R58N/91, która charakteryzowała się najmniejszą powierzchnią obu rodzajów liści w kombinacji kontrolnej. Dla tej ostatniej linii wzrost powierzchni był szczególnie efektywny dla liścia flagowego przy 180 minutach ekspozycji światła lasera. Obserwowane zróżnicowanie powierzchni liści między liniami zależne jest od ich

genotypowych właściwości. Powierzchnia najwyższej położonych liści ulegała zmianie wraz z postępowaniem hodowlanym. Starsze odmiany pszenicy charakteryzowały się tendencją do formowania najwyższej położonych liści o powierzchni od 41,8–46,0 cm² (indeks plonu 39,6–45,1%) przy powierzchni liści u nowoczesnych odmian wynoszących 37,7–43,0 cm² i indeksie plonowania 48,8–49,9% (Górny i Garczyński, 2002). Ponadto generalnie mniejsze liście nowoczesnych odmian wykazują tendencję do większej aktywności fotosyntetycznej oraz efektywności wymiany gazowej na jednostkę powierzchni aniżeli większe liście starszych odmian.

Tabela 3

Wpływ czasu naświetlania laserem na rozmiar liści (cm²) roślin poszczególnych linii DH jęczmienia jarego

The effect of a dose irradiation on the leaf size (cm²) in particular DH lines of spring barley

Linie DH DH lines	Kontrola Control			Laser 60 minut Laser 60 minutes			Laser 180 minut Laser 180 minutes		
	średnia mean	liść flagowy flag leaf	podflagowy penultimate	średnia mean	liść flagowy flag leaf	podflagowy penultimate	średnia mean	liść flagowy flag leaf	podflagowy penultimate
R58N/48	17,04	9,37	24,71	16,35	7,35	25,35	19,48	9,73	29,24
R58N/91	9,48	4,12	14,85	23,71	12,90	34,53	24,51	14,68	34,32
R63N/34	12,81	6,52	19,10	21,79	12,63	30,95	23,69	14,35	33,03
R63N/14	16,86	7,37	26,36	30,57	18,31	42,84	31,79	21,21	42,38
NIR ($\alpha = 0,05$)	2,72	3,84	3,84	2,72	3,84	3,84	2,72	3,84	3,84
LSD ($\alpha = 0,05$)									

Mimo, że średnia powierzchnia badanych liści u linii wyjściowej R58N/48 była wyższa aniżeli u linii R63N/14 (tab. 3) to zastosowane światło lasera w obu dawkach energii istotnie wpływało na powierzchnie liści dla linii R63N/14, a uzyskane wartości były tu najwyższe spośród wszystkich analizowanych form. Wzrost powierzchni liści kukurydzy po działaniu światła lasera He-Ne obserwował Lipski (2001) w doświadczeniu wazonowym u roślin w fazie początku wiechowania. Podobnie jak w przeprowadzonych przez nas badaniach powierzchnia liści wzrastała wraz ze wzrostem dawek lasera, a także ze zwiększeniem uwilgotnienia naświetlanych ziaren. Dla najwyższej z dawek energii światła lasera i wysokiego stopnia uwilgotnienia ziaren kukurydzy obserwowano wzrost powierzchni liści z rośliny z 158 dm² (kombinacja bez naświetlania) do 190 dm² (laser), co przyczyniało się do zwiększenia suchej masy pojedynczej rośliny o około 10%. Wzrost powierzchni liści, masywniejszą łodygę i zwiększoną odporność owoców na odkształcenie obserwowano po działaniu światła lasera u pomidora (Koper i in., 2001). U buraka cukrowego światło lasera istotnie wpływało na plon liści z jednostki powierzchni, przy czym autorzy nie podają wpływu lasera na powierzchnie liści (Wójcik, 2001).

Strukturę plonu linii DH dla form wyjściowych i kombinacji ze światłem lasera przedstawiono w tabeli 4. Światło lasera generalnie, niezależnie od dawki energii wpływało na wzrost wysokości roślin, długości kłosa oraz parametrów plonowania. Analiza plonowania nie wskazuje jednoznacznie, która z obu dawek energii światła lasera była efektywniejsza w indukowaniu stymulacji. Dane dotyczące masy ziaren w kłosie a zwłaszcza masy 1000 ziaren sugerują wyższą efektywność czasu naświetlania 60 minut,

a w kilku wypadkach czas 180 minut w porównaniu z kontrolą nieznacznie redukował wartości niektórych cech. Wzrost plonowania po działaniu światła lasera obserwowano oprócz jęczmienia (Rybiński i in., 1993; Dziamba i Dziamba, 2001) także u pszenicy jarej (Dziamba i Koper, 1992), bobiku (Podleśny, 1997 a), buraka cukrowego (Wójcik, 2001), łubinu (Podleśny, 1997 b), oraz ogórka i pomidora (Klimont, 2001).

Tabela 4

Wartości średnich cech struktury plonu roślin wyjściowych linii DH (kontrola) oraz roślin uzyskanych po naświetlaniu światłem lasera ziarniaków przy czasach ekspozycji 60 i 180 minut
Means for yield structure parameters of plants in initial DH lines (control) and plants obtained after grains irradiation for 60 or 180 minutes

Linie — kombinacje Lines — combinations	Wysokość roślin (cm) Plant height (cm)	Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	Liczba ziaren z kłosa Grains no. per spike	Masa ziaren z kłosa (g) Grains weight/spike	Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains
R58N/48					
Kontrola Control	50,7	6,0	17,9	0,74	41,2
Laser 60 min	53,4	6,2	19,6	0,82	43,0
Laser 180 min.	51,5	6,1	20,2	0,78	39,8
R58N/91					
Kontrola Control	71,1	7,0	18,4	0,70	38,2
Laser 60 min	75,5	7,3	18,7	0,86	45,2
Laser 180 min.	73,3	6,8	18,8	0,88	44,4
R63N/34					
Kontrola Control	64,3	8,5	19,2	1,04	52,2
Laser 60 min	65,2	8,5	19,6	1,09	55,9
Laser 180 min.	67,1	8,7	20,2	1,09	54,2
R63N/14					
Kontrola Control	55,2	7,5	18,0	0,87	46,3
Laser 60 min	59,7	8,2	19,1	0,98	50,1
Laser 180 min.	59,3	8,0	19,2	0,87	45,6
NIR ($\alpha = 0,05$)	1,9	0,4	1,1	0,10	3,3
LSD ($\alpha = 0,05$)					

Zagadnienie roli najwyższej położonych liści w procesie wypełniania ziaren (także w kontekście wystąpienia czynników stresowych) jest dość złożone i niejednoznaczne. Badania Górnego i Garczyńskiego (2002) prowadzone na pszenicy wykazały, że liść flagowy i podflagowy wykazywały zróżnicowaną intensywność fotosyntezy i obniżoną efektywność wymiany gazowej na jednostkę powierzchni w porównaniu z niżej położonymi liśćmi, przy czym mniejsze liście nowoczesnych odmian w porównaniu z odmianami starszymi o większych liściach wykazywały tendencje do wyższej intensywności fotosyntezy i wyższej efektywności wymiany gazowej na jednostkę powierzchni liścia. Według Evansa i Dunstone (1970) wyjaśnieniem obniżenia fotosyntezy u większych liści jest ich wyższa odporność do wymiany CO₂ poprzez redukcję stosunku powierzchni do objętości większych mezofilowych komórek. Niewątpliwie istotną cechą liścia flagowego w kontekście formowania plonu jest jego okres trwania w fazie zielonej.

Według Oosteroma i in. (1996) zdolność najwyższej położonych liści i międzywęźli do pozostawania w stanie fotosyntetycznej aktywności podczas nalewania ziaren może mieć istotną wartość adaptacyjną. Starsze odmiany pszenicy wyróżnia krótszy okres trwania zielonego liścia flagowego, a liść flagowy odmian nowoczesnych zamierał 2–8 dni później aniżeli u starych odmian. W warunkach obniżenia poziomu NPK długość trwania liścia flagowego pszenicy w stanie zielonym była ściśle skorelowana z indeksem plonu i dla obu cech obserwowano wysoki, pozytywny stopień korelacji ze współczynnikiem wykorzystania wody w fazie generatywnej (Górny i Garczyński, 2002). To z kolei może się przyczyniać do poprawienia efektywności wykorzystania wody w formowaniu ziaren. Liść flagowy i podflagowy w kombinacji ze światłem lasera pozostawał dłużej zielony aniżeli w kombinacji kontrolnej, co mogło mieć wpływ na obserwowaną biostymulację parametrów plonowania. Cecha ta obserwowana u roślin po działaniu lasera wydaje się mieć szczególne znaczenie, a badania nad analizą intensywności fotosyntetycznej w kontekście wzrostu powierzchni najwyższej położonych liści winny przyczynić się do pełniejszego poznania biostymulacyjnego działania światła lasera.

WNIOSKI

1. Biostymulacyjne działanie światła lasera helowo-neonowego o długości fali 632 nm wyrażało się wzrostem powierzchni liścia flagowego i podflagowego w porównaniu z kombinacją kontrolną.
2. Dłuższa ekspozycja światłem lasera miała wpływ na zwiększenie powierzchni asymilacyjnej dwóch najwyższej położonych na roślinie liści, przy czym różnice w reakcji między dwoma stosowanymi dawkami energii w kilku wypadkach były statystycznie nieistotne.
3. Wartości biostymulacji cechy powierzchni liścia flagowego i podflagowego zależne były od rodzaju linii DH użytych do naświetlania ziarniaków, przy czym formy nagoziarniste w porównaniu z oplewionymi bardziej efektywnie wykorzystywały światło lasera do zwiększenia powierzchni blaszki liściowej.
4. Światło lasera w porównaniu z kombinacją bez naświetlania wywoływało wzrost parametrów struktury plonu, przy czym dawka energii w czasie 60 minut w odniesieniu do masy ziaren z kłosa oraz masy 1000 ziaren była bardziej efektywna aniżeli dawka energii w czasie 180 minut powodująca w kilku wypadkach redukcje plonowania.

LITERATURA

- Austin R. B. 1989. Genetic variation in photosynthesis. J. Agric. Sci. 112: 287 — 294.
- Berns M. W., Olson R. S., Rounds D. E. 1969. *In vitro* production of chromosomal lesions using an argon ion laser microbeam. Nature 221: 74 — 75.
- Del Blanco L. A., Rajaram S., Kronstad W. E., Reynolds M. P. 2000. Physiological performance of synthetic hexaploid wheat-derived populations. Crop. Sci. 40: 1257 — 1263.
- Drozd D. T., Szajsner H. A., Turzyniecka-Małysz H. 2001. Zastosowanie światła laserowego do poprawy wartości siewnej pszenicy z lat zbioru 1993–1997. I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 13 — 17.

- Dudin P. 1990. The frequency of waxy mutations in barley treated with laser radiation and phytohormones. *Genetica* 26 (2): 363 — 366.
- Dziamba Sz., Koper R. 1992. Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 1 (33): 88 — 93.
- Dziamba Sz., Dziamba M. 2001. Wpływ przedsiewnego naświetlania nasion światłem na plonowanie i elementy struktury plonu jęczmienia jarego. I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 19 — 24.
- Evans L. T., Dunstone R. L. 1970. Some physiological aspects of evolution in wheat. *Aust. J. Biol. Sci.* 23: 725 — 741.
- Górny A. G. 2001. Photosynthetic activity of flag leaves in diallel crosses of spring barley under varied nutrition and soil moisture. *Cereal Res. Commun.* 29 (1/ 2): 159 — 166.
- Górny A. G., Garczyński S. 2002. Genotypic and nutrition-dependent variation in water use efficiency and photosynthetic activity of leaves in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Appl. Genet.* 43 (2): 145 — 160.
- Hahne G., Hoffmann. 1984. The effect of laser surgery on cytoplasmic streaming in isolated plant protoplast. *Eur. J. Cell Biol.* 33: 175 — 179.
- Karu T. I. 1988. Molecular mechanism of the therapeutic effects of low intensity laser irradiation. *Lasers Life Sci.* 2: 53 — 74.
- Klimont K. 2001. Badanie biostymulacji lasera na wartość siewną nasion i strukturę plonu roślin pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) i ogórka (*Cucumis sativus* L.). I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 132 — 133.
- Kobrzyński M., Różanowski B. 2000. Wpływ metali ciężkich (kadmu i ołowiu) oraz światła laserów He-Ne i AR na aktywność mitotyczną komórek merystematycznych korzeni żyta (*Secale cereale* L.). XIV Zjazd Polskiego Towarzystwa Genetycznego, Poznań, 11–13.06. 2000, Streszczenia: 279.
- Koper R. 1993. Biuletyn Urzędu Patentowego 9.
- Koper R., Truchliński J., Więclaw A., Gagoś M. 2001. Przedsiewna biostymulacja laserowa wiązką naturalną nasion pomidorów. I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 138 — 139.
- Laszkiewicz E. 2001. Zastosowanie biostymulacji laserowej do podwyższenia wartości siewnej odmian pszenicy twardej (*Triticum durum*). I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 45 — 50.
- Lipski S. 2001. Efektywność biostymulacji laserowej kukurydzy (*Zea mays* L.) w zależności od stopnia uwilgotnienia nasion. I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 51 — 56.
- Loss S. P., Siddique K. H. M. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. *Adv. Agron.* 52: 229 — 276.
- McBridge G., Labounty J., Adams J., Berns M. W. 1974. The totipotency of seta-bearing cells to thallus development in green alga *Coleochaete scutata*. A laser microbeam study. *Develop. Biol.*, 37: 90 — 99.
- Oosterom E. J., Jayachandran R., Bidinger F. R. 1996. Diallel analysis of the stay-green trait and its components in sorghum. *Crop Sci.*, 36/3: 549 — 555.
- Podleśny J. 1997 a. Wpływ przedsiewnego traktowania nasion światłem laserowym na kształtowanie cech morfologicznych i plonowanie bobiku. *Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych* 446: 435 — 439.
- Podleśny J. 1997 b. Wpływ przedsiewnego traktowania nasion światłem laserowym na kształtowanie cech morfologicznych i plonowanie łubinu białego. Łubin we Współczesnym Rolnictwie. Olsztyn-Kortowo, Materiały Konferencyjne: 87 — 92.
- Rybiński W., Patyna H., Przewoźny T. 1993. Mutagenic effect of laser and chemical mutagens in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Genet. Pol.* 34: 337 — 343.
- Rybiński W. 2001. Influence of laser beams combined with chemomutagen (MNU) on the variability of traits and mutation frequency in spring barley. *Int. Agrophysics* 15: 115 — 119.

- Szajsner H. A., Drozd D. T. 2001. Ocena przedsiewnej biostymulacji laserowej u odmian pszenżyta. I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 95 — 98.
- Szyrmer J., Klimont K. 1999. Wpływ światła lasera na jakość nasion fasoli (*Phaseolus vulgaris* L.). Biul. IHAR 210: 165 — 168.
- Turner N.C. 1997. Further progress in crop water relations. Adv. Agron., 58: 293 — 338.
- Wójcik S. 2001. Plonowanie i jakość korzeni buraka cukrowego w zależności od sposobu przedsiewnej biostymulacji nasion. I Międzynarodowa konferencja naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”, Lublin, 26–28.09. 2001, Referaty i Doniesienia: 113 — 120.

PODZIĘKOWANIE

Panu Prof. Ludwikowi Pokorze oraz Centrum Techniki Laserowej w Warszawie za umożliwienie korzystania z aparatury laserowej.

HENRYK J. CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Odporność krajowych odmian jęczmienia ozimego na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*)

Resistance of native winter barley cultivars to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*)

Przedstawiono genetyczne uwarunkowania odporności na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) u 10 polskich odmian jęczmienia ozimego wpisanych do Rejestru Odmian w Polsce. Wszystkie odmiany mają jeden lub więcej genów odporności związanych z loci Mlra, Mla6, Mla13, MLa i MlBw. Na populację mączniaka występującą w Polsce wszystkie odmiany są podatne. Nieco mniej porażane są odmiany z genem MLa.

Słowa kluczowe: jęczmień, mączniak prawdziwy, odporność odmian

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) of 10 cultivars of winter barley from Polish Official List is presented. All cultivars have one or more genes for resistance in loci Mlra, Mla6, Mla13, MLa and MlBw. All cultivars are susceptible to powdery mildew population in Poland. Only cultivars with gene MLa have some level of resistance.

Key words: barley, powdery mildew, resistance of cultivars

WPROWADZENIE

Jęczmień ozimy w Polsce ma mniejsze znaczenie ekonomiczne, uprawia się go na pięciokrotnie mniejszej powierzchni od jęczmienia jarego (Anonymous, 2002). Z uwagi na warunki klimatyczne uprawa jęczmienia ozimego skoncentrowana jest w zachodniej części Polski i w tych rejonach odporność na patogeny uprawianych odmian ma istotne znaczenie dla wysokości oraz stabilności plonowania. Ograniczeniu strat w plonie i jakości ziarna można przeciwdziałać przez stosowanie w produkcji odpowiednich fungicydów, uprawę odmian odpornych i wykorzystanie naturalnych mechanizmów współzależności między sobą roślin, patogenów i środowiska (Czembor, Gacek 1990, Gacek 1990). Stosowanie fungicydów, nawet w krajach wysoko rozwiniętych budzi zastrzeżenia natury ekonomiczne (wysokie koszty produkcji) a przede wszystkim ekologicznej. We współcześnie stosowanych agroekosystemach pierwszorzędne znaczenie ma ograniczanie

chemicznych środków ochrony roślin na rzecz wykorzystania odporności roślin na stresy biotyczne i abiotyczne (Gacek i in., 1996). Uprawa odmian odpornych o możliwie zróżnicowanym uwarunkowaniu genetycznym ich odporności jest jednym z ważniejszych elementów nowoczesnej proekologicznej produkcji roślinnej. Nie bez znaczenia jest również fakt, że plantacje jęczmienia ozimego stanowią pomost infekcyjny między sezonami wegetacyjnymi (Jensen, Jorgensen, 1981; Czembor, 1984; Wolfe, McDermott, 1994).

W pracy przedstawiono genetyczne uwarunkowania odporności odmian jęczmienia ozimego krajowej hodowli na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) na tle patogeniczności aktualnej populacji mączniaka i ważniejszych źródeł odporności.

PATOGENICZNOŚĆ *BLUMERIA GRAMINIS* F. SP. *HORDEI*

Populacja *Blumeria graminis* f. sp. *hordei* złożona jest z wielu patotypów o mniej lub bardziej złożonych kombinacjach wirulencji i awirulencji w stosunku do uprawianych odmian. W badaniach krajowych w ostatnich latach zidentyfikowano wiele patotypów mączniaka na zestawie 25 linii izogenicznych i 8 odmianach różnicujących. Ważniejsze z nich przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Ważniejsze geny patogeniczności w populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* w Polsce (Czembor i Czembor, 2004)

Important virulence genes in population of *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* in Poland (Czembor and Czembor, 2004)

Częstotliwość genów patogeniczności (%) Frequency of pathogenicity genes (%)				
100–75	74–50	49–25	24–1	0,0
<i>Vra</i> , <i>V(Ab)</i>	<i>V(Kr)</i> , <i>Va13</i>	<i>Va22</i> , <i>Va9</i>	<i>V(Tu2)</i>	<i>Vo5</i> , <i>Va23</i> ,
<i>V(La)</i> , <i>Vh</i> ,	<i>Va10</i> , <i>V(IM9)</i>	<i>Va3</i> , <i>Va1</i>		<i>Vp</i>
<i>Vg</i> , <i>Va7</i> ,	<i>Va7</i> + <i>Vk</i>	<i>Vat</i>		
<i>Va7</i> + <i>V(LG2)</i> ,	<i>Va10</i> , <i>V(Du2)</i>	<i>V(St1)</i>		
<i>V(Bw)</i> ,	<i>Vnn</i> , <i>Vk</i>			
<i>Va12</i> , <i>Va6</i> , <i>Va14</i>				

Dane te wskazują na dużą genetyczną różnorodność krajowej populacji patogena. Powszechne jest występowanie w populacji mączniaka genów patogeniczności w stosunku do znanych i używanych w hodowli genów odporności, jak: *Mlg*, *Mla6*, *Mla7*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *MI(Bw)*, *MI(La)*, *MIra*. Metodą ruchomych szkólek Gacek i Czembor (1988) stwierdzili, że w naturalnej populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* występują wirulencje zdolne do porażania niemal wszystkich znanych źródeł odporności jęczmienia na mączniaka. Z największą częstotliwością, rzędu 70–100%, występowały wirulencje korespondujące ze źródłami Pflug Intensive (*Mlg/MICP*), Spontaneum (*Mla6*), Lyallpur (*Mla7*), Emir (*Mla12*) i Borwina (*MIBw*). Podobnie jak w świecie, nie stwierdzono w Polsce występowania patogeniczności typu *Vo* (Czembor i Czembor, 2004; Hovmoller i in., 2000).

Znaczna liczba patotypów świadczy o dużej zdolności przystosowywania się populacji mączniaka do zmian zachodzących w doborze odmian do uprawy, a mające nowe geny odporności (Czembor, 1981; Czembor, Kudła, 1984; Gacek, Czembor, 1988). Poza nielicznymi wyjątkami, jak odporność typu *Mlo* czy też *MI(La)*, patogen w stosunkowo krótkim czasie reaguje tworzeniem i rozprzestrzenianiem się patotypów zdolnych do porażania nowych odpornych odmian (Van der Plank, 1968; Czembor, 1976; Czembor 1981; Czembor, Kudła, 1984; Hovmoller i in., 2000). Dynamika rozprzestrzeniania się nowych kombinacji wirulencji jest dodatnio skorelowana z dynamiką rozprzestrzeniania się odmian z nowymi genami odporności (Jorgensen, Torp, 1978; Wolfe, McDarmott, 1994).

GENETYCZNE UWARUNKOWANIE ODPORNOŚCI ODMIAN NA PORAZENIE PRZEZ
BLUMERIA GRAMINIS F.SP. *HORDEI*

W tabeli 2 przedstawiono 10 polskich odmian jęczmienia ozimego wpisanych do Rejestru Odmian w Polsce, w latach 1987 do 2003. Wszystkie odmiany wymienione w tabeli 2 mają geny odporności na mączniaka związane z 4 loci, tj. z *Mlra*, *Mla*, *MI(Bw)* i *MI(La)*.

Tabela 2

Geny odporności na mączniaka u polskich odmian jęczmienia ozimego (Anonymous, 2003 a)
Resistance genes to powdery mildew of Polish winter barley varieties (Anonymous, 2003 a)

Grupa <i>Mlra</i> Group <i>Mlra</i>	Grupa <i>Mla</i> Group <i>Mla</i>	Grupa <i>MI(Bw)</i> Group <i>MI(Bw)</i>	Grupa <i>MI(La)</i> Group <i>MI(La)</i>
Drop <i>Mlra</i> Paweł <i>Mlra</i> Kroton <i>Mlra</i> + <i>Mla6</i> Tramp?(<i>Mlra</i>)	Kos <i>Mla6</i> +? Horus <i>Mla6</i> +?	Gregor <i>MI(Bw)</i> +? Bażant <i>MI(Bw)</i> +? Bursztyn <i>MI(Bw)</i> +?	Gil <i>MI(La)</i> + <i>Mla13</i>

U kilku odmian jak dotąd nie określono jednoznacznie wszystkich genów warunkujących odporność na zestaw izolatów różnicujących (Czembor i Czembor, 1999, 2001). Ze względu na zakres odporności poszczególnych odmian na znane geny patogeniczności w populacji mączniaka w Polsce (Czembor i Czembor, 2004), można wydzielić 6 jej typów:

1. Odporność typu *Mlra*, (donor: Ragusa b) jest obecna w odmianach Drop, Paweł i prawdopodobnie w Tramp. Odporność pochodząca od Ragusa b była intensywnie wykorzystywana w hodowli jęczmienia ozimego w Niemczech (Jensen, Jorgensen 1981). Odmiany z genem *Mlra* są podatne na większość patotypów występujących w Polsce (Czembor, Czembor, 2001).
2. Odporność typu *Mlra* + *Mla6*, (donor: Ragusa b + *H. spontaneum*) jest obecna w odmianie Kroton. Geny *Mlra* i *Mla6* dziedziczą się niezależnie i różnią się reakcją na zakażenie niektórymi patotypami. Odmiany z genami *Mlra* i *Mla6*, często występujące razem z mało efektywnym genem *Mla14*, są podatne na mączniaka w Polsce (Czembor i Czembor, 2001).

3. Odporność typu *Mla6*, (donor: *H. spontaneum*) została stwierdzona w odmianie Kos. Odporność warunkowana genem *Mla6* jest w starszych europejskich odmianach (Czembor, 1976; Jensen i in., 1992), które są podatne na aktualną populację mączniaka (Czembor i Czembor, 2001).
4. Odporność typu *Mla6* +? (*Mla14*), (donor: *H. spontaneum*) jest w odmianie Horus. Oba geny występują razem w głównych źródłach ich pochodzenia, tj. w odmianie Franger i linii Voldagsen 8141/44. Odmiany z odpornością od *H. spontaneum* są podatne na mączniaka w Polsce (Czembor i Czembor, 2001).
5. Odporność typu *MI(Bw +?)*, (donor: Borwina) jest w odmianach Bażant, Bursztyn i Gregor. Odmiana Borwina w latach osiemdziesiątych była dość powszechnie wykorzystywana w programach hodowlanych w Polsce, Czechosłowacji i NRD (Dreiseitl, 1997; Czembor i Czembor, 2001). Korzystano z tej odmiany głównie dla jej wysokiej plenności i dobrej zimotrwałości, a nie jako źródła odporności, ponieważ Borwina jest podatna na większość patotypów występujących w Polsce (Czembor, 1984; Czembor i Czembor, 2001).
6. Odporność typu *MI(La) + Mla13*, (donor: *Hordeum laevigatum* + Rupee) jest w odmianie Gil. Obecność genu *MI(La)* warunkuje średnią odporność na mączniaka, polegającą na spowolnieniu i mniejszym nasileniu występowania patogena na zainfekowanych roślinach (Gacek, Czembor, 1983). Gen *Mla13*, często spotykany w odmianach jęczmienia jarego w Europie, ma szerokie spektrum specyficznej odporności (Hovmoller i in., 2000).

DYSKUSJA

W starszych odmianach: Drop, Paweł, Kos, Kroton, Horus, Tramp, dominuje odporność pochodząca od Ragusa b i *Hordeum spontaneum*. W młodszych: Gregor, Bażant, Bursztyn jest odporność typu Borwina. Uwzględniając geny odporności w odmianie Gil (*MI(La) + Mla13*), w polskiej hodowli efektywnie (odmiany wpisane do rejestru odmian) wykorzystano 6 typów odporności uwarunkowanych 5 genami lub ich kombinacjami.

Genetyczne uwarunkowania odporności polskich odmian jęczmienia ozimego na mączniaka w części pokrywają się z sytuacją istniejącą w innych krajach europejskich, z których dorobku korzystamy w krajowej hodowli i w doborze odmian do produkcji (Anonymous, 2003 a). W Niemczech na 81 zarejestrowanych odmian w latach 1985 do 2003 roku, w 77 stwierdzono obecność 11 genów, w tym u 16 odmian po dwa różne geny (Anonymous, 2003). Ponad 68% odmian niemieckich ma odporność warunkowaną jednym z trzech genów: *Mla7*, *Mla6* i *Mla3*. Gen *Mla7*, pochodzący od Lyallpur jest obecny przede wszystkim w odmianach dwurzędowych, a takich jest ponad połowa w niemieckim rejestrze. Wśród tej grupy odmian dość często spotyka się gen *MI(St)* z jarej odmiany Steffi (Anonymous, 2003). Oba geny, *Mla7* i *MI(St)* oraz rzadziej spotykane geny *Mla3*, *Mla12*, *MI(Ab)* przeniesiono do form ozimych w celu wyhodowania odmian dwurzędowych browarnych (Dreiseitl, 1997; Hovmoller i in., 2000). W polskim rejestrze nie ma jeszcze odmian dwurzędowych, natomiast w rodach w badaniach rejestrowych są formy

dwurzędowe z odpornością uwarunkowaną genami *Mla7*, *Mla12*, *Mla13*, typowymi dla odmian jarych (Czembor i Czembor, 2001).

W Danii przewaga odporności pochodzącej od Ragusa b i *Hordeum spontaneum* jest znacząca, stanowi ponad 50% z 22 odmian zarejestrowanych. Wśród dwurzędowych odmian, których w rejestrze jest 19, ponad 40% ma geny odporności (*MISt*) i (*Mla7*), pochodzące odpowiednio od Steffi i Lyallpur (Jensen, Lawaetz, 2003).

Z odmian z Wielkiej Brytanii w mniejszym stopniu korzystamy w doborze do produkcji, jednak z uwagi na ich duży potencjał plonowania, a przede wszystkim na wyższą odporność na ryńchosporiozę od innych odmian europejskich (Jones, Newton, 2001), korzystamy z nich w programach hodowlanych. Wśród 19 odmian z Listy Rekomendowanych, 17 ma odporność na mączniaka od Ragusa b, przeważnie w kombinacji z innymi genami: *Mla6*, *Mla7*, *Mla12*, *Mlg/MICP*, *Mlh*, *MILa* (Slater, Clarkson, 2003).

W innych krajach Europy odmiany jęczmienia ozimego mają podobne typy odporności, przeważnie związane z genami *Mr*a, *Mla6*, *MI(Bw)*, *Mlh*, a w nowszych odmianach dwurzędowych *Mla7*, *Mla12* i *MI(St)*. Sporadycznie można spotkać odmiany z genami *Mla3*, *Mla9*, *Mla13*, *MIAb* (Caffier i in., 1996; Hovmoller i in., 2000).

W populacji mączniaka w Polsce występują z różnym nasileniem patotypy wirulentne w stosunku do wszystkich genów obecnych w odmianach krajowych jęczmienia ozimego (tab. 1). Częściej występują patotypy wirulentne w stosunku do odmian starszych z genami *Mlar*, *Mla6*, *MI(Bw)*. Zarejestrowane w Polsce odmiany zagraniczne mają podobne uwarunkowania genetyczne odporności, jak odmiany polskie i wszystkie są podatne na mączniaka. Na osiem odmian, cztery mają gen *Mla6*, jedna *Mla7* i dwie bliżej nieoznaczone (Anonymous, 2003 a).

Geny główne odporności na mączniaka w ciągu ostatnich sześćdziesięciu lat najczęściej znajdowano i wprowadzano do uprawnych z odmian miejscowych (Wiberg, 1974; Jensen, Jorgensen, 1981). Wprowadzanie nowych genów do europejskich odmian jest konieczne, ponieważ często geny warunkujące wysoką odporność nowych odmian w stosunkowo krótkim czasie są nieefektywne w stosunku do nowych genów wirulencji, które pojawiają się w wyniku presji selekcyjnej na populację patogena (Wolfe, McDarmott, 1994). W latach dziewięćdziesiątych, najpierw w Niemczech a później i w innych krajach, rozpoczęto wprowadzanie nowych genów z *H. spontaneum* do programów hodowli odmian jęczmienia ozimego (Kintzios, Fischbeck, 1996). Nowe źródła odporności z *H. spontaneum* na populację mączniaka w Europie mają geny przeważnie związane z locus *Mla* (Jahoor, Fischbeck, 1987; Kintzios, Fischbeck, 1996 a). W tabeli 3 zamieszczono wykaz ważniejszych genów odporności na mączniaka, tych które zostały wykorzystane w przeszłości w europejskiej i polskiej hodowli jęczmienia ozimego oraz nowe geny z *H. spontaneum* aktualnie wprowadzane do materiałów wyjściowych wytwarzanych w IHAR.

Tabela 3

**Geny odporności na mączniaka (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) wykorzystywane w hodowli
jęczmienia ozimego w Polsce**
**Resistance genes of powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) used in Poland for winter barley
breeding**

Geny odporności Resistance genes	Źródło pochodzenia Main donor	Literatura References
<i>Mla</i> 3	Ricardo CI 6303	Czembor, 1976
<i>Mla</i> 6, <i>Mla</i> 14	Voldagsen 8141/44	Czembor, 1976
<i>Mla</i> 7, <i>Mlk</i>	Lyallpur 3645	Czembor, 1984
<i>Mla</i> 12, <i>Mla</i> (Em 2)	Arabische	Jensen i in., 1992
<i>Mla</i> 13, <i>Mla</i> (Ru 3), <i>Mla</i> (Ru 4)	Rupee CI 16155	Jensen i in., 1992
<i>Mla</i> 16	<i>H. spontaneum</i> 1B-54B	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 17	<i>H. spontaneum</i> RS 170-47	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 18	<i>H. spontaneum</i> RS 20-1	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 19	<i>H. spontaneum</i> 1B-86B	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 20	<i>H. spontaneum</i> RS 145-39	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 21	<i>H. spontaneum</i> 1-B15213	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 25	<i>H. spontaneum</i> RS 170-10	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 26	<i>H. spontaneum</i> 1B-20	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 27	<i>H. spontaneum</i> RS 1-8	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 28	<i>H. spontaneum</i> 1B-151	Jahoor i Fischbeck, 1987
<i>Mla</i> 29	<i>H. spontaneum</i> RS 110-4	Kintzios i in., 1992
<i>Ml</i> (Ab)	Sv 83380	Jensen i in., 1992
<i>Ml</i> (Bw)	Borwina	Anonymous, 2003
<i>Mlg</i> , <i>Ml</i> (CP)	Weihenstephan 127422 CI 13125	Czembor, 1984
<i>MlLa</i>	<i>H. laevigatum</i>	Jensen i in., 1992
<i>Mlra</i>	Weihenstephan 41/145	Jensen i Jorgensen, 1981
<i>Ml</i> (St)	Steffi	Anonymous, 2003
<i>Ml</i> (Sl-1)	<i>H. spontaneum</i> Sl-1(RS1-12)	Anonymous, 2003
<i>Mlf</i> , <i>Mlt</i>	<i>H. spontaneum</i> Sl-4(1-B-87)	Anonymous, 2003
<i>Ml</i> (1-B-53)	<i>H. spontaneum</i> (1-B-53)	Anonymous, 2003
<i>Ml</i> (Wl-1)	<i>H. spontaneum</i> Wl-1(RS-142-29)	Anonymous, 2003

LITERATURA

- Anonymous 2002. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Anonymous 2003. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2003, Getreide, Mais, Ölfruchte, Leguminosen, Hackfruchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 40 — 42.
- Anonymous 2003 a. Lista odmian roślin rolniczych 2003. COBORU, Słupia Wielka: 78 — 79.
- Caffier V., Hoffstadt M., Leconte M., de Vallaville-Pope. 1996. Seasonal changes in pathotype complexity in French populations of barley powdery mildew. Plant Pathology 45: 454 — 468.
- Czembor H. J. 1976. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*. Hod. Rośl. Aklim. 20, z. 5: 466 — 490.
- Czembor H. J. 1981. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f.sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1975–1979. Hod. Rośl. Aklim. 25, z. 5/6: 215 — 226.
- Czembor H. J. 1984. Odporność jęczmienia ozimego na mączniaka (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f. sp. *hordei*). Hod. Rośl. Aklim. 28, z. 1: 1 — 31.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1999. Powdery mildew resistance in cultivars of winter barley from Polish Register. Plant Breeding and Seed Science 43 (1): 65 — 75.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2001. Resistance to powdery mildew in barley cultivars and breeding lines included in 1998–2000 in Polish registration trials. Plant Breeding and Seed Science 45 (1): 21 — 41.

- Czembor H. J., Czembor J. H. 2004. Spektrum patogeniczności *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* w Polsce w latach 1999-2001. Biul. IHAR 231: 377 — 386.
- Czembor H. J., Gacek E. 1990. Wybrane problemy hodowli odpornościowej zbóż na choroby. Biul. IHAR 173/174: 53 — 64.
- Czembor H. J., Kudła M. M. 1984. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f.sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1975–1979. Hod. Rośl. Aklim. 28, z. 3/4: 219 — 230.
- Dreiseitl A. 1997. Resistance to powdery mildew of barley lines. Genet. a Slecht., 1: 45 — 54.
- Dreiseitl A., Jorgensen J. H. 2000. Powdery mildew resistance in Czech and Slovak barley cultivars. Plant Breed. 119 (3): 203 — 210.
- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC f. sp. *hordei* Marchal). Hod. Rośl. Aklim. 34, 5/ 6: 3 — 48.
- Gacek E., Czembor H. J. 1983. Problem wykorzystania genetycznej odporności w hodowli i uprawie mieszanin zbóż ze szczególnym uwzględnieniem jęczmienia. Biul. IHAR 157: 37 — 45.
- Gacek E., Czembor H. J. 1988. Analiza ilościowa struktury populacji mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*). Biul. IHAR 167: 13 — 19.
- Gacek E., Czembor H. J., Nadziak J. 1996. Wpływ zróżnicowania genetycznego w mieszaninach i mieszkach zbożowych na rozwój chorób i plonowanie. Biul. IHAR 200: 203 — 209.
- Hovmoller M. S., Caffier V., Jalli M., Andersen O., Besenhofer G., Czembor J. H., Dreiseitl A., Flath K., Fleck A., Heinrics F., Jonsson R., Limpert E., Mercer P., Plesnik S., Rashal I., Skinnies H., Slater S., Vronska O. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993–1999. Agronomie 20 (7): 729 — 744.
- Jahoor A., Fischbeck G. 1987. Genetical studies of resistance to powdery mildew in barley lines derived from *Hordeum spontaneum* collected from Israel. Plant Breeding 99: 265 — 273.
- Jensen H. P., Christensen E., Joergensen J. H. 1992. Powdery mildew resistance genes in 127 Northwest European spring barley varieties. Plant Breeding 108: 210 — 228.
- Jensen H. P., Jorgensen J. H. 1981. Powdery mildew resistance genes in Northwest European winter barley varieties. Kgl. Vet.-og Landbohojsk. Arsskrift, 75 — 102.
- Jensen J. W., Lawaetz E. 2003. Varieties of cereals. Pulse Crops and Oil Seed Crops 2003. Gron Viden. Markburg 278: 20 — 24.
- Jones E. R. L., Newton A. C. 2001. *Rhynchosporium* of barley. UK Cereal Pathogen Virulence Survey 2001 Annual Report: 75 — 85.
- Jorgensen J. H., Torp J. 1978. The distribution of spring barley varieties with different powdery mildew resistance in Denmark from 1960 to 1976. Kgl. Vet.- og Landbohojsk. Arsskr. 1978: 27 — 44.
- Kintzios S., Fischbeck G. 1996. Identification of new sources for resistance to powdery mildew in *H. spontaneum* — derived winter barley lines. Genetic Resources and Crop Evolution. 43: 25 — 31.
- Kintzios S., Fischbeck G. 1996 a. Genetic studies on the powdery mildew resistance of winter barley lines derived from *Hordeum spontaneum* accessions collected in Israel. Genetic Resources and Crop Evolution 43:471 — 479.
- Kintzios S., Jahoor A., Fischbeck G. 1992. New sources of mildew resistance in *Hordeum spontaneum* derived winter barley lines. In: Cereal Rust and Mildew-Proceeding of Eighth European and Mediterranean Conference, 1992, Germany: 311 — 313.
- Slater S. E., Clarkson J. D. S. 2003. Mildew of barley. UK Cereal Pathogen Virulence Survey 2002. Annual Report: 1 — 10.
- Van der Plank J. E. 1968. Disease resistance in plants. Academic Press. New York, London.
- Wiberg A. 1974. Genetical studies of spontaneous sources of resistance to powdery mildew in barley. Hereditas 77: 89 — 148.
- Wolfe M. S., McDarmott J. M. 1994. Population genetics of plant pathogen interactions: the example of the *Erysiphe graminis* — *Hordeum vulgare* pathosystem. Annual Review of Phytopathology 32: 89 — 113.

HENRYK J. CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Odporność odmian jęczmienia na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2001 roku

Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in barley cultivars included in 2001 to investigation in Poland

Przedstawiono genetyczne uwarunkowania odporności na mączniaka (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) u 6 odmian jęczmienia ozimego i 21 odmian jęczmienia jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2001 roku. Badane odmiany ozime mają jeden lub więcej genów odporności związanych z loci *Mla3*, *Mla6*, *Mla 7*, *MLk* i jednym bliżej nieokreślonym. U odmian jarych stwierdzono obecność genów *Mla1*, *Mla3*, *Mla9*, *Mla12*, *MLg*, *MLk*, *ML(IM9)*, *ML(St1)* i *mlo*. Na populację mączniaka występującą w Polsce odporne są tylko odmiany z genem *mlo*.

Słowa kluczowe: jęczmień, mączniak prawdziwy, odporność odmian

Genetic resistance for powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) of 6 winter barley cultivars and 21 cultivars of spring barley from Polish Registration trials is presented. All winter cultivars have one or more genes for resistance in loci *MLra*, *Mla6*, *Mla7*, *MLk* and in one not yet identified. Twelve different resistance genes: *Mla1*, *Mla3*, *Mla9*, *Mla12*, *MLg*, *MLk*, *ML(IM9)*, *ML(St1)* and *mlo* were detected at spring varieties. Only cultivars with gene *mlo* have a high level of resistance to powdery mildew in Poland.

Key words: barley, powdery mildew, resistance of cultivars

WPROWADZENIE

Mączniak prawdziwy powodowany przez *Blumeria graminis* D.C. f.sp. *hordei* (Marchal) jest jedną z ważniejszych chorób liści jęczmienia w Polsce. Z większym lub mniejszym nasileniem występuje co roku w całym kraju powodując straty w plonach (Gacek i in., 1996). W sprzyjających warunkach dla rozwoju tej choroby straty w plonie ziarna mogą sięgać 25%, przeciętnie wynoszą ok. 10% (Zwazt, 1987; Atzema, 1998; Czembor, Czembor, 1998). Straty w plonie ziarna można ograniczyć przez stosowanie w produkcji odpowiednich fungicydów, uprawę odmian odpornych i wykorzystanie

naturalnych mechanizmów współzależności roślin między sobą i środowiskiem (Czembor i Gacek, 1990; Gacek, 1990). Odporność uprawianych odmian na patogeny i możliwie zróżnicowana pod względem genetycznego jej uwarunkowania jest jednym z ważniejszych elementów nowoczesnej proekologicznej produkcji roślinnej. Znajomość genów odporności funkcjonujących w uprawianych odmianach jest konieczna do interpretacji współdziałania między populacją patogena a jego gospodarzem. Uwzględniając hipotezę Flora „gene-for-gene” można przez zakażanie roślin izolatami patogena o znanym zakresie wirulencji określić spektrum reakcji danej odmiany i na tej podstawie ustalić jej fenotyp odporności (Flor, 1956; Day, 1974; Wolfe i McDermott, 1994; Czembor i Czembor, 2001).

Celem podjętych badań było określenie genów odporności u nowych odmian jęczmienia przyjętych do badań rejestrowych w Polsce w 2001 roku, tak aby w momencie zarejestrowania znane było ich spektrum odporności na mączniaka.

MATERIAŁ I METODY

Odmiany jęczmienia

Do badań wzięto 6 odmian jęczmienia ozimego (tab. 1) i 21 jarego (tab. 2) przyjętych do badań rejestrowych w 2001 roku przez Centralny Ośrodek Badania Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej (COBORU). Nasiona do badań otrzymano od hodowców poszczególnych odmian.

Tabela 1

Lista odmian jęczmienia ozimego włączonych do badań COBORU w 2001 roku
List of winter barley cultivars included in 2001 in COBORU registration trials (Najewski, 2002)

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country of origin	Hodowca Breeder
BKH 2400	PL	HR Smolice
POA 2100	PL	HR Szelejewo
CWB 98-10	BG	Monsanto
CWB 98-103	GB	Monsanto
GW 2015 (Merlot)	DE	Nordsaat Saatzeitgesellschaft
GW 2016 (Traminer)	DE	Nordsaat Saatzeitgesellschaft

Tabela 2

Lista odmian jęczmienia jarego włączonych do badań COBORU w 2001 roku
List of spring barley cultivars included in 2001 in COBORU registration trials (Najewski, 2001)

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country of origin	Hodowca Breeder
1	2	3
BKH 4200	PL	HR Smolice
BKH 4300	PL	HR Smolice
BKH 4400	PL	HR Smolice
MOB 2000	PL	HR Szelejewo
MOB 2100	PL	HR Szelejewo
NAD 2800	PL	PHR Tulce
NAD 2900	PL	PHR Tulce
NAD 3000	PL	PHR Tulce

1	2	3
POA 2400	PL	HR Szelejewo
STH 3600	PL	HR Strzelce
STH 3700	PL	HR Strzelce
STH 3800	PL	HR Strzelce
Tolar	CZ	Plant Select
GS 1848	DE	Nordsaat Saatzeitgesellschaft
GS 1850	DE	Nordsaat Saatzeitgesellschaft
Hadm. 52559-95	DE	Saatzeit Hadmersleben
Hanka	DE	Saatzeit Hadmersleben
SEC 8311X	FR	Secobra Recherches
CSBA 4369-5	GB	Monsanto
Prestige	GB	Monsanto
SW 1562	SE	Sfolof Weibull AB

Izolaty różnicujące

W badaniach wykorzystano 14 izolatów *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* z kolekcji Pracowni Genetyki Stosowanej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie (IHAR). Wybrane izolaty przechowywano i rozmnażano na podatnej odmianie Manchuria, a ich patogeniczność określono na siewkach zestawu linii izogenicznych Pallas (Kolster i in., 1986) i dodatkowo na 8 odmianach z innymi genami od obecnych w serii Pallas (tab. 3).

Ocena odporności

Doświadczenia infekcyjne prowadzono w szklarni IHAR w Radzikowie w okresie od października 2001 do kwietnia 2002. Reakcję badanych odmian na zakażenie poszczególnymi izolatami oceniano na kilkunastu siewkach w stadium pierwszego liścia oraz odmianie Manchuria, kontrolnej dla podatności. Siewki testowanych roślin uprawiano w warunkach niezbędnego sztucznego doświetlania dla szesnastogodzinnego dnia przy temperaturach w granicach 16–22°C. Inokulacji siewek dokonywano przez strząsanie nad nimi zarodników konidialnych z roślin porażonych wybranym izolatem. Po 8–10 dniach od inkubacji oceniano porażenie roślin w skali Mainsa i Dietza uzupełnionej o stopień 0(4) charakteryzujący reakcję odmian z genem *mlo* (za Czembor i Czembor, 2001). Rośliny o reakcji 0–2 klasyfikowano jako odporne, 3–4 jako podatne, a 0(4) jako efekt obecności genu *mlo*.

Postulowanie genów odporności

Hipotezę o obecności, w badanej odmianie, specyficznego genu odporności sprawdzano na podstawie porównania jej reakcji z reakcją odmian różnicujących na zakażenie zestawem izolatów o znanym spektrum wirulencji. Identyfikacji genów odporności dokonywano przez eliminację genów odporności nieobecnych w badanej odmianie. Dalsze postępowanie polegało na określeniu obecności możliwych genów odporności zgodnych z hipotezą genu dla genu. W przypadku, kiedy obserwowano porównywalną reakcję (ocena 3 i 4) na zakażenie danym izolatem można było przyjąć, że badana odmiana nie ma genów odporności, dla których użyty izolat był awirulentny. Natomiast w przypadku niezgodnej reakcji (ocena 0–2) na zakażenie izolatem mającym tylko jeden gen awirulencji w stosunku do pozostałych możliwych genów odporności oznacza to możliwość obecności w badanej

odmianie postulowanego genu odporności (Flor, 1956; Brown i Jorgensen, 1991; Czembor i Czembor, 2001).

WYNIKI

Na podstawie reakcji siewek na zakażenie wybranymi izolatami *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* stwierdzono, że 6 badanych odmian jęczmienia ozimego ma co najmniej po jednym genie odporności (tab. 4). Z porównania wyników oceny porażenia odmian różnicujących (tab. 3) z ocenami badanych odmian (tab. 4) można wysnuć wniosek, że: odmiana BKH 2400 ma geny *Mla7* i blisko z nim związany *Mlk* oraz trzeci gen *Mlra*; POA 2100 ma gen *Mla3*; CWB 98-10 i CWB 98-103 mają ten sam gen *Mla6*; odmiana GW 2016 ma nie dający się bliżej określić w tych badania gen(y) odporności.

Tabela 3

Reakcja różnicujących odmian jęczmienia na zakażenie 14 izolatami *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*
Reaction of a differential set of barley varieties after inoculation with 14 isolates of *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*

Odmiany Cultivars	Geny Genes	Izolaty Isolates													
		1	2	4	9	11	13	14	24	29	31	33	40	50	51
Pallas	Mla8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P01	Mla1	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
P02	Mla3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	4	0
P03	Mla6, Mla14	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	4	4	4
P04A	Mla7, Mlk	4	4	0	2	1	4	4	0	4	4	1	2	2	2
P04B	Mla7, ?	4	4	0	2	1	4	4	0	4	4	1	2	2	2
P06	Mla7, Ml(LG2)	4	4	0	0	0	4	4	0	2	4	0	0	2	1
P07	Mla9, Mlk	4	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0
P08A	Mla9, Mlk	4	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0
P08B	Mla9	4	0	0	0	0	4	0	4	4	0	0	0	0	0
P09	Mla10, Ml(Du2)	4	4	0	4	0	4	0	0	4	4	4	0	4	4
P10	Mla12	0	0	0	4	0	0	4	0	4	4	0	4	4	4
P11	Mla13, Ml(Ru3)	4	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0	0	0	4
P12	Mla22	4	4	4	0	4	0	4	4	4	4	0	4	0	4
P13	Mla23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P14	Mlra	4	4	0	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4
P15	MlRu2	2	2	2	4	2	2	2	2	4	4	4	4	2	4
P17	Mlk	4	4	2	2	1	4	2	2	4	4	2	2	4	4
P18	Mlnn	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P19	Mlp	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P20	Mlat	2	2	4	2	2	4	2	2	2	2	2	4	2	4
P21	Mlg	4	4	0	0	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4
P22	mlo5	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	3	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)
P23	Ml(La)	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P24	Mlh	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Benedicte	Mla9, IM9	0	0	0	0	0	0	2	0	4	4	0	40	4	4
Lenka	Mla13, MlAb	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4
Gunar	Mla3, Ml(Tu2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2
Steffi	Ml(St1)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	4	2
Kredit	MlKr	4	2	0	1	1	1	4	1	2	4	1	2	2	4
Jarek	Ml(1192), ?	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	4	4	4
Trumph	Mla7, MlAb	4	4	4	0	4	0	2	0	4	4	0	4	4	4
Borwina	Ml(Bw)	2	3	2	4	2	2	2	2	2	4	2	4	2	4

Tabela 4

Reakcja odmian jęczmienia ozimego na zakażenie 14 izolatami *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*
Reaction of winter barley varieties after inoculation with 14 isolates of *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*

Odmiany Cultivars	Izolaty Isolates															Postulowane geny Postulated genes
	1	2	4	9	11	13	14	24	29	31	33	40	50	51		
BKH 2400	4	4	0	0	0	4	0	0	4	4	4	4	2	0	Mla7, Mlk, Mlra	
POA 2100	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	4	0	Mla3	
CWB 98-10	4	4	0	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	Mlra	
CWB 98-103	0	0	0	0	4	0	4	1	0	0	0	4	4	4	Mla6	
GW 2015 (Merlot)	0	0	0	0	4	0	4	1	0	0	0	4	4	4	Mla6	
GW 2016 (Traminer)	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	nieznany not identified	

Tabela 5

Reakcja odmian jęczmienia jarego na zakażenie 14 izolatami *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*
Reaction of spring barley varieties after inoculation with 14 isolates of *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*

Odmiany Cultivars	Izolaty Isolates															Postulowane geny Postulated genes
	1	2	4	9	11	13	14	24	29	31	33	40	50	51		
BKH 4200	0	0	0	4	0	0	4	0	4	4	0	4	4	4	Mla12	
BKH 4300	2	0	0	0	0	2	2	0	4	2	0	0	2	4	Mlg, Mla1	
BKH 4400	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0	0	2	4	Mlg, Mla1	
MOB 2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	Mla3, Ml(St1)	
MOB 2100	4	2	0	2	0	4	2	0	4	2	0	2	0	2	Mla9, Mlk	
NAD 2800	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Mla9, Ml(St1)	
NAD 2900	1	0	4	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	4	Mla1	
NAD 3000	2	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	4	4	4	Mla9, Ml(IM9)	
POA 2400	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	Mlg, Mla1	
STH 3600	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	Mla1	
STH 3700	0	0	0	4	0	0	4	0	4	4	0	4	4	4	Mla12	
STH 3800	0	0	0	4	0	0	4	0	4	4	0	4	4	4	Mla12	
Tolar	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak odpom.	
GS 1848	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	2	Mla3, Ml(St1)	
GS 1850	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	Mla3, Ml(St1)	
Hadm.52559-95	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	mlo	
Hanka	0i0(4)	0i0(4)	0i0(4)	0i0(4)	0(4)	0i0(4)	0(4)	0i0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	heterogenna	
SEC 8311X	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	mlo	
CSBA 4369-5	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	mlo	
Prestige	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	mlo	
SW 1562	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	mlo	

Wśród badanych odmian jęczmienia jarego, 20 ma co najmniej jeden lub dwa geny odporności na porażenie przez użyte w badaniach izolaty *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*. Odmiana Tolar jest podatna na wszystkie użyte w badaniach izolaty (tab. 5). Określono dziewięć różnych genów lub ich alleli, które są obecne pojedynczo w 10 odmianach lub w różnych kombinacjach dwóch genów, w 9 odmianach (tab. 5). Frekwencja poszczególnych genów, poza *Mlk* i *Ml(IM9)*, jest dość podobna. Geny *mlo* i *Mla1* są w pięciu odmianach, *Ml(St1)* w czterech, *Mla3*, *Mla9*, *Mla12* i *Mlg* w trzech, a *Mlk* i *Ml(IM9)*

w jednej. Odmiana Hanka składa się prawdopodobnie z więcej niż z jednej linii, ponieważ na 6 użytych w badaniach izolatów reagowała w sposób heterogeniczny, tj., w tej samej próbie były rośliny odporne w stopniu 0 i rośliny o reakcji charakterystycznej dla genu *mlo* (tab. 5).

DYSKUSJA

W nowoczesnym rolnictwie wśród wielu osiągnięć w technologii produkcji stosuje się, na dużą skalę ujednolicone pod względem genetycznym odmiany i wciąż w praktyce stosuje się wysokie nawożenie azotem, by uzyskać wysokie plony (Wolfe, 1984; Nieróbca i in., 2003). Uprawa zunifikowanych odmian sprzyja często szybkiemu rozprzestrzenianiu się chorób. W celu ograniczenia strat w plonach stosuje się fungicydy i wprowadza do produkcji nowe odmiany odporne na najważniejsze patogeny. Przyszłe technologie ograniczania strat powodowanych przez choroby będą musiały uwzględniać w większym stopniu wymogi ograniczania stosowania pestycydów i nawozów mineralnych. Istotnym elementem strategii rozwoju proekologicznej produkcji roślinnej jest hodowla odmian odpornych (Gulliano i Kuijpers, 1994; Czembor i Gacek, 1995; Jacobsen, 1997).

Wiele genów specyficznej odporności wykorzystano w hodowli odmian komercyjnych jęczmienia. Spośród 33 najpowszechniej wykorzystywanych genów, 28 jest ściśle ze sobą sprzężonych lub ma charakter alleliczny (Jorgenson, 1994). Prezentowane w tej pracy wyniki potwierdzają znaczącą przewagę alleli *Mla*, stwierdzono ich obecność w prawie 70% badanych odmian (tab. 4 i 5). Tak duża liczba genów allelicznych, a dotyczy to przede wszystkim locus *Mla*, stanowi poważne ograniczenie w łączeniu ich w jednym genomie nowych odmian. Jak dotąd, wszystkie geny związane z locus *Mla* po wprowadzeniu do nowych odmian, sukcesywnie po jakimś czasie przestają być efektywne ponieważ w populacji *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* pojawiają się patotypy wirulentne w stosunku do nowo wprowadzonych genów (Czembor, 1976; Wolfe i Schwarzbach, 1978; Czembor, 1981; Gacek i Czembor, 1988; Czembor i Czembor, 1998; Hovmoller i in., 2000; Skinnes i in., 2000). W celu przedłużenia odporności hodowcy dążą do większego zróżnicowania materiałów wyjściowych do hodowli, wprowadzania większej liczby genów odporności do tworzonych odmian. Rolnicy również mogą w znacznym stopniu zwiększyć stabilność odporności przez właściwy z punktu widzenia zdrowotności dobór odmian, przestrzennego zróżnicowania uprawy odmian o różnym uwarunkowaniu genetycznym odporności oraz w przypadku jęczmienia pastewnego uprawę mieszanek odpowiednio dobranych odmian (Czembor i Gacek, 1990; Gacek i in., 1996; Finckh i in., 1999).

W pięciu odmianach jęczmienia jarego i prawdopodobnie w odmianie Hanka obecny jest recesywny gen *mlo* (tab. 5). Odporność typu *Mlo* odgrywa bardzo ważną rolę w hodowli nowych odmian jęczmienia jarego w Europie, ponieważ jak dotąd nie stwierdzono w świecie występowania patotypów *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* wirulentnych w stosunku do genu *mlo* (Hovmoller i in., 2000; Czembor i Czembor, 2001). Odporność warunkowana genem *mlo* jest unikalną, monogeniczną i rasowo niespecyficzną odpornością. U pierwszych odmian komercyjnych z genem *mlo* występował dość duży efekt pleiotropowego działania tego genu objawiający się nekrotyczną plamistością liści.

Cechę tą stosunkowo szybko wyeliminowano w procesie selekcji i obecnie obserwuje się intensywny wzrost wykorzystywania tego typu odporności w polskiej i europejskiej hodowli. W ostatnich kilku latach w Polsce i w krajach UE w produkcji jest od 20–30% odmian jęczmienia jarego z genem *mlo* (Jorgensen, 1994; Atzema, 1998; Czembor i Czembor, 2001; Anonymous, 2003, 2003 a).

WNIOSEK

Kandydujące do rejestracji odmiany mają różne geny warunkujące odporność w stosunku do *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* i mogą być wykorzystane w tworzeniu strategii ochrony plantacji jęczmienia przed mączniakiem.

LITERATURA

- Anonymous 2003. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2003, Getreide, Mais, Olfruchte, Leguminosen, Hackfruchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 40 — 42.
- Anonymous 2003 a. Lista odmian roślin rolniczych 2003. COBORU, Słupia Wielka: 78 — 79.
- Atzema J. L. 1998. Durability of Mlo resistance to barley against powdery mildew caused by *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. Ph. D. thesis, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- Brown J. K. M., Jorgensen J. H. 1991. A catalogue of mildew resistance genes in European barley varieties. In:., Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change. Jorgensen J. H. (ed.) Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark: 263 — 286.
- Czembor H. J. 1976. Źródła odporności na mączniaka jęczmienia *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. Hod. Rośl. Aklim. 20, z. 5: 466 — 490.
- Czembor H. J. 1981. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* DC ex Merat f.sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1975-1979. Hod. Rośl. Aklim. 25, z. 5/6: 215 — 226.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1998. Powdery mildew resistance in cultivars of spring barley from Polish Register. Plant Breed. Seed Sci. 42 (2): 87 — 99.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2001. Resistance to powdery mildew in barley cultivars and breeding lines included in 1998–2000 in Polish registration trials. Plant Breed. Seed Sci. 45 (1): 21 — 41.
- Czembor H. J., Gacek E. 1990. Wybrane problemy hodowli odpornościowej zbóż na choroby. Biul. IHAR 173/174: 53 — 64.
- Czembor H. J., Gacek E. S. 1995. System for increasing durability of diseases resistance in cereals. In: Arseniuk E., Góral T., Czembor P. C. (eds.). Plant Resistance to Diseases, Pests and Unfavorable Environmental Conditions. IHAR Radzików, Poland: 39 — 48.
- Day P. R. 1974. Genetics of host-parasite interaction. W. H. Freeman and Co., San Francisco.
- Flor H. H. 1956. The complementary gene systems in flaxs and flaxs rust. Adv. Genet. 8: 29 — 54.
- Finckh M. R., Gacek E. S., Czembor H. J., Wolfe M. S. 1999. Host frequency and density effects on powdery mildew and yield in mixtures of barley cultivars. Plant Pathol. 48: 807 — 816.
- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC f.sp. *hordei* Marchal). Hod. Rośl. Aklim. 34, 5/6: 3 — 48.
- Gacek E., Czembor H. J. 1988. Analiza ilościowa struktury populacji mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*). Biul. IHAR 167: 13 — 19.
- Gacek E., Czembor H. J., Nadziak J. 1996. Wpływ zróżnicowania genetycznego w mieszaninach i mieszkankach zbożowych na rozwój chorób i plonowanie. Biul. IHAR 200: 203 — 209.
- Gulliano M. L., Kuijpers L. A. M. 1994. Social and political implications of managing plant diseases with restricted fungicides in Europe. Annu. Rev. Phytopathol. 32: 559 — 579.
- Hovmoller M. S., Caffier V., Jalli M., Andersen O., Besenhofer G., Czembor J. H., Dreiseitel A., Flath K., Fleck A., Heinrics F., Jonsson R., Limpert E., Mercer P., Plesnik S., Rashal I., Skinnes H., Slater S.,

- Vronska O. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993–1999. *Agronomie* 20 (7): 729 — 744.
- Jacobsen B. J. 1997. Role of plant pathology in integrated pest management. *Annu. Rev. Phytopathol.* 35: 373 — 391.
- Jorgensen J. H. 1994. Genetics of powdery mildew resistance in barley. *Plant Science* 13: 97 — 119.
- Kolster P., Munk L., Stolen O., Lohde J. 1986. Near-isogenic barley lines with genes for resistance to powdery mildew. *Crop Sci.* 26: 903 — 907.
- Najewski A. 2001. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. *Zboża jare*, 2001. COBORU. Z. 9: 26 — 49.
- Najewski A. 2002. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. *Zboża ozime*, 2001. COBORU. Z. 15: 49 — 59.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J. H. 2003. Ochrona roślin — ważny element technologii uprawy zbóż w UE. *Pam. Puł.* 132: 311 — 320.
- Skinnes H., Slater S., Vronska O. 2000. The European barley powdery mildew virulence survey and disease nursery 1993–1999. *Agronomie* 20 (7): 729 — 744.
- Wolfe M. S. 1984. Trying to understand and control powdery mildew. *Plant Pathol.* 33: 451 — 466.
- Wolfe M. S., McDermott. 1994. Population genetics of plant pathogen interactions: the example of the *Erysiphe graminis* — *Hordeum vulgare* pathosystem. *Ann. Rev. Phytopath.* 32: 89 — 113.
- Wolfe M. S., Schwarzbach E. 1978. The recent history of the evolution of barley powdery mildew in Europe. In: *The powdery Mildews*, Spencer D. M., Academic Press, London, New York and San Francisco, pp. 129 — 157.
- Zwatz B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktoren im Wirt-Parasit-System Sommergerst-Sorten und Meheltau (*Erysiphe graminis* D.C. f.sp. *hordei*) in Österreich. *Die Bodenkultur.* 38: 341 — 349.

JOANNA HOROSZKIEWICZ-JANKA¹TADEUSZ MICHALSKI²¹ Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu² Akademia Rolnicza w Poznaniu

Wpływ biopreparatów Bion 50 WG i Bio-algeen S 90 Plus 2 na zdrowotność i plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w siewie czystym i w mieszankach z owsem

Effect of the biopreparations Bion 50 WG and Bio-algeen S 90 Plus 2 on health and yield of spring barley cultivated in pure crop and in mixture with oat

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2000–2001 w Zakładzie Doświadczalnym AR Poznań w Swadzimiu. Badano wpływ preparatów Bion 50 WG i Bio-algeen S 90 Plus 2 na zdrowotność i plonowanie jęczmienia jarego Atol uprawianego w siewie czystym i w mieszankach z owsem nagoziarnistym Akt i oplewionym Hetman. Na liściach jęczmienia stwierdzono występowanie chorób: plamistości siatkowej jęczmienia (*Drechslera teres* (Died.) Drechs.), mączniaka prawdziwego zbóż (*Erysiphe graminis* DC), rynchosporiozy zbóż (*Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis) oraz rdzy jęczmienia (*Puccinia hordei* Otth). Zastosowanie biostymulatorów wpływało na poprawę zdrowotności roślin, redukując objawy porażenia o 25–78% w zależności od zastosowanego preparatu i choroby. Działanie preparatów stwierdzono także podczas II oceny w czasie dojrzałości mlecznej jęczmienia, 4 tygodnie po zabiegu Bion 50 WG i 8 tygodni po aplikacji Bio-algeen S 90 Plus 2. W okresie tym, jęczmień traktowany Bio-algeen S 90 Plus 2 stał się bardziej podatny na mączniak prawdziwy. Uprawa jęczmienia w mieszance skutkowała znaczącym zmniejszeniem porażenia liści przez *Rhynchosporium secalis* w roku 2000 i *Erysiphe graminis* w roku 2001. Mieszanki jęczmienia z owsem plonowały na poziomie jęczmienia. Istotnie niżej plonowała tylko mieszanka jęczmienia z 66,6% udziałem owsa nagiego. Bion 50 WG i Bio-algeen S 90 Plus 2 nie wpłynęły na wielkość plonowania jęczmienia i mieszanek.

Słowa kluczowe: biopreparaty, jęczmień jary, mieszanki zbożowe, owies, plon, zdrowotność

Effect of the Bion 50 WG and Bio-algeen S 90 Plus 2 preparations on health and yielding of spring barley (cv. Atol), cultivated as a pure crop or as a mixture with oats, was analyzed in a field experiment carried out in Swadzim (near Poznań) in the years 2000 and 2001. Occurrence of the most important diseases was studied: leaf spot (*Drechslera teres* (Died.) Drechs.), powdery mildew (*Erysiphe graminis* DC), rynchosporiosis (*Rhynchosporium secalis* (Oud.) Davis) and rust of barley (*Puccinia hordei* Otth.). The used bio-stimulators improved plant healthiness, the infection symptoms were reduced by 25–78%, depending on the disease and preparation used. The effect was prolonged till the second

scoring at the milk stage, four weeks after the Bion application and eight weeks after the Bio-algeen treatment. At this stage, barley treated with the Bio-algeen became more susceptible to the powdery mildew. The cultivation of barley in mixtures with oat caused a remarkable reduction of the infection levels for the *Rhynchosporium* in 2000 and for the *Erysiphe* in 2001. The mixtures with oats yielded on the same level as the pure barley crop. Only the mixture with the naked oat (cv. Akt), which constituted 66.6% of the stand, had lower yield. The both biopreparations did not affect yield, either in pure stands or in mixtures.

Key words: biopreparation, cereals mixtures, health, oat, spring barley, yield

WSTĘP

Wzrost udziału zbóż w strukturze zasiewów prowadzi do pogorszenia warunków fitosanitarnych i ograniczenia funkcjonowania naturalnych mechanizmów regulacji chorób w łanie (Kurowski i in., 1998). Receptą na to może być albo wzmożona ochrona chemiczna, albo stosowanie metod, które stymulują naturalne mechanizmy obronne zbóż.

Agrotechniczną metodą poprawy odporności łanu jest uprawa mieszanek międzygatunkowych (Michalski i in., 1996 a, b). W uprawie mieszanek wykorzystywana jest zróżnicowana podatność jej komponentów na choroby, co w powiązaniu z mechanizmami ograniczającymi rozprzestrzenianie się patogenów oraz działaniem allelopatycznym sprawia, że rozwój chorób jest wolniejszy a plonowanie często wyższe niż w siewach czystych (Kurowski i in., 1998; Michalski i in., 1996a; Michalski i in., 2000; Michalski i in., 2003). Spośród zbóż jarych do mieszanek najczęściej stosuje się owies, który dobrze toleruje inne gatunki w łanie, a gama chorób porażających go jest stosunkowo niewielka i są one na ogół niegroźne dla pozostałych zbóż.

Wśród sporej grupy naturalnych środków ochronnych, do bardziej znanych należy wyciąg z alg morskich Bio-algeen S 90 Plus 2, zawierający w sobie ponad 70 naturalnych substancji biologicznie czynnych. Z kolei syntetyczny środek Bion 50 WG uważany jest za prekursora nowej generacji preparatów, uruchamiających w roślinie mechanizm obronny zwany "odporność układowa nabyta" (Systemic Acquired Resistance — SAR) (Ruess i in., 1997; Jańczak, Bielecki, 1997). Wykorzystanie tego mechanizmu pozwala na uzyskanie przedłużonej odporności na infekcje powodowane przez grzyby chorobotwórcze, szczególnie mączniaka prawdziwego (Aly i in., 1998; Huth i Balke, 2002; Hückelhoven i Kogel, 1996; Kessmann i in., 1996; Lyon i in., 1996). W dotychczasowych, stosunkowo nielicznych badaniach wykazano, że oba biopreparaty wpływają na zwiększenie odporności i ograniczenie występowania chorób w pszenicy. Mało było badań dotyczących jęczmienia, a dotychczas jak wynika z dostępnych źródeł, nie prowadzono jeszcze w Polsce badań dotyczących zastosowania stymulatorów odporności w uprawie mieszanek.

Celem podjętych badań było określenie wpływu aplikacji biostymulatorów: Bio-algeen S 90 Plus 2 pochodzenia naturalnego oraz syntetycznego związku bendicar (Bion 50 WG) na zdrowotność i plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w siewie czystym i w mieszanekach z owsem oplewionym i nagim.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2000–2001 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym AR Poznań w Swadzimiu. Doświadczenia zakładano w układzie split-plot w czterech powtórzeniach polowych na poletkach o powierzchni 21 m². W doświadczeniach użyto jęczmienia jary odmiany Atol oraz owsy: oplewiony Hetman i nagi Akt. Czynnikiem pierwszego rzędu był procentowy udział gatunków w zasiewie: 100/0 (siew czysty jęczmienia); 66,7/33,3; 33,3/66,7 i 0/100% (siew czysty owsa). Udział gatunków normowano w stosunku do liczby ich ziaren na 1 m² wysiewanych w siewie czystym (350 ziaren jęczmienia i 550 ziaren owsa). Czynnikiem drugiego rzędu były 3 poziomy stosowania fungicydów:

- bez fungicydów — kontrola,
- Bio-algeen S 90 Plus 2 (Schultze & Hermsen GmbH) — w fazie krzewienia (BBCH 23),
- Bion 50 WG (s.a. bendicar; Syngenta) — w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 33) (Adamczewski, Matysiak, 2002).

Ocenę zdrowotności roślin przeprowadzano dwufazowo, określając wzrokowo porażenie powierzchni roślin w %, wg metodyki European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO Standards, 1999). Pierwszą ocenę (I) przeprowadzono w 2 tygodnie po zastosowaniu każdego z biopreparatów, na 25 roślinach na poletku (pięć kolejnych roślin, w pięciu losowo wybranych miejscach). II ocenę wykonano w stadium dojrzałości młeczej (73 BBCH), określając % porażenia powierzchni blaszki liściowej dwóch górnych liści na 25 źdźbłach głównych pobranych losowo z każdego poletka.

Redukcję porażenia, według Gacek, Nadziak, Biliński, 2000, obliczano wzorem:

$$1 - \left(\frac{S_x}{S_m} \right) \times 100$$

gdzie:

S_x — nasilenie choroby w mieszance lub po zastosowaniu biopreparatu,

S_m — średnie nasilenie choroby w siewie czystym lub kontroli bez aplikacji.

Plonowanie określono z powierzchni 19,6 m², po odcięciu pasów z czoła i tyłu poletka.

Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń założonych metodą bloków kompletnie zrandomizowanych, z wykorzystaniem programu na PC opracowanego w AR Poznań. Zróznicowanie wyników ocenione zostało testem F, natomiast najmniejszą istotną różnicę NIR obliczono dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$ w oparciu o test Studenta.

WYNIKI

Przebieg pogody w obu latach badań nie był zbyt sprzyjający dla zbóż jarych. Były to lata ciepłe i stosunkowo suche. W roku 2000 średnia temperatura okresu kwiecień-lipiec wynosiła 15,4°C i była o 1,5 stopnia większa od średniej wieloletniej, a opady 165 mm, tj. o 54 mm mniej od sumy z wielolecia. W roku 2001 różnice w stosunku do danych

wieloletnich wynosiły odpowiednio: +0,8°C i -42 mm. Charakterystyczne dla tych lat były suche wiosenne miesiące: kwiecień i czerwiec w roku 2000 zaś maj w roku 2001. W pierwszym roku skutkiem ciepłego i dość wilgotnego maja było silne wystąpienie rynchosporiozy (*Rhynchosporium secalis*), a później rdzy jęczmienia (*Puccinia hordei*). W roku 2001, w którym po suchym maju nastąpił wilgotny i chłodny czerwiec, obserwowano szersze spektrum chorób: mączniak prawdziwy (*Erysiphe graminis*), plamistość siatkowa jęczmienia (*Drechslera teres*), rynchosporioza (*Rhynchosporium secalis*) oraz rdza jęczmienia (*Puccinia hordei*).

Zastosowanie preparatów: Bio-algeen S 90 Plus 2 oraz Bion 50 WG skutkowało dość wyraźnym zmniejszeniem porażenia jęczmienia przez choroby grzybowe. Podczas oceny, wykonanej w 2 tygodnie po zabiegu każdym z tych środków, stwierdzono że porażenie zmniejszyło się w stosunku do kontroli, a większość różnic była istotna (tab. 1). Redukcja intensywności porażenia wynosiła 55–75%, a jedynie w przypadku rynchosporiozy w 2000 roku, zastosowanie preparatu Bio-algeen S 90 Plus 2 zmniejszyło porażenie tylko o 25%.

Tabela 1

Porażenie jęczmienia przez patogeny w 2 tygodnie po zabiegu opryskiwania
Infection of spring barley by the pathogens two weeks after spraying with preparations

Rok Year	Patogen Pathogen	Kontrola Untreated	Bio-algeen S 90 Plus 2	Kontrola Untreated	Bion 50 WG
2000	<i>Rhynchosporium secalis</i>	0,21*	0,16* x [-24,9]**	0,34*	0,15* x [-54,6]**
2001	<i>Drechslera teres</i>	1,20	0,48 x [-60,5]	1,82	0,68 x [-62,3]
	<i>Erysiphe graminis</i>	0,79	0,23 x [-70,5]	0,83	0,19 x [-77,7]

* Wartości rzeczywiste; Real values

** Redukcja porażenia; Reduction of infection

x — Różnica istotna w stosunku do kontroli; Significant difference in comparison to the control

W drugiej ocenie zdrowotności, która przypadła po osiągnięciu przez ziarno jęczmienia dojrzałości mlecznej, badano próbki roślin (25 szt.) pobrane z każdej kombinacji badawczej. W badaniu tym, które przypadło w 8 tygodni po zastosowaniu Bio-algeen S 90 Plus 2, stwierdzono że rośliny traktowane tym preparatem były mniej porażone niż rośliny kontrolne i to zarówno na liściu podflagowym, jak i flagowym (tab. 2 i 3). Nie wszystkie te różnice zostały statystycznie potwierdzone (zwłaszcza odnośnie liścia podflagowego — duża zmienność z tytułu zasychania części liści), ale warto zauważyć, że objawy rynchosporiozy były o 15–50% słabsze, rdzy jęczmienia o 0–47%, a plamistości siatkowej o ok. 20%. Objawy rynchosporiozy zmniejszyły się zarówno w roku jej silnego wystąpienia (2000), jak i w 2001 roku, kiedy było jej mało. W okresie tym (8 tygodni po zabiegu) Bio-algeen S 90 Plus 2 już nie hamował rozwoju mączniaka prawdziwego, a wręcz stwierdzono stymulację porażenia — +40% na liściu podflagowym i +85% na liściu flagowym.

Tabela 2

Porażenie liścia podflagowego jęczmienia w fazie dojrzałości młecznej (BBCH 73) w zależności od zastosowanych preparatów

Infection of penultimate leaf of spring barley in the milk-ripeness stage depending on the used preparations

Rok Year	Patogen Pathogen	Porażenie na kontroli w % Infection in untreated control in %	Bio-algeen S 90 Plus 2 ^a	Bion 50 WG ^b	NIR (0,05) LSD (0,05)
2000	<i>Rhynchosporium secalis</i>	1,63*	1,29* [-20,7]**	0,84* [-48,3]**	0,151
	<i>Puccinia hordei</i>	0,78	0,72 [+1,9]	0,50 [-29,1]	0,219
2001	<i>Rhynchosporium secalis</i>	0,01	0,004 [-57,1]	0,007 [-33,3]	r.n.-n.i.
	<i>Puccinia hordei</i>	0,47	0,25 [-47,0]	0,26 [-44,3]	0,168
	<i>Erysiphe graminis</i>	0,73	1,02 [+38,6]	0,49 [-33,3]	0,271
	<i>Drechslera teres</i>	0,94	0,74 [-20,5]	0,72 [-23,0]	0,150

a — Ok. 8 tygodni po zabiegu; About 8 weeks after treatment

b — Ok. 4 tygodnie po zabiegu; About 4 weeks after treatment

* Wartości rzeczywiste; Real values

** Redukcja porażenia; Reduction of infection

r.n.-n.s. — Różnice nieistotne; Insignificant differences

Tabela 3

Porażenie liścia flagowego jęczmienia w fazie dojrzałości młecznej (BBCH 73) w zależności od zastosowanych preparatów

Infection of flag leaf of spring barley in the milk-ripeness stage depending on the preparations used

Rok Year	Patogen Pathogen	Porażenie na kontroli w % Infection in untreated control in %	Bio-algeen S 90 Plus 2 ^a	Bion 50 WG ^b	NIR (0,05) LSD (0,05)
2000	<i>Rhynchosporium secalis</i>	1,05*	0,90* [-14,4]**	0,56* [-46,9]**	0,165
	<i>Puccinia hordei</i>	0,32	0,25 [-21,5]	0,20 [-36,7]	0,097
2001	<i>Rhynchosporium secalis</i>	0,003	0,004 [+14,3]	0,002 [-42,8]	r.n.-n.s.
	<i>Puccinia hordei</i>	0,14	0,07 [-48,8]	0,11 [-23,5]	0,061
	<i>Erysiphe graminis</i>	0,13	0,23 [+85,3]	0,09 [-76,9]	0,066
	<i>Drechslera teres</i>	0,39	0,30 [-22,1]	0,27 [-31,1]	0,088

Oznaczenia takie same jak w tabeli 2

See descriptions like in table 2

Ocena działania preparatu Bion 50 WG — w 4 tygodnie po jego aplikacji, wypadła pozytywnie. W przypadku większości chorób zaznaczyła się obniżka porażenia (od 23 do 77%), ale nie uzyskano istotności różnic w przypadku rynchosporiozy w 2001 roku zarówno na liściu flagowym, jak i podflagowym. Hamowanie rozwoju chorób było

wyraźniej silniejsze po zastosowaniu Bion 50 WG, ale zaznaczyć trzeba, że od aplikacji do oceny w okresie dojrzałości młecznej upłynęło dwukrotnie mniej czasu, niż w przypadku Bio-algeen S 90 Plus 2.

Tabela 4

Porażenia liścia podflagowego jęczmienia w fazie dojrzałości młecznej (BBCH 73) w zależności od sposobu uprawy
Infection of penultimate leaf of spring barley in the milk-ripeness stage depending on crop composition

Rok Year	Pategen Pathogen	Siew czysty — Jęczmień Pure sowing — Barley	Mieszanki jęczmień + owies Mixtures barley + oat				NIR (0,05) LSD (0.05)
			jęczmień jary 66,7% spring barley 66,7%		jęczmień jary 33,3% spring barley 33,3%		
		100%	+ o. o.	+ o. n.	+ o. o.	+ o. n.	
2000	<i>Rhynchosporium secalis</i>	1,29*	1,048* [-18,7]**	1,100 [-14,7]	0,798 [-38,1]	0,652 [-50,5]	0,181
	<i>Puccinia hordei</i>	0,43	0,62 [+45,1]	0,67 [+56,7]	0,43 [+0,9]	0,38 [-2,1]	r.n.-n.s.
	<i>Rhynchosporium secalis</i>	0,015	0,002 [-86,7]	0,009 [-40,7]	0,010 [-30,0]	0,007 [-50,0]	r.n.-n.s.
2001	<i>Drechslera teres</i>	0,71	0,67 [-4,5]	0,68 [-3,9]	0,66 [-6,37]	0,60 [-15,4]	r.n.-n.s.
	<i>Puccinia hordei</i>	0,31	0,34 [+9,7]	0,23 [-24,0]	0,20 [-36,0]	0,30 [+28,2]	r.n.-n.s.
	<i>Erysiphe graminis</i>	0,85	0,53 [-38,4]	0,65 [-23,9]	0,43 [-49,5]	0,39 [-53,6]	r.n.-n.s.

o.o. — Owies oplewiony; Husky oat

o.n. — Owies nagi; Naked oat

* Wartości rzeczywiste; Real values

** Redukcja porażenia; Reduction of infection

r.n.-n.s. — Różnice nieistotne; Insignificant differences

Tabela 5

Porażenia liścia flagowego jęczmienia w fazie dojrzałości młecznej (BBCH 73) w zależności od sposobu uprawy
Infestation of flag leaf of spring barley in the milk-ripeness stage depending on crop composition

Infestation of flag leaf of spring barley in the milk-ripeness stage depending on crop composition							
Rok Year	Patogen Pathogen	Siew czysty — Jęczmień Pure swing — Barley	Mieszanki jęczmień + owies Mixtures barley + oat				NIR (0,05) LSD (0.05)
			jęczmień jary 66,7% spring barley 66,7%		jęczmień jary 33,3% spring barley 33,3%		
		100%	+ o.o.	+ o.n.	+ o.o.	+ o.n.	
2000	<i>Rhynchosporium secalis</i>	0,67* 0,79*	0,68 [-16,1]**	0,53 [-13,8]	0,43 [-33,0]	0,220	
	<i>Puccinia hordei</i>	0,20 0,15	0,24 [+36,0]	0,22 [+62,7]	0,21 [+48,0]	r.n.-n.s.	
	<i>Rhynchosporium secalis</i>	0,002 0,005	0,003 [-63,6]	0,001 [-45,3]	0,002 [-82,0]	r.n.-n.s.	
2001	<i>Drechslera teres</i>	0,26 0,28	0,27 [-7,39]	0,27 [-0,9]	0,23 [-0,9]	r.n.-n.s.	
	<i>Puccinia hordei</i>	0,12 0,08	0,08 [+52,9]	0,07 [+8,4]	0,13 [-11,7]	r.n.-n.s.	
	<i>Erysiphe graminis</i>	0,09 0,21	0,14 [-57,2]	0,09 [-32,6]	0,06 [-58,1]	0,086	

Oznaczenia takie same jak w tabeli 4

See descriptions like in table 4

Uprawa jęczmienia w mieszankach z owsem, zarówno oplewionym jak i nagim, w istotny sposób wpływała na zmniejszenie porażenia rynchosporiozą oraz mączniakiem prawdziwym w roku 2001, co było widoczne przede wszystkim na liściu flagowym (tab. 4 i 5). Wraz z rosnącym udziałem owsa w uprawie, efekt ochronny dla jęczmienia był wyraźniejszy, co było widoczne na obu liściach (tab. 4). W przypadku rdzy jęczmienia różnice były nie istotne, ale w obu latach wystąpił trend do silniejszego porażenia jęczmienia w mieszankach niż w siewie czystym. Nie stwierdzono znaczącego wpływu formy owsa (nagiego lub oplewionego) na nasilenie wystąpienia chorób oraz na stopień porażenia liści jęczmienia rosnącego w mieszankach.

Plony ziarna mieszanek z owsem oplewionym były zbliżone do plonów jęczmienia w czystym siewie, niezależnie od udziału owsa podczas siewu (33,3 i 66,6%) — tab. 6.

Tabela 6

Plony ziarna w dt/ha jęczmienia w siewie czystym i mieszanek w zależności od sposobu ochrony (średnia z lat 2000–2001)
Grain yields (in dt/ha) of spring barley in pure crop and in mixtures, depending on the protection treatment (means 2001–2002)

Siewy czyste i mieszanki (A) Pure sowing and mixtures (A)		Ochrona Protection (B)			Średnio Average (A)
		kontrola control	Bio-algeen S 90 Plus 2	Bion 50 WG	
Jęczmień Barley	100%	54,9	57,1	56,6	56,5
Jęczmień Barley	66,7% + 33,3% o.o.	54,9	55,7	54,8	55,4
Jęczmień Barley	66,7% + 33,3% o.n.	51,0	54,0	51,8	52,4
Jęczmień Barley	33,3% + 66,7% o.o.	55,8	55,4	55,3	56,1
Jęczmień Barley	33,3% + 66,7% o.n.	49,3	47,1	46,5	47,6
Srednio Average (B)		51,2	52,1	51,6	—
NIR / LSD (0,05)		B = r.n.-n.s.			A = 7,56
NIR / LSD (0,05)		A × B = r.n.-n.s.			

r.n.-n.s. — Różnice nieistotne; Insignificant

Niżej natomiast plonowały mieszanki z owsem nagim. Mieszanka z 33,3% udziałem tego owsa plonowała o 3 dt mniej niż jęczmień i jego mieszanki z owsem oplewionym, natomiast mieszanka z 66,6% udziałem owsa nagiego plonowała o 9 dt·ha⁻¹ niżej od pozostałych zbóż, a różnica ta została udowodniona. Natomiast, nie wykazano wpływu stosowanych preparatów na poziom plonowania jak też i interakcji preparatów ze sposobami uprawy jęczmienia — w siewie czystym i w mieszankach.

DYSKUSJA WYNIKÓW

Wykorzystanie zjawiska “układowej odporności nabytej” (SAR) (Ruess, 1997), tłumaczonej jako uruchomienie naturalnych mechanizmów obronnych, jest interesującym

zagadnieniem współczesnego rolnictwa, zwłaszcza z punktu widzenia technologii niskonakładowych lub gospodarki typu ekologicznego. W badaniach własnych stwierdzono dość dobrą skuteczność Bio-algeen S 90 Plus 2 i Bion 50 WG w ograniczaniu chorób liści, nie tylko bezpośrednio po opryskiwaniu, jak też i w szerszym horyzoncie czasowym. Jak to jednak często bywa w przypadku zbóż jarych, przy mniejszej presji chorób, nawet dość znaczna redukcja porażenia powierzchni liści nie musi wpłynąć na plonowanie jęczmienia i mieszanek (Osiecka i Michalski, 1996). Brak wpływu preparatu Bion 50 WG na plonowanie jęczmienia stwierdzili także Jończyk i Smagacz (1999) w systemie uprawy ekologicznej, natomiast stosowanie jego w systemie konwencjonalnym w kombinacji z fungicydami, skutkowało wzrostem plonów. W badaniach prowadzonych na pszenicy ozimej i jęczmieniu jarym (Jańczak, Bielecki, 1997), stwierdzono pozytywny wpływ preparatu Bion 50 WG na plonowanie. Podobne wyniki na pszenicy ozimej uzyskały też Głazek i Krzyżińska (1999).

Obok skuteczności w bezpośrednim działaniu, bardzo ważna jest też długotrwałość wpływu fungistatycznego. W przypadku środków biologicznie czynnych zachodzi podejrzenie, że ze względu na szybki rozkład efekt ich działania może być krótkotrwały. W badaniach własnych preparat Bio-algeen S 90 Plus 2 wykazywał skuteczny efekt ochronny jeszcze 8 tygodni po zabiegu, choć działanie było już niewątpliwie słabsze niż we wcześniejszym okresie. Zastosowany w fazie strzelania w źdźbło Bion 50 WG charakteryzował się zadowalającą skutecznością działania zarówno 2 jak i 4 tygodnie po zabiegu. Na pszenicy ozimej Jańczak i Bielecki (1997) obserwowali dodatnie działanie preparatu Bion 50 WG przez 7 tygodni, a Głazek i Krzyżińska (1999) przez 8 tygodni. Można więc ogólnie stwierdzić, że uruchomione mechanizmy odpornościowe po zastosowaniu preparatów Bion 50 WG i Bio-algeen S 90 Plus 2 pozwalają na co najmniej 4 tygodniową ochronę jęczmienia. Nie stwierdzono też niekorzystnych objawów ich stosowania np. fitotoksyczności jak też opóźnienia faz rozwojowych.

Biorąc pod uwagę krótki okres wegetacji jęczmienia jarego można oczekiwać, że w przypadku słabszej presji chorób wystarczy jednorazowy zabieg którymś z ww. preparatów. Jeśli dla celów rolnictwa integrowanego wykluczyć stosowanie uzupełniającego zabiegu tradycyjnym fungicydem, przy większym zagrożeniu chorobami rozwiązaniem może być powtórzenie aplikacji Bion 50 WG lub Bio-algeen S 90 Plus 2, lub też zastosowanie obu tych preparatów kolejno w odstępie 3–4 tygodni. Biorąc pod uwagę słabsze działanie Bio-algeen S 90 Plus 2 na mączniak prawdziwy w późniejszej fazie po zabiegu i dobrą skuteczność Bion 50 WG przeciwko tej chorobie ma to dobre uzasadnienie. Takie rozwiązanie wymaga jednak dalszych badań.

Rośliny w mieszankach z odpowiednio dobranych gatunków i odmian, lepiej wykorzystują przestrzeń produkcyjną i w mniejszym stopniu porażane są też przez choroby (Gacek i in., 2000; Michalski i in., 1996 a; Vilich-Meller, Veltzien, 1989). W badaniach własnych stwierdzono wyraźne zmniejszenie porażenia rynchosporiozą i mączniakiem liści jęczmienia rosnącego w mieszankach, co również stwierdził Kurowski i wsp. (1998). Zarówno w badaniach Kurowskiego, jak i własnych, dość niejednoznaczny był wpływ uprawy w mieszankach na porażenie przez plamistość siatkową, obok pozytywnych reakcji, obserwowano też wzrost porażenia. Vilich-Meller (1989, 1992) w warunkach

zachodnich Niemiec stwierdziła w mieszankach jęczmienia z owsem silną redukcję porażenia jęczmienia rdzą jęczmienia, czego nie potwierdzono w badaniach własnych.

Porażenie jęczmienia chorobami zależy też od gatunku towarzyszącego, jak i jego udziału w mieszance (Michalski i in., 1996 a). Na ogół wzrost udziału owsa korzystnie wpływa na zdrowotność jęczmienia (Osiecka, Michalski, 1996; Kurowski i in., 1998), co potwierdzono również wynikami badań własnych. Nie stwierdzono natomiast różnic w uprawach różnych form owsa (oplewiony i nagi), co tłumaczyć można niewielkim ich zróżnicowaniem zarówno genetycznym jak i w odporności na choroby. Większy na ogół jest wpływ doboru gatunków oraz ich udziału jako komponentów mieszanki na wielkość i wierność plonowania. Jest to jednak trudne do jednoznacznego określenia, bowiem duży wpływ mogą mieć tu czynniki środowiskowe takie jak wielkość opadów i warunki hydrotermiczne, jakość i pH gleby a także dobór właściwej odmiany (Michalski i in., 2000; Piech i in., 2000).

WNIOSKI

1. Ocena porażenia jęczmienia w 2 tygodnie po zabiegu preparatami Bio-algeen S 90 Plus 2 i Bion 50 WG wykazała, że w obu przypadkach nastąpiła znacząca redukcja porażenia, która w zależności od zastosowanego preparatu i choroby wahała się od 25–78%.
2. W okresie dojrzałości mleczej, 8 tygodni po zabiegu preparatem Bio-algeen S 90 Plus 2, wykazano znaczącą redukcję porażenia liścia flagowego przez rynchosporiozę w 2000 roku i plamistość siatkową w obu latach badań oraz w mniejszym stopniu przez rdzę jęczmienia. Stwierdzono również, że rośliny stały się bardziej podatne na mączniak prawdziwy.
3. Działanie preparatu Bion 50 WG w 4 tygodnie po zabiegu (faza dojrzałości mleczej) objawiało się zmniejszeniem porażenia liści przez wszystkie jednostki chorobowe zarówno na liściu flagowym i podflagowym, a redukcja porażenia wynosiła od 20 do 50%.
4. Uprawa jęczmienia w mieszance skutkowałą znaczącym zmniejszeniem porażenia liści przez *Rhynchosporium secalis* w roku 2000 i *Erysiphe graminis* w roku 2001.
5. Mieszanki jęczmienia z owsem plonowały na poziomie jęczmienia. Istotnie niżej plonowała tylko mieszanka jęczmienia z 66,6% udziałem owsa nagiego.
6. Zastosowanie preparatów: Bion 50 WG i Bio-algeen S 90 Plus 2, mimo dość znacznej redukcji porażenia przez choroby, nie wpłynęło na wielkość plonowania jęczmienia i mieszanek.

LITERATURA

- Adamczewski K., Matysiak K. 2002. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH.
- Aly M. M., Ashour W. E., El-Kareem F. A. B. D., Diab M. M. 1998. Systemic acquired resistance in greenhouse cucumber for controlling downy mildew using salicylic acid and acetylsalicylic acid. 7th International Congress of Plant Pathology. Abstracts Vol. 2, Edinburgh, Scotland 9–16.08.1998.

- EPPO Standards. 1999. Guidelines on good plant protection practice. PP 2/11: 90 — 94.
- Gacek E., Nadziak J., Biliński Z. 2000. Ograniczenie występowania chorób w zasiewach mieszanych zbóż. Roczn. AR Poznań, CCCXXV, Roln. 58: 31 — 38.
- Głazek M., Krzyżińska B. 1999. Wykorzystanie stymulatora odporności roślin w ochronie pszenicy ozimej przed chorobami grzybowymi. Prog. Plant Protection/ Post. Ochr. Roślin 39 (2): 818 — 822.
- Huth W., Balke K. 2002. Bion — ohne Einfluss auf die Entwicklung BYDV — infizierter Pflanzen von Wintergerste. Zeit. für Pflanzenerkrankheiten und Pflanzenschutz 109 (3): 286 — 290.
- Hückelhoven R., Kogel K. H. 1996. Superoxide generation at infection sites in resistant and susceptible near-isogenic barley lines attacked by the powdery mildew fungus (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*). Brighton Crop Protection Conference — Pest and Diseases Vol. 3: 947 — 954.
- Jańczak C., Bielecki K. 1997. Bion 50 WG — pobudzanie mechanizmów obronnych jako nowy sposób przeciwdziałania procesom chorobowym w roślinie. Prog. Plant Protection/ Post. Ochr. Roślin 37 (2): 297 — 300.
- Jończyk K., Smagacz J. 1999. Reakcja wybranych odmian jęczmienia jarego uprawianych w systemach ekologicznym i konwencjonalnym na opryskiwanie preparatem Bion. Prog. Plant Protection/ Post. Ochr. Roślin 39 (2): 860 — 863.
- Kurowski T. P., Nowicki J., Wanic M. 1998. Choroby jęczmienia jarego i owsa uprawianych w siewie czystym i mieszanek. Fragm. Agronom., 4 (60): 25 — 35.
- Kessmann H., Oostendorp, T., Staub, Goerlach J., Friedrich L., Lawton K., Ryals J. 1996. Mode of action of a new Plant Activator. Brighton Crop Protection Conference — Pest and Diseases Vol. 3: 961 — 966.
- Lyon G. D., Forrest R. S., Newton A. C. 1996. SAR — the potential to immunise plants against infection. Brighton Crop Protection Conference — Pest and Diseases Vol. 3: 939 — 946.
- Michalski T., Weber Z., Gołębniak B., Osiecka B. 1996 a. Uprawa mieszanek jako agrotechniczna metoda ochrony zbóż przed chorobami. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 36 (1): 229 — 235.
- Michalski T., Weber Z., Gołębniak B., Osiecka B. 1996 b. Diseases occurrence in mixtures of spring triticales and spring wheat. Phytopathologia Polonica 12: 35 — 42.
- Michalski T., Osiecka B., Kowalik I. 2000. Wpływ ochrony roślin na plony i wartość paszową jęczmienia i owsa oraz ich mieszanek. Roczn. AR Poznań, CCCXXV, Roln. 58: 75 — 82.
- Michalski T., Idziak R., Skrzypczak W. 2003. Rola jarych mieszanek zbożowych w rolnictwie zrównoważonym. Zesz. Nauk. Uniw. Rzesz. Seria Rolnicza, Zesz. 13: 21 — 26.
- Osiecka B., Michalski T. 1996. Wpływ ochrony roślin na plonowanie jęczmienia jarego i owsa uprawianych w siewie czystym i mieszanek. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, 36 (2): 370 — 372.
- Piech M., Nita Z., Maciorowski R. 2000. Porównanie przydatności owsa nagiego z oplewionym do uprawy w mieszanekach z jęczmieniem. Roczn. AR Poznań, CCCXXV, Roln. 58: 89 — 97.
- Ruess W., Mueller K., Knauf-Beiter G., Kunz W. 1997. Bion — pobudzenie mechanizmów obronnych jako nowy sposób przeciwdziałania procesom chorobowym w roślinie. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 37 (1): 36 — 41.
- Villich-Meller V., Weltzien H. C. 1989. Artenmischungen von Sommergerste und Hafer: Einfluss auf den Blattbefall pilzlicher Schaderreger und auf die Ertragsfähigkeit. Zeit. Pflanzenkrankheiten Pflanzenschutz 96 (1): 1 — 10.
- Villich-Meller V. 1992. Etablierung von *Puccinia* spp. in Reinsaat und Mischungen von Getreidearten. Med. Fac. Landbouw. Univ. Genf. 57/2a: 119 — 126.

KAZIMIERZ NOWOROLNIK**DANUTA LESZCZYŃSKA**

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wpływ gęstości i terminu siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia jarego Komunikat

Effect of sowing rate and sowing date on grain yield and its structure in spring barley cultivars Short communication

W doświadczeniach mikropoletkowych (2000–2002) badano reakcję kilku odmian jęczmienia jarego na gęstość i termin siewu. Wszystkie odmiany jęczmienia jarego reagowały wzrostem plonu ziarna w miarę zwiększania gęstości siewu do 450 ziaren/m², w najsilniejszym stopniu odmiany: Sezam i Granal, a w najsłabszym Blask. Największą zniżką plonu ziarna pod wpływem opóźniania terminu siewu charakteryzowała się odmiana Annabell. Większą tolerancyjność na opóźnianie siewu wykazały odmiany: Granal i Sezam. Zróżnicowanie plonu ziarna odmian pod wpływem badanych czynników było głównie skutkiem zmian liczby kłosów na jednostce powierzchni, ponieważ zmienność liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren była niewielka.

Słowa kluczowe: jęczmień jary, gęstość siewu, termin siewu, odmiany, plon ziarna

The response of several spring barley cultivars to sowing rate and sowing date was investigated in a microplot experiment in the years 2000–2002. All the cultivars responded with increase of grain yield to the increase of sowing rate (up to 450 seed/m). The highest effects were recorded for the cultivars Sezam and Granal, the lowest one for the cultivar Blask. At the delayed sowing, the highest decrease of yield showed the cultivar Anabell, Granal and Sezam were most tolerant. Variability of the grain yield, in dependence on the studied factors, was related to differentiation in number of ears per unit area, as the seed number per ear and weight of 1000 seeds did not vary significantly.

Key words: cultivars, grain yield, sowing date, sowing rate, spring barley

WSTĘP

W wielu dotychczasowych badaniach (Farak, Hansel, 1987; Fatyga, 1984; Fatyga i in., 1993; Noworolnik, 1995 a, b, 1998; Noworolnik i Leszczyńska, 1997, 1998, 2000;

Ruszkowski, 1988; Sarapa, 1986; Simmons i in., 1982) wykazano niejednakową reakcję różnych odmian jęczmienia jarego na gęstość siewu i termin siewu. Wiąże się to ze zróżnicowanymi wymaganiami odmian co do natężenia światła w łanie, długości dnia, temperatury i zaopatrzenia gleby w wodę. Odmiany jęczmienia różnią się także zdolnością do krzewienia, wielkością systemu korzeniowego, odpornością na wyleganie i podatnością na choroby, co modyfikuje reakcje odmian na wzrastającą gęstość siewu. Duża liczba nowych odmian wchodzących ostatnio do Rejestru wywołuje konieczność prowadzenia badań nad określeniem ich wymagań agrotechnicznych.

Celem przeprowadzonych doświadczeń mikropoletkowych było porównanie reakcji wybranych nowych odmian jęczmienia jarego, wyrażonej wielkością plonu ziarna oraz elementami jego struktury na gęstość i termin siewu. Założono, że w warunkach częściowo kontrolowanych (na mikropoletkach) ograniczy się wpływ czynników zewnętrznych (warunki pogodowe, zmienność glebowa) zwiększających błąd doświadczenia, przez co ściślej zostanie określona interakcja odmian z gęstością lub terminem siewu.

MATERIAŁ I METODY

W Stacji Doświadczeń Wegetacyjnych IUNG w Puławach przeprowadzono trzy dwuczynnikowe doświadczenia mikropoletkowe z jęczmieniem jarym, metodą losowanych podbloków, w 4 powtórzeniach. W pierwszym doświadczeniu (2000–2001) uwzględniono 3 gęstości siewu: 250, 350 i 450 ziaren/m² oraz 4 odmiany: Barke, Forum, Justina i Sezam. W drugim doświadczeniu (2001–2002) badano takie same gęstości siewu i inne odmiany: Antek, Annabell, Blask i Granal. W trzecim doświadczeniu (2001–2002) uwzględniono 3 terminy siewu: 2, 12 i 22 kwietnia oraz 5 odmian: Antek, Annabell, Blask, Granal i Sezam.

Doświadczenia zakładano na glebie kompleksu pszennego dobrego (piasek gliniasty mocny, zalegający na glinie lekkiej) w stanowisku po ziemniaku. Rośliny zabezpieczano przed wyleganiem (mechanicznie) oraz zwalczano chwasty, choroby i szkodniki (chemicznie). Określono plon ziarna i główne elementy jego struktury. Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji i półprzedziałów ufności Tukeya.

Temperatura powietrza w poszczególnych sezonach wegetacyjnych jęczmienia była mało zróżnicowana i przewyższała w niedużym stopniu średnią wieloletnią. Nieco chłodniejszy okazał się rok 2001. Ilość opadów była wyższa od średniej wieloletniej w marcu, kwietniu (z wyjątkiem 2002 r.) i w lipcu. W maju i czerwcu (z wyjątkiem 2002 r.) wystąpił niedobór opadów.

OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Stwierdzono istotny wpływ gęstości siewu na plon ziarna badanych odmian jęczmienia jarego (tab. 1, 2). Współdziałanie odmian z gęstością siewu wystąpiło tylko w latach 2001–2002. Nie stwierdzono istotnej interakcji badanych czynników z latami badań, co wiązało się z częściowo kontrolowanymi warunkami doświadczenia i małym zróżnicowaniem warunków pogodowych między latami.

Tabela 1

Wpływ gęstości siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia jarego, 2000–2001
The effect of sowing rate on grain yield and yield components of spring barley cultivars, 2000–2001

Wyszczególnienie Specification	Gęstość siewu Liczba ziaren/m ² Sowing rate Seed number/ m ²	Odmiany Cultivars				Średnio Mean
		Barke	Forum	Justina	Sezam	
	250	672	696	825	657	711
Plon ziarna	350	804	783	879	810	822
Grain yield	450	846	828	912	834	855
(g/m ²)	średnio mean	774	769	872	767	—
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — 47; odmian - 52; interakcji — r.n. LSD _{0,05} for: sowing rate — 47; cultivars — 52; interaction — n.s.						
	250	834	975	837	801	861
Liczba kłosów/m ²	350	1101	1194	975	1020	1074
No of ears/ m ²	450	1218	1326	1062	1203	1203
	średnio mean	1051	1165	958	1008	—
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — 69; odmian — 75; interakcji — r.n. LSD _{0,05} for: sowing rate — 69; cultivars — 75; interaction — n.s.						
	250	21,4	18,9	23,2	20,1	20,8
Liczba ziaren	350	19,8	18,2	21,4	19,4	19,6
w kłosie	450	18,7	17,7	21,1	17,3	18,5
Grain number	średnio mean	19,9	18,3	21,9	18,9	—
per ear						
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — 1,3; odmian — 1,6; interakcji — 1,8 LSD _{0,05} for: sowing rate — 1,3; cultivars — 1,6; interaction — 1,8						
	250	37,6	37,8	42,4	40,8	39,7
Masa 1000 ziaren	350	36,9	36,1	42,2	40,9	39,0
Weight of 1000	450	37,0	35,3	40,7	40,1	38,2
grains	średnio mean	37,2	36,4	41,8	40,6	—
(g)						
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — r.n.; odmian — 2,3; interakcji — r.n. LSD _{0,05} for: sowing rate — n.s.; cultivars — 2,3; interaction — n.s.						

Wszystkie odmiany badane w latach 2000–2001 reagowały dużym wzrostem plonu przy średniej gęstości siewu w stosunku do małej gęstości i wykazały tendencję do dalszego wzrostu plonu przy dużej gęstości siewu (tab. 1). Spośród tych odmian, największym przyrostem plonu ziarna przy dużej gęstości siewu w porównaniu z małą gęstością charakteryzował się Sezam, najmniejszym zaś Justina.

W latach 2001–2002 uzyskano istotny wzrost plonu ziarna (średnio z odmian) w miarę podwyższania gęstości siewu do 450 ziaren/m². Słabszą reakcję na gęstość siewu wykazała jedynie odmiana Blask, która plonowała istotnie wyżej przy dużej gęstości siewu w porównaniu z małą gęstością, a u innych odmian wystąpiły istotne różnice także między średnią a małą gęstością oraz między dużą a średnią gęstością siewu. Największym przyrostem plonu przy wysiewie 450 ziaren/ m² w stosunku do wysiewu 250 ziaren/ m² wyróżniała się odmiana Granal.

Tabela 2

Wpływ gęstości siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia jarego, 2001–2002
The effect of sowing rate on grain yield and yield components of spring barley cultivars, 2001–2002

Wyszczególnienie Specification	Gęstość siewu Liczba ziaren/m ² Sowing rate Seed number/ m ²	Odmiany Cultivars				Średnio Mean
		Antek	Annabell	Blask	Granal	
Plon ziarna Grain yield (g/m ²)	250	693	747	768	678	720
	350	804	852	807	834	825
	450	891	921	864	906	897
	średnio mean	796	840	813	806	—
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — 54; odmian — r.n.; interakcji — 67 LSD _{0,05} for: sowing rate — 54; cultivars — n.s.; interaction — 67.						
Liczba kłosów/ m ² No of ears/ m ²	250	792	1116	894	870	915
	350	921	1290	1119	1149	1119
	450	1059	1386	1251	1314	1254
	średnio mean	924	1264	1088	1110	—
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — 72; odmian — 81; interakcji — r.n. LSD _{0,05} for: sowing rate — 72; cultivars — 81; interaction — n.s.						
Liczba ziaren w kłosie Grain number per ear	250	19,2	19,0	21,2	18,5	19,3
	350	19,8	18,5	18,4	17,8	18,5
	450	19,9	18,8	18,8	17,1	18,4
	średnio mean	19,6	18,8	19,5	17,8	—
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — r.n.; odmian — 1,3; interakcji — 2,1 LSD _{0,05} for: sowing rate — n.s.; cultivars — 1,3; interaction — 2,1						
Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)	250	45,5	35,2	40,3	42,2	40,8
	350	44,0	35,6	39,2	40,7	39,9
	450	42,3	35,3	36,6	40,2	38,6
	średnio mean	43,9	35,4	38,7	41,0	—
NIR _{0,05} dla: gęstości siewu — 2,1; odmian — 2,9; interakcji — 3,2 LSD _{0,05} for: sowing rate — 2,1; cultivars — 2,9; interaction — 3,2						

Wraz ze zwiększaniem gęstości siewu i z tym związanej obsady roślin na jednostce powierzchni wzrastała wyraźnie liczba kłosów w łanie wszystkich badanych odmian jęczmienia (tab. 1, 2). Wzrost liczby kłosów był ograniczany przez spadek stopnia rozkrzewienia produkcyjnego i przez zwiększenie wypadania roślin przy dużej gęstości siewu, lecz mimo to różnice liczby kłosów między poszczególnymi gęstościami były istotne. Największym wzrostem zwarcia łanu charakteryzowały się odmiany: Sezam i Granal, najmniejszym zaś Justina, a ponadto Antek i Annabell.

Istotnym spadkiem liczby ziaren w kłosie pod wpływem zagęszczania wysiewu do 450 ziaren/m² w porównaniu z wysiewem 250 ziaren/m² cechowały się odmiany: Barke, Justina, Sezam i Blask (tab. 1, 2). Zmniejszenie masy 1000 ziaren przy dużej gęstości siewu stwierdzono u odmian: Antek i Blask. Tendencję do spadku masy 1000 ziaren przy tej gęstości obserwowano natomiast u odmian: Forum i Granal.

Wpływ gęstości siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna proponowanych do doboru odmian jęczmienia badano w licznych wcześniejszych pracach (Noworolnik 1995 a, b; 1998; Noworolnik, Leszczyńska 1998, 2000; Ruszkowski, 1988; Sarapa, 1986; Simmons

i in., 1982). Do grupy odmian najsilniej dodatnio reagujących na dużą gęstość siewu można zaliczyć: Bies, Rasbet, Rataj, Start i BKH 2594. Najslabiej reagowały na gęstość siewu odmiany: Bryl, Rabel, Refren, MOB 1193, NAD 1592, RAH 3198. Zauważono, że odmiany browarne wymagają w większości przypadków trochę większej ilości wysiewu niż odmiany pastewne. Głównym elementem struktury plonu decydującym o jego zmianach pod wpływem wzrastającej gęstości siewu była liczba kłosów na jednostce powierzchni. Odmiany słabiej reagujące plonem na dużą gęstość siewu charakteryzowały się na ogół większym spadkiem stopnia rozkrzewienia roślin na tej gęstości. Zmiany cech produkcyjności kłosa pod wpływem gęstości siewu były mniejsze niż zmiany liczby kłosów. Niektóre odmiany reagowały na dużą ilość wysiewu obniżką liczby ziaren w kłosie, a inne spadkiem masy 1000 ziaren.

Badane odmiany charakteryzowały się niejednakowym spadkiem plonu ziarna na stopniowe opóźnianie terminu siewu (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ terminu siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia jarego, 2001–2002
The effect of sowing date on grain yield and yield components of spring barley cultivars, 2001–2002

Wyszczególnienie Specification	Termin siewu Sowing date	Odmiany Cultivars					Średnio Mean
		Antek	Annabell	Blask	Granal	Sezam	
Plon ziarna Grain yield (g/m ²)	2.IV.	756	804	672	711	666	723
	12.IV.	714	705	639	684	624	672
	22.IV.	636	627	525	615	570	594
	średnio mean	702	712	612	670	620	—
NIR _{0,05} dla: terminu siewu — 45; odmian — 53.; interakcji — 59 LSD _{0,05} for: sowing date — 45; cultivars — 53.; interaction — 59							
Liczba kłosów/ m ² No of ears/ m ²	2.IV.	936	1161	831	948	828	942
	12.IV.	960	1047	867	981	795	924
	22.IV.	894	960	798	870	756	855
	średnio mean	930	1056	832	933	793	—
NIR _{0,05} dla: terminu siewu — 63; odmian — 68; interakcji — 71 LSD _{0,05} for: sowing date — 63; cultivars — 68; interaction — 71							
Liczba ziaren w kłosie Grain number per ear	2.IV.	18,0	18,7	20,9	18,3	19,4	18,9
	12.IV.	16,9	17,8	19,0	16,7	18,1	17,7
	22.IV.	15,7	17,6	17,3	17,0	17,6	17,0
	średnio mean	16,9	18,0	19,1	17,3	18,4	—
NIR _{0,05} dla: terminu siewu — 1,1; odmian — 1,3; interakcji — 1,5 LSD _{0,05} for: sowing date — 1,1; cultivars — 1,3; interaction — 1,5							
Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)	2.IV.	44,9	37,1	38,8	41,1	41,5	40,7
	12.IV.	43,8	37,9	38,7	41,7	43,3	41,1
	22.IV.	45,2	37,0	38,1	41,6	42,9	41,0
	średnio mean	44,6	37,3	38,5	41,5	42,6	—
NIR _{0,05} dla: terminu siewu — r.n.; odmian — 2,3; interakcji — r.n. LSD _{0,05} for: sowing date — n.s.; cultivars — 2,3; interaction — n.s.							

Annabell obniżyła istotnie plon przy drugim terminie siewu, a następnie przy trzecim terminie. Pozostałe odmiany wykazały istotny spadek plonu dopiero przy trzecim terminie siewu. Mniejszymi różnicami plonu między pierwszym a trzecim terminem siewu wyróżniały się odmiany: Granal i Sezam.

Główną przyczyną ujemnego wpływu opóźnionego siewu na plon ziarna badanych odmian było zmniejszenie liczby kłosów na jednostce powierzchni, wskutek słabszego rozkrzewienia produkcyjnego roślin (w wyniku skrócenia okresu krzewienia się). Największym zmniejszeniem zwarcia łanu cechowała się odmiana Annabell. Opóźnienie siewu wpłynęło ponadto na istotną zniżkę liczby ziaren w kłosie odmian: Antek, Blask, Sezam i Granal. Masa 1000 ziaren odmian nie zależała natomiast od terminu siewu (tab. 3).

Na podstawie licznych badań (Fatyga, 1984; Fatyga i in., 1993; Noworolnik, 1995; Noworolnik i Leszczyńska, 1997, 1998) można uznać, że istnieje zróżnicowanie odmian pod względem reakcji na termin siewu, ale jest ono mniejsze niż ich zróżnicowanie względem reakcji na gęstość siewu. Mniejszymi spadkami plonu ziarna pod wpływem opóźniania terminu siewu wyróżniały się odmiany: Rataj, Rambo, Rabel, Atol i Nagrad. Największymi spadkami plonu charakteryzowały się odmiany: Start, Rodion, Edgar i Rasbet. Ujemny wpływ opóźnienia siewu na plon ziarna odmian jęczmienia był skutkiem zmniejszenia liczby kłosów na jednostce powierzchni. Liczba ziaren w kłosie większości odmian zmniejszała się przy późnym terminie siewu, ale w znacznie mniejszym stopniu niż liczba kłosów; u innych odmian pozostawała bez zmian, lub nawet zwiększała się trochę. Zmiany masy 1000 ziaren były niewielkie.

Spośród badanych odmian, największymi plonami ziarna wyróżniały się odmiany: Justina i Annabell, dzięki wytworzeniu większej liczby kłosów na jednostce powierzchni. Justina wyróżniała się także wysoką liczbą ziaren w kłosie i masą 1000 ziaren. Dużą liczbą ziaren w kłosie cechowała się ponadto odmiana Blask, a dobrą dorodnością ziarna - Antek.

WNIOSKI

1. Wszystkie odmiany jęczmienia jarego reagowały wzrostem plonu ziarna w miarę zwiększania gęstości siewu do 450 ziaren/m², w najsilniejszym stopniu odmiany: Sezam (o 27%) i Granal (o 33%), a w najsłabszym Blask (o 13%).
2. Największą zniżką plonu ziarna pod wpływem opóźniania terminu siewu charakteryzowała się odmiana Annabell (o 22%), najmniejszą zaś odmiany: Granal (o 13%) i Sezam (o 14%).
3. Zróżnicowanie plonu ziarna odmian pod wpływem badanych czynników było głównie skutkiem zmian liczby kłosów na jednostce powierzchni, ponieważ zmienność liczby ziaren w kłosie i masy 1000 ziaren była niewielka.

LITERATURA

- Farack M., Hansel A. 1987. Ergebnisse agrotechnischer Prüfungen zu Sommergerste in Vorgebirgslagen. Feldversuchswesen. 1: 30 — 41.
- Fatyga J. 1984. Wpływ terminów siewu na wysokość i jakość plonów ziarna jęczmienia jarego i ozimego. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 305: 251 — 256.

- Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 1993. Wpływ terminów siewu na wysokość plonów ziarna i słomy jęczmienia jarego. *Rocz. Nauk. Rol. Ser. A* 109: 153 — 158.
- Noworolnik K. 1995. Reakcja odmian i rodów jęczmienia jarego na gęstość siewu i termin siewu. *Biul. IHAR* 193: 45 — 49.
- Noworolnik K. 1995. Wpływ gęstości siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna jęczmienia jarego sześciorzędowego na tle dwurzędowego. *Biul. IHAR* 193: 51 — 54.
- Noworolnik K., Leszczyńska D. 1997. Plonowanie odmian i rodów jęczmienia jarego w zależności od terminu siewu. *Biul. IHAR* 201: 225 — 230.
- Noworolnik K., Leszczyńska D. 1998. Porównanie reakcji odmian jęczmienia jarego na termin i gęstość siewu. *Pam. Puł.* 112: 163 — 168.
- Noworolnik K., Leszczyńska D. 2000. Reakcja nowych odmian jęczmienia jarego na gęstość siewu. *Biul. IHAR* 214: 159 — 162.
- Ruszkowski M. 1998. Obsada i produktywność roślin zbożowych. *Mat. Konf. Nauk. „Obsada a produktywność roślin uprawnych” Cz. I*: 7 — 24.
- Sarapa N. G. 1986. Uroжайnost ячменя и особенности формирования его структуры. *Агрот. и физiol. факторы повьшения prod. zernovych*: 68 — 71.
- Simmons S. R., Rasmusson D. C., Wiersma J. V. 1982. Tillering in barley: genotype, row spacing and seeding rate effects. *Crop. Sci.* 22, 4: 801 — 805.

EDWARD GACEK ¹ZDZISŁAW R. BILIŃSKI ²HENRYK J. CZEMBOR ³JERZY H. CZEMBOR ³¹ Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka² Hodowla Roślin Smolice, Sp. z o. o., Bąków³ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce w latach 1993–1996

Pathogenicity of barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in Poland in 1993–1996

W latach 1993–1996 badano chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce przy zastosowaniu samochodowego wylapywacza zarodników typu Jet Spore Trap i techniki benzimidazolowej. Frekwencje poszczególnych wirulencji określano na podstawie liczby kolonii na pierwszym liście siewek 12 odmian testowych. Jako kontroli użyto podatną odmianę Igri. W latach 1993–1996 najwyższą frekwencję w Polsce miały wirulencje Va12 i Vg. Zaobserwowano wzrost frekwencji wirulencji Va9, Va13, Va6, Va7 + k i Va7 + Ab. Najwyższy współczynnik zmienności wykazała wirulencja Va7 + Ab (Cv = 59,3%). Zaobserwowano silne oddziaływanie chorobotwórcze populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich na plantacje jęczmienia w Polsce. W latach 1993–1996 występowały wirulencje Va1, Va3 i Va7 + Ab, dla których korespondujące odporności nigdy nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce. Wykazano brak wirulencji Vo.

Słowa kluczowe: analiza wirulencji, *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, jęczmień, patogeniczność

In the years 1993–1996 pathogenicity of barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) was investigated using the car — mounted Jet Spore Trap and benzimidazole technique. Frequencies of specific virulence genes were determined based on a number of colonies on the primary leaf of seedlings of 12 differential cultivars. Cultivar Igri was used as a susceptible control. In Poland in 1993–1996 the highest frequencies had virulences Va12 and Vg. Frequencies of virulences Va9, Va13, Va6, Va7 + k and Va7 + Ab increased in years. The highest coefficient of variability had virulence Va7 + Ab (Cv = 59.3%). Strong pathogenic influence of *B. graminis* f.sp. *hordei* population of from neighbouring countries on barley plantations in Poland was observed. In 1993–1996 virulences Va1, Va3 and Va7 + Ab were present, for which the corresponding resistances have never been used in cultivars grown in Poland. No Vo virulence was found.

Key words: barley, *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, pathogenicity, virulence analysis

WSTĘP

Mączniak prawdziwy (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) jest jedną z najgroźniejszych chorób jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.). W Europie straty plonu ziarna jęczmienia mogą przekroczyć 20% w przypadku silnego występowania choroby (Smedegard-Petersen i Stølen, 1981). Średnio dla Europy Środkowej straty te szacuje się na ok. 10% (Zwatz, 1987; Schally i in., 1995). Ponadto choroba ta znacznie obniża jakość ziarna jęczmienia, zwłaszcza zmniejszając masę tysiąca ziaren, co jest szczególnie ważne w produkcji jęczmienia browarnego (Balkema-Boomstra i Masterbroek, 1995; Czembor i Czembor, 2001).

Istnieją dwie główne metody ochrony jęczmienia przed mączniakiem: ochrona chemiczna oraz ochrona genetyczna (uprawa odmian odpornych). W praktyce rolniczej występowanie mączniaka na plantacjach jęczmienia jest ograniczane poprzez kombinację tych dwóch metod w tzw. metodzie ochrony integrowanej (Czembor i Gacek, 1987; 1995; Nieróbca i in., 2003). Zastosowanie ochrony chemicznej może powodować efekty uboczne w postaci skażenia środowiska przez środki chemiczne toksyczne dla ludzi, zwierząt i roślin. Umiejętne wykorzystanie odporności odmian jęczmienia na mączniaka pozwala na obniżenie kosztów produkcji w związku z ograniczeniem nakładów związanych z ochroną chemiczną (Czembor i Czembor, 1998, 1999; Gacek i Czembor, 1984).

Warunkiem powodzenia metody ochrony genetycznej jest wprowadzenie różnych, efektywnych genów odporności na mączniaka do nowych odmian oraz właściwe wykorzystanie tych odmian w celu zapewnienia trwałości ich odporności (Czembor, 1976, 1983). Racjonalne wykorzystanie odporności w hodowli i uprawie jęczmienia polega na jej maksymalnym zróżnicowaniu w czasie (inne uwarunkowanie odporność jęczmienia jarego i ozimego) i w przestrzeni (uprawa odmian o różnych odpornościach w danym rejonie, uprawa mieszanin odmian). Efektywność hodowli odpornościowej zależy od właściwego doboru źródeł odporności na mączniaka w zależności od struktury genetycznej populacji mączniaka jęczmienia w Polsce. Istnieje konieczność ustawicznego śledzenia struktury i dynamiki zmian frekwencji genów patogeniczności w celu prognozowania efektywności źródeł odporności używanych w programach hodowlanych i w uprawianych odmianach (Gacek i Czembor, 1983; Czembor i Gacek, 1987, 1995; Gacek, 1990, 1998).

Od lat 30. do początku 80. ubiegłego wieku chrobotwórczość *B. graminis* f.sp. *hordei* badano w sposób jakościowy poprzez identyfikację ras fizjologicznych (Mains i Dietz, 1930; Honecker, 1934). Używając danego zestawu różnicującego, gdzie "n" oznacza liczbę odmian różnicujących można zidentyfikować liczbę ras równą 2^n (Day, 1974). Występowanie poszczególnych ras w Polsce w latach 1957–1958 i 1964–1966 było opisane przez Ralskiego i Mikołajewicz (1958, 1969), w latach 1972–1974 i 1975–1979 przez Czembora (1976, 1981) oraz w latach 1980–1982 przez Czembora i Kudłę (1984). Ten sposób opisu chrobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* spełniał swoją rolę przez kilkadziesiąt lat do czasu, gdy zaczęto uważać, że system ten staje się zbyt skomplikowany (od połowy lat 70. do początku lat 80.) (Gacek, 1990). Identyfikacja ras fizjologicznych (system jakościowy) stała się zbyt skomplikowana, ponieważ istotnie wzrosła liczba genów odporności określonych u jęczmienia, a tym samym istotnie wzrosła liczba

identyfikowanych ras (np. gdy zestaw różnicujący składa się z 10 odmian liczba możliwych do zidentyfikowania ras wynosi 1024) (Day, 1974). Dlatego Wolfe i Schwarzbach (1975) zaproponowali wprowadzenie do badań chorobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* tzw. ilościowych metod analizy wirulencji pełniej opisujących współdziałanie pasożytnicze pomiędzy patogenem i gospodarzem. Specjalizacja pasożytnictwa *B. graminis* f.sp. *hordei* w tym systemie jest określona za pomocą frekwencji genów wirulencji (Wolfe i Schwarzbach, 1975; Scott i in., 1980; Gacek, 1990).

Badania frekwencji wirulencji w populacji mączniaka w Polsce są prowadzone od 1983 roku przy pomocy trzech podstawowych metod: (1) analizy zainfekowanych mączniakiem próbek liści z pól uprawnych, (2) zastosowanie ruchomych szkółek odmian testowych, (3) zastosowanie samochodowego wyłapywacza zarodników typu Jet Spore Trap (Gacek, 1983; 1987; Gacek i Czembor, 1988; 1993). W latach 1983–1990 używano metodę szkółek ruchomych, na które składały się odmiany testowe w fazie 2-liścia, posiadające najważniejsze geny odporności jęczmienia na mączniak. Frekwencje poszczególnych wirulencji określano na podstawie kolonii mączniaka (typ infekcji 3–4) na pierwszym liściu względem porażenia odmiany kontrolnej nie posiadającej genów odporności. Szkółki te były wielokrotnie ekspozowane na otwartej przestrzeni z dala od pól uprawnych jęczmienia. (Wolfe i Schwarzbach, 1975; Gacek, 1990). Drugim sposobem badania chorobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* były ilościowe testy szklarniowe polegające na określaniu frekwencji wirulencji mączniaka pochodzącego z próbek liści powszechnie uprawianych odmian zebranych z terenu całego kraju (Gacek, 1987; 1990). Od roku 1990 wirulencja populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* w powietrzu była określana dodatkowo przy pomocy trzeciej metody wykorzystującej samochodowy wyłapywacz zarodników typu Jet Spore Trap (Schwarzbach, 1979; Gacek i in., 1991; Gacek i Czembor, 1995).

Celem przedstawionej pracy było określenie frekwencji wirulencji występujących w populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* na terenie Polski w latach 1993–1996.

MATERIAŁ I METODY

Do badań chorobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce w latach 1993–1996 zastosowano samochodowy wyłapywacz zarodników typu Jet Spore Trap (Schwarzbach, 1979). Przejazdy z wyłapywaczem odbywały się głównie w maju, czerwcu i lipcu na terenie Polski Centralnej, Południowej i Zachodniej. W trakcie przejazdów z wyłapywaczem znajdujące się w powietrzu zarodniki patogena porażały segmenty liści odmiany podatnej Igri. Segmenty liści wyłożone były wewnątrz wyłapywacza na szalkach Petriego z pożywką benzimidazolową (agar wodny — 0,5% oraz benzimidazol — 30 ppm). Po 8–10 dniowej inkubacji w warunkach laboratoryjnych w temperaturze 18–20°C zarodniki konidialne pochodzące z pojedynczych kolonii były przenoszone przy pomocy pipety, na segmenty pierwszych liści odmian zestawu testowego umieszczonych na pożywce benzimidazolowej (tab. 1). Inokulację przeprowadzano z zastosowaniem małych wież inokulacyjnych. Po okresie inkubacji trwającym 7–9 dni przeprowadzano ocenę wizualną porażenia poszczególnych odmian testowych. Frekwencje poszczególnych wirulencji określano na podstawie liczby kolonii na odmianach testowych i obliczano ją względem

porażenia odmiany kontrolnej (= 100%), w celu eliminacji różnic w ilości inokulum i zmienności środowiskowej między poszczególnymi testami. Typ infekcji 4 (Mains i Dietz, 1930) przyjęto jako granicę między wirulencją i awirulencją niezależnie od nasilenia infekcji i intensywności zarodnikowania.

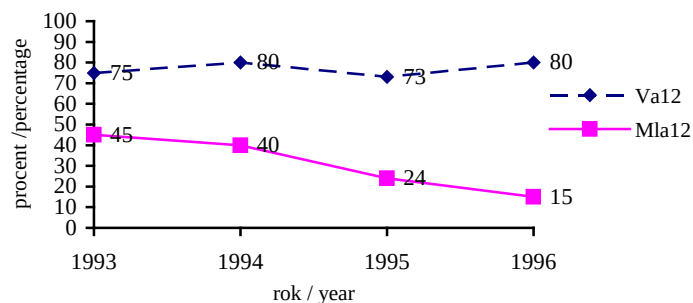
Tabela 1

Charakterystyka odporności odmian testowych na mączniaka
Characteristics of resistance of test cultivars for powdery mildew

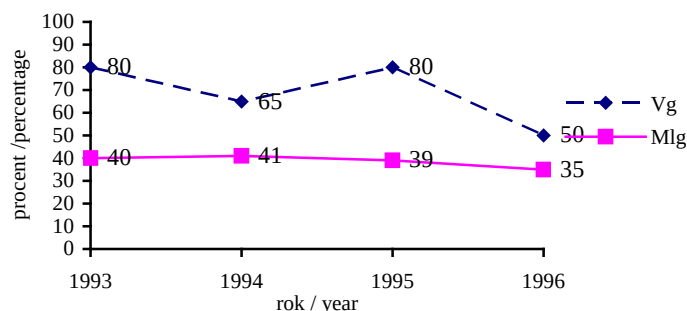
Odmiana Cultivar	Odporność Resistance	Kod Code	Główny gen odporności Main resistance gene(s)	Korespondująca wirulencja Corresponding virulence
P-01	Algerian	Al	<i>Mla1</i>	Va1
P-02	Ricardo	Ri	<i>Mla3</i>	Va3
P-03	Spontaneum	Sp	<i>Mla6</i>	Va6
P-04A	Lyallpur, Kwan	Ly, Kw	<i>Mla7, Mlk</i>	Va7 + k
P-04B	Monte Cristo	MC	<i>Mla9</i>	Va9
P-10	Arabische	Ar	<i>Mla12</i>	Va12
P-11	Rupée	Ru	<i>Mla13</i>	Va13
P-16	Kwan	Kw	<i>Mlk</i>	Vk
P-21	Weihenstephan	We	<i>Mlg</i>	Vg
P-23	Laevigatum	La	<i>MI(La)</i>	V(La)
Alexis	Mlo	Mlo	<i>Mlo</i>	Vo
Triumph	Lyallpur, Abisinian	Ly, Ab	<i>Mla7, MI(Ab)</i>	Va7 +(Ab)

WYNIKI

Frekwencje wirulencji *Va12*, *Vg* korespondujące z odpornościami występującymi u odmian uprawnych były największe i wykazywały duże zmiany w latach 1993–1996 (tab. 2, rys. 1, 2).



Rys. 1. Rozprzestrzenianie się odporności Arabische (*Mla12*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va12* w populacjach patogena
Fig. 1. Distribution of Arabische (*Mla12*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va12* in the pathogen populations

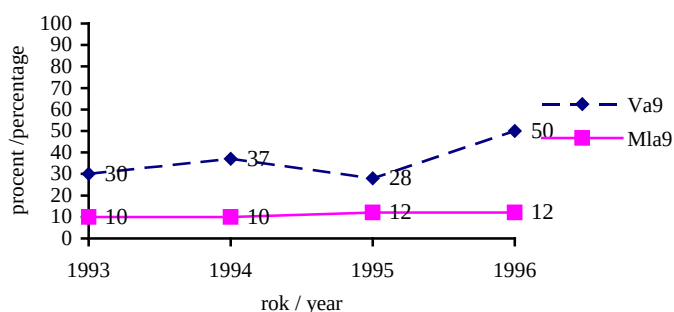


Rys. 2. Rozprzestrzenianie się odporności Weiherstephan (*Mlg*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Vg* w populacjach patogena

Fig. 2. Distribution of Weiherstephan (*Mlg*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Vg* in the pathogen populations

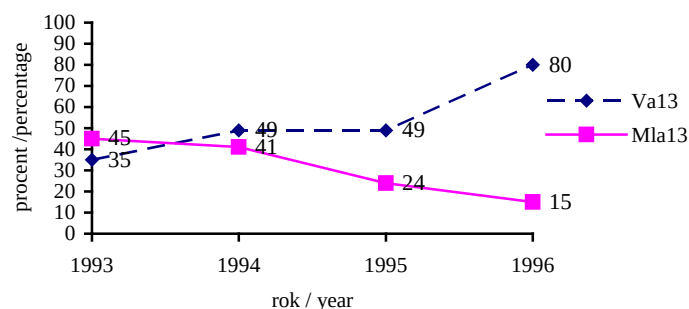
Dynamika zmian tych frekwencji w latach była różna. Frekwencja wirulencji *Va12* utrzymywała się na tym samym poziomie 73%–80% pomimo tego, że powierzchnia uprawy odmian z korespondującą odpornością Arabische z roku na rok spadała od 45% do 15% (rys. 1). Współczynnik zmienności dla tej wirulencji był najniższy i wynosił $C_v = 4,6\%$ (tab. 2). Frekwencja wirulencji *Vg* zmieniała się znacznie w latach, czego potwierdzeniem jest współczynnik zmienności $C_v = 20,9\%$ a powierzchnia uprawy odmian z korespondującą odpornością Weiherstephan utrzymywała się na tym samym poziomie 35%–41% (tab. 2, rys. 2).

Zaobserwowano wyraźny wzrost frekwencji wirulencji *Va9*, *Va13*, *Va6*, *Va7 + k* i *Va7 + Ab* w poszczególnych latach badań (tab. 2). Wirulencje *Va9* i *Va13* wykazały podobną zmienność w latach w przeciwieństwie do dynamiki zmian w powierzchni upraw odmian z korespondującymi odpornościami Monte Cristo i Rupee (tab. 2, rys. 3, 4).

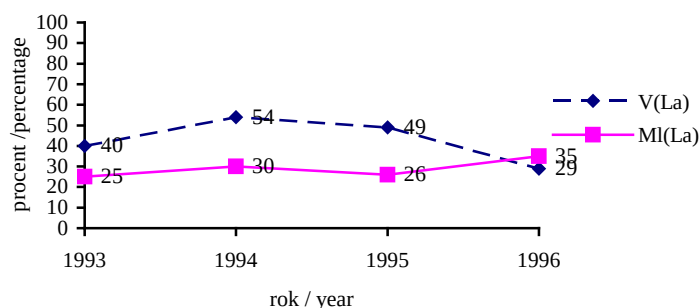


Rys. 3. Rozprzestrzenianie się odporności Monte Cristo (*Mla9*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va9* w populacjach patogena

Fig. 3. Distribution of Monte Cristo (*Mla9*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va9* in the pathogen populations



Rys. 4. Rozprzestrzenianie się odporności Rupee (*Mla13*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va13* w populacjach patogena
Fig. 4. Distribution of Rupee (*Mla13*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va13* in the pathogen populations



Rys. 5. Rozprzestrzenianie się odporności *Laevigatum* [*Ml(La)*] w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji *Va(La)* w populacjach patogena
Fig. 5. Distribution of *Laevigatum* [*Ml(La)*] resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence *Va(La)* in the pathogen populations

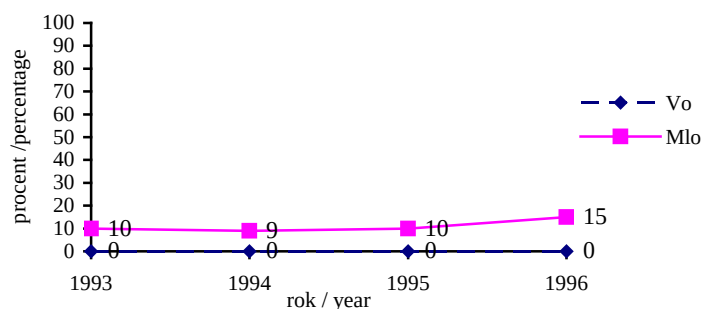
W roku 1993 frekwencja wirulencji *Va9* i *Va13* wynosiła ok. 30%, a w roku 1994 frekwencja ta wzrosła do 37% dla *Va9* i 49% dla *Va13*. W roku 1996 frekwencja wirulencji *Va9* wynosiła już 50%, a wirulencji *Va13* 80%. Najwyższy współczynnik zmienności wykazała wirulencja *Va7 + Ab* ($C_v = 59,3\%$) i frekwencja tej wirulencji wzrosła z 15% w latach 1993 i 1994 do 50% w roku 1996 (tab. 2). Frekwencja wirulencji *V(La)* w badanych latach początkowo wzrosła z 40% do 54%, a następnie spadła z 54% do kolejno 49% i 29% (tab. 2, rys. 5). Współczynnik zmienności dla tej wirulencji wynosi $C_v = 25,5\%$ (tab. 2). Frekwencja wirulencji *Va6* i *Va7 + k* wynosiła w roku 1994 ok. 50%, w roku 1995 wzrosła do 60% a w 1996 roku wynosiła już 90%. Frekwencje wirulencji *Va1* i *Va3* były niskie i w żadnym roku nie przekraczały 15%. Prowadzone badania nie wykazały występowania wirulencji *Vo* pomimo uprawy odmian z korespondującą odpornością na poziomie 9%–15% (tab. 2, rys. 6).

Tabela 2

Frekwencja genów wirulencji występujących w populacji mączniaka jęczmienia w Polsce w latach 1993–1996

The frequency of virulence genes in barley powdery mildew populations in Poland in 1993–1996

Wirulencje Virulences	Rok Year				Współczynnik zmienności Coefficient of variability Cv (%)
	1993	1994	1995	1996	
I. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności zaczęto używać w odmianach uprawianych w Polsce przed rokiem 1970 i odmiany z tymi odpornościami nie były uprawiane w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were utilized in cultivars grown in Poland before 1970, and cultivars with these resistances were not grown in 1993–1996					
Va6	50	45	60	90	32,9
Va7 + k	55	50	60	90	28,1
II. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności były użyte w odmianach uprawianych w Polsce przed rokiem 1970 i odmiany z tymi odpornościami były uprawiane w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were utilized in cultivars grown in Poland before 1970, and cultivars with these resistances were grown in 1993–1996					
Vg	80	65	80	50	20,9
III. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności były użyte w odmianach uprawianych w Polsce po roku 1970 i odmiany z tymi odpornościami były uprawiane w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were utilized in cultivars grown in Poland after 1970, and cultivars with these resistances were grown in 1993–1996					
Va12	75	80	73	80	4,6
V(La)	40	54	49	29	25,5
Va13	35	49	49	80	35,7
Va9	30	37	28	50	27,4
Vo	0	0	0	0	0
IV. Geny wirulencji, dla których korespondujące odporności nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce w latach 1993–1996 Virulence genes to which corresponding resistances were not utilized in cultivars during 1993–1996					
Va7 + Ab	15	15	40	50	59,3
Va1	10	15	10	10	22,2
Va3	10	10	10	5	28,6



Rys. 6. Rozprzestrzenianie się odporności Mlo (*mlo*) w procentach powierzchni jęczmienia jarego w Polsce oraz frekwencja korespondującej wirulencji Vo w populacjach patogena
Fig. 6. Distribution of Mlo (*mlo*) resistance in percentage of the spring barley area in Poland and the frequency of the corresponding virulence Vo in the pathogen populations

DYSKUSJA

W Polsce od kilkadziesiąt lat prowadzona jest hodowla odpornościowa jęczmienia na mączniaka prawdziwego. Skuteczność tej hodowli w zapewnieniu efektywnej odporności genetycznej w uprawianych odmianach jęczmienia na mączniaka prawdziwego zależy od właściwego doboru źródeł odporności oraz wiedzy o strukturze i dynamice zmian frekwencji genów patogeniczności (wirulencji) (Jørgensen, 1992; 1994; Czembor i Gacek, 1987; 1995). W latach 1993–1996 korespondującymi wirulencjami w stosunku do genów odporności w uprawianych odmianach jęczmienia były: *Va12*, *Va13*, *Va9*, *V(La)*, *Vg* i *Vo* (Rys. 1, 2, 3, 4, 5, 6).

Frekwencja wirulencji *Va12* (korespondująca odporność Arabische — Ar) na początku lat 80. była bardzo wysoka, ponad 90% (Czembor i Kudła, 1984; Gacek, 1983, 1990). Pomimo występującego od 1982 roku spadku uprawy odmian z odpornością Ar wirulencja *Va12* występowała z dużą frekwencją. Uzyskane w naszych badaniach wyniki potwierdziły ten trend. W latach 1993–1996 mimo dalszego spadku powierzchni uprawy odmian z odpornością Ar (z 45% do 15%) frekwencja wirulencji *Va12* utrzymywała się nadal na stałym, wysokim poziomie 73%–80%. Prawdopodobnym wyjaśnieniem braku ścisłej zależności między frekwencją *Va12* a powierzchnią uprawy, z korespondującymi genami odporności, jest oddziaływanie populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich. W Polsce przeważają wiatry wiejące z Zachodu, które w okresie wegetacji przenoszą biliony zarodników konidialnych *B. graminis* f.sp. *hordei* na plantacje jęczmienia w Polsce z takich krajów jak Niemcy, Czechy i Dania (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990; Limpert i in., 1990; 1999).

Frekwencja wirulencji *Va13* (korespondująca odporność Rupee — Ru) wzrosła w latach 1993–1996 z 35% do 80% pomimo zmniejszenia powierzchni uprawy odmian z odpornością Ru z 45% do 15%. Stosunkowo wysoka frekwencja tej wirulencji w latach 1993–1996 wynika z tego, że odmiany z tą odpornością były uprawiane w Polsce od połowy lat 80. oraz, że obecność tej wirulencji stwierdzono w Polsce już w roku 1983 (Gacek, 1983). Wzrost frekwencji *Va13* był znacznie szybszy niż areal uprawy odmian z odpornością Ru, co tłumaczono oddziaływaniem populacji *B. graminis* f. sp. *hordei* z krajów sąsiednich, głównie z Czechosłowacji (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990).

Frekwencja wirulencji *Va9* (korespondująca odporność Monte Cristo — MC) wzrosła w latach 1993–1996 z 30% do 50% pomimo utrzymywania się powierzchni uprawy odmian z odpornością MC na tym samym poziomie (10%–12%). Obserwowany dosyć wysoki poziom tej wirulencji w roku 1993 (30%) wynika z faktu, że odmiany z tą odpornością były uprawiane w Polsce od połowy lat 80-tych. Obecność tej wirulencji stwierdzono w Polsce już w roku 1983 i frekwencja ta rosła gwałtownie w następnych latach pomimo małej powierzchni odmian uprawnych z korespondującą odpornością. Brak zależności pomiędzy częstością *Va9* a powierzchnią uprawy odmian, z korespondującą odpornością w Polsce (podobnie jak to miało miejsce z frekwencją wirulencji *Va12*), należy tłumaczyć chorobotwórczym oddziaływaniem populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich, gdyż odmiany z odpornością MC były uprawiane w wielu krajach

Europy na dużym areale (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990; Limpert i in., 1990; 1999).

Wirulencja *V(La)* (korespondująca odporność *Laevigatum* — *La*) występowała z najwyższą częstością w roku 1988 (63%), a następnie obserwowano spadek jej liczebności (Gacek, 1990). W latach 1993–1996 wirulencja ta występowała na poziomie 29%–54% i korespondowała z powierzchnią uprawy odmian z odpornością *La*.

W latach 1993–1996 nie zaobserwowano wirulencji *Vo* (korespondująca odporność *Mlo*–*Mlo*) pomimo tego, że powierzchnia uprawy odmian z tą odpornością wynosiła w Polsce 9%–15%. Odporność ta jest uważana za odporność trwałą gdyż odmiany z tą odpornością są uprawiane w Europie od ponad 20 lat i nie zaobserwowano występowania w Europie wirulencji *Vo*, a jedynie opisano izolaty patogena z podwyższoną agresywnością w odniesieniu do tej odporności (Czembor i Czembor, 2003).

Frekwencja *Vg* występowała z wysoką frekwencją w latach 1993–1996 (50–80%). Wynika to ze stałej obecności począwszy od lat 40. korespondującego genu *Mlg* w odmianach uprawianych w Europie i w Polsce (Fischbeck, 2003). Wirulencja *Vg* podobnie jak wirulencje *Va6* i *Va7 + k* ma utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce (Gacek, 1990).

Wirulencje *Va6* i *Va7 + k* korespondują z odpornościami używanymi w odmianach jęczmienia uprawianych przez długi czas w latach poprzednich i nieuprawianymi w latach 1993–1996. Frekwencje tych wirulencji były stosunkowo wysokie. Wirulencja *Va6* koresponduje z odpornością *Spontaneum* (*Sp*) mającą geny odporności *Mla6*, *Mla14* (Søgaard i Jorgensen, 1987). Geny warunkujące ten typ odporności zostały wprowadzone do uprawianych odmian w latach 60. i występują one u jęczmienia jarego i ozimego. Na podstawie badań Gacka (1990) można stwierdzić, że wirulencja *Va6* ma, choć zmienną, to dość wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce. Pod koniec lat 80. obserwowano stopniowy spadek liczebności tych wirulencji (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990), co ma odzwierciedlenie w prezentowanych przez nas wynikach: w roku 1993 frekwencja ta wyniosła 50%, ale w roku 1996 wzrosła do 90%. Kolejną wirulencją występującą z dużą frekwencją jest *Va7 + k*, koresponduje z odpornością *Lyallpur* (*Ly*) mającą gen odporności *Mla7*. Gen ten był również powszechnie wykorzystywany w hodowli jęczmienia od połowy lat 60. (Fischbeck, 2003). Frekwencja wirulencji *Va7 + k* w populacjach patogena w latach 1993–1996, mimo braku w uprawie odmian z korespondującą odpornością, w tych latach była nadal wysoka (50–90%). Przedstawione wyniki w prezentowanej pracy potwierdzają, że wirulencja *Va7 + k* ma utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f. sp. *hordei* w Polsce od lat 80. (Gacek, 1990).

Wirulencje *Va1* i *Va3* utrzymywały się w latach 1993–1996 na stosunkowo niskim poziomie (5–15%). Wirulencje te występowały w populacji mączniaka w Polsce, pomimo że w badanym okresie nie uprawiano w Polsce odmian z korespondującymi genami odporności. Można to tłumaczyć szeroką uprawą odmian z genami *Mla1* i *Mla3* w wielu krajach Europy, głównie w Niemczech (Fischbeck, 2003). Interesującym faktem jest występowanie *Va7 + Ab* w latach 1993–1996. Wirulencja ta została zaobserwowana w roku 1990 i występowała na poziomie 10–15% w latach 1990–1994 (Gacek, 1990;

Gacek i Czembor, 1993). Zaobserwowano skokowy wzrost frekwencji tej wirulencji w latach 1995–1996, do poziomu 40–50%.

WNIOSKI

1. Stosowana metoda ilościowego badania chorobotwórczości populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce umożliwiła określenie frekwencji najważniejszych wirulencji tego patogena w latach 1993–1996.
2. Zaobserwowano silne oddziaływanie chorobotwórcze populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich na plantacje jęczmienia w Polsce w latach 1993–1996.
3. Stwierdzono występowanie wirulencji, dla których korespondujące odporności nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce w latach 1993–1996.
4. Wykazano brak wirulencji w stosunku do odporności Mlo w latach 1993–1996.

LITERATURA

- Balkema-Boomstra A. G., Masterbroek H. D. 1995. Effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*) on photosynthesis and grain yield of partial resistant genotypes of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Breed. 114: 126 — 130.
- Czembor H. J. 1976. Źródła odporności na mączniak jęczmienia *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. Hod. Rośl. Aklim. 5, 20: 467 — 490.
- Czembor H. J. 1981. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*) występujące w latach 1975—1979. Hod. Rośl. Aklim. 25, 5/6: 215 — 226.
- Czembor H. J. 1983. Hodowla jęczmienia odpornego na choroby — stan badań i program. Biul. IHAR 150: 4 — 10.
- Czembor J. H., Czembor E. 2003. Odporność Mlo jęczmienia na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*). Cz. III. Trwałość odporności. Biul. IHAR 375 — 396.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1998. Powdery mildew resistance in cultivars of spring barley from Polish Register. Plant Breed. Seed Sci. 42 (2): 87 — 99.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1999. Powdery mildew resistance in cultivars of winter barley from Polish Register. Plant Breed. Seed Sci. 43 (1): 65 — 75.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2001. Resistance to powdery mildew in barley cultivars and breeding lines included in 1998-2000 Polish registration trials. Plant Breed. Seed Sci. 45 (1): 19 — 28.
- Czembor H. J., Gacek E. 1987. Badania nad sposobami zwiększenia trwałości odporności genetycznej jęczmienia na mączniak i inne choroby. Biul. IHAR 163: 25 — 32.
- Czembor H.J., Gacek E. 1995. Systemy zwiększania trwałości odporności odmian na choroby w hodowli i uprawie zbóż. W: 2-gie Krajowe Sympozjum "Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska", 12–14 wrzesień: 39 — 48.
- Czembor H. J., Kudła M. M. 1984. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* Marchal) występujące w Polsce w latach 1980–1982. Hod. Rośl. Aklim. 28, 3/4: 219 — 230.
- Day P. R. 1974. Genetics of host-parasite interaction. W. H. Freeman and Com., San Francisco, 238 pp.
- Fischbeck G. 2003. Diversification through breeding. In: Diversity in Barley (*Hordeum vulgare*), R. von Bothmer, Th. van Hintum, H. Knüpfner i K. Sato (eds.), Elsevier Science B. V., Amsterdam, The Netherlands: 29 — 52.
- Gacek E. 1983. Analiza patogeniczności grzybów porażających jęczmień. Biul. IHAR 150: 11 — 19.
- Gacek E. 1987. Distribution of barley powdery mildew resistance and virulence in Poland in 1984–1986. In: Advances in Agricultural Biotechnology, M. S. Wolfe, E. Limpert (ed.), Martinus Nijhoff Publishers., Dordrecht, The Netherlands: 93 — 98.

- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC. f.sp. *hordei* Marchal.) Hod. Rośl. Aklim. 34 (5/6): 3 — 49.
- Gacek E. 1998. Strategie wykorzystania odporności genetycznej w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. Postępy w Ochronie Roślin: 38 (1): 44 — 49.
- Gacek E., Czembor H. J. 1983. Problem wykorzystania genetycznej odporności w hodowli i uprawie zbóż, ze szczególnym uwzględnieniem jęczmienia. Biul. IHAR 151: 37 — 45.
- Gacek E., Czembor H.J. 1984. Prawidłowe wykorzystanie genetycznej odporności jęczmienia na choroby. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 305: 163 — 170.
- Gacek E., Czembor H. J. 1988. Analiza ilościowa struktury populacji mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*). Biul. IHAR 167: 13 — 19.
- Gacek E., Czembor H. J. 1993. Evolution of barley powdery mildew population in Poland. Polnohospodarstvo, Bratislava 39: 373 — 379.
- Gacek E., Czembor H. J. 1995. Metody badań chorobotwórczości patogenów obligatoryjnych zbóż. W: 2-gie Krajowe Sympozjum "Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska", 12–14 wrzesień. 169 — 179.
- Gacek E., Czembor H. J., Biliński Z. 1991. Distribution of barley powdery mildew resistance and virulence in Poland. In: Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change. J. H. Jørgensen (ed.). Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark: 67 — 71.
- Honecker I. 1934. Über die Modifizierbarkeit des Befalles und als Auftreten verschiedener physiologischer formen beim Mehltau der Gerste *Erysiphe graminis hordei* Marchal. Zeitschrift für Züchtung und Pflanzenzüchtung 19: 577 — 602.
- Jørgensen J. H. 1992. Durability of the resistance in the pathosystem: barley — powdery mildew. In: Proc. "Durability of Disease Resistance" Wageningen, The Netherlands: 159 — 176.
- Jørgensen J. H. 1994. Genetics of Powdery Mildew Resistance in Barley. Crit. Rev. Plant Sci. 13: 97 — 119.
- Mains F. B., Dietz S. M. 1930. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei*, Marchal. Phytopathology 20: 229 — 299.
- Limpert E., Fischbeck G. 1987. Distribution of virulence and of fungicide resistance in the European barley mildew population. W: Integrated Control of Cereal Mildews: Monitoring the pathogen, M.S. Wolfe, E. Limpert (ed.), Martinus Nijhoff Publishers., Dordrecht, The Netherlands: 9 — 30.
- Limpert E., Andrivon D., Knittel R., Fischbeck G. 1990. Barley mildew in Europe — Patterns of the composition of the pathogen population during the period 1985–1988. Second European Workshop, Integrated Control of Cereal Mildew: Virulence Patterns and Their Change, Roskilde, Denmark, 23–25 January 1990. Abstr.: 1.
- Limpert E., Godet F., Muller K. 1999. Dispersal of cereal mildews across Europe. Agric. For. Meteorol. 97: 293 — 308.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J. H. 2003. Ochrona roślin — ważny element technologii uprawy zbóż w UE. Pam. Puł. 132: 311 — 320.
- Ralski E., Mikołajewicz T. 1958. Z badań nad wrażliwością form jęczmienia na mączniaka właściwego. Hod. Rośl. Aklim. 2, 3: 313 — 332.
- Ralski E., Mikołajewicz T. 1969. Studia nad odpornością jęczmienia na mączniaka właściwego. Hod. Rośl. Aklim. 13, 5: 359 — 373.
- Schally H., Zedebrauer R., Zwatz B. 1995. Virulenzanalyse am Beispiel Sommergerste Mehltau in Österreich unter Nutzung de Kollektionssysteme Sporenfall und Pflanzendeposition. Pflanzenschutzberichte 55: 52 — 68.
- Schwarzbach E. 1979. A high throughput jet trap for collecting mildew spores on living leaves. Phytopathologische Zeitschrift 94: 165 — 171.
- Scott P. R., Johnson R., Wolte M. S., Lowe H. J. B., Bennett F. G. A. 1980. Host-specificity in cereal parasites in relation to their control. Applied Biology 5: 349 — 393.
- Smedegard-Petersen V., Stølen O. 1981. Effect of energy requiring defense reactions on yield and grain quality in a powdery mildew — resistant barley cultivar. Phytopath. 71: 396 — 399.

- Søgaard B., Jørgensen J. H. 1987. Supplementary list No 1 (to master list of barley genes). Genes for reaction to *Erysiphe graminis hordei* powdery mildew). Barley Gen. Newsl. 17: 128 — 134.
- Wolfe M. S., Schwarzbach E. 1975. The use of virulence analysis in cereal mildews. Phytopathologische Zeit. 82: 297 — 307.
- Zwatz B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktoren im Wirt-Parasit-System Sommergarste-Sorten und Mehltau (*Erysiphe graminis* DC. f.sp. *hordei*) in Österreich. Die Bodenkultur 38: 341 — 349.

HENRYK J. CZEMBOR**JERZY H. CZEMBOR**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce w roku 1999

Pathogenicity of barley powdery mildew (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) in Poland in 1999

Frekwencje wirulencji *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce, w roku 1999 określano wykorzystując próbki liści odmiany podatnej Manchuria porażone mączniakiem, zebrane w 12 miejscowościach. Z próbek liści z każdej miejscowości izolowano od 22 do 45 kultur jednozarodnikowych. Wirulencję poszczególnych izolatów jednozarodnikowych określano na podstawie reakcji odpornościowej na zestawie 32 odmian różnicujących. Z ponad 90% frekwencją w roku 1999 w Polsce występowały wirulencje *Vg* + *CP* (91,2%), *Va7* + *Ab* (94,1%), *Vh* (98%), *V(La)* (98,7%), *V(Ru2)* (98,7%), *V(Bo)* (99,6%), *Vra* (99,7%). Wirulencjami, które występowały z niskimi frekwencjami (do 50%) były: *Va1* + ? (29,7%), *V(St1)* + *St2* (37,9%), *Vat* (38,9%), *Va9* + *k* (38,9%), *Va3* (39,9%), *Va9* (45,6%). Nie zaobserwowano obecności wirulencji *Va23*, *Vp* i *Vo5*. Stwierdzono silne oddziaływanie chorobotwórcze populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich na plantacje jęczmienia w Polsce w roku 1999. Zaobserwowano występowanie wirulencji, dla których korespondujące odporności nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce do roku 1999.

Słowa kluczowe: analiza wirulencji, *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, jęczmień, patogeniczność

Virulence frequencies of *B. graminis* f. sp. *hordei* in Poland in 1999, were determined using leaf samples of the susceptible cultivar Manchuria infected by powdery mildew collected in 12 locations. From leaf samples collected in each location, 22–45 single-spore isolates were obtained. Virulence of the specific single-spore isolates was determined based on their resistance reaction, on 32 differential cultivars. Virulences *Vg* + *CP* (91.2%), *Va7* + *Ab* (94.1%), *Vh* (98%), *V(La)* (98.7%), *V(Ru2)* (98.7%), *V(Bo)* (99.6%), *Vra* (99.7%) were present in Poland, in 1999, with frequency higher than 90%. Virulences which were present with low frequency (below 50%) were: *Va1* + ? (29.7%), *V(St1)* + *St2* (37.9%), *Vat* (38.9%), *Va9* + *k* (38.9%), *Va3* (39.9%), *Va9* (45.6%). Virulences *Va23*, *Vp*, and *Vo5* were not present. In 1999, a strong influence of pathogenicity of *B. graminis* f. sp. *hordei* population from neighbouring countries was observed on barley plantations in Poland. In 1999, virulences were present, for which their corresponding resistances have never been used in cultivars grown in Poland.

Key words: barley, *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, pathogenicity, virulence analyse

WSTĘP

Mączniak prawdziwy, *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*, jest jedną z najgroźniejszych chorób jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.). W Europie Środkowej, w tym w Polsce, straty plonu ziarna jęczmienia w przypadku występowania tej choroby szacuje się średnio rocznie na ok. 10% (Zwatz, 1987; Schally i in., 1995). Występowanie tej choroby nawet w niewielkim nasileniu istotnie pogarsza jakość ziarna jęczmienia przeznaczonego na cele browarne poprzez zmniejszenie masy tysiąca ziaren i zwiększenie w nich zawartości białka (Balkema-Boomstra i Masterbroek, 1995; Czembor i Czembor, 2001).

W praktyce rolniczej mączniak prawdziwy na plantacjach jęczmienia jest ograniczany poprzez kombinację ochrony chemicznej (zastosowanie fungicydów) oraz ochrony genetycznej (uprawa odmian odpornych), w tzw. metodzie ochrony integrowanej (Czembor i Gacek, 1987, 1995; Nieróbca i in., 2003). Metoda ochrony genetycznej jest oparta na wprowadzaniu przez hodowców efektywnych genów odporności na mączniaka do nowych odmian jęczmienia oraz na właściwym wykorzystaniu tych odmian (Czembor, 1976, 1983, 2002). Hodowcy prognozują efektywność źródeł odporności używanych w programach hodowlanych w oparciu o wyniki badań struktury i dynamiki zmian frekwencji genów patogeniczności (Gacek i Czembor, 1983; Czembor i Gacek, 1987, 1995; Gacek, 1990, 1998). Tego rodzaju badania były prowadzone w Polsce od końca lat 50. ubiegłego wieku (Ralski i Mikołajewicz, 1958, 1969; Czembor, 1976, 1981; Czembor i Kudła, 1984; Gacek, 1990; Gacek i Czembor, 1993).

Do początku lat 90. ubiegłego wieku chorobotwórczość *B. graminis* f.sp. *hordei* badano w Polsce w sposób jakościowy poprzez identyfikację ras fizjologicznych według klucza zaproponowanego przez Mains i Dietza (1930) udoskonalonego przez Honeckera (1934). W latach następnych wprowadzono do badań chorobotwórczości *B. graminis* f.sp. *hordei* tzw. ilościową metodę analiz wirulencji zaproponowaną przez Wolfea i Schwarzbacha (1975). Istnieją 3 podstawowe metody badania frekwencji wirulencji w populacji *B. graminis* f.sp. *hordei*: (1) analiza zainfekowanych mączniakiem próbek liści z pól uprawnych, (2) zastosowanie ruchomych szkółek odmian testowych, (3) zastosowanie samochodowego wyłapywacza zarodników typu Jet Spore Trap (Gacek, 1983, 1987; Gacek i Czembor, 1984, 1988). We wszystkich tych metodach frekwencje poszczególnych wirulencji są określane na podstawie kolonii mączniaka (typ infekcji 3–4) na pierwszym liściu siewek odmian z różnymi genami odporności w stosunku do podatnej odmiany kontrolnej (Gacek, 1990; Gacek i Czembor, 1995).

Celem przedstawionej pracy było określenie frekwencji wirulencji występujących w populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* na terenie Polski w roku 1999.

MATERIAŁ I METODY

Frekwencje wirulencji *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce w roku 1999 określano wykorzystując próbki porażonych liści odmiany podatnej Manchurian wysianej w 12 miejscowościach na poletkach 10 m² w izolacji przestrzennej ok. 500 m od innych plantacji jęczmienia (rys. 1).



Rys. 1. Polska — miejscowości zbioru próbek mączniaka prawdziwego *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*
 Fig. 1. Poland — locations of barley powdery mildew sampling

Tabela 1

Charakterystyka odporności odmian testowych na mączniaka *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*
 Characteristics of resistance of the test cultivars for powdery mildew *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*

L.p. No.	Odmiana Cultivar	Odporność Resistance	Kod Code	Geny odporności Resistance gene(s)	Wirulencja Virulence	Pochodzenie Origin
1	P1	Algerian	Al	<i>Mla1</i>	<i>Va1</i>	Algerian
2	P2	Ricardo	Ri	<i>Mla3</i>	<i>Va3</i>	Ricardo
3	P3	Spontaneum	Sp	<i>Mla6, Mla14</i>	<i>Va6</i>	Franger
4	P4A	Lyallpur, Kwan	Ly, Kw	<i>Mla7, Mlk, +?</i>	<i>Va7 + k</i>	Heine 4808
5	P4B	Lyallpur, ...	Ly, ...	<i>Mla7, +?</i>	<i>Va7, +?</i>	Heine 4808
6	P6	Lyallpur, Long Glumes	Ly, LG	<i>Mla7, MlLG2</i>	<i>Va7</i>	Multan
7	P7	Monte Cristo, Kwan	MC, Kw	<i>Mla9, Mlk</i>	<i>Va9 + k</i>	Monte Cristo
8	P8A	Monte Cristo, Kwan	MC, Kw	<i>Mla9, Mlk</i>	<i>Va9 + k</i>	Triple Awn Lemma
9	P8B	Monte Cristo	MC	<i>Mla9</i>	<i>Va9</i>	Triple Awn Lemma
10	P9	Durani	Du	<i>Mla10, MlDu2</i>	<i>Va10 + DU2</i>	Durani
11	P10	Arabische	Ar	<i>Mla12</i>	<i>Va12</i>	Arabische
12	P11	Rupée	Ru	<i>Mla13, MlRu3</i>	<i>Va13</i>	Rupée
13	P12			<i>Mla22</i>	<i>Va22</i>	Hor 1657
14	P13			<i>Mla23</i>	<i>Va23</i>	Hor 1657
15	P14	Ragusa	Ra	<i>Mlra</i>	<i>Vra</i>	Weihenstephan 41/154
16	P15	Rupée		<i>Ml(Ru2)</i>	<i>V(Ru2)</i>	Rupée
17	P17	Kwan	Kw	<i>Mlk</i>	<i>Vk</i>	Monte Cristo
18	P18			<i>Mlnn</i>	<i>Vnn</i>	Nigrinudum
19	P19			<i>Mlp</i>	<i>Vp</i>	Psaknon
20	P20			<i>Mlat</i>	<i>Vat</i>	Coast, Atlas
21	P21	Weihenstephan	We	<i>Mlg, Ml(CP)</i>	<i>Vg</i>	Weihenstephan MR II
22	P22	Mlo	Mlo	<i>mlo5</i>	<i>Vo</i>	Mut. in Carlsberg II
23	P23	Laevigatum	La	<i>Ml(La)</i>	<i>V(La)</i>	H. Laevigatum
24	P24	Hauters	Ha	<i>Mlh</i>	<i>Vh</i>	Hanna
25	Benedicte	Monte Cristo, Ingrid M9	MC, IM9	<i>Mla9, Ml(IM9)</i>	<i>Va9 + IM9</i>	Monte Cristo, Ingrid M9
26	Lenka	Rupée, Abyssinian	Ru, Ab	<i>Mla13, Ml(Ab)</i>	<i>Va13 + Ab</i>	
27	Gunnar	Ricardo, Turkish	Ri, Tu2	<i>Mla3, Ml(Tu2)</i>	<i>Va3 + Tu2</i>	
28	Steffi		St	<i>Ml(St1), Ml(St2)</i>	<i>V(St1) + St2</i>	Steffi
29	Kredit		Kr	<i>Ml(Kr)</i>	<i>V(Kr)</i>	Kredit
30	Jarek		Kr, ...	<i>Ml(Kr), +?</i>	<i>V(Kr) +?</i>	
31	Trumph	Lyallpur, Abyssinian	Ly, Ab	<i>Mla7, Ml(Ab)</i>	<i>Va7 + Ab</i>	
32	Borwina			<i>Ml(Bw)</i>	<i>V(Bw)</i>	Borwina
33	Manchuria	-				

Z próbek liści z każdej miejscowości izolowano od 22 do 45 kultur jednozarodnikowych. Wirulencję poszczególnych izolatów jednozarodnikowych określano na podstawie reakcji odpornościowej na zestawie 32 odmian różnicujących (tab. 1). Typ infekcji 4 (Mains i Dietz, 1930) przyjęto jako granicę między wirulencją i awirulencją niezależnie od nasilenia infekcji i intensywności zarodnikowania. Frekwencje poszczególnych wirulencji były określane na podstawie kolonii mączniaka (typ infekcji 3–4) na pierwszym liście siewek zestawu różnicującego w stosunku do podatnej odmiany kontrolnej Manchurian. Doświadczenia infekcyjne prowadzono w warunkach szklarniowych w temperaturze 16–20°C i przy użyciu sztucznego doświetlania w cyklu dobowym, 16 h — dzień i 8 h — noc, w komorach foliowych zapewniających izolację i odpowiednie warunki wilgotnościowe dla rozwoju patogena. Zakażenia dokonywano przez strząsanie zarodników konidialnych z siewek odmiany podatnej. Ocenę objawów porażenia dokonywano 8–10 dni od chwili zakażenia.

WYNIKI

Z ponad 90% frekwencją w roku 1999 w Polsce występowały wirulencje *Vg* + *CP* (91,2%), *Va7* + *Ab* (94,1%), *Vh* (98%), *V(La)* (98,7%), *V(Ru2)* (98,7%), *V(Bo)* (99,6%), *Vra* (99,7%) (tab. 2). Notowane wirulencje z frekwencją w przedziale 70%–90%, to: *Va7* + *k* + ? (70,9%), *Va7* + *LG2* (74,7%), *Va6* + *a14* (76%), *Va12* (76,6%), *Va7* + ? (85,6%). W przedziale frekwencji 50%–70% występowały wirulencje *Va22* (51,6%), *Vnn* (51,6%), *Va13* + *Ab* (52,1%), *Va10* + *Du2* (59,1%), *V(Kr)* + ? (59,8%), *Va13* + *Ru3* (60%), *Va9* + *IM9* (65,9%), *Vk* (67,4%). Wirulencjami, które występowały z niższymi frekwencjami (do 50%) były *Va1* + ? (29,7%), *V(St1)* + *St2* (37,9%), *Vat* (38,9%), *Va9* + *k* (38,9%), *Va3* (39,9%), *Va9* (45,6%). Nie stwierdzono występowania genów wirulencji *Va23*, *Vp*, i *Vo5*.

Najniższe zróżnicowanie we frekwencji wirulencji w Polsce (współczynnik zmienności *Cv* do 20%) wykazywały geny *Va8*, *Vra*, *V(Bw)*, *V(La)*, *Vh*, *V(Ru2)*, *Vg* + *CP*, *Va7* + *Ab*, *Va7* + ? oraz *Va7* + *LG2*. Natomiast wirulencje *Va3*, *Vnn*, *Vat*, *Va1* + ?, *V(St1)* + *St2* i *Va3* + *Tu2* wykazywały najwyższe zróżnicowanie we frekwencji wirulencji (współczynnik zmienności *CV* powyżej 50%). Korespondującymi wirulencjami w stosunku do genów odporności w uprawianych odmianach jęczmienia w roku 1999 były *Vg*, *Va7*, *Vo*, *V(La)*, *Va12*, *Va9*, *Va6* i *V(Bw)* (rys. 2). Wszystkie te wirulencje, z wyjątkiem *Vo*, występowały z dużą frekwencją, zwłaszcza wirulencje *V(Bw)* i *V(La)*.

DYSKUSJA

Wiedza o strukturze frekwencji genów patogeniczności (wirulencji) jest potrzebna dla właściwego doboru źródeł odporności w hodowli nowych odmian jęczmienia (Jørgensen, 1992, 1994; Czembor i Czembor, 1998, 1999). W roku 1999 korespondującymi wirulencjami w stosunku do genów odporności w uprawianych odmianach jęczmienia były *Vg*, *Va7*, *Vo*, *V(La)*, *Va12*, *Va9*, *Va6* i *V(Bw)*.

Tabela 2

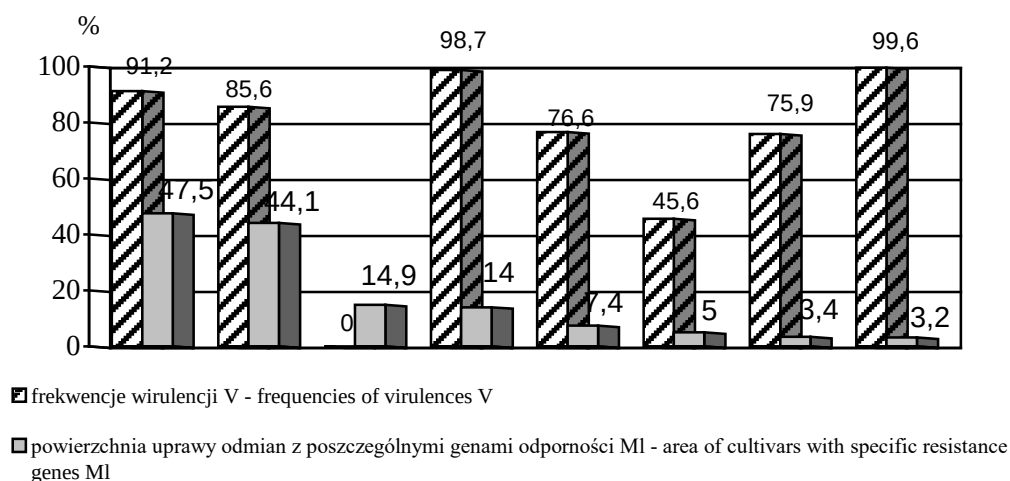
Frekwencje wirulencji w poszczególnych miejscowościach
Virulence frequencies in specific locations

Miejscowość Location	Liczba badanych izolatów Number of tested isolates	Va8	Va1, ?	Va3	Va6, Va14	Va7, Vk, ?	Va7, ?	Va7, V(LG2)	Va9, Vk	Va9, Vk	Va9	Va10, V(Du2)	Va12	Va13, V(Ru3)	Va22	Va23	Vra	V(Ru2)
Radzików	45	100,0	8,9	26,7	77,8	84,4	93,3	84,4	51,1	44,4	55,6	77,8	82,2	53,3	37,8	0,0	100,0	100,0
Baków	27	100,0	25,9	33,3	88,9	92,6	92,6	81,5	63,0	55,6	55,6	70,4	100,0	88,9	37,0	0,0	96,3	100,0
Przebędowo	28	100,0	21,4	39,3	89,3	50,0	71,4	50,0	21,4	25,0	35,7	67,9	85,7	64,3	46,4	0,0	100,0	100,0
Borowo	26	100,0	42,3	42,3	76,9	34,6	76,9	65,4	23,1	23,1	46,2	38,5	57,7	38,5	65,4	0,0	100,0	88,5
Smolice	24	100,0	29,2	12,5	83,3	37,5	66,7	62,5	41,7	41,7	62,5	50,0	58,3	75,0	75,0	0,0	100,0	100,0
Oleśnica	22	100,0	27,3	54,5	77,3	63,6	95,5	77,3	13,6	13,6	22,7	59,1	54,5	50,0	59,1	0,0	100,0	95,5
Zamarte	25	100,0	8,0	32,0	80,0	88,0	96,0	68,0	60,0	60,0	60,0	88,0	64,0	24,0	12,0	0,0	100,0	100,0
Bartązek	24	100,0	33,3	70,8	20,8	79,2	79,2	79,2	12,5	12,5	12,5	20,8	83,3	70,8	87,5	0,0	100,0	100,0
Grodkowice	26	100,0	38,5	34,6	88,5	92,3	100,0	96,2	53,8	53,8	53,8	65,4	100,0	80,8	65,4	0,0	100,0	100,0
Kończewice	25	100,0	0,0	12,0	80,0	76,0	76,0	60,0	64,0	64,0	72,0	84,0	100,0	64,0	12,0	0,0	100,0	100,0
Małyszyn	26	100,0	53,8	76,9	84,6	84,6	96,2	96,2	30,8	30,8	34,6	19,2	57,7	50,0	50,0	0,0	100,0	100,0
Strzelce	25	100,0	68,0	44,0	64,0	68,0	84,0	76,0	32,0	32,0	36,0	68,0	76,0	60,0	72,0	0,0	100,0	100,0
Średnia Mean		100,0	29,72	39,92	75,95	70,91	85,64	74,71	38,92	38,04	45,60	59,08	76,63	59,96	51,63	0,00	99,69	98,66
Cv (%)		0	65,5	50,0	24,65	28,9	13,2	18,9	49,2	46,9	38,5	38,5	23,3	34,4	46,2	0,0	1,0	3,5

c.d. Tabela 2

Miejscowość Location	Liczba badanych izolatów Number of tested isolates	V _k	V _{nn}	V _p	V _{at}	V _g , V(CP)	V _{o5}	V(L _a)	V _h	V _{a9} , V(IM9)	V _{a13} , V(Ab)	V _{a3} , V(Tu2)	V(St1),V (St2)	V(Kr)	V(Kr), ?	V _{a7} , V(Ab)	V(Bw)
Radzików	45	77,8	100,0	0,0	44,4	97,8	0,0	100,0	100,0	91,1	46,7	0,0	28,9	71,1	91,1	100,0	100,0
Bąków	27	88,9	100,0	0,0	74,1	96,3	0,0	96,3	100,0	100,0	88,9	7,4	88,9	88,9	100,0	100,0	100,0
Przebędowo	28	46,4	28,6	0,0	42,9	92,9	0,0	100,0	96,4	67,9	57,1	25,0	21,4	67,9	53,6	100,0	100,0
Borowo	26	34,6	34,6	0,0	34,6	73,1	0,0	100,0	92,3	38,5	46,2	23,1	11,5	57,7	26,9	96,2	100,0
Smolice	24	37,5	25,0	0,0	37,5	87,5	0,0	91,7	100,0	54,2	54,2	0,0	12,5	100,0	12,5	100,0	100,0
Oleśnica	22	54,5	54,5	0,0	27,3	95,5	0,0	100,0	90,9	54,5	50,0	0,0	22,7	50,0	50,0	100,0	95,5
Zamarte	25	88,0	56,0	0,0	20,0	100,0	0,0	100,0	96,0	56,0	16,0	0,0	20,0	44,0	60,0	96,0	100,0
Bartązek	24	62,5	33,3	0,0	12,5	83,3	0,0	95,8	100,0	79,2	75,0	bd*	50,0	bd	45,8	95,8	100,0
Grodkowice	26	69,2	38,5	0,0	65,4	100,0	0,0	100,0	100,0	96,2	80,8	bd	80,8	bd	68,0	100,0	100,0
Kończewice	25	100,0	68,0	0,0	44,0	72,0	0,0	100,0	100,0	68,0	36,0	0,0	16,0	bd	60,0	72,0	100,0
Małyszyn	26	80,8	73,1	0,0	0,0	96,2	0,0	100,0	100,0	57,7	46,2	0,0	34,6	bd	73,1	69,2	100,0
Strzelce	25	68,0	8,0	0,0	64,0	100,0	0,0	100,0	100,0	28,0	28,0	8,0	68,0	60,0	76,0	100,0	100,0
Średnia Mean		67,35	51,63	0,0	38,89	91,20	0	98,65	97,97	65,93	52,08	6,35	37,95	67,44	59,75	94,10	99,62
Cv (%)		31,2	56,6	0	56,8	11,1	0	2,7	3,4	34,0	40,1	132,4	72,1	28,2	41,5	11,8	1,3

* — bd — brak danych; No data



Rys. 2. Procent powierzchni upraw odmian jęczmienia z poszczególnymi genami odporności Ml oraz frekwencja korespondujących wirulencji V *B. graminis* f.sp. *hordei* w 1999 roku

Fig. 2. Per cent of barley cultivation area with specific resistance genes Ml and frequency of the corresponding virulences V of *B. graminis* f.sp. *hordei* in 1999

Odmiany z odpornością Weißenstephan — We (geny odporności *Mlg* + *CP*) były uprawiane na największej powierzchni pomimo niskiej efektywności w stosunku do wysokiego poziomu frekwencji korespondującej wirulencji *Vg*. Frekwencja *Vg* występowała ze stałą i wysoką frekwencją już w latach 80., co tłumaczy się stałą obecnością korespondującej odporności począwszy od lat 40. w odmianach uprawianych w Europie i w Polsce (Gacek, 1990; Fischbeck, 2003).

Wirulencje *Va6* i *Va7*, podobnie jak *Vg*, mają utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce (Gacek, 1990), co potwierdziły wyniki uzyskane w roku 1999. Pomimo niskiej efektywności korespondujących odporności do *Va6* i *Va7*, w roku 1999 w Polsce były wciąż uprawiane odmiany z tymi odpornościami. Zwłaszcza odporność Lyallpur (geny odporności *Mla7* + ?) występowała u odmian uprawianych na dużym areale (ponad 40%). Pozostałymi wirulencjami korespondującymi do genów odporności występujących w uprawianych odmianach jęczmienia w roku 1999 były *V(La)*, *Vo*, *Va12*, *Va9*, *Va6* i *V(Bw)*. Wszystkie te wirulencje, z wyjątkiem *Vo*, występowały z dużą frekwencją, zwłaszcza wirulencje *V(Bw)* i *V(La)* pomimo małej powierzchni uprawy odmian z korespondującymi genami odporności. Prawdopodobnym wyjaśnieniem braku ścisłej zależności między tymi frekwencjami, a powierzchnią uprawy z korespondującymi genami odporności jest oddziaływanie populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich. W Polsce przeważają wiatry wiejące z zachodu, które w okresie wegetacji przenoszą dużą liczbę zarodników konidialnych *B. graminis* f.sp. *hordei* na plantacje jęczmienia w Polsce. Dodatkowo, czynnikami sprzyjającymi dużemu oddziaływaniu populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich (Niemcy, Czechy i Dania) jest duży udział uprawy jęczmienia ozimego oraz wcześniej zaczynający się

w tych krajach okres wegetacji (Limpert i Fischbeck, 1987; Gacek, 1990; Limpert i in., 1990, 1999).

Wirulencjami, które występowały w Polsce z dużą frekwencją pomimo braku w uprawie odmian z korespondującymi odpornościami były *Va7 + Ab*, *V(Ru2)*, *V(Bw)*, *Vra* i *Vh*. Występowanie wirulencji *Vra* i *Vh* z częstością bliską 100% w populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce w 1999 roku potwierdza jedynie wcześniej uzyskane wyniki (Gacek, 1990). Korespondują one z odpornościami: Ragusa (Ra) i Hauters (Ha) (Jørgensen, 1994). Geny te były z dużą częstością wykorzystywane w hodowli jęczmienia ozimego już od drugiej połowy lat 40. (Fischbeck, 2003). Wirulencje *Vra* i *Vh* mają utrwaloną wysoką frekwencję w populacjach *B. graminis* f.sp. *hordei* w Europie i w Polsce (Gacek, 1990; Limpert, 1987; Limpert i in., 1990, 1999).

Uzyskane wyniki wskazują, że najbardziej efektywnymi genami odporności na terenie Polski były *Mla23*, *Mlo* i *Mlp*, ponieważ nie zaobserwowano korespondujących genów wirulencji w populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce w 1999 roku. Szczególnie interesujący jest brak wirulencji korespondującej do odporności *Mlo* pomimo faktu uprawy odmian z tą odpornością w Polsce w roku 1999 na poziomie około 15%. Odporność *Mlo* jest uważana za odporność trwałą, gdyż odmiany z tą odpornością są uprawiane w Europie od ponad 20 lat, a w Polsce od roku 1989 i nie zaobserwowano występowania w Europie wirulencji *Vo*, a jedynie opisano izolaty patogena z podwyższoną agresywnością w odniesieniu do tej odporności (Czembor i Czembor, 2003). Stosunkowo niską frekwencję miały wirulencje *Vat*, *V(St1) + St2*, *Va1*, *Va3*. Wirulencje te występowały w populacji mączniaka w Polsce, pomimo że w roku 1999 nie uprawiano w Polsce odmian z korespondującymi genami odporności. Występowanie tych odporności można tłumaczyć szeroką uprawą odmian z tymi genami, a zwłaszcza *Mla1* i *Mla3*, w wielu krajach Europy, głównie w Niemczech (Gacek, 1990; Fischbeck, 2003).

WNIOSKI

1. Zastosowana metoda ilościowego badania chorobotwórczości populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* w Polsce umożliwiła określenie frekwencji najważniejszych wirulencji tego patogena w roku 1999.
2. Stwierdzono silne oddziaływanie chorobotwórcze populacji *B. graminis* f.sp. *hordei* z krajów sąsiednich na plantacje jęczmienia w Polsce w roku 1999.
3. Zaobserwowano występowanie wirulencji, dla których korespondujące odporności nie były użyte w odmianach uprawianych w Polsce w roku 1999.
4. Wykazano brak w Polsce korespondujących wirulencji w stosunku do genów odporności *Mlo*, *Mla23* i *Mlp*.

LITERATURA

- Balkema-Boomstra A. G., Masterbroek H. D. 1995. Effect of powdery mildew (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*) on photosynthesis and grain yield of partial resistant genotypes of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). *Plant Breeding* 114: 126 — 130.
- Czembor H. J. 1976. Źródła odporności na mączniak jęczmienia *Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*. *Hod. Rośl. Aklim.* 5, 20: 467 — 490.
- Czembor H. J. 1981. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*) występujące w latach 1975—1979. *Hod. Rośl. Aklim.* 25, 5/6: 215 — 226.
- Czembor H. J. 1983. Hodowla jęczmienia odpornego na choroby — stan badań i program. *Biul. IHAR* 150: 4 — 10.
- Czembor J. H. 2002. Resistance to powdery mildew in selections from Moroccan barley landraces. *Euphytica* 125 (3): 397 — 409.
- Czembor J. H., Czembor E. 2003. Odporność Mlo jęczmienia na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*). Cz. III. Trwałość odporności. *Biul. IHAR* 230: 375 — 385.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1998. Powdery mildew resistance in cultivars of spring barley from Polish Register. *Pl. Breed. Seed Sci.* 42 (2): 87 — 99.
- Czembor J. H., Czembor H. J. 1999. Powdery mildew resistance in cultivars of winter barley from Polish Register. *Pl. Breed. Seed Sci.* 43 (1): 65 — 75.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2001. Resistance to powdery mildew in barley cultivars and breeding lines included in 1998-2000 Polish registration trials. *Pl. Breed. Seed Sci.* 45 (1): 19 — 28.
- Czembor H. J., Gacek E. 1987. Badania nad sposobami zwiększenia trwałości odporności genetycznej jęczmienia na mączniak i inne choroby. *Biul. IHAR* 163: 25 — 32.
- Czembor H. J., Gacek E. 1995. Systemy zwiększania trwałości odporności odmian na choroby w hodowli i uprawie zbóż. W: 2-gie Krajowe Sympozjum „Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska”, 12–14 wrzesień: 39 — 48.
- Czembor H. J., Kudła M. M. 1984. Rasy fizjologiczne mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* Marchal.) występujące w Polsce w latach 1980–1982. *Hod. Rośl. Aklim.* 28, 3/4: 219 — 230.
- Fischbeck G. 2003. Diversification through breeding. In: *Diversity in barley (Hordeum vulgare)*, R. von Bothmer, Th. van Hintum, H. Knüpfner, K. Sato (eds.), Elsevier Science B. V., Amsterdam, The Netherlands: 29 — 52.
- Gacek E. 1983. Analiza patogeniczności grzybów porażających jęczmień. *Biul. IHAR* 150: 11 — 19.
- Gacek E. 1987. Distribution of barley powdery mildew resistance and virulence in Poland in 1984–1986. In: *Advances in agricultural biotechnology*. M. S. Wolfe, E. Limpert (ed.), Martinus Nijhoff Publishers., Dordrecht, The Netherlands: 93 — 98.
- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC. f.sp. *hordei* Marchal.). *Hod. Rośl. Aklim.* 34 (5/6): 3 — 49.
- Gacek E. 1998. Strategie wykorzystania odporności genetycznej w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. *Postępy w Ochronie Roślin*: 38 (1): 44 — 49.
- Gacek E., Czembor H. J. 1983. Problem wykorzystania genetycznej odporności w hodowli i uprawie zbóż, ze szczególnym uwzględnieniem jęczmienia. *Biul. IHAR* 151: 37 — 45.
- Gacek E., Czembor H. J. 1984. Prawidłowe wykorzystanie genetycznej odporności jęczmienia na choroby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 305: 163 — 170.
- Gacek E., Czembor H. J. 1988. Analiza ilościowa struktury populacji mączniaka jęczmienia (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei*). *Biul. IHAR* 167: 13 — 19.
- Gacek E., Czembor H. J. 1993. Evolution of barley powdery mildew population in Poland. *Polnohospodarstvo — Bratislava* 39: 373 — 379.
- Gacek E., Czembor H. J. 1995. Metody badań chorobotwórczości patogenów obligatoryjnych zbóż. W: 2-gie Krajowe Sympozjum „Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska”, 12–14 wrzesień: 169 — 179.

- Honecker I. 1934. Über die Modifizierbarkeit des Befalles und Auftreten verschiedener physiologischer Formen beim Mehltau der Gerste *Erysiphe graminis hordei* Marchal. Zeitschrift für Züchtung. A. Pflanzenzüchtung 19: 577 — 602.
- Jørgensen J. H. 1992. Durability of the resistance in the pathosystem: barley — powdery mildew. In: Proc. "Durability of Disease Resistance" Wageningen, The Netherlands: 159 — 176.
- Jørgensen J. H. 1994. Genetics of powdery mildew resistance in barley. Crit. Rev. Plant Sci. 13: 97 — 119.
- Mains F. B., Dietz S. M. 1930. Physiologic forms of barley mildew, *Erysiphe graminis hordei*, Marchal. Phytopathology 20: 229 — 299.
- Limpert E., Fischbeck G. 1987. Distribution of virulence and of fungicide resistance in the European barley mildew population. In: Integrated control of cereal mildews: monitoring the pathogen. M. S. Wolfe, E. Limpert (ed.), Martinus Nijhoff Publishers., Dordrecht, The Netherlands: 9 — 30.
- Limpert E., Andrivon D., Knittel R., Fischbeck G. 1990. Barley mildew in Europe — patterns of the composition of the pathogen population during the period 1985-1988. Second European Workshop, Integrated Control of Cereal Mildew: Virulence Patterns and Their Change, Roskilde, Denmark, 23–25, January 1990. Abstr.: 1p.
- Limpert E., Godet F., Muller K. 1999. Dispersal of cereal mildews across Europe. Agric. For. Meteorol. 97: 293 — 308.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J. H. 2003. Ochrona roślin — ważny element technologii uprawy zbóż w UE. Pam. Puł. 132: 311 — 320.
- Ralski E., Mikołajewicz T. 1958. Z badań nad wrażliwością form jęczmienia na mączniaka właściwego. Hod. Rośl. Aklim. 2, 3: 313 — 332.
- Ralski E., Mikołajewicz T. 1969. Studia nad odpornością jęczmienia na mączniaka właściwego. Hod. Rośl. Aklim. 13, 5: 359 — 373.
- Schally H., Zedebrauer R., Zwatz B. 1995. Virulenzananalyse am Beispiel Sommergerst Mehltau in Österreich unter Nutzung de Kollektionssysteme Sporenfall und Pflanzendeposition. Pflanzenschutzberichte 55: 52 — 68.
- Wolfe M. S., Schwarzbach E. 1975. The use of virulence analysis in cereal mildews. Phytopathologische Zeits. 82: 297—307.
- Zwatz B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktoren im Wirt-Parasit-System Sommergarst-Sorten und Mehltau (*Erysiphe graminis* DC. f.sp. *hordei*) in Österreich. Die Bodenkultur 38: 341 — 349.

ALICJA SULEK**DANUTA LESZCZYŃSKA**

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Stan aktualny i perspektywy uprawy owsa w Polsce Komunikat

Actual state and perspectives of oats cultivation in Poland Short communication

W opracowaniu przedstawiono produkcję owsa w Polsce na tle krajów Unii Europejskiej i świata. Stwierdzono regionalne zróżnicowanie produkcji owsa w Polsce, zarówno pod względem udziału w strukturze zasiewów jak i poziomu plonowania. Powierzchnia zasiewów owsa w Polsce w roku 2001 wynosiła 531000 ha. Ziarno owsa wykorzystywane jest głównie na cele paszowe a w niewielkim stopniu na konsumpcję i dla potrzeb przemysłu. Zasięg uprawy owsa w Polsce jest ograniczony przez niski poziom plonowania i duży udział łuski. Hodowla odmian owsa nagiego może zahamować spadkową tendencję uprawy, a nawet przyczynić się do odrodzenia zainteresowania produkcją tego zboża.

Słowa kluczowe: owies, plon ziarna, areal uprawy, struktura zasiewów, perspektywy uprawy

In the paper, oats cultivation in Poland compared to that in other countries of the European Union and in the world is outlined. Regional differentiation in oats cultivation in Poland in relation to both the share in cropping pattern and the yielding level has been revealed. The total area of oat crops in Poland in 2001 was 531000 hectares. Oat grain is mainly used as fodder, and only in a small part is utilized for consumption and industrial processing. The extent of oats cultivation in Poland is restricted both by the low yielding level and the high content of hull. However, it may be assumed that breeding of new hull-less cultivars can stop the tendency towards decreasing of oats cultivation and restore the interest in this cereal.

Key words: area cropping pattern, cultivation perspectives, grain yield, oats

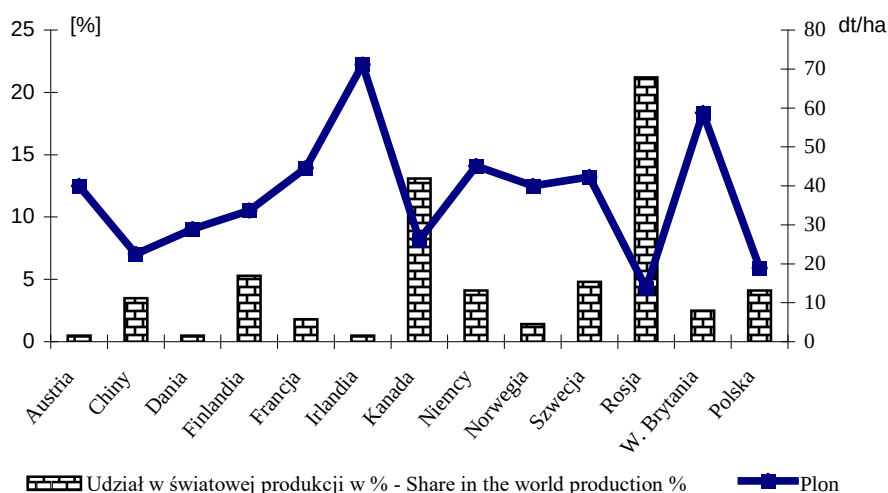
WSTĘP

W rolnictwie polskim owies nie tylko dostarcza cennego ziarna paszowego, ale posiada wysoką wartość odżywczą jako pokarm dla ludzi. Jednocześnie w silnie wysyconych zbożami płodozmianach owies może pełnić rolę rośliny fitosanitarnej i regenerującej, ponieważ nie jest atakowany przez choroby podsuszkowe i ich nie przenosi (Adamiak,

1992; Adamiak i in., 1994, 1999). Ziarno owsa odznacza się wysokim procentem białka, z dużym udziałem aminokwasów egzogennych (lizyna, arginina). Brak w ziarnie glutenu eliminuje je jako produkt do wypieku chleba. Kwasy tłuszczowe dzięki korzystnemu składowi w 90% są strawne dla bydła. Zawarty w łusce śluz zwiększa dietetyczność owsa. Ziarno owsa wyróżnia się ponadto wysoką zawartością kwasu krzemowego, wapnia, magnezu, sodu, miedzi, witaminy E i lecytyny. Jest doskonałą paszą dla zwierząt hodowlanych (koni, krów mlecznych i owiec). Znaczny spadek pogłowia koni oraz niekorzystny układ cen zbytu powodują systematyczne zmniejszenie się arealu uprawy owsa. Jednak w rejonach podgórskich i w północnej zwłaszcza w północno-wschodniej części kraju, owies nadal odgrywa istotną rolę w strukturze zasiewów. Związane jest to ze stosunkowo małymi wymaganiami termicznymi oraz dobrym wykorzystaniem zwiększonej ilości opadów (Mazurek, 1993; Sułek i in., 2001).

STAN AKTUALNY UPRAWY OWSA

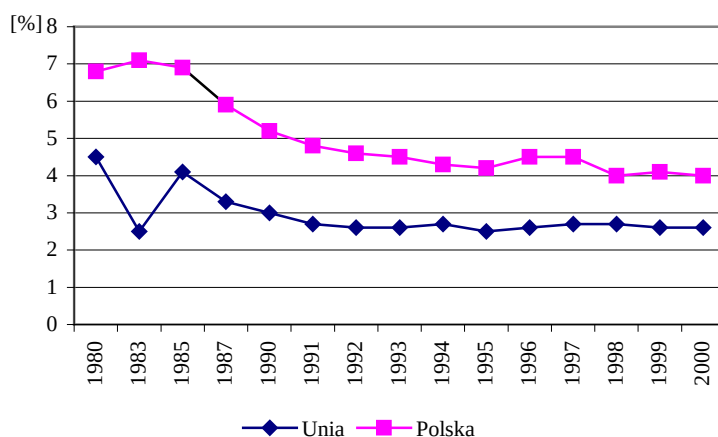
W światowej produkcji ziarna zbóż owies jest rośliną marginalną zajmującą zaledwie około 2% arealu uprawy. Głównym krajem jego uprawy jest Rosja (1/3 powierzchni światowej). Udział Polski w światowej produkcji ziarna owsa jest na poziomie zbliżonym do Niemiec, Finlandii i Szwecji z tym, że plony uzyskiwane w naszym kraju są przeszło dwukrotnie mniejsze (rys. 1).



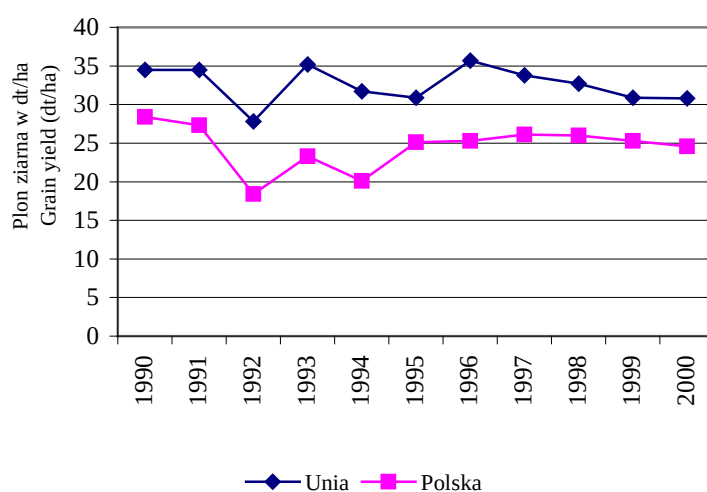
Rys. 1. Produkcja owsa w Polsce na tle wybranych krajów świata
Fig. 1. Production of oats in Poland and in some other countries

Znaczenie owsa w pozostałych krajach Unii Europejskiej jest niewielkie, bowiem jego udział nie przekracza 3% zasiewów zbóż (Rynek zbóż..., 2001). W latach 1999–2000 w krajach Unii Europejskiej nie wystąpiły zmiany w udziale owsa w strukturze zasiewów, natomiast w Polsce utrzymywała się niewielka tendencja spadkowa (rys. 2). W Polsce

powierzchnia zasiewów owsa wynosiła w 2001 roku 531000 ha, co stanowi 4,3% w strukturze zasiewów (Rocznik Statystyczny, 2001). Wystąpiła bardzo duża zbieżność wahań plonowania owsa w Polsce i w krajach Unii Europejskiej (wyjątek lata 1995 i 1996). W ostatnich trzech latach plony owsa w krajach Unii wykazywały wyraźną tendencję malejącą, natomiast w Polsce nie ulegały większym zmianom (rys. 3).



Rys. 2. Zmiany udziału owsa w strukturze zasiewów w Polsce i Unii Europejskiej w latach 1980–2000
Fig. 2. Changes in the share of oats in cropping pattern in Poland and in the EU in the years 1980–2000



Rys. 3. Plony owsa uzyskiwane w Polsce i Unii Europejskiej w latach 1990–2000
Fig. 3. Yield of oats obtained in Poland and in the EU in the years 1990–2000

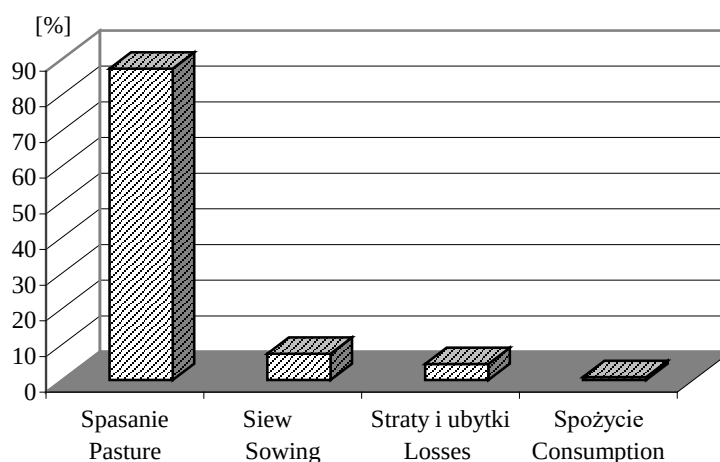
W okresie międzywojennym (1918–1939) owies w Polsce miał dużo większe znaczenie niż obecnie. Powierzchnia jego uprawy ustępowała jedynie powierzchni żyta. Plony ziarna były jednak przeszło dwukrotnie niższe niż obecnie. W tym okresie w uprawie znajdowało się ponad 50 odmian owsa, głównie pochodzenia obcego (Gąsiorowski, 1995).

Aktualnie w Krajowym Rejestrze Odmian znajdują się 23 odmiany owsa oplewionego i dwie nagoziarnistego. Pierwszą odmianę owsa nagoziarnistego (Akt) zarejestrowano w 1997, a drugą (Polar) w 2002 roku. Owies nagoziarnisty charakteryzuje się istotnie niższym plonowaniem (10–20%) w porównaniu z owsem oplewionym (Nita i Orłowska-Job, 1996; Leszczyńska, 2002; tab. 1).

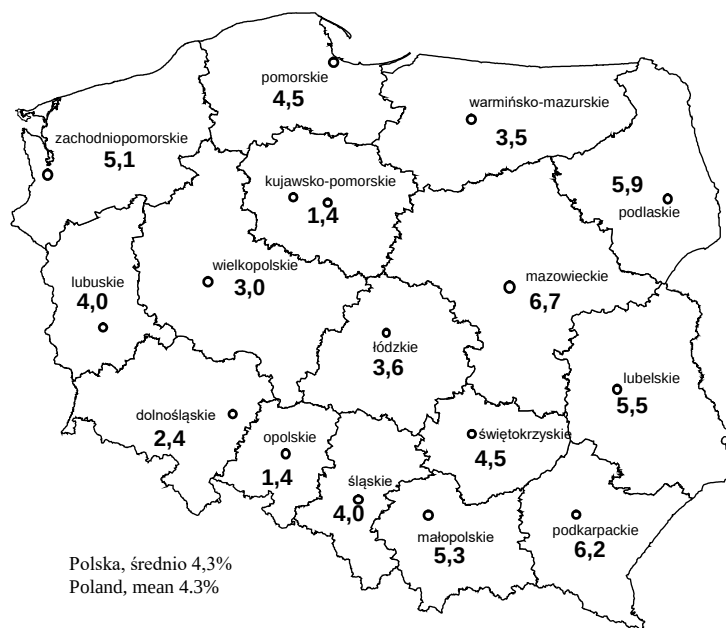
Wyprodukowane ziarno jest wykorzystywane głównie na cele paszowe i na siew, natomiast w niewielkim stopniu na konsumpcję i dla potrzeb przemysłu (rys. 4).

Tabela 1

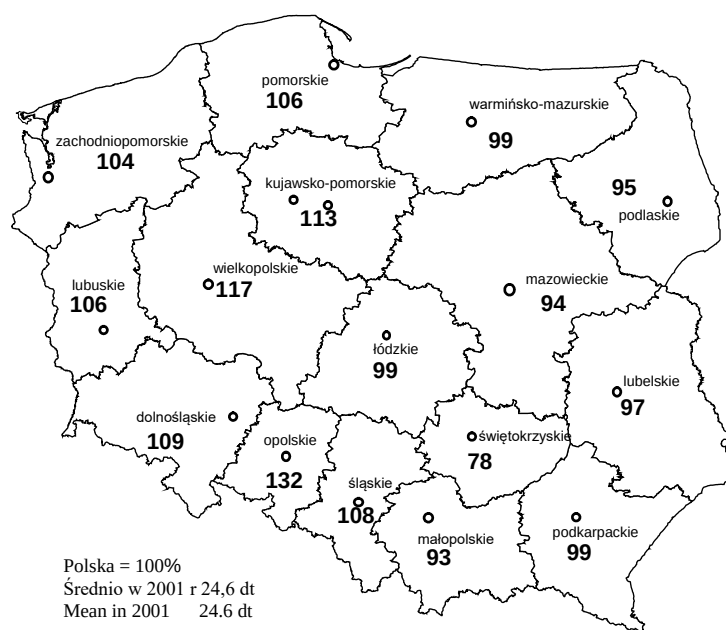
Plony ziarna owsa oplewionego i nieoplewionego (dt/ha) Grain yields of hull-less and hulled oats (dt/ha)			
Forma owsa Form of oats	COBORU	IUNG — mikropolećka Microplot at IUNG	ODR Extension Station
	lata years		
	1994–1999	1994–1995	1998–1999
Odmiany oplewione Hulled cultivars	60,0	72,7	45,9
Odmiana nieoplewiona Akt Hull-less cultivar Akt	44,5	52,1	35,8
Różnica Difference	15,5	20,6	10,1



Rys. 4. Struktura zużycia owsa w Polsce w roku 2001
Fig. 4. Consumption structure of oats in Poland in 2001

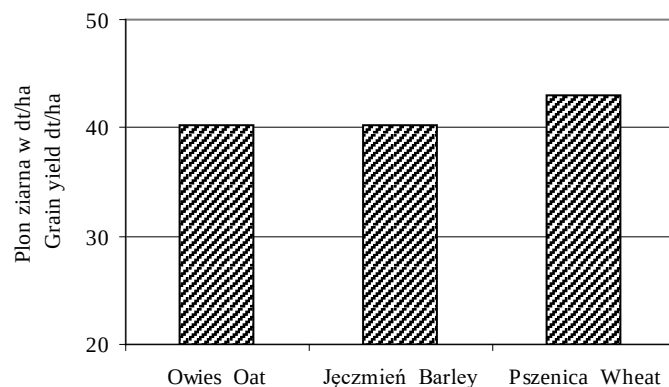


Rys. 5. Udział owsa w strukturze zasiewów wg województw w roku 2001
Fig.5. Share of oats in cropping pattern of voivodeships in 2001



Rys. 6. Plony relatywne owsa w Polsce wg województw w roku 2001
Fig. 6. Relative oat yields in the voivodeships of Poland in 2001

Stwierdzono regionalne zróżnicowanie produkcji owsa w Polsce. Dotyczy ono udziału w strukturze zasiewów jak też poziomu plonowania. Największy udział w strukturze zasiewów zajmuje owies we wschodniej części kraju oraz na terenach górskich i podgórskich (rys. 5). Plony wyższe w stosunku do średniej krajowej stwierdzono w północno-zachodniej i zachodniej części Polski oraz na Śląsku. Główna przyczyna wyższych plonów w zachodniej części Polski upatrywać należy w wyższym poziomie agrotechniki i kultury rolnej (Klepicki, 1998), niższe natomiast w północno-wschodniej, wschodniej i południowo-wschodniej części kraju (rys. 6).



Rys. 7. Plonowanie zbóż jarych na glebie kompleksu pszennego dobrego
Fig. 7. Yielding of spring cereals grown in good wheat complex

Tabela 2

Plony owsa w doświadczeniach COBORU i w produkcji w Polsce w latach 1991–2001
Yields of oats in the Research Centre of Cultivar Testing experiments and in agricultural practice in Poland in the years 1991–2001

Lata Years	Plony ziarna w dt z ha Yields		
	COBORU — wzorzec Research Centre of Cultivar Testing	produkcja agricultural practice	$\frac{\text{wskaźnik COBORU wzorzec} \times 100}{\text{produkcja}}$ index $\frac{\text{Research Centre of Cultivar Testing} \times 100}{\text{agricultural practice}}$
1991–1995	58,9	22,8	258
1996	63,7	25,3	251
1997	59,5	26,1	228
1998	63,9	26,0	246
1999	61,5	25,2	244
2000	52,5	18,9	277
2001	62,9	24,6	256

Ogólnie niski poziom plonów owsa tylko częściowo można łączyć z niezbyt korzystnym oddziaływaniem warunków przyrodniczych. Porównanie plonów ziarna owsa uzyskiwanych w produkcji i w doświadczeniach odmianowych COBORU (tab. 2) wskazuje, że w warunkach starannej agrotechniki i optymalnego zaopatrzenia w środki produkcji (model reprezentowany przez doświadczenia odmianowe) uzyskuje się znacznie wyższe plony ziarna w porównaniu z produkcją. Badania przeprowadzone przez Zakład Uprawy Roślin Zbożowych IUNG dowodzą, że owies oplewiony w warunkach prawidłowej technologii produkcji charakteryzuje się wysoką produktywnością, na poziomie zbliżonym do pozostałych zbóż jarych (rys. 7).

PERSPEKTYWY UPRAWY

Wydaje się, że areał uprawy owsa oplewionego ulegnie zmniejszeniu, natomiast zwiększy się uprawa owsa nagoziarnistego, co spowoduje, że ogólny areał uprawy owsa pozostanie bez większych zmian. Wprowadzenie do uprawy owsa nagiego poszerza możliwości wykorzystania ziarna zarówno na cele paszowe jak też spożywcze. Owies nagoziarnisty ma mniej włókna (88–141 g/kg s.m.) w porównaniu z oplewionym (283 g/kg s.m.). zawiera więcej tłuszczu (83–114 g/kg s.m.) od owsa oplewionego (43 g/kg s.m.). W związku z tym, że tłuszcz zawiera 2,25 razy więcej energii niż węglowodany, ziarno owsa nagoziarnistego cechuje się większą energią metaboliczną. Badania prowadzone w IUNG potwierdzają, iż zależnie od poziomu nawożenia azotowego — zawartość białka w ziarnie może dochodzić do 14% (tab. 3). Do cennych walorów owsa nagiego należy wyższa zawartość beta-glukanów w ziarnie w porównaniu do owsa oplewionego. Składnik ten u człowieka istotnie obniża stężenie LDS cholesterolu w surowicy (Nita i Orłowska-Job, 1996; Bartnikowska i in., 2000 a, b). Gąsiorowski (1995) stwierdza, że przetwory owsiane mogą odgrywać ważną rolę w zapobieganiu miażdżycy tętnic.

Tabela 3

Zawartość białka w ziarnie (odm. Akt) w zależności od nawożenia azotem Content of protein in grain (cv. Akt) depending on nitrogen fertilization	
Dawka N (kg/ha) Dose N (kg/ha)	Zawartość białka w ziarnie w % Content of protein in grain (%)
0	12,0
30	12,0
60	13,5
90	13,7
120	14,0

Zwiększenie uprawy owsa nagoziarnistego będzie możliwe po podwyższeniu potencjału plonowania, stworzeniu rynku dla tego zboża, wzrostu odsetka nagości i Redukcji włosków (Nita, 1999).

Obserwowana koncentracja uprawy zbóż wymusi docenianie plonotwórczego znaczenia owsa w płodozmianach poprzez poprawę warunków fitosanitarnych (Adamiak i in., 1999).

Ze względów ekonomicznych niezbędne będzie zwiększenie plonów, co nie będzie trudne przy wprowadzeniu prawidłowej agrotechniki, wykorzystaniu postępu biologicznego (systematyczna wymiana materiału siewnego i odmian).

Owies nadal odgrywać będzie szczególną rolę w rejonach podgórskich oraz północno-wschodniej części kraju.

PODSUMOWANIE

Przyczyną niskich plonów owsa w Polsce są duże zaniedbania w zakresie agrotechniki oraz słabe korzystanie z postępu biologicznego.

Stwierdzono regionalne zróżnicowanie produkcji owsa w różnych rejonach Polski, zarówno pod względem udziału w strukturze zasiewów jak i poziomu uzyskiwanych plonów. Zróżnicowanie agrotechniki i plonów w doświadczeniach oraz produkcji, a także pomiędzy regionami kraju wskazuje kierunki potrzebnych działań postępu technologicznego w uprawie owsa. W Polsce owies jako gatunek jest wciąż niedocenianym zbożem, ale być może forma owsa nagiego zajmie w produkcji roślinnej szczególne miejsce. Poza uprawą owsa w czystych siewach, powinien on być cennym komponentem mieszanek zbożowo-strączkowych i zbożowych.

LITERATURA

- Adamiak E., Adamiak J. 1999. Plonotwórcza i plonochronna rola owsa w płodozmianach zbożowych. *Pam., Puł.* 114: 15 — 21.
- Adamiak J. 1992. Proportions of cereals in crop rotations. *Acta. Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura*, 55: 173 — 182.
- Adamiak J., Adamiak E. 1994. Reakcja owsa na udział zbóż w płodozmianie i na monokulturze. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Rol.* 35: 53 — 60.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000 a. Ziarno owsa — niedocenione źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część I. Ogólna charakterystyka owsa. *Biul. IHAR* 215: 209 — 222.
- Bartnikowska E., Lange E., Rakowska M. 2000 b. Ziarno owsa — niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Część II. Polisacharydy i włókno pokarmowe, składniki mineralne, witaminy. *Biul. IHAR* 215: 223 — 37.
- Gąsiorowski H. 1995. Owies — chemia i technologia. *PWRL, Poznań*.
- Klepacki B. (red.). 1998. Przestrzenne zróżnicowanie technologii produkcji roślinnej w Polsce i jego skutki. Praca zbiorowa. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa.
- Klepacki B. (red.). 2001. Procesy dostosowawcze produkcji roślinnej w Polsce w kontekście integracji z Unią Europejską. Praca zbiorowa. SGGW, Warszawa: 38 — 43.
- Krześlak S., Sadowski T., Nożyński A. 1991. Plonowanie owsa w płodozmianach o różnej koncentracji zbóż na glebie żytnej słabej. W: „Synteza i perspektywa nauki o płodozmianach”. *ATR Olsztyn, cz. III*: 63 — 69.
- Leszczyńska D. 2002. Uprawa owsa nieoplewionego — stan obecny i przyszłość. *Pam. Puł.* 130/II: 463 — 469.
- Mazurek J. (red.). 1993. Biologia i agrotechnika owsa. *IUNG Puławy*.
- Nita Z. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność (Nauka — Technologia — Jakość)*, 1 (18) supl.: 186 — 192.

- Nita Z., Orłowska-Job W. 1996. Hodowla owsa nagoziarnistego w ZDHAR w Strzelcach. Biul. IHAR 197: 141 — 146.
- Rocznik Statystyczny. 2001. GUS, Wydaw. Statystyczne, Warszawa.
- Rynek zbóż. Stan i perspektywy. 2002. Raporty rynkowe. IERiGŻ, Warszawa, nr
- Sułek A., Leszczyńska D., Zych J. 2001. Charakterystyka i technologia uprawy odmian owsa. Puławy — Radzików — Słupia Wielka.

WIESŁAW KOZIARAKatedra Uprawy Roli i Roślin
Akademia Rolnicza w Poznaniu

Reakcja trzech odmian owsa na deszczowanie i nawożenie azotem

Response of three oats cultivars to sprinkler irrigation and nitrogen fertilization

Doświadczenie polowe przeprowadzono w stacji doświadczalnej Złotniki k/Poznania w latach 1997–2000. W badaniach oceniono wpływ wariantu wodnego (niedeszczowany, deszczowany), odmiany (Jawor, Skrzat, Sławko) i nawożenia azotem (0, 50, 100, 150 kg N/ha) na plon ziarna owsa, jego komponenty oraz produktywność azotu nawozowego. Plon ziarna zależał od współdziałania deszczowania z nawożeniem azotem oraz deszczowania z odmianą. Deszczowanie zwiększało liczbę wiech i masę 1000 ziaren, a nawożenie azotem liczbę wiech i liczbę ziaren w wieszce u wszystkich badanych odmian. Produktywność azotu zależała od deszczowania, odmiany i dawki azotu.

Słowa kluczowe: owies, deszczowanie, odmiany, nawożenie azotem, plon, komponenty plonu

The field experiment was carried out in the Experiment Station Złotniki near Poznań. The influence of sprinkler irrigation (non irrigated, irrigated), cultivar (Jawor, Skrzat, Sławko) and nitrogen fertilization (0, 50, 100, 150 kg N/ha) on the oats yield, yield components and nitrogen productivity was investigated. Grain yield was influenced by interaction of irrigation and nitrogen fertilization as well as irrigation and cultivar. Irrigation increased panicle number and 1000 grain weight, N-fertilization increased panicle number and grain number in panicle for all cultivars. Nitrogen productivity was dependent on irrigation, cultivar and N-rate.

Key words: cultivars, fertilization, sprinkler irrigation, oats, yield, yield components

WSTĘP

Powierzchnia uprawy owsa wykazuje tendencję malejącą i w ostatnich latach gatunek ten zajmuje w Polsce ok. 550 do 600 tys. hektarów. Plony owsa uzyskiwane w praktyce rolniczej wynoszą ok. 2,5 t/ha, a więc obok żyta jest to zboże najniżej plonujące (Rocznik Statystyczny, 2001).

Przyczyną tak niskich plonów jest uprawa owsa na glebach lekkich i według mało intensywnych technologii. W badaniach COBORU (2002) owies plonuje na poziomie 5–6 t/ha. Zwiększenie produkcji biomasy różnych gatunków roślin najczęściej uzyskuje się poprzez wzrost nawożenia azotem. Jednak efektywność nawożenia azotem jest często, zwłaszcza na glebach lekkich, ograniczana ilością i rozkładem opadów. Przy nieko-

rzystnym układzie tych czynników pogodowych, współdziałanie deszczowania z nawożeniem może decydować o wielkości plonów i wykorzystaniu zastosowanego azotu. Dążenie do zwiększenia plonowania owsa uzasadnione jest względami ekonomicznymi i przyrodniczymi. Obecnie zboża w strukturze zasiewów zajmują powyżej 70%. W tak wysyconych zbożami zmianowaniach, fitosanitarne oddziaływanie owsa ma duże znaczenie dla plonowania innych gatunków.

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu deszczowania trzech odmian owsa i nawożenia azotem na plon, jego komponenty i produktywność azotu.

MATERIAŁ I METODY

Badania wykonano w stacji doświadczalnej Złotniki, należącej do Akademii Rolniczej w Poznaniu w latach 1997–2000. Doświadczenia założono na glebie płowej, wytworzonej z piasków gliniastych lekkich i gliny lekkiej silnie spiaszczonej o miąższości poziomu orno-próchnicznego 25–27 cm i zawartości próchnicy 0,9%. Zawartość części spławialnych wynosiła 13–15%, w tym ilu koloidalnego 4%. Gleby te charakteryzowały się średnią zawartością potasu i fosforu, a małą magnezu oraz lekko kwaśnym odczynem (pH w 1 M KCl — 5,6). Według kwalifikacji bonitacyjnej zaliczono je do klasy IVb, a według rolniczej przydatności do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry). Głęboki poziom wody gruntowej i budowa podłoża sprawiają, że bywają one okresowo za suche.

Owies uprawiano w płodozmianie z 75% udziałem zbóż, w którym kolejność roślin była następująca: buraki cukrowe⁺⁺, jęczmień jary, owies, pszenica ozima. Nawożenie fosforowe (80 kg P₂O₅/ha) i potasowe (100 kg K₂O/ha) stosowano jesienią. Nawożenie azotem w formie saletry amonowej stosowano zgodnie ze schematem doświadczenia, wysiewając 50 kg N/ha przed siewem oraz na odpowiednich obiektach 50 kg N/ha w fazie strzelania w źdźbło (DC 30) i 50 kg N/ha w fazie ukazywania się wiech (DC 51). Ziarno przed siewem zaprawiano Oxafunem T, a ilość wysiewu (350 ziaren/m²) ustalano z uwzględnieniem jakości materiału siewnego. Do zwalczania chwastów używano Chwastox D w ilości 5 l/ha, a przeciwko mszycy zbożowej i skrzypionce stosowano Bi 58 Nowy oraz Fastac 10 EC.

Deszczowanie stosowano od fazy strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej po zmniejszeniu się wilgotności gleby do 70% ppw w warstwie 0–20 cm. Według tego kryterium zastosowano normę nawadniania w: 1997 — 60 mm, 1998 — 90 mm, 1999 — 75 mm, 2000 — 90 mm opadu sztucznego.

Zbioru i omłotu dokonywano jednoetapowo przy użyciu kombajnu poletkowego. Pozostałe zabiegi uprawowe wykonywano zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki zbóż.

Czynnikami badanymi w doświadczeniu, w kolejności rozlosowania były wariant wodny: 0 — niedeszczowany, W — deszczowany; odmiana: Jawor, Skrzat, Sławko; nawożenie azotem: N₀ — 0 kg/ha, N₁ — 50 kg/ha, N₂ — 50 + 50 kg/ha, N₃ — 50 + 50 + 50 kg/ha. Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej stosując analizę wariancji w układzie split-plot i analizę regresji liniowej. Istotność różnic określono na poziomie ufności P = 0,95.

Dane meteorologiczne przedstawione w tabeli 1 wykorzystano z zapisów stacji meteorologicznej w Złotnikach k/ Poznania.

WYNIKI I DYSKUSJA

W Wielkopolsce pogoda w skali roku kształtowana jest głównie napływem powietrza polarno-morskiego (59%) i polarno-kontynentalnego (28%) (Olejniczak, 1989). Skutkiem tego, klimat Wielkopolski charakteryzuje się różnorodnością typów pogody. Potwierdza to analiza danych pogodowych przedstawionych w tabeli 1.

Tabela 1

Średnia temperatura i sumy opadów w Złotnikach k/Poznań
Average temperature and rainfall at Złotniki near Poznań

Miesiąc Month	1997		1998		1999		2000		Średnio z wielolecia Average from years	
	temperatura temperature	opady rainfall	temperatura temperature	opady rainfall	temperatura temperature	opady rainfall	temperatura temperature	opady rainfall	temperatura temperature	opady rainfall
I	-2,9	1,0	2,4	42,7	1,7	38,1	0,3	27,6	-1,6	28,5
II	3,5	47,0	5,1	28,9	0,1	34,0	4,1	37,0	-0,7	26,1
III	5,4	21,4	4,6	46,5	6,5	59,2	5,4	102,3	3,1	28,4
IV	7,4	49,7	12,0	34,9	11,6	60,6	14,6	18,2	8,1	31,1
V	14,9	72,5	17,1	30,6	16,0	44,4	18,6	50,6	13,8	48,7
VI	19,1	20,2	19,4	72,2	18,3	75,4	19,9	42,1	17,2	59,6
VII	19,6	192,8	19,5	60,6	22,4	31,8	17,5	69,1	18,7	77,5
VIII	22,4	22,9	18,3	60,0	20,3	16,2	20,1	72,7	18,0	53,6

W okresie wegetacji owsa wartości porównywanych czynników pogody ulegały dużej zmienności. Średnia dobową temperatura kwietnia wahała się w granicach 7,4–14,6°C, maja 14,9–18,6°C, czerwca 18,3–19,9°C, lipca 17,5–22,4°C i sierpnia 18,3–22,4°C. Duże różnice odnotowano również pomiędzy sumami opadów (228,4–358,1 mm) z poszczególnych lat omawianego okresu. W porównaniu do średnich warunków z wielolecia w okresie badań wystąpił jeden rok z opadami niższymi, dwa ze zbliżonymi i jeden z większymi. Wyższe opady w 1997 roku od średniej z wielolecia wynikały z ich natężenia w lipcu, a więc w okresie o mniejszym znaczeniu dla rozwoju roślin. Obszar, na którym prowadzono doświadczenia korzystał przede wszystkim z wody opadowej.

We wszystkich latach prowadzenia badań stwierdzono istotny przyrost plonu pod wpływem deszczowania, był on jednak zróżnicowany i wahał się od 0,33 t/ha (9,5%) do 2,49 t/ha (79,6%). Oceniając efekty deszczowania w latach można stwierdzić, że bardziej zależały one od rozkładu opadów, niż od ich sumy w okresie wzrostu owsa.

W literaturze tematu zboża zaliczane są do grupy roślin rolniczych o małych potrzebach wodnych (Dzieżyc i Trybała, 1989) i spotkać można stwierdzenia mówiące, że deszczowanie zbóż jest niecelowe (Klatt, 1970). Wyniki badań własnych jak i prace Jankowiaka (1989) czy Karczmarczyka i wsp. (1996) wskazują jednak, że w określonych warunkach, wcale nierzadkich, deszczowanie owsa może dać znaczące efekty produkcyjne.

Wszystkie porównywane w doświadczeniu własnym odmiany reagowały na deszczowanie istotną wyższą plonu (tab. 2), a najsilniejszą reakcję stwierdzono u odmiany Skrzat. Plon ziarna tej odmiany na obiektach niedeszczowanych nie różnił się istotnie od plonów odmian Jawor i Sławko, natomiast na nawadnianych był wyższy, odpowiednio o 0,44 i 0,26 t/ha. Większy wzrost plonu odmiany Skrzat w porównaniu do innych wynikał z różnego współdziałania odmian z deszczowaniem.

Tabela 2

Wpływ deszczowania na plon ziarna trzech odmian owsa (t/ha)
The influence of irrigation on grain yield of three oats cultivars (t/ha)

Wariant wodny Water variant	Odmiana Cultivar			Średnio Mean
	Jawor	Skrzat	Sławko	
Niedeszczowany Non irrigated	2,78	2,91	3,04	2,91
Deszczowany Irrigated	3,94	4,38	4,12	4,15
Średnio Mean	3,36	3,64	3,58	

NIR dla deszczowania; LSD for irrigation — 0,13
 NIR dla odmian; LSD for cultivar — 0,14
 NIR dla interakcji; LSD for interaction — 0,20

Wielkość plonów ziarna kształtowana była współdziałaniem deszczowania z nawożeniem azotem (tab. 3). Nawadnianie zwiększało plon na wszystkich stosowanych poziomach nawożenia azotem, ale przyrost uzyskany na dwóch najwyższych dawkach był istotnie większy niż na dawce 50 kg N/ha, a zwłaszcza na kontroli bez nawożenia azotem. Na obiektach niedeszczowanych stosowanie wyższego nawożenia niż 50 kg N/ha nie powodowało istotnego przyrostu plonu, a na deszczowanych uzyskano wzrost plonu wraz ze zwiększaniem nawożenia do 100 kg N/ha. Dalsze zwiększenie nawożenia do 150 kg N/ha nie powodowało różnic względem 100 kg N/ha.

Tabela 3

Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plon ziarna (t/ha)
The influence of irrigation and nitrogen fertilization on grain yield (t/ha)

Wariant wodny Water variant	Nawożenia azotem Nitrogen fertilization (kg/ha)				Średnio Mean
	0	50	100	150	
Niedeszczowany Non irrigated	2,46	2,95	3,12	3,11	2,91
Deszczowany Irrigated	2,91	4,06	4,78	4,83	4,15
Średnio Mean	2,69	3,50	3,95	3,97	

NIR dla deszczowania; LSD for irrigation — 0,13
 NIR dla nawożenia; LSD for fertilization — 0,15
 NIR dla interakcji; LSD for interaction — 0,22

Na podstawie wartości teoretycznych wyliczonych rachunkiem regresji (tab. 4) można oczekiwać wzrostu plonu ziarna owsa na obiektach niedeszczowanych wraz ze zwiększaniem nawożenia do 117 kg N/ha. Współczynnik regresji wyliczony dla obiektów deszczowanych wskazuje, że zwiększanie nawożenia o 1 kg N/ha, w granicach dawek 0–150 kg N/ha, powoduje przyrost plonu ziarna średnio o 12,96 kg/ha. Wykazane zależności pozwalają stwierdzić, iż jest zasadne stosowanie wyższego niż 100 kg N/ha nawożenia azotem owsa uprawianego w warunkach nawodnień.

Tabela 4

Modele zależności plonu owsa i jego cech od nawożenia azotem
Models of dependence of oats yield and its features on nitrogen fertilization

Cecha Feature	Równanie regresji Regression equation	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Liczba wiech na 1 m ² Panicle number per 1m ²	$y = 375,7 + 0,874 N$	0,99
Liczba ziaren w wieszce Grain number in panicle	$y = 49,19 + 0,0688 N$	0,86
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	zależność nieudowodniona non significant dependence	
Plon — niedeszczowany (q/ha) Yield — non irrigated	$y = 24,67 + 0,117 N - 0,0005 N^2$	0,99
Plon — deszczowany (q/ha) Yield — irrigated	$y = 31,73 + 0,1296 N$	0,87

N — Dawka azotu w kg/ha; N — Nitrogen rate in kg/ha

Teza taka zgodna jest w zasadzie z wynikami badań Jankowiaka (1989) i Karczmarczyka i wsp. (1996) oraz innymi badaniami nad zbożami, niemniej autorzy opracowań z tego zakresu wykazują niekiedy brak takiej interakcji (Płoszyński i in., 1982).

Wielkość plonu ziarna, będąc funkcją jego komponentów, podlega wahaniom wynikającym ze zmian wartości tych komponentów, z tym że końcowy efekt modyfikowany jest przez wzajemne korelacje pomiędzy nimi. Zależności takie obserwowano również w omawianych badaniach. Deszczowanie zwiększyło obsadę wiech plonujących o 51 szt./m² i masę tysiąca ziaren o 1,8 g (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ deszczowania na komponenty plonu
The influence of irrigation on yield components

Wariant wodny Water variant	Liczba wiech na 1 m ² Panicle number per 1 m ²	Liczba ziaren w wieszce Grain number in panicle	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
Niedeszczowany Non irrigated	416	54,1	36,4
Deszczowany Irrigated	467	54,6	38,2
NIR	19,8	r.n.	0,6

r.n. — Różnica nieistotna; Non significant difference

W odniesieniu do liczby ziaren w wieszce wpływ deszczowania nie został potwierdzony. Spośród porównywanych odmian najmniejszą obsadę wiech stwierdzono u odmiany

Sławko (tab. 6). Odmiana ta wyróżniała się jednak dorodnością ziarna, podobnie jak w badaniach COBORU (2002) i w efekcie plonowała podobnie jak Skrzat, a wyżej niż Jawor. Zróżnicowanie liczby ziaren w wiechach badanych odmian było niewielkie.

Tabela 6

Komponenty plonu trzech odmian owsa
Yield components of three oats cultivars

Odmiana Cultivar	Liczba wiech na 1 m ² Panicle number per 1 m ²	Liczba ziaren w wiesze Grain number in panicle	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
Jawor	449	55,7	33,6
Skrzat	454	53,9	36,4
Sławko	421	53,5	41,8
NIR	23,3	r.n.	0,80
LSD			

r.n. — Różnica nieistotna; Non significant difference

Wzrastające nawożenie azotem zwiększało obsadę wiech i liczbę ziaren w wiesze (tab. 4). Zależność stwierdzona w warunkach prowadzenia badań wskazuje, że zwiększenie nawożenia o 1 kg N/ha wywołuje wzrost liczby wiech o ok. 0,9 szt./m² i liczby ziaren o ok. 0,07 szt./wiechę.

Produktywność azotu nawozowego, wyrażona w kg ziarna/1 kg N w przeliczeniu na 1 ha, zmieniała się w zależności od wszystkich badanych czynników (tab. 7 i 8).

Tabela 7

Efektywność nawożenia azotem owsa (kg ziarna/1 kg N)
Nitrogen fertilization effectively in oats (kg of grain/1 kg N)

Wariant wodny Water variant	Poziom nawożenia azotem Level of nitrogen fertilization (kg/ha)				
	0–50	0–100	0–150	50–100	100–150
Niedeszczowany Non irrigated	9,7	6,6	4,32	3,4	—
Deszczowany Irrigated	23,0	18,7	12,8	14,5	0,98

Tabela 8

Efektywność nawożenia azotem 3 odmian owsa (kg ziarna/1 kg N)
Nitrogen fertilization effectiveness for three 3 oats cultivars (kg of grain/1 kg N)

Odmiana Cultivar	Poziom nawożenia azotem Level of nitrogen fertilization (kg/ha)				
	0–50	0–100	0–150	50–100	100–150
Jawor	16,5	15,1	9,1	13,6	—
Skrzat	17,9	13,1	9,2	8,3	1,5
Sławko	14,7	9,8	7,4	5,0	2,4

Na obiektach niedeszczowanych produktywność 1 kg azotu z dawki 50 kg N/ha wynosiła 9,7 kg ziarna i zmniejszyła się do 4,3 kg przy dawce 150 kg N/ha. Deszczowanie znacząco ją zwiększyło i dla wspomnianych dawek wzrost ten wynosił odpowiednio o 13,3 i 8,5 kg. Średnio dla deszczowania, produktywność azotu z dawki 50 kg N/ha u odmiany

Skrzat wynosiła 17,9 kg, a najniższa, u odmiany Sławko 14,7 kg. Dla dawki 150 kg N/ha wartości te zmniejszyły się do 9,2 i 7,4 kg. Na obiektach niedeszczowanych oraz odmiany Jawor produktywność azotu z dawki 150 kg N/ha, liczona względem uzyskanej na dawce 100 kg N/ha przybierałyby wartości ujemne. Wykazana w omawianym eksperymencie produktywność okazała się mniejsza od podawanej przez Karczmarczyka i wsp. (1996).

WNIOSKI

1. Deszczowanie zwiększało plony ziarna we wszystkich latach prowadzenia badań, w granicach 0,33 do 2,49 t/ha, a średnio przyrost ten wyniósł 1,24 t/ha.
2. Deszczowanie i nawożenie azotem współdziałały w kształtowaniu wielkości plonu ziarna. W granicach stosowanych dawek azotu, w owsie deszczowanym uzyskano prostoliniowy wzrost plonu wraz ze zwiększaniem nawożenia, a w owsie niedeszczowanym największego plonu oczekiwać można na dawce 117 kg N/ha
3. W owsie niedeszczowanym produktywność azotu z dawki 50 kg N/ha wynosiła 9,7 kg ziarna, a w dawce 150 kg N/ha zmniejszyła się do 4,3 kg, w owsie deszczowanym była ona większa i wynosiła odpowiednio 23,0 oraz 12,8 kg ziarna.
4. Odmiana Jawor wykazała ujemną reakcję na nawożenie powyżej 100 kg N/ha, a odmiany Skrzat i Sławko dały jeszcze niewielki przyrost plonu w odniesieniu do uzyskanego na dawce 100 kg N/ha.

LITERATURA

- Dzieżyc J., Trybała M. 1989. Rola wody w intensyfikacji produkcji roślinnej na glebach lekkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 377: 179 — 193.
- Jankowiak J. 1989. Efekty nawadniania owsa na luźnej glebie piaszczystej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 377: 249 — 257.
- COBORU. 2002. Lista opisowa odmian. COBORU, Słupia Wielka.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Friedrich S., Kowalski W. 1996. Porównanie reakcji dwóch odmian owsa na deszczowanie i nawożenie mineralne. Cz. 1. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 438: 219 — 234.
- Klatt F. 1970. Voraussetzungen für wirtschaftliche Beregnungserfolge und Möglichkeiten der Ertragssteigerung durch Beregnung. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 110: 357 — 368.
- Kłupczyński Z. 1986. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość ziarna zbóż.. Mat. Symp. Olsztyn, z. 1: 82 — 102.
- Mazurek J. 1986. Ocena produktywności wody i azotu w uprawie różnych odmian pszenicy jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 284: 521 — 535.
- Olejniczak E. 1989. Warunki przyrodnicze produkcji rolnej. IUNG Puławy, A 76: 32.
- Płoszyński M., Hendrysiak J., Żurawski H., Sienkiewicz J. 1982. Wpływ deszczowania i nawożenia NPK na plony i zawartość składników mineralnych w ziarnie pszenicy, żyta, jęczmienia i owsa. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 236: 313 — 318.
- Rocznik Statystyczny. 2001. GUS, Wydaw. Statystyczne, Warszawa.

ALEKSANDER SZMIGIEL¹**STANISŁAW KIELBASA**²¹ Akademia Rolnicza w Krakowie² Zespół Szkół Rolniczych w Nawojowej

Uprawa kukurydzy na ziarno w Kotlinie Sąddeckiej

Cultivation of grain maize in the Sądecka Valley

Badania nad możliwością uprawy kukurydzy na ziarno w Kotlinie Sąddeckiej prowadzono na glebie kompleksu zbożowo-górskiego w miejscowości Nawojowa na wysokości 365 m. n.p.m., w latach 1998–2000. W badaniach wykorzystano dwie odmiany wczesne; Esslia (FAO-170) i Jana (FAO-190), oraz 4 odmiany średnio wczesne; Ela (FAO-210), Mieszko (FAO-230), KLG 2210 (FAO-230) i LG 2190 (FAO-240). Nawożenie mineralne w ilości 80 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 90 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ stosowano przed siewem, pogłównie nawożenie azotem wynosiło 40 kg $N \cdot ha^{-1}$. W warunkach prowadzonych badań polowe wschody kukurydzy były słabe, duże ubytki roślin między wschodami a zbiorem spowodowały, że obsada roślin w czasie zbioru była znacznie niższa od planowanej. Uzyskany plon ziarna wynoszący średnio od 6,60 do 8,11 t z ha należy uznać za wysoki. Duże różnice w plonie ziarna wystąpiły w poszczególnych latach. Badania nie dały jednoznacznej odpowiedzi dotyczącej doboru odmian, gdyż te plonowały bardzo różnie w poszczególnych latach. Najwyższe plony ziarna uzyskano w roku o niskich opadach w czasie wegetacji oraz temperaturze powietrza wyższej od średniej wieloletniej. Zawartość wody w ziarnie w czasie zbioru wahała się od 26,1% do 45,6% w zależności od roku badań i odmiany. Zawartość białka w ziarnie wynosiła od 7,06 do 9,35% w zależności od odmiany i przebiegu pogody w poszczególnych latach.

Słowa kluczowe: kukurydza, plon ziarna, warunki podgórskie

Studies on possibilities of grain maize cultivation in sub-montane conditions of the Sądecka Valley were conducted on -mountain type soil at Nawojowa (365 m a.s.l.) in 1998–2000. Two early cultivars: Esslia (FAO-170) and Jana (FAO-190) and 4 mid-early ones Ela (FAO-210), Mieszko (FAO-230), KLG (FAO-230) and LG 2190 (FAO-240) were used for the experiment. Mineral fertilization dosed 80 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$, 90 kg $K_2O \cdot ha^{-1}$ and 90 kg $N \cdot ha^{-1}$ was applied prior to sowing, while 40 kg $N \cdot ha^{-1}$ was used as topdressing. Under the conditions of the experiment field maize emergence was weak; considerable plant losses between emergence and harvest caused that plant density during harvest was much lower than planned. The obtained grain yield, on average between 6.60 and 8.11 t per ha, should be considered as high. Considerable differences in grain yield occurred in particular years. The studies did not provide a consistent answer concerning the cultivar varieties selection because their yields were much differentiated in years. The highest grain yields were produced in the year when rainfall was low during growing season and the air temperature was higher than the many-year average. Grain water contents at harvest ranged between 26.1% and 45.6%, depending on the year and variety. Protein contents in

grain ranged between 7.06 and 9.35%, depending on the variety and the weather course in particular years.

Key words: grain yield, maize, sub-montane conditions

WSTĘP

Doświadczeń nad możliwością uprawy kukurydzy zwłaszcza na ziarno w rejonach podgórskich i górskich naszego kraju było bardzo mało. Nadwyczawski w 1938 roku opracował rejonizację kukurydzy pastewnej w Polsce i podał, (cytat za Reubenbauer, 1964), że niektóre odmiany można uprawiać na Podkarpaciu. Badania nad uprawą kukurydzy na obszarach podgórskich i górskich zostały przeprowadzone przez IHAR w 1951 roku w powiecie Nowotarskim na wysokości 400–900 m n.p.m. Kolejne badania prowadził IHAR w latach 1957–1958 na południowych zboczach Gubałówki na wysokości do ponad 1000 m n.p.m. (Reubenbauer, 1964). Jakacka (1996) wykazała, że odmiany kukurydzy o liczbie FAO 250–450 uprawiane na wysokości do 450 m n.p.m. w niektórych latach dojrzwały a zawartość wody w ziarnie wynosiła 25–42%.

Wyhodowanie nowych bardzo wczesnych i wczesnych odmian kukurydzy o liczbie FAO poniżej 200 a równocześnie odpornych na stres temperaturowy stwarza możliwość jej uprawy na ziarno w rejonach dotychczas uważanych za nieprzydatne.

Celem podjętych badań było określenie możliwości uprawy 6 odmian kukurydzy na ziarno w Kotlinie Sądeckiej.

MATERIAŁ METODY

Doświadczenie polowe nad możliwością uprawy kukurydzy na ziarno prowadzono na glebie kompleksu zbożowo-górskiego w miejscowości Nawojowa na wysokości 365 m n.p.m., w latach 1998–2000. W badaniach wykorzystano 2 wczesne odmiany: Esslia o liczbie FAO 170, Jana — FAO 190, 4 odmiany średnio-wczesne: Ela — FAO 210, Mieszko — FAO 230, KLG 2210 — FAO 230 i LG 2190 — FAO 240. Kukurydzę wysiewano w międzyrzędzia o szerokości 70 cm w ilości 120 tys. ziaren·ha⁻¹ — odmiany wczesne i 110 tys. ziaren·ha⁻¹ — odmiany średnio wczesne. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 14 m², liczba powtórzeń 4.

Kukurydzę uprawiano po przedplonie zbożowym. Nawożenie mineralne w ilości 80 kg P₂O₅·ha⁻¹, 90 kg K₂O·ha⁻¹ i 80 kg N·ha⁻¹ zastosowano przedsiewnie. Nawożenie pogłówne azotem wynosiło 40 kg N·ha⁻¹. Siew wykonywano punktowo, ręcznie w pierwszej dekadzie maja. Chwasty zwalczano herbicydem Gesaprim w dawce 2,5 kg·ha⁻¹ po wschodach, uzupełniając walkę z chwastami poprzez motyczenie. Zbiór kolb wykonywano ręcznie w fazie dojrzałości pełnej ziarna. Po usunięciu liści okrywowych i dosuszeniu kolb wykonano omłot. Zawartość białka w ziarnie oznaczono metodą Kjeldahla. Przebieg pogody w okresie prowadzenia badań był zróżnicowany (tab. 1, 2 i 3).

Tabela 1

Rozkład opadów atmosferycznych (w mm)
Distribution of atmospheric precipitation (in mm)

Rok Year	Miesiąc Month								Suma opadów V–IX Sum of rainfall V–IX
	I–III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1998	105	96	79	110	79	49	50	70	367
1999	98	74	42	124	143	93	28	80	430
2000	179	66	98	87	157	54	39	22	435
Średnia 1970–2000 Mean 1970–2000	93	54	81	104	101	86	65	41	437

Tabela 2

Rozkład średnich temperatur powietrza (°C)
Distribution of mean air temperatures (°C)

Rok Year	Miesiąc Month								Średnia V–IX Mean V–IX
	I–III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
1998	2,1	10,5	13,3	18,2	18,1	17,7	13,3	8,8	16,1
1999	1,3	10,0	12,8	17,6	19,7	16,9	15,5	8,9	16,5
2000	1,5	11,3	14,8	17,0	16,9	18,4	11,9	13,0	15,8
Średnia 1970–2000 Mean 1970–2000	0,6	8,2	13,3	16,1	17,7	17,3	13,4	8,9	15,6

Tabela 3

Współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa K dla miejscowości Nawojowa
Sielanianow hydrotermic coefficient K for the locality Nawojowa

Miesiąc Month	Współczynnik K Coefficient K		
	1998	1999	2000
Maj May	1,91	1,06	2,12
Czerwiec June	2,01	2,35	1,71
Lipiec July	1,40	2,35	3,01
Sierpień August	0,90	1,79	0,94
Wrzesień September	1,25	0,59	1,10

Susza; Drought $K < 0,5$ Posucha; Mild drought $1 > K > 0,5$ Optimum; Optimum $2 > K > 1$

WYNIKI BADAŃ

Polowe wschody kukurydzy średnio z 3 lat badań stanowiły 75% ilości wysiewu ziarna. Ubytki roślin między wschodami a zbiorem wynosiły średnio 11%, tak więc w czasie zbioru liczba roślin była niższa w porównaniu do ilości wysiewu o 36% i wynosiła od 57,4

tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ do 89,1 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ w zależności od odmiany i roku badań (tab. 4). Najwyższą obsadą roślin w czasie zbioru odznaczała się odmiana LG-2190, a najniższą odmiany KLG-2210 i Mieszko. Spośród lat badań najwyższą obsadę w czasie zbioru osiągnęła kukurydza w 2000 roku — średnio ponad 79 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹, najmniejszą zaś w roku 1999–68,8 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹.

Tabela 4

Obsada roślin kukurydzy w czasie zbioru w tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹
Plant density of maize at harvest in thous. pcs. $\cdot$ ha⁻¹

Odmiana Cultivar	Rok Year			Średnio Mean
	1998	1999	2000	
Esslia	60,9	78,2	89,1	76,1
Janna	68,3	73,9	82,7	75,0
Ela	86,0	67,8	72,5	75,4
KLG 2210	68,1	57,4	74,1	66,5
Mieszko	64,8	60,1	79,6	68,2
LG 2190	83,8	75,2	76,8	78,6
Średnio Mean	72,0	68,8	79,1	73,3
NIR _{$\alpha = 0,05$}	r.n.–n.s.	6,33	8,94	—
LSD _{$\alpha = 0,05$}				

Najlepiej plonującymi odmianami były LG 2190 i Ela, u których średni plon ziarna wynosił odpowiednio 8,11 i 8,06 t $\cdot$ ha⁻¹, dla odmiany Mieszko i KLG 2210 plon ziarna wynosił średnio 6,80 i 6,60 t $\cdot$ ha⁻¹ (tab. 5).

Tabela 5

Plon ziarna odmian kukurydzy (t $\cdot$ ha⁻¹)
Grain yield of maize cultivars (t $\cdot$ ha⁻¹)

Odmiana Cultivar	Rok Year			Średnio Mean
	1998	1999	2000	
Esslia	7,01	7,60	6,86	7,16
Janna	8,26	7,16	7,12	7,51
Ela	9,75	7,30	7,14	8,06
KLG 2210	7,46	5,68	6,65	6,60
Mieszko	7,82	5,72	6,85	6,80
LG 2190	9,19	6,75	8,39	8,11
Średnio Mean	8,25	6,70	7,17	7,37
NIR _{$\alpha = 0,05$}	0,880	0,335	0,506	—
LSD _{$\alpha = 0,05$}				

Duże różnice w plonach ziarna wystąpiły w poszczególnych latach badań. Najwyższe plony ziarna wynoszące średnio dla wszystkich odmian 8,25 t $\cdot$ ha⁻¹ uzyskano w roku 1998, kiedy wystąpiły warunki pogodowe szczególnie sprzyjające uprawie kukurydzy na ziarno. Najniższe plony ziarna, średnio 6,70 t $\cdot$ ha⁻¹ uzyskano w roku 1999. Spośród uprawianych odmian najbardziej stabilnym plonem ziarna w poszczególnych latach cechowała się odmiana o najkrótszym okresie wegetacji — Esslia. Dużą zmiennością plonów w latach

odznaczały się odmiany Ela i LG 2190, u których różnica między najwyższym a najniższym plonem wynosiła 2,61 i 2,44 t·ha⁻¹, co stanowi w liczbach względnych różnicę ponad 36%. Zawartość wody w ziarnie w czasie zbioru kukurydzy wynosiła od 23,0 do 48,2% w zależności od odmiany i lat badań (tab. 6). Różnice w zawartości wody między odmianami były małe. Wystąpiła tendencja do niższej zawartości wody w ziarnie odmian wczesnych. W roku 1998 zawartość wody w ziarnie w czasie zbioru wynosiła średnio 26%, natomiast w roku 1999 ziarno w czasie zbioru było bardzo wilgotne, zawartość wody w ziarnie w roku tym wynosiła średnio 45,6%. Zawartość białka ogólnego w ziarnie kukurydzy przedstawiono tabeli 7. Spośród 6 badanych odmian najwyższą zawartością białka w ziarnie — 8,90% odznaczała się odmiana KLG 2210. U odmiany tej zawartość białka była bardzo stabilna w latach badań, podobnie jak u odmiany Ela.

Tabela 6

Zawartość wody w ziarnie kukurydzy (%) Water content in maize grain (%)				
Odmiana Cultivar	Rok Year			Średnio Mean
	1998	1999	2000	
Esslia	28,8	44,1	33,5	35,5
Janna	28,2	41,3	34,6	34,7
Ela	23,8	45,5	34,6	34,6
KLG 2210	23,0	48,0	32,8	34,6
Mieszko	25,2	46,7	35,3	35,7
LG 2190	27,4	48,2	32,6	36,1
Średnio Mean	26,1	45,6	33,9	35,2
NIR _{α = 0,05}	2,17	2,06	2,65	—
LSD _{α = 0,05}				

Tabela 7

Zawartość białka w ziarnie kukurydzy (w % s.m.) Protein content in the grain of maize (in % d.m.)				
Odmiana Cultivar	Rok Year			Średnio Mean
	1998	1999	2000	
Esslia	7,96	8,92	7,99	8,29
Janna	8,25	9,12	7,84	8,40
Ela	7,78	8,20	7,84	7,94
KLG 2210	9,26	8,49	8,96	8,90
Mieszko	8,13	7,26	7,06	7,48
LG 2190	8,15	9,35	8,76	8,75
Średnio Mean	8,25	8,56	8,08	8,30
NIR _{α = 0,05}	0,430	0,261	0,357	—
LSD _{α = 0,05}				

U pozostałych odmian zawartość białka w ziarnie podlegała dużej zmienności w poszczególnych latach. Ziarno odmiany Mieszko odznaczało się najniższą zawartością

białka. W roku 1999 zawartość białka w ziarnie była najwyższa i wynosiła średnio 8,56%, w roku 1998 — 8,25% a w roku 2000 — 8,08%.

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość uprawy kukurydzy na ziarno w warunkach podgórskich Kotliny Sądeckiej. Uzyskane wyniki badań własnych są na ogół zgodne z rezultatami badań innych autorów i mogą stanowić podstawę do doskonalenia agrotechniki kukurydzy uprawianej na ziarno w warunkach podgórskich. Niektóre rezultaty badań własnych są jednak trudne do wytłumaczenia na podstawie dotychczasowej wiedzy uzyskiwanej w oparciu o doświadczenia prowadzone w odmiennych, nizinnych warunkach siedliskowych. W ścisłych doświadczeniach polowych uzyskuje się znacznie wyższe plony w porównaniu z plonami uzyskiwanymi w produkcji. Świadczy to jednak o możliwościach uprawy niektórych odmian w rejonach uważanych dotychczas za mało przydatne lub nienadające się do uprawy tego gatunku na ziarno.

Liczba roślin po wschodach w okresie prowadzenia badań była niska, stanowiła średnio 78% ilości wysianych nasion w roku 1998 i 72% w roku 1999. Wystąpiły również duże ubytki roślin między wschodami a zbiorem zwłaszcza w roku 1998 i 1999. W rezultacie obsadę roślin w czasie zbioru wynoszącą średnio 64 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ należy uznać za niską. Należy jednak zaznaczyć, że nie obserwowano wyraźnej zależności między obsadą roślin w czasie zbioru a plonem ziarna. Niskie polowe wschody i znaczne ubytki roślin w okresie od wschodów do zbioru należy tłumaczyć zmiennym, często niesprzyjającym przebiegiem pogody. Świadczy o tym duża zmienność wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa (tab. 3). W okresie prowadzenia badań siewu nasion dokonywano w przedziale temperatur powietrza 10,9–14,5°C, podczas gdy Wallacea i Bressman cytowani przez Ruebanbauera (1964) uważają za rejony opłacalnej uprawy kukurydzy, takie w których temperatury w okresie siewu wynoszą 13–21°C. Jak podają Dubas (1980) i Michalski i wsp. (1996) słabe wschody kukurydzy są najczęściej spowodowane niekorzystnymi warunkami pogodowymi a zwłaszcza niską temperaturą. Wiosenny chłód znacznie przedłuża fazę kiełkowania, sprzyja chorobom grzybowym, powoduje zmniejszenie obsady roślin. W opinii Dubasa (1988), Sulewskiej (1997), a także innych autorów, aby uzyskać zamierzoną obsadę roślin do zbioru, liczba wysianych nasion musi zostać powiększona o 5-10% w zależności od jakości materiału siewnego i warunków uprawy, a przy złych warunkach i gorszych ziarniakach do 15%. W warunkach podgórskich rezerwa ta powinna być znacznie wyższa.

Kukurydzę zbierano po 143–150 dniach od siewu. W czasie zbioru zawartość wody w ziarnie wynosiła od 26,1 do 45,6%. Odmiany wczesne cechowały się na ogół niższą zawartością wody w ziarnie za wyjątkiem odmiany KLG 2210. Na podobną zależność w swych badaniach zwróciła uwagę Jakacka (1996), która zaobserwowała fakt wystąpienia większej wilgotności ziarna u odmian późniejszych. W badaniach własnych bardzo duże różnice w zawartości wody w ziarnie wystąpiły w poszczególnych latach badań. Można je tłumaczyć przebiegiem pogody, zwłaszcza ilością opadów w lipcu i sierpniu, za wyjątkiem roku 1999. W roku tym wysoka zawartość wody w ziarnie jest trudna do wytłumaczenia,

przypuszczalnie ciągłe obfite opady w dekadzie bezpośrednio poprzedzającej zbiór opóźniły dojrzewanie i wpłynęły na wysoką wilgotność ziarna. Wysoka wilgotność ziarna uniemożliwiła mechaniczny zbiór. Jednak w warunkach podgórskich ze względu na ukształtowanie terenu i małą powierzchnię upraw zbiór wykonywany jest ręcznie. Dubas i Michalski (1983), Machul (1987), Szmigiel (1999) oraz Oleksy i Szmigiel (2001) stwierdzili, że wilgotność ziarna w okresie zbioru zależy od przebiegu pogody i odmiany oraz nieznacznie od obsady roślin. Sulewska (1997) i Szeleźniak (1991) wykazały nieistotny wpływ obsady roślin i odmiany na wilgotność ziarna w czasie zbioru. Jakacka (1996) zaobserwowała, że na wyżynach zawartość wody w ziarnie podczas zbioru jest wyższa niż na nizinach, ponadto autorka ta podaje za Caputą, że wilgotność ziarna zależy od wysokości nad poziomem morza i od szerokości geograficznej.

W warunkach prowadzonych badań uzyskany plon ziarna kukurydzy wynoszący średnio w zależności od odmiany od 6,60 do 8,11 t·ha⁻¹ należy uznać za wysoki. Kotlina Sądecka jest jednak rejonem stosunkowo ciepłym, a średnie temperatury powietrza we wszystkich latach badań były wyższe od średniej wieloletniej. Badania nie dały jednoznacznej odpowiedzi dotyczącej doboru odmian, gdyż te plonowały bardzo różnie w poszczególnych latach. Duży wpływ warunków pogodowych na plon ziarna jest zgodny z wynikami badań wielu autorów, zwłaszcza tych którzy są zdania, że na wysokość plonów silniej wpływa suma temperatur w okresie wegetacji kukurydzy niż opady (Vez, 1974; Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981; Machul i in., 1983; Pyzik i Bober, 1985; Borowiecki, 1992; Kruczek, 1997; Szmigiel, 1998; i 1999). W prowadzonych badaniach najwyższy plon ziarna uzyskano w roku o wysokich opadach w kwietniu — przed siewem, umiarkowanych opadach w maju i czerwcu i niskich opadach w pozostałych miesiącach wegetacji, o temperaturze powietrza wyższej od średniej wieloletniej. Podobnie jak w badaniach innych autorów zawartość białka w ziarnie była najwyższa w roku o najwyższej temperaturze powietrza w czasie wegetacji i umiarkowanych opadach.

WNIOSKI

1. W warunkach Kotliny Sądeckiej obsada roślin w czasie zbioru kukurydzy była o ponad 35% niższa w stosunku do ilości wysianego ziarna.
2. Plon ziarna wynosił od 6,60 t z ha dla odmiany KLG 2210 do 8,11 t z ha dla odmiany LG 2190. Wystąpiły duże wahania w plonie odmian w poszczególnych latach.
3. Wilgotność ziarna w czasie zbioru uzależniona była od przebiegu pogody w poszczególnych latach (26,1–45,6%) i w niewielkim stopniu od odmiany.
4. Zawartość białka ogólnego w ziarnie wahała się średnio od 7,48% u odmiany Mieszko do 8,90% u odmiany KLG 2210.

LITERATURA

- Borowiecki J. 1992. Wpływ terminu siewu odmian kukurydzy o zróżnicowanej wczesności na tempo rozwoju i dojrzewania. *Pam. Puł.* 101: 123 — 135.
- Dubas A. 1980. *Kukurydza*, PWR L, Warszawa.

- Dubas A. 1988. Obsada roślin a produktywność kukurydzy, Mat. Konf. „Obsada a produktywność roślin uprawnych”, IUNG Puławy, Cz. I.: 112 — 120.
- Dubas A., Michalski T. 1983. Wpływ gęstości siewu na plonowanie odmian kukurydzy uprawianych na ziarno. Pam. Puł. 81: 49 — 60.
- Jakacka M. 1996. Rozwój kukurydzy w warunkach górskich, wyżynnych i nizinnych. IUNG Puławy, R — 340.
- Jeśmanowicz A., Ruszkowski M. 1981. Wpływ terminu i gęstości siewu na produktywność kilku mieszańców kukurydzy uprawianych na ziarno. Pam. Puł. 75: 133 — 147.
- Kruczek A. 1997. Zmienność i korelacja elementów struktury plonu kukurydzy w zależności od warunków pogodowych i nawożenia azotem. Rocz. AR Poznań, Roln. 55: 49 — 54.
- Machul M. 1987. Reakcja na gęstość siewu odmian kukurydzy w uprawie na ziarno. IUNG Puławy, ser. S, 57: 1 — 15.
- Machul M., Kukuła S., Małysiak B. 1983. Produktywność mieszańców kukurydzy na glebach różnych kompleksów przydatności rolniczej w zależności od zagęszczenia roślin. Pam. Puł. 81: 61 — 75.
- Michalski T., Sulewska H., Waligóra H., Dubas A. 1996. Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Rocz. Nauk Rol., ser. A, t. 112, z. 1/2: 103 — 111.
- Oleksi A., Szmigiel A. 2001. Plonowanie odmian kukurydzy uprawianej na ziarno w warunkach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 383, Rol. 38: 49 — 59.
- Pyzik J., Bober A. 1985. Wpływ nawożenia azotowego na przebieg wegetacji, plon ziarna i niektóre cechy morfologiczne kukurydzy uprawianej na dwóch kompleksach glebowych. Zesz. Nauk Tow. Nauk. W Rzeszowie, Prod. Rośl. 2: 75 — 83.
- Reubenbauer T. 1964. Kukurydza, PWRL, Warszawa.
- Sulewska H. 1997. Środowiskowe i ekonomiczne uwarunkowania uprawy i kierunków użytkowania kukurydzy w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 450: 15 — 29.
- Szeleźniak E. 1991. Kształtowanie się powierzchni liściowej kukurydzy w zależności od obsady roślin. Fragm. Agron. 2: 141 — 149.
- Szmigiel A. 1998. Wpływ kierunku rzędów względem stron świata i rozmieszczenia roślin na plon ziarna kukurydzy. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Sesja Naukowa, 54: 239 — 244.
- Szmigiel A. 1999. Wpływ kierunku rzędów oraz gęstości siewu na plon i zawartość białka w ziarnie kukurydzy. Rocz. Nauk Rol., ser. A, 114, 1/2: 195 — 204.
- Vez A. 1974. Influence de la densité de semis sur les rendements du maïs-grain. Rer. Suisse Agric. 6, 2: 43 — 47.

WŁADYSŁAW KADŁUBIEC¹**RAFAŁ KURIATA**¹**CECYLIA KARWOWSKA**²**ZBIGNIEW KURCZYCH**²¹ Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu² Hodowla Roślin Rolniczych „Nasiona Kobierzyc”

Ocena zdolności kombinacyjnej linii wsobnych kukurydzy

Estimation of combining ability of inbred lines of maize

Materiał badawczy stanowiło 40 mieszańców pojedynczych uzyskanych w wyniku krzyżowania 5 linii wsobnych pochodzących z Hodowli Roślin Rolniczych „Nasiona Kobierzyc” sp. z o.o.: 1327-1, 1311-5, 1169-21, 1315-14 i 922-5 z 4 testerami o ziarnie szklстым: K154, K296 i K212 z Kobierzyc i S41324A-2 ze Smolic oraz z 4 testerami o ziarnie zębokształtnym: K324 i K192 z Kobierzyc oraz S41806A i S335 ze Smolic. Doświadczenie przeprowadzono w 2002 roku metodą losowanych bloków w dwóch powtórzeniach na poletkach dwurzędowych o powierzchni 5 m² w dwóch miejscowościach: Kobierzyc i Smolic. Po wschodach dokonano przerywki pozostawiając na poletku 36 (Kobierzyc) i 40 (Smolic) roślin. W okresie wegetacji roślin i po zbiorze określono: procent roślin stojących, krzewienie, zawartość suchej masy w ziarnie i plon ziarna w t/ha. Wykonano analizę wariancji zdolności kombinacyjnych dla 2 miejscowości. Oszacowano efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej linii matecznych, efekty swoistej zdolności kombinacyjnej mieszańców oraz ich interakcje z miejscowościami. Istotność efektów testowano testem t-Studenta. Stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych genotypów. Wykazano istotne efekty GCA dla krzewienia się roślin i plonu ziarna. Mieszańce różniły się pod względem efektów swoistej zdolności kombinacyjnej. Istotną interakcję GCA linii i SCA mieszańców z miejscowościami stwierdzono dla plonu ziarna. Linia 922-5 charakteryzowała się istotnym dodatnim efektem GCA dla plonu ziarna. Mieszańce 922-5 × K296, 922-5 × S41324A-2 oraz 1311-5 × K212 cechowały najwyższe efekty interakcji SCA × miejscowości dla plonu ziarna.

Słowa kluczowe: kukurydza, mieszańce pojedyncze, zdolność kombinacyjna, środowisko

Combining ability of forty single crosses, which were obtained by crossing 5 inbred lines: 1327-1, 1311-5, 1169-21, 1315-14 and 922-5 with 4 flint testers: K154, K296, K212, S41324A-2 and 4 dent testers: K324, K192, S41806A and S335 was investigated in 2002. The experiment was carried out at two locations in two-row plots, 5 m² each using randomized complete blocks design with two replications. Data were recorded for lodging before harvest, tillering, dry matter content and grain yield. Significant GCA effects were detected for tillering, grain yield and SCA effects for all investigated traits. Significant interactions for GCA and SCA with locations were detected for grain yield. Line 922-5 was characterized by significant positive GCA effect for grain yield. Three hybrids: 922-5 × K296,

922-5 × S41324A-2 and 1311-5 × K212 showed the highest effect of interactions of SCA with locations for grain yield.

Key words: environment, maize, combining ability, single crosses

WSTĘP

Hodowla mieszańców liniowych kukurydzy jest praktycznym wykorzystaniem zjawiska heterozji, którego natura nie została poznana. W genetyce i hodowli do oceny wartości posiadanego materiału hodowlanego i wielkości heterozji wykorzystuje się różne parametry statystyczne. Jednym z nich jest ocena zdolności kombinacyjnej. Ogólna zdolność kombinacyjna (GCA) ma większe znaczenie w przypadku hodowli odmian obcopylnych i syntetycznych, natomiast swoista zdolność kombinacyjna (SCA) znajduje zastosowanie w hodowli odmian mieszańcowych. Poprzez określenie stosunku GCA do SCA można wnioskować o sposobach działania genów warunkujących badane cechy (Lipińska, 1995). Ocena zdolności kombinacyjnej możliwa jest tylko, wtedy gdy materiał spełnia określone warunki, tzn. jest jednorodny genetycznie i został skrzyżowany według określonego układu (Węgrzyn, 1996). Uzyskanie pełnej informacji o wartości posiadanego materiału możliwe jest poprzez badanie go w kilku miejscowościach o zróżnicowanych warunkach glebowych i klimatycznych (lata). Zagadnieniu interakcji genotypu ze środowiskiem ($G \times E$) i jej konsekwencji w hodowli poświęca się wiele uwagi w licznych pracach dotyczących różnych gatunków roślin uprawnych (Hohls i in., 1995; Casler i in., 1984).

Celem badań było oszacowanie zdolności kombinacyjnej linii wsobnych kukurydzy krzyżowanych z testerami o ziarnie szklстым i zębokształnym i jej interakcji ze środowiskami.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał stanowiło 40 mieszańców pojedynczych uzyskanych w wyniku krzyżowania 5 linii wsobnych pochodzących z Hodowli Roślin Rolniczych „Nasiona Kobierzyc” sp. z o.o: 1327-1, 1311-5, 1169-21, 1315-14 i 922-5 z 4 testerami o ziarnie szklстым i różnym pochodzeniu: K154, K296, K212 i S41324A-2 oraz z 4 testerami o ziarnie zębokształnym: K324, K192, S41806A i S335. Doświadczenie przeprowadzono w 2002 r. metodą losowanych bloków w dwóch powtórzeniach na poletkach dwurzędowych o powierzchni 5 m² w dwóch miejscowościach: Kobierzycie i Smolice. Po wschodach dokonano przerywki pozostawiając na poletku 36 (Kobierzycie) i 40 (Smolice) roślin. W okresie wegetacji roślin i po zbiorze określono: procent roślin stojących, krzewienie, zawartość suchej masy w ziarnie i plon ziarna w t/ha. Wykonano analizę wariancji zdolności kombinacyjnych dla 2 miejscowości wg następującego modelu:

$$x_{ijmr} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + g_{im} + g_{jm} + s_{ijm} + 1/r \sum e_{ijmr}$$

x_{ijk} — wartość obserwacji ij -tego mieszańca w k -tym powtórzeniu

μ — średnia populacji

g_i — efekt GCA i -tej formy matecznej

g_j — efekt GCA j -tej formy ojcowskiej

s_{ij} — efekt SCA ij -tego mieszańca

g_{im} — efekt GCA i -tej formy matecznej w m -tej miejscowości

g_{jm} — efekt GCA j -tej formy ojcowskiej w m -tej miejscowości

s_{ijm} — efekt SCA ij -tego mieszańca w m -tej miejscowości

e_{ijmr} - błąd losowy związany z obserwacją

$i = 1, 2, \dots, 8$ $j = 1, 2, \dots, 8$ $m = 1, 2$ $r = 1, 2$

Oszacowano efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej linii matecznych, efekty swoistej zdolności kombinacyjnej mieszańców oraz efekty interakcji zdolności kombinacyjnych z miejscowościami. Istotność efektów testowano testem t-Studenta.

WYNIKI

Analiza wariancji zdolności kombinacyjnej (tab. 1) wykazała istotne zróżnicowanie GCA badanych linii matecznych dla krzewienia i plonu ziarna oraz efektów SCA mieszańców dla wszystkich badanych cech.

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności badanych cech
Mean squares of variability of investigated traits

Źródło zmienności Item	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square			
		krzewienie tillering	wyleganie przed zbiorem lodging before harvest	plon ziarna grain yield	zawartość suchej masy dry matter content
GCA linii GCA of lines	4	3,38**	0,59	1,42**	20,70
GCA testerów GCA of testers	7	13,63	22,79	16,82	88,80
SCA mieszańców SCA of hybrids	28	5,68**	8,31*	4,85**	57,29*
GCA linii × miejscowość GCA of lines × location	4	3,38*	2,58	0,20	27,92
GCA testerów × miejscowość GCA of testers × location	7	3,63	16,14	0,58	25,63
SCA mieszańców × miejscowość SCA of hybrids × location	28	5,68*	5,94	0,61*	32,73
Błąd Error	78	0,78	5,10	0,32	31,78

Interakcja GCA z miejscowościami była istotna dla krzewienia a interakcja SCA z miejscowościami dla dwóch cech: krzewienia roślin i plonu ziarna. Istotność GCA dla plonu ziarna stwierdzili również Tulu i wsp. (1998). Istotny, dodatni efekt GCA dla plonu ziarna (tab. 2) stwierdzono dla linii 922-5, natomiast ujemny dla linii 1311-5. Interakcja efektów GCA z miejscowościami dla krzewienia była istotna dla linii 1315-14. Istotne efekty SCA wylegania przed zbiorem dla mieszańców (tab. 3) stwierdzono w sześciu

przypadkach. Ujemnym efektem charakteryzował się jedynie mieszaniec 1169-32 × K324. Natomiast dla zawartości suchej masy w ziarnie (tab. 4) istotne efekty stwierdzono dla 3 mieszańców, w tym jeden był dodatni: 1315-14 × K212.

Tabela 2

Efekty interakcji GCA × miejscowości dla krzewienia roślin i GCA dla plonu ziarna
Effects of interaction GCA × locations for tillering and GCA for grain yield

Linie Lines	Krzewienie Tillering		Plon ziarna Grain yield
	Kobierzyce	Smolice	
1327-1	0,11	-0,11	0,08
1311-5	-0,26	0,26	-0,35*
1169-32	-0,14	0,14	0,06
1315-14	0,51*	-0,51*	-0,02
922-5	-0,23	0,23	0,22*

Tabela 3

Efekty SCA dla wyłęgania roślin
Effects of SCA for lodging before harvest

♀ \ ♂	1327-1	1311-5	1169-32	1315-14	922-5
K154	-1,14	0,58	-0,07	1,99*	2,64*
K296	1,30	-1,77	1,68	-0,18	-1,03
K212	-0,21	0,12	0,93	-0,38	-0,46
S41324A-2	-1,02	-0,06	0,80	-0,57	0,80
K324	2,16*	-0,28	-2,26*	1,93*	-1,56
K192	0,42	-0,56	0,25	0,33	-0,45
S41806A	-1,31	2,46*	0,86	1,24	-1,56
S335	-0,21	-0,57	-0,46	-0,38	1,62

Tabela 4

Efekty SCA dla suchej masy w ziarnie
Effects of SCA for dry matter content in grain

♀ \ ♂	1327-1	1311-5	1169-32	1315-14	922-5
K154	-1,07	0,24	0,85	0,31	-0,33
K296	2,89	-1,88	4,31	3,38	-1,95
K212	1,98	2,24	-13,16*	7,42*	1,52
S41324A-2	-0,45	-1,81	2,25	0,09	-0,07
K324	-0,34	2,22	0,73	2,08	-4,69*
K192	-1,00	-1,90	1,84	-1,34	2,40
S41806A	-3,18	3,05	-0,04	1,26	1,43
S335	1,17	-2,15	3,19	-3,93	1,71

Podobne wyniki dla tych cech uzyskano we wcześniejszych badaniach Kadłubiec i wsp. (2000). Większość mieszańców charakteryzowała się istotnymi efektami interakcji SCA z miejscowościami dla krzewienia roślin, natomiast nieliczne istotne efekty interakcji SCA × miejscowości stwierdzono dla plonu ziarna. Można sądzić, że plon ziarna jest cechą

mniej wrażliwą na zmienne warunki glebowo-klimatyczne w porównaniu z krzewieniem się roślin.

Tabela 5

Efekty interakcji SCA × miejscowości dla krzewienia roślin

Effects of interactions SCA × locations for tillering

♀ \ ♂	Miejscowości Locations	1327-1	1311-5	1169-32	1315-14	922-5
K154	Kobierzyce	1,19*	-0,44	-1,56*	0,53	0,28
	Smolice	-1,19*	0,44	1,56	-0,53	-0,28
K296	Kobierzyce	0,89*	1,01*	-0,61	0,23	-1,52*
	Smolice	-0,89*	-1,01*	0,61	-0,23	1,52*
K212	Kobierzyce	-1,86*	-0,24	0,38	0,48	1,23*
	Smolice	1,86	0,24	-0,38	-0,48	-1,23*
S41324A-2	Kobierzyce	-1,21*	0,91*	1,04*	-1,87*	1,13*
	Smolice	1,21*	-0,91*	-1,04*	1,87*	-1,13*
K324	Kobierzyce	0,49	0,86*	0,24	-0,17	-1,42*
	Smolice	-0,49	-0,86*	-0,24	0,17	1,42*
K192	Kobierzyce	-0,96*	-0,59	0,29	0,13	1,13*
	Smolice	0,96*	0,59	-0,29	-0,13	-1,13*
S41806A	Kobierzyce	2,29*	-1,10*	0,54	-0,87*	-0,87*
	Smolice	-2,29*	1,10*	-0,54	0,87*	0,87*
S335	Kobierzyce	-0,81*	-0,44	-0,31	1,53	0,03
	Smolice	0,81*	0,44	0,31	-1,53	-0,03

Tabela 6

Efekty interakcji SCA × miejscowości dla plonu ziarna

Effects of interactions SCA × locations for grain yield

♀ \ ♂	Miejscowości Locations	1327-1	1311-5	1169-32	1315-14	922-5
K154	Kobierzyce	-0,23	-0,42	0,36	0,24	0,05
	Smolice	0,23	0,42	-0,36	-0,24	-0,05
K296	Kobierzyce	-0,45	-0,12	0,02	-0,26	0,82*
	Smolice	0,45	0,12	-0,02	0,26	-0,82*
K212	Kobierzyce	0,27	0,67*	-0,27	-0,48*	-0,19
	Smolice	-0,27	-0,67*	0,27	0,48*	0,19
S41324A-2	Kobierzyce	0,47*	0,32	-0,37	0,18	-0,61*
	Smolice	-0,47*	-0,32	0,37	-0,18	0,61*
K324	Kobierzyce	-0,44	0,06	0,39	-0,11	0,09
	Smolice	0,44	-0,06	-0,39	0,11	-0,09
K192	Kobierzyce	0,28	-0,4	-0,03	0,39	-0,24
	Smolice	-0,28	0,4	0,03	-0,39	0,24
S41806A	Kobierzyce	0,25	-0,04	-0,31	0,16	-0,06
	Smolice	-0,25	0,04	0,31	-0,16	0,06
S335	Kobierzyce	-0,17	-0,07	0,21	-0,12	0,15
	Smolice	0,17	0,07	-0,21	0,12	-0,15

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych genotypów.
2. Wykazano istotne efekty GCA dla krzewienia się roślin i plonu ziarna.
3. Mieszańce różniły się pod względem efektów swoistej zdolności kombinacyjnej.
4. Istotną interakcję GCA linii i SCA mieszańców z miejscowościami stwierdzono dla plonu ziarna.
5. Linia 922-5 charakteryzowała się istotnym dodatnim efektem GCA dla plonu ziarna.
6. Mieszańce 922-5 × K296, 1311-5 × K212, 1327-1 × S41324A-2 wysiane w Kobierzycach cechowały najwyższe dodatnie efekty interakcji, natomiast w Smolicach wyróżniły się dodatnimi efektami interakcji mieszańce 922-5 × S41324A-2 oraz 1311-14 × K212.

LITERATURA

- Casler M. D., A. W. Hovin. 1984. Genotype × environment interactions for reed canary grass forage yield. *Crop Sci.* 24: 633 — 636.
- Kadłubiec W., Karwowska C., Kurczych Z., Kuriata., Walczowska-Kurczych S. 2000. Zdolność kombinacyjna linii wsobnych kukurydzy. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin* 216: 371 — 378.
- Lipińska J. 1995. Ogólna i swoista zdolność kombinacyjna w hodowli roślin. *Biul. IHAR* 156: 91 — 101.
- Trevor Hohls, Paul E. Shanahan, G. Peter Clarke, Helmut O. Gevers. 1995. Genotype × environment interactions in a 10 × 10 diallel cross of quality protein maize (*Zea mays* L.). *Euphytica* 84: 206 — 218.
- Tulu L., Ramachandrapa B. K. 1998. Combining ability of some traits in seven parental diallel crosses of selected maize (*Zea mays* L.) populations. *Crop Research — Hisar* 15-2: 3: 232 — 237.
- Węgrzyn S. 1996. Teoretyczne oszacowanie komponentów wariancji genetycznych w czynnikowym modelu krzyżowania. *Biul. IHAR* 200: 7 — 13.

WŁADYSŁAW KADŁUBIEC**RAFAŁ KURIATA**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Wielocechowa analiza kształtowania plonu ziarna linii wsobnych i mieszańców F_1 kukurydzy

Multiple analyses of traits determining grain yield of inbred lines and hybrids F_1 of maize

Hodowca prowadząc selekcję zwraca przede wszystkim uwagę na plonowanie badanych form. Wielkość plonu jest cechą najważniejszą i jednocześnie bardzo złożoną, tzn. na jego wielkość wywierają wpływ inne cechy, które nie zawsze stanowią główny przedmiot zainteresowania hodowcy. Znając stopień zależności między cechami, ich wzajemne korelacje, a także zależności między pokoleniem rodziców i ich potomstwem można we właściwy sposób prowadzić selekcję, a także dobierać linie do krzyżowania. Celem pracy była ocena wpływu cech struktury plonu na jego wielkość u 8 linii wsobnych i 28 mieszańców F_1 kukurydzy. Pomiarów wysokości roślin i wysokości zawieszenia pierwszej kolby dokonano w okresie wegetacji na 20 roślinach z poletka w każdym powtórzeniu. Długość kolby, grubość kolby, liczba rzędów ziaren oraz masa ziarna z kolby zostały oznaczone na 5 losowo wybranych kolbach dla każdego mieszańca. Określono także procent roślin porażonych głownią i roślin krzewiących się, po zbiorze oceniono plon i zawartość suchej masy. Do oceny zależności między plonem a pozostałymi cechami jego struktury wykorzystano analizę korelacji i regresji wielokrotnej przyjmując za cechę objaśnianą plon ziarna, a pozostałe cechy za objaśniające. W przypadku linii nie stwierdzono istotności współczynnika regresji cząstkowej w żadnym przypadku. U mieszańców plon jest determinowany przez masę ziarna z kolby i wysokość roślin.

Słowa kluczowe: cechy, korelacja, kukurydza, regresja wielokrotna, plon

Yield is the most important and complex trait. Many other traits influence yield and they do not always play an essential role in a breeding process. The recognition of dependencies between traits and between parents and descendants can greatly improve selection and choosing of proper lines for crossing. The main aim of this study was to show the relationships between yield and yield structure traits in 28 F_1 hybrids and 8 parental lines of maize. Data were recorded for the following parameters: plant height, ear height, ear length and diameter, number of grain rows, grain yield per ear, tillering, proportion of smutty plants, percent age of grain in ear, dry matter content and grain yield. To examine the dependencies between yield and other traits correlation and regression analyses were performed. The yield of hybrids was determined by grain yield from one ear and plant height.

Key words: correlation, maize, multiple regression, traits, yield

WSTĘP

Hodowca prowadząc selekcję zwraca przede wszystkim uwagę na plonowanie badanych form. Wielkość plonu jest cechą najważniejszą i jednocześnie bardzo złożoną tzn. na jego wielkość wywierają wpływ inne, które nie zawsze stanowią główny przedmiot zainteresowania hodowcy. Znając stopień zależności między cechami, ich wzajemne korelacje, a także zależności między pokoleniem rodziców i ich potomstwem można we właściwy sposób prowadzić selekcję, a także dobierać linie do krzyżowania. U kukurydzy zależności te są przedmiotem zainteresowania wielu badaczy Królikowski (1975). Wykazano w nich zależności między cechami linii i ich potomstwem, głównie między cechami linii a plonem mieszańców, a także stwierdzono zależności między cechami linii i ich plonem. Podobne zależności stwierdzono w przypadku pokolenia F_1 . W wielu pracach stwierdza się zależność wielkości plonu mieszańców od wysokości roślin, wysokości osadzenia pierwszej kolby Landi (1986), Shehata (1974), masy kolby, masy ziarna z kolby, grubości kolby, a także zależności między innymi cechami Dhillon (1990), Mather (1989).

Celem pracy była ocena wpływu cech struktury plonu na jego wielkość u linii wsobnych i w mieszańcach F_1 kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiło 28 mieszańców pojedynczych pochodzących ze skrzyżowania 8 linii wsobnych kukurydzy uzyskanych w „Hodowli Roślin Smolice” Sp. z o.o. Linie S160, S245, S41806A i K1653 są formami zębokształtnymi, natomiast linie S41324A-2, K2577A, S58566-3 i S43523 to formy o ziarnie szklistym. Doświadczenie zostało założone w 2001 roku metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Pomiarów wysokości roślin i osadzenia pierwszej kolby dokonano w okresie wegetacji na 20 roślinach z poletka w każdym powtórzeniu. Długość kolby, grubość kolby, liczba rzędów ziaren, masa ziarna z kolby została oznaczona na 5 losowo wybranych kolbach dla każdego mieszańca. Określono także procent roślin porażonych głownią i roślin krzewiących się, po zbiorze określono plon i zawartość suchej masy.

Do oceny zależności między plonem a pozostałymi cechami jego struktury wykorzystano analizę korelacji i regresji wielokrotnej przyjmując za cechę objaśnianą plon ziarna (y), a pozostałe cechy za objaśniające ($x_1, \dots, x_{10}$).

- x_1 — procent roślin porażonych głownią,
- x_2 — procent roślin krzewiących się,
- x_3 — długość kolby,
- x_4 — grubość kolby,
- x_5 — liczba rzędów ziaren,
- x_6 — masa ziarna z kolby,
- x_7 — % udział ziarna w masie kolby
- x_8 — zawartość suchej masy,
- x_9 — wysokość roślin,
- x_{10} — wysokość osadzenia pierwszej kolby,

y — plon ziarna.

Rozpatrzono następujący model liniowy dla regresji wielokrotnej:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7 + a_8x_8 + a_9x_9 + a_{10}x_{10}$$

Dopasowanie modelu do danych empirycznych oceniono za pomocą współczynnika determinacji R^2 . Jego istotność sprawdzono za pomocą testu F. Poszczególne cząstkowe współczynniki regresji testowano testem t.

WYNIKI

Macierz współczynników korelacji dla linii jest przedstawiona w tabeli 1, a dla mieszańców F_1 w tabeli 2. Na plonowanie linii dodatni wpływ wywiera grubość kolby ($r = 0,55$), wysokość roślin ($r = 0,48$) oraz wysokość osadzenia 1 kolby ($r = 0,51$).

Tabela 1

Macierz współczynników korelacji cech linii wsobnych kukurydzy
Matrix of correlation coefficients of traits of inbred lines

Cechy Traits	% roślin porażonych głównią % of smutty plants	Długość kolby Ear length	Grubość kolby Ear diameter	Liczba rzędów ziaren No. of grain rows	Masa ziarna z kolby Grain yield per ear	% udział ziarna w masie kolby Percentage of grain in ear	Zawartość suchej masy Dry matter content	Wysokość roślin Plant height	Wysokość osadzenia 1 kolby Ear height	Plon ziarna Grain yield
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
A	1	0,29	-0,36	0,04	-0,29	-0,21	-0,04	0,14	-0,15	-0,28
B		1	0,32	-0,22	0,43*	-0,20	-0,02	0,15	0,20	0,22
C			1	0,09	0,59*	-0,20	0,05	-0,07	0,0	0,55*
D				1	-0,09	0,16	0,18	-0,2	-0,07	-0,14
E					1	0,35	0,42*	-0,28	0,04	0,26
F						1	0,13	-0,02	0,29	-0,13
G							1	-0,81*	-0,56*	-0,36
H								1	0,76*	0,48*
I									1	0,51*

A — % roślin porażonych głównią; % of smutty plant

B — Długość kolby; Ear length

C — Grubość kolby; Ear diameter

D — Liczba rzędów ziaren; No. of grain rows

E — Masa ziarna z kolby; Grain yield per ear

F — % udział ziarna w masie kolby; Percentage of grain in ear

G — Zawartość suchej masy; Dry matter content

H — Wysokość roślin; Plant height

I — Wysokość osadzenia 1 kolby; Ear height

Analizując dane dla mieszańców można stwierdzić, że na wielkość plonu największy dodatni wpływ wywierają: masa ziarna z kolby ($r = 0,75$), wysokość roślin ($r = 0,65$) i długość kolby ($r = 0,6$). Rośliny o wysokim plonie ziarna charakteryzują się mniejszą zawartością suchej masy w ziarnie ($r = -0,33$).

Tabela 2

Macierz współczynników korelacji cech mieszańców F₁
Matrix of correlation coefficients of traits of F₁ hybrids

Cechy Traits	% roślin porażonych głównią % of smutty plants	% roślin krzewiących się Tillering	Długość kolby Ear length	Grubość kolby Ear diameter	Liczba rzędów ziaren No. of grain rows	Masa ziarna z kolby Grain yield per ear	% udział ziarna w masie kolby Percentage of grain in ear	Zawartość suchej masy Dry matter content	Wysokość roślin Plant height	Wysokość osadzenia 1 kolby Ear height	Plon ziarna Grain yield
	A	K	B	C	D	E	F	G	H	I	
A	1	0,22*	0,19	-0,09	0,19	0,09	0,21	-0,01	0,02	-0,04	-0,07
K		1	-0,04	-0,02	0,04	0,02	0,11	0,11	-0,03	-0,04	-0,05
B			1	0,46*	0,03	0,84*	0,03	-0,11	0,31*	0,03	0,60*
C				1	0,27*	0,71*	0,31*	-0,44*	0,33*	0,03	0,45*
D					1	0,14	0,26*	0,11	-0,21	-0,19	0,06
E						1	0,22*	-0,38*	0,54*	0,25*	0,75*
F							1	0,44*	0,43*	0,33*	0,34*
G								1	-0,65*	-0,59*	-0,34*
H									1	0,81*	0,65*
I										1	0,39*

A — % roślin porażonych głównią; % of smutty plants

K — % roślin krzewiących się; Tillering

B — Długość kolby; Ear length

C — Grubość kolby; Ear diameter

D — Liczba rzędów ziaren; No. of grain rows

E — Masa ziarna z kolby; Grain yield per ear

F — % udział ziarna w masie kolby; Percentage of grain in ear

G — Zawartość suchej masy; Dry matter content

H — Wysokość roślin; Plant height

I — Wysokość osadzenia 1 kolby; Ear height

Wysokość roślin wywiera dodatni wpływ na wysokość zawieszenia 1 kolby, długość i grubość kolby. Podobnie jak w przypadku linii wysokość osadzenia 1 kolby jest dodatnio skorelowana z wysokością roślin.

O dopasowaniu modelu do danych empirycznych (tab. 3) wskazują współczynniki determinacji R^2 (dla mieszańców 84%, dla linii 80%). Do testowania istotności współczynników regresji cząstkowej zastosowano test t-Studenta, co pozwoliło przyjąć następujący model teoretyczny: $y = 0,07 x_6 + 0,05 x_9$ dla mieszańców.

Tabela 3

Współczynniki regresji wielokrotnej
Coefficients of multiple regression

Cechy Traits	Mieszańce Hybrids			Linie Lines		
	B	błąd st. B standard error B	poziom P probability P	B	błąd st. B standard error B	poziom P probability P
Wyraz wolny Free term	-26,7	13,7	0,054	-8,6	12,5	0,5
% roślin porażonych głownią % of smutty plants	-0,06	0,03	0,07	-0,06	0,08	0,4
% roślin krzewiących się Tillering	-0,09	0,09	0,3	—	—	—
Długość kolby Ear length	0,06	0,3	0,8	0,07	0,2	0,7
Grubość kolby Ear diameter	-2,6	1,6	0,058	2,8	2,1	0,2
Liczba rzędów ziaren No. of grain rows	0,1	0,1	0,4	-0,04	0,2	0,8
Masa ziarna z kolby Grain yield from ear	0,07	0,02	0,0005*	0,004	0,03	0,9
% udział ziarna w masie kolby Percentage of grain in ear	0,21	0,11	0,06	-0,03	0,04	0,5
Zawartość suchej masy Dry matter content	0,13	0,09	0,15	0,02	0,1	0,9
Wysokość roślin Plant height	0,05	0,01	0,001*	0,01	0,02	0,6
Wysokość osadzenia 1 kolby Ear height	-0,03	0,03	0,3	0,05	0,05	0,33
R^2 Coefficient of determination	0,84			0,80		

B — Współczynnik regresji; Coefficient of regression

Poziom P — Prawdopodobieństwo; Probability

Plon mieszańców F_1 jest determinowany przez masę ziarna z kolby i wysokość roślin.

U linii nie stwierdzono istotności współczynnika regresji cząstkowej dla żadnej z badanych cech.

WNIOSKI

1. Plon ziarna mieszańców F_1 kształtowany jest przede wszystkim przez masę ziarna z kolby i wysokość roślin.
2. Model teoretyczny regresji wielokrotnej dobrze odzwierciedla dane empiryczne.

LITERATURA

- Dhillon B. S., P. A. Gurrath, E. Zimmer, M. Wermke, W. G. Pollmer, D. Klein. 1990. Analysis of diallel crosses of maize for variation and covariation in agronomic traits at silage and grain harvests. *Maydica* 35: 297 — 302.
- Królikowski Z. 1975. Dziedziczenie cech ilościowych na podstawie diallelicznych krzyżowań. *Hod. Rośl. Aklim.* 19 (3): 187 — 221.
- Landi P., Camussi A., Verderio A., Lorenzoni C. 1986. Combining ability of early inbred lines as evaluated under conditions of double cropping. *Maydica* 31 (4): 369 — 377.
- Mather D. E., Kannenberg L. W. 1989. Correlations between grain yield and percentage of grain moisture at harvest in Ontario hybrid corn trials. *Can. J. Plant Sci.* 69: 223 — 225.
- Shehata A. H. 1974. Association among metric attributes in varietal populations of maize in relation to their future improvement. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, 3 (2): 296 — 297.

TADEUSZ MICHALSKI

Katedra Uprawy Roli i Roślin

Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

Fizyczne i chemiczne cechy ziarna kukurydzy jako wskaźniki wartości przemiałowej i przydatności do produkcji chrupek*

Physical and chemical characters of maize grain as indicators of dry milling quality and usefulness for snack production

Na 38 próbach ziarna kukurydzy o zróżnicowanym składzie odmianowym, określano metodami korelacji oraz regresji wielokrotnej i krzywoliniowej zależności między cechami fizycznymi i chemicznymi ziarna, a wydajnością przemiału i jakością chrupek. Łącznie badaniami objęto 24 cechy. Stwierdzono istotną zależność wydajności przemiałowej od pływalności ziarna, masy hektolitra oraz twardości ziarna — wyrażonej w jednostkach Brabendera i powierzchni wykresu. Spośród nich w największym stopniu (68–78%) wydajność przemiału determinowały masa hektolitra i praca włożona w rozdrobnienie (powierzchnia wykresu Brabendera) oraz zawartość tłuszczu w ziarnie. Wraz ze zwiększaniem się masy hektolitra, liniowo wzrastała wydajność całkowita przemiału oraz wydajność frakcji o najlepszej jakości. Zależność między twardością ziarna a wydajnością przemiału miała charakter krzywoliniowy.

Słowa kluczowe: kukurydza, mielenie na sucho, parametry fizyczne i chemiczne ziarna, chrupki

Relationships between physical and chemical characters of maize grain were determined together with assessment of productivity of dry milling and snacks quality in 38 cultivars, using the methods of correlation and of multiple and curvilinear regression. In total, 24 characters were investigated. A significant dependence of milling productivity on floating of grain, mass of hectolitre and seed hardness (in Brabender units) was found. Productivity of dry milling was determined, to the highest degree (68–78%), by the mass of hectolitre; crushing energy input (area of the Brabeneder diagram) and grain fat content. With increasing mass of hectolitre the total productivity of milling and yield of the best quality fraction rose linearly. Dependence of the productivity of milling on grain hardness was expressed as a curvilinear regression.

Key words: dry milling, maize, physical and chemical parameters of grain, snacks

* Badania wykonano w ramach grantu KBN nr 5 P06B 046 14

WSTĘP

Ziarno kukurydzy jest produktem handlowym o wszechstronnym zastosowaniu, w tym także jako surowiec przemysłowy. Spośród licznych możliwości przerobu ziarna, podstawową technologią przerobu ziarna kukurydzy jest przemiał w młynach (Michalski, 1997). Głównym produktem przemiału jest kaszka o różnej grubości, zwana grysem. Kasze kukurydziane używane są w żywieniu człowieka (m.in. pokarmy dla dietetyków) oraz w browarnictwie jako dodatek do słodu.

Podstawową częścią ziarna kukurydzy jest bielmo, ale zarodek stanowi ok. 12% masy ziarniaka i zawiera ok. 28% białka i 38% tłuszczu. Zarodek jest cennym produktem ubocznym, ale przy niewłaściwej konserwacji ziarna lub nieodpowiednim jego przerobie, białko i tłuszcz zanieczyszczają bielmo i pogarszają jakość grysu (Gautier, 1994 a; Gerstenkorn, 1980; Lorgou i in., 1994). Podstawowe wymagania stawiane ziarnu przeznaczonemu do przemiału (Gautier, 1994 a b; Gerstenkorn, 1980; Gerstenkorn, Lindhauer, 1995; Machemer, 1975) to:

- odpowiednia budowa anatomiczna,
- pełna dojrzałość fizjologiczna,
- mały udział ziaren połamanych i popękanych,
- jednolitość partii i dobry stan zdrowotny ziarna.

Przydatność poszczególnych odmian może różnić się zasadniczo w zależności od typu budowy ziarna, konsystencji bielma oraz zawartości tłuszczu. Potwierdzają to wyniki badań niemieckich i francuskich (Gautier, 1994 b; Machemer, 1996; Schneeweiss, 1996). Ważnym jest, by ziarno było w pełni dojrzałe, o małej wilgotności, co podczas suszenia zmniejsza niebezpieczeństwa popękania. Ostatecznym kryterium oceny młynarskiej przydatności ziarna, jest całkowita wydajność przemiału i wydajność poszczególnych frakcji oraz zawartość w nich tłuszczu. Według Polskiej Normy (PN/A/75/205) zawartość tłuszczu powinna wynosić $< 1\%$ w grysie i $< 1,5\%$ w drobnych frakcjach. W literaturze spotyka się też dane odnośnie mniejszych wartości granicznych — odpowiednio 0,9 i 1,3% zawartości tłuszczu (Gerstenkorn, Lindhauer, 1995; Mestres i in., 1994).

Jednym z warunków pełnego wykorzystania w Polsce ogromnego potencjału produkcyjnego kukurydzy (Michalski, 2002; Michalski, Siódmiak, 2002), jest szersze wykorzystanie krajowego ziarna do przerobu przemysłowego. Podjęte badania miały na celu określenie możliwości wstępnej oceny przydatności ziarna do przerobu przemysłowego, za pomocą łatwo mierzalnych właściwości fizycznych lub chemicznych, takich jak: masa 1000 ziaren, pływalność, masa objętościowa, twardość czy zawartość składników pokarmowych w ziarnie. W tym celu powyższe parametry określono dla ziarna różnych odmian kukurydzy, a następnie dokonano przemiału ziarna, a z uzyskanego grysu wytworzono chrupki. Metodami statystycznymi określano korelacje cech ziarna z wydajnością i jakością produktów przemiału oraz jakością uzyskanych chrupek.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło 38 prób ziarna kukurydzy, uzyskanych z dwóch doświadczeń prowadzonych w ZD Swadzim w latach 1999 i 2000. Reprezentowały one 20 odmian, w tym 14 z doświadczenia odmianowego w roku 2000 (Birko, Blask, Caribe, Darius, Electra, Eurostar, Fatima, Glejt, LG 2182, LG 2184, Kommodore, PR39K09, SMH 10799, SMH 12299) oraz 6 odmian z lat 1999–2000 (Janna, Dragon, Polan, Santiago, LG 2285, LG 2310), z których każda zbierana była w 2 terminach. Oznaczone parametry fizyczne ziarna to: masa 1000 ziaren, masa właściwa, pływalność oraz twardość ziarna.

Ocena parametrów fizycznych i składu chemicznego ziarna

Analizę pływalności ziarna wykonano wg metody Gerstenkorna (1980). Do roztworu NaOH o gęstości $1,25 \text{ g/cm}^3$, wrzucano 100 ziarniaków o wilgotności 12–13% i znanej masie, mieszano przez 30 sekund, po czym określano liczbę ziarniaków pływających. Ziarniaki po wysuszeniu ważono. Określano odsetek ziarniaków pływających (szt./100) oraz % wagowy ziarniaków pływających. Ocenę twardości ziarna wykonano na jednostopniowym twardościomierzu Brabendera, o szerokości szczeliny 9,00, prędkość przesuwu taśmy $3,25 \text{ mm/s}$. Masa próbki wynosiła 50 g, pomiar wykonywano w 2 powtórzeniach. Określano moment skręcający odpowiadający maksymalnej wysokości wykresu — w jednostkach Brabendera (J.B.). Wysokość 100 J.B. odpowiada wyznaczonemu doświadczalnie momentowi skręcającemu $1,29 \text{ N}\cdot\text{m}$. Pracę włożoną w rozdrabnianie próby ziarna odczytywano jako funkcję powierzchni wykresu wyrażonej w cm^2 , co w tym urządzeniu odpowiada przelicznikowi: $1 \text{ cm}^2 = 23,1 \text{ J}$. Pomiar masy właściwej ziarna — tzw. ciężaru hektolitra wraz z oceną wilgotności przed przemiałem wykonano na próbnie o objętości ok. 0,75 litra wilgociomierzem elektronicznym.

Ziarno wszystkich odmian analizowano na zawartość: białka, tłuszczu, włókna i popiołu, stosując standardowe metody analizy weendeńskiej. Białko surowe określano metodą Kjeldahla, tłuszcz surowy metodą Soxhleta, włókno surowe metodą Henneberga i Stohmana oraz popiół surowy metodą spalania.

Badania przemiałowe i produkcja chrupek

Badania przemiałowe prób ziarna z powtórzeń polowych (o masie 4–5 kg), przeprowadzono w laboratorium młynarskim BAGKF w Detmold (RFN) metodą, opracowaną przez Bollinga i Zwingelberga (Gerstenkorn, 1980). Próby ziarna kukurydzy czyszczono i nawilżano do wilgotności 20%, po czym odstawiano na 24 godziny. Odważano próbę 4 kg ziarna. Przemiał wykonywano w kilku etapach. Po dwukrotnym wstępnym rozdrabnianiu (Buchler — walce o średnicy 250 mm, szczelina 1,7 i 0,7 mm) odwirowywano łuskę i grube części zarodka. Po oczyszczeniu i odsianiu na czyszczarce sitowo-pneumatycznej, uzyskiwano grubą kaszkę (grys 1 — 0,67–1,25 mm). Pozostałe po oczyszczeniu cząstki 1,25–3,3 mm rozdrabniano na drugim mlewniku (typu Bizerba, w 3 pasażach), uzyskując po oczyszczeniu grys 2 i 3 (1,0–0,67 i 0,67–0,26 mm) oraz mąkę 1 i 2. Określano oddzielnie wydajność w/w pięciu frakcji użytkowych (G1, G2, G3, M1 i M2), po czym mieszano je, uzyskując kaszkę standardową. Wydajność jej traktowano jako wydajność całkowitą. Przemiał oceniano na podstawie wydajności całkowitej, wydajność grysu 1 oraz wydajności produktu klasy I (suma frakcji G1 + G2 + M1,

o najmniejszej zawartości tłuszczu). Dodatkowo, w oparciu o zawartość tłuszczu w kaszce standardowej, wyliczano teoretyczną wydajność kaszki o zawartości 1,3% tłuszczu oraz 0,9% tłuszczu, posługując się wzorem opracowanym w Detmold.

Kaszkę standardową analizowano na zawartość składników surowych oraz oceniono jej przydatność do produkcji chrupków. Chrupki produkowano w Zakładzie Technologii Zbóż Akademii Rolniczej Poznań, metodą bezpośredniej ekstruzji. Jednośrubowy ekstruder S-45, o średnicy dyszy 3 mm pracował przy temperaturach: I strefy 140°C; II strefy 175°C, a głowicy 140°C. Urządzenie ustawiano do pracy, w oparciu o występujący w obrocie handlowym standardowy gryś La Plata.

Jako wyróżniki jakości chrupków przyjęto: masę usypową 1 litra oraz średnicę chrupków.

Łącznie badaniem zmienności oraz korelacji objęto 24 cechy, z czego 16 o wyraźniej zaznaczających się współzależnościach przedstawiono w tabelach 1 i 2. Metodą analizy regresji z wyborem najlepszych zmiennych niezależnych (Malec, Caliński, 1974), eliminowano kolejno zmienne o najmniejszym wpływie na kształtowanie się wydajności produktów przemiału i ich jakość. Dla zmiennych o największym stopniu korelacji wykreślono krzywe regresji. Obliczenia wykonywano za pomocą pakietu statystycznego STATPAKU, opracowanego w Akademii Rolniczej w Poznaniu.

WYNIKI

Analiza zmienności (tab. 1) wykazała, że spośród cech fizyko-chemicznych ziarna największą rozbieżnością wyników charakteryzowała się pływalność od 8 do 96%, przy zdecydowanie najwyższym współczynniku zmienności ok. 45%. Zakres twardości ziarna mieścił się w granicach 302–740 JB przy współczynniku zmienności 19%. Większą zmiennością charakteryzowała się też zawartość tłuszczu w ziarnie (14%). Dla pozostałych cech fizykochemicznych współczynniki zmienności nie przekraczały 10%.

Śród cech określających wydajność przemiału i jakość produktu największą zmiennością charakteryzowały się wydajność grysu 1 oraz zawartość tłuszczu w produkcie, a więc cechy decydujące o jakości. Maksymalna wydajność przemiału sięgała 70%, ale zawartości tłuszczu były wysokie — w przedziale 1,2–2%. Wydajności dla produktu klasy I mieściły się w granicach 37–60%, a produktu przeliczonego na 0,9% tłuszczu — w przedziale 32 do 52%.

Wszystkie przebadane próbki kaszek wykazywały dobrą przydatność do wykorzystania w procesie ekstruzji. Chrupki o największej ekspansji charakteryzowały się gęstością usypową 44 g·dcm⁻¹ i średnicą około 14 mm. Masa usypowa chrupków wahała się od 43,8 do 56,9 g·dcm⁻¹, przy współczynniku zmienności tylko 5,1%. Chrupki były stosunkowo drobne, ale odznaczały się delikatną porowatością, z cienkimi ścianami przestrzeni powietrznych.

Przeprowadzona analiza korelacji badanych cech ziarna a wydajnością i jakością produktów przemiału oraz jakością chrupków wykazała, że istnieje między nimi szereg istotnych zależności (tab. 2).

Tabela 1

Charakterystyki zmiennych Characteristics of variables				
Cechy Traits	Zakres Range		Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Variation coefficient
	minimum	maximum		
Masa 1000 ziaren 1000 kernel weight (g)	251,8	374,3	30,4	10,0
Pływalność (% wagowy) Floating (weight per cent)	8,3	95,7	21,9	43,8
% ziaren pływających % of floating kernels	8,7	96,3	22,8	45,6
Twardość Hardness (JB)	302,0	740,0	98,5	19,4
Powierzchnia wykresu Brabendera Brabender diagram area (cm ²)	56,6	85,6	6,2	9,1
Ciężar objętościowy Hectolitre weight (kg·hl ⁻¹)	71,0	79,8	2,4	3,1
Białko w ziarnie (% s.m.) Grain protein (% of d.m.)	8,8	12,4	0,8	7,6
Tłuszcz w ziarnie (% s.m.) Grain fat (% of d.m.)	3,4	6,51	0,7	14,4
Wydajność całkowita Total efficiency (%)	49,0	68,6	4,8	7,9
Wydajność — klasa I Efficiency — class I (%)	37,0	59,7	5,8	11,3
Grys 1 Semolina I (%)	25,7	45,6	5,1	14,1
% tłuszczu w produkcie Product fat in%	1,18	1,98	0,21	13,9
Indeks tłuszczowy Fat index	1980	2968	278	11,1
Wydajność (przy 1,3% tłuszczu) Efficiency (by 1,3% of fat) (%)	44,3	63,6	5,4	10,2
Wydajność (przy 0,9% tłuszczu) Efficiency (by 1,3% of fat) (%)	32,1	51,6	5,5	13,3
Chrupki — masa objętościowa Snacks — bulk density (g·dcm ⁻³)	43,8	56,9	2,6	5,1
Chrupki — średnica Snacks — diameter (mm)	11,2	14,0	0,5	4,2

Spośród cech ziarna w stosunkowo najmniejszym stopniu na wydajność przemiału i jakość kaszek wpływały: masa 1000 ziaren i zawartość białka w ziarnie.

Najsilniejsze korelacje wystąpiły pomiędzy wydajnością przemiału a pływalnością, twardością oraz masą hektolitra, przy współczynnikach korelacji kształtujących się na poziomie: $r = 0,55$ do $0,88$. Jak wynika z tabeli 2, najsilniejsze statystycznie zależności wystąpiły pomiędzy masą hektolitra a wydajnością całkowitą przemiału ($r = 0,85$), wydajnością produktu klasy I ($r = 0,88$) i wydajnością grysu 1 ($r = 0,82$). Prawie równie silną zależność stwierdzono w przypadku, gdy zmienną niezależną była pływalność ziarna w roztworze NaOH o stężeniu $1,25 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Nie stwierdzono natomiast współzależności pomiędzy tym wskaźnikami a wydajnością przeliczeniową (przy 0,9 i 1,3% tłuszczu). Spośród dwóch parametrów oceny twardości ziarna, wydajność była w większym stopniu

skorelowana z wielkością pracy włożonej w rozdrobnienie (powierzchnia wykresu) niż momentem skręcającym (JB).

Tabela 2

Współczynniki korelacji badanych cech
Correlation coefficients between the tested characters

Cechy Traits	Wydajność całkowita Total efficiency (%)	Wydajność klasa I Efficiency class I (%)	Grys 1 Semolina I (%)	% tłuszczu w produkcie Product fat in%	Wydajność (przy 1,3% tłuszczu) Efficiency (by 1,3% of fat)	Wydajność (przy 0,9% tłuszczu) Efficiency (by 0,9% of fat)	Chrupki - masa objętościowa Snacks - bulk density (g·dcm ⁻³)
Masa 1000 ziaren 1000 kernel weight (g)	0,300	0,391*	0,308	-0,004	0,168	0,169	-0,056
Pływalność (% wagowy) Floating (weight per cent)	-0,769**	-0,842**	-0,751**	-0,405*	-0,003	-0,012	0,432*
% ziaren pływających % of floating kernels	-0,792**	-0,857**	-0,779**	-0,438**	-0,026	-0,017	0,433**
Twardość Hardness (JB)	0,581**	0,637**	0,554 **	0,103	0,241	0,255	-0,326**
Powierzchnia wykresu Brabendera Brabender diagram area (cm ²)	0,817**	0,853**	0,765**	0,379*	0,082	0,094	-0,265
Ciężar objętościowy Hectolitre weight (kg·hl ⁻¹)	0,847**	0,882**	0,821**	0,536**	-0,072	-0,062	-0,389*
% białka w ziarnie Grain protein in%	0,182	0,326*	0,154	0,045	0,045	0,052	-0,207
% tłuszczu w ziarnie Grain fat in%	0,544**	0,538**	0,529**	0,620**	-0,351*	-0,345*	0,076

Wydajność przemiału była skorelowana ze składem chemicznym ziarna, ale na stosunkowo niskim poziomie. Istotne zależności wystąpiły pomiędzy wydajnością przemiału a zawartością tłuszczu ($r = 0,53-0,54$), a także zawartością białka a wydajnością produktu klasy I, ale przy niskim poziomie $r = 0,33$. Zawartość tłuszczu w kaszce najsilniej skorelowana była z % tłuszczu w ziarnie ($r = 0,62$) i masą hektolitra, natomiast ujemną jej korelację stwierdzono w stosunku do pływalności ziarna. Jakość chrupek była skorelowana dodatnio z pływalnością ($r = 0,43$), zaś ujemnie z twardością i masą hektolitra.

Przeprowadzona analiza regresji z wyborem najlepszych zmiennych niezależnych potwierdziła wyniki analizy korelacji, wykazując że o wydajności przemiału w największym stopniu decydowały masa hektolitra i na drugim miejscu twardość ziarna określana powierzchnią wykresu (tab. 3). Słabo natomiast w tej analizie wypadła pływalność, co prawdopodobnie wynika z dużej zmienności tej cechy. W przypadku parametrów określających jakość produktu, najsilniej zależały one od zawartości tłuszczu w ziarnie, ale w przypadku jakości chrupek, duży wpływ miała też jedna z ocen pływalności — określona odsetkiem ziarniaków pływających.

Tabela 3

Regresje cech jakościowych z najlepiej determinującą je zmienną niezależną
Regressions of quality characters with the best determining of independent variable

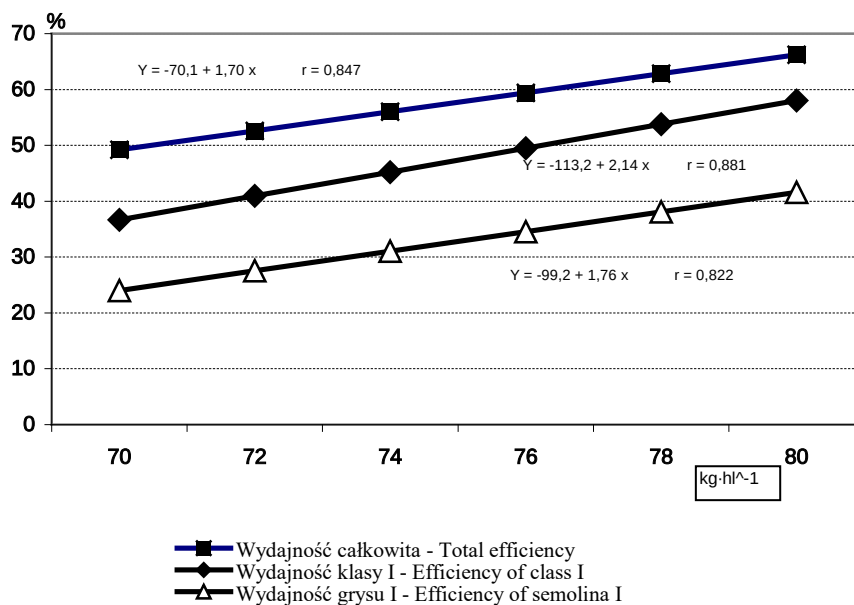
Zmienna Y Variable Y	Regresja wielokrotna Multiple regression	Istotność Significance	Korelacja Correlation
Wydajność całkowita Total efficiency (%)	$Y = -42,90 + 0,30 \cdot x_1 + 1,08 \cdot x_2$	0,00	$r = 0,882$
Wydajność klasy I Efficiency class I (%)	$Y = -70,103 + 1,70 \cdot x_2$	0,00	$r = 0,847$
Wydajność klasy I Efficiency class I (%)	$Y = -78,43 + 0,39 \cdot x_1 + 1,34 \cdot x_2$	0,00	$r = 0,919$
Wydajność klasy I Efficiency class I (%)	$Y = -113,15 + 2,14 \cdot x_2$	0,00	$r = 0,882$
Grys 1 Semolina I (%)	$Y = -76,35 + 0,25 \cdot x_1 + 1,23 \cdot x_2$	0,00	$r = 0,844$
Grys 1 Semolina I (%)	$Y = -99,19 + 1,76 \cdot x_2$	0,00	$r = 0,822$
% tłuszczu w produkcie Product fat in %	$Y = -1,24 + 0,027 \cdot x_2 + 0,15 \cdot x_3$	0,00	$r = 0,674$
% tłuszczu w produkcie Product fat in %	$Y = -0,60 + 0,19 \cdot x_3$	0,00	$r = 0,620$
Wydajność (przy 1,3% tłuszczu) Efficiency (by 1,3% of fat) (%)	$Y = 53,09 + 0,28 \cdot x_1 - 4,06 \cdot x_3$	0,017	$r = 0,453$
Wydajność (przy 1,3% tłuszczu) Efficiency (by 1,3% of fat) (%)	$Y = 66,71 - 2,80 \cdot x_3$	0,032	$r = 0,351$
Wydajność (przy 0,9% tłuszczu) Efficiency (by 0,9% of fat) (%)	$Y = 40,16 + 0,30 \cdot x_1 - 4,09 \cdot x_3$	0,017	$r = 0,455$
Wydajność (przy 0,9% tłuszczu) Efficiency (by 0,9% of fat) (%)	$Y = 54,38 - 2,77 \cdot x_3$	0,034	$r = 0,345$
Chrupki — masa objętościowa Snacks — bulk density (g·dcm ⁻³)	$Y = 40,95 + 0,07 \cdot x_4 + 1,39 \cdot x_3$	0,02	$r = 0,543$
Chrupki — masa objętościowa Snacks — bulk density (g·dcm ⁻³)	$Y = 48,55 + 0,059 \cdot x_4$	0,006	$r = 0,437$
Chrupki — średnica Snacks — diameter (mm)	$Y = 14,19 - 0,012 \cdot x_4 - 0,28 \cdot x_3$	0,012	$r = 0,471$
Chrupki — średnica Snacks — diameter (mm)	$Y = 12,67 - 0,0077 \cdot x_4$	0,037	$r = 0,349$

x_1 — Powierzchnia wykresu Brabendera; Brabender diagram area (cm²)

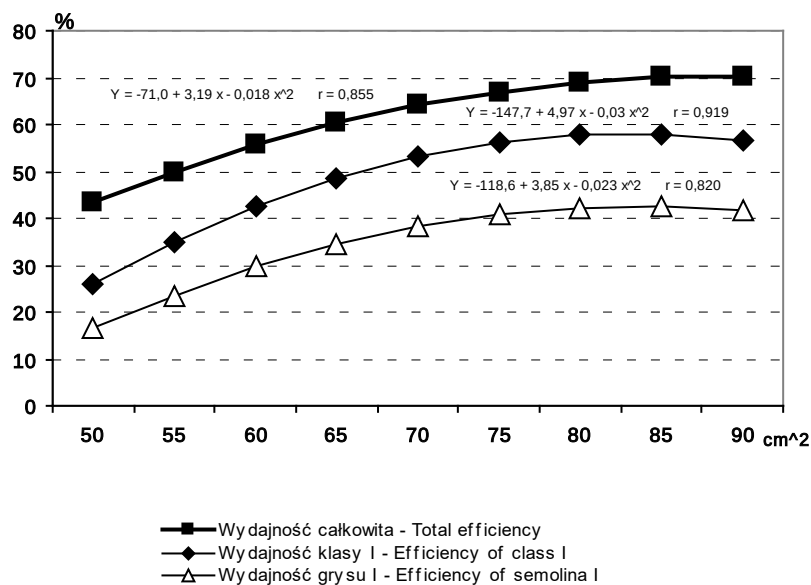
x_2 — Ciężar objętościowy; Hectolitre weight (kg·hl⁻¹)

x_3 — % tłuszczu w ziarnie; Grain fat (%)

x_4 — % ziaren pływających; % of floating kernels

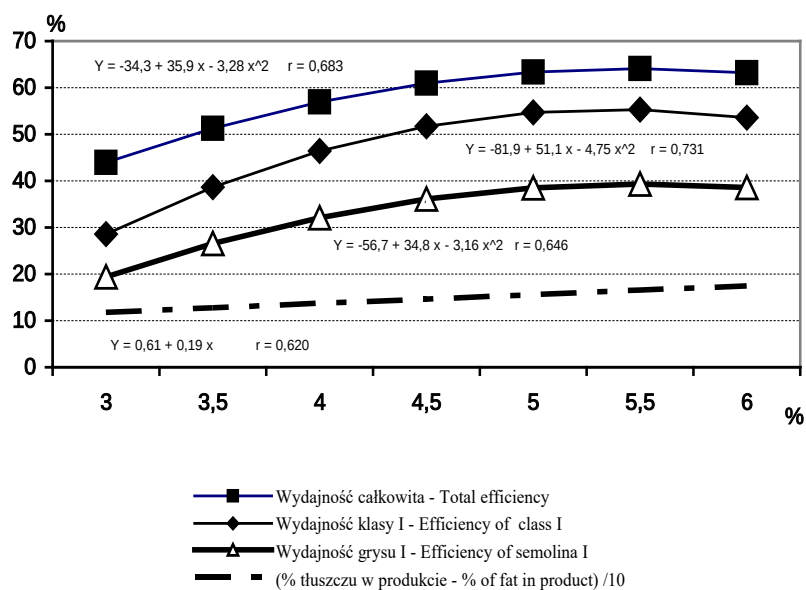


Rys. 1. Wydajność przemalowa w zależności od masy hektolitra
Fig. 1. Milling efficiency depending on hectolitre mass



Rys. 2. Wydajność przemalowa w zależności od powierzchni wykresu Brabendera (pracy włożonej w rozdrobnienie)

Fig. 2. Milling efficiency depending on area of Brabender's diagram (crushing energy input)



Rys. 3. Wydajność przemalowa i zawartość tłuszczu w produkcie w zależności % tłuszczu surowego w ziarnie

Fig. 3. Milling efficiency and fat content in the product depending on per cent of grain fat

Przeprowadzone analizy regresji krzywoliniowej określiły przebieg wykazanych wyżej zależności. Masa właściwa ziarna ($\text{kg} \cdot \text{hl}^{-1}$) decydowała w sposób prostoliniowy o wydajności przemiału, przy wysokim poziomie współczynnika determinacji 62–78% (rys. 1). Zależność pomiędzy oceną twardości ziarna wyrażoną powierzchnią wykresu Brabendera (praca włożona w rozdrobnienie) a wydajnością kształtowała się w sposób krzywoliniowy, przy współczynniku determinacji 67–84% (rys. 2). Wydajność rosła wraz a twardością ziarna, załamując się przy największych wartościach tej cechy (powyżej 80–90 cm^2 powierzchni wykresu). Wykazano też, że wraz z rosnącą zawartością tłuszczu surowego w ziarnie do 5–5,5%, rosła wydajność przemiału, ale jednocześnie zwiększała się prostoliniowo zawartość tłuszczu w produkcie (rys. 3).

DYSKUSJA WYNIKÓW

Poddane analizom próby ziarna były bardzo zróżnicowane, zarówno pod względem czynników natury agrotechnicznej (odmiany i terminy zbioru) i pogodowej, jak też i zakresu wielkości poszczególnych parametrów. Z tego tytułu można oczekiwać, że stwierdzone i istotne statystycznie zależności będą powtarzalne niezależnie od warunków produkcji ziarna, i przez to przydatne do wstępnej oceny wartości do celów przetwórczych wyprodukowanego w Polsce ziarna. Jak wynika bowiem z literatury, głównym czynnikiem modyfikującym wydajność przemiałową jest odmiana (Gautier, 1994; Gesternkorn, 1980; Gesternkorn, Lindhauer, 1995; Giardini, Manino, 1994; Machemer, 1976; Michalski, 2002). Źródła te wskazują również, że silnie modyfikującym jest też wpływ klimatu i pogody, który w niektórych latach może mieć równie duże znaczenie jak genotyp. Spośród czynników agrotechnicznych duży wpływ na przydatność do przemiału mogą mieć nawożenie azotowe oraz warunki i termin zbioru kukurydzy (Lorgou i in., 1994; Manini i in., 1994; Mechemer, 1976).

Przeprowadzone analizy korelacji i regresji wykazały, że spośród parametrów fizykochemicznych ziarna na wydajność przemiału najsilniej wpływają: masa objętościowa ziarna i jego twardość, mierzona wielkością pracy włożonej w rozdrobnienie. Bardzo zbieżne wyniki w warunkach francuskich uzyskali Mestres i wsp. (1994), stwierdzając również, że dobre wyniki daje też ocena ciężaru właściwego ziarna, z którą blisko związana jest oceniana w niniejszej pracy pływalność. Z pracy Manini i wsp. (1994) wynika natomiast, że największy wpływ na kształtowanie się wydajności przemiału miała zawartość białka ($r = 0,89\text{--}0,95$). Słabo zaznaczył się wpływ masy hektolitra, a pływalność — wysoko korelując z masą objętościową, niezbyt dobrze oddawała przydatność przemiałową ($r = 0,4\text{--}0,5$).

Stwierdzone w badaniach własnych zależności są stosunkowo silne i wskazują, że wydajność przemiału na młynie kukurydzianym można dość dobrze określić na podstawie szybko mierzalnych parametrów, takich jak twardość, masa hektolitra lub zawartością tłuszczu w ziarnie. W badaniach Schallera i Bergthallera (1987) stwierdzono silną zależność między barwą ziarna a wydajnością przemiałową, co dało podstawy do oceny wydajności metodami NIRS, co dziś powszechnie stosuje się we Francji (Mestres i in., 1994).

Największe wydajności przemiału mieściły się w granicach 65–67%. Wyniki tego rzędu można uznać za dobre (Gertenkorn, 1980; Gerstenkorn, Lindhauer, 1995; Manini i in., 1994), ale przy niskiej zawartości tłuszczu w produkcie przemiału. W badanym materiale zawartość tłuszczu kształtowała się w granicach 1,2–2,0%, a więc stosunkowo wysoko i powyżej norm. Wydajność najlepszego produktu — grysu 1 wynosiła od 26 do, zaś przeliczeniowej kaszki o zawartości 0,9% tłuszczu wynosiła: od ok. 46%–50% w najlepszych próbach do niewiele ponad 30% w najgorszych. To zestawienie wskazuje jak ważna jest wstępna ocena wartości przemiałowej ziarna i jak duże może mieć to znaczenie gospodarcze.

Przeliczeniowe wydajności kaszki (przy 0,9 i 1,3% tłuszczu) były w mniejszym stopniu skorelowane z właściwościami fizycznymi ziarna. Większy wpływ na nie wywierała jedynie zawartość tłuszczu w ziarnie (współczynnik determinacji 20–35%). Procent tłuszczu w kaszce standardowej był istotnie skorelowany z ciężarem objętościowym i pływalnością, ale najsilniej zależał od zawartości tłuszczu w ziarnie ($r = 0,62$).

Standardowa kaszka (zmieszane razem 5 frakcji przemiału: grysy G1 + G2 + G3 oraz mąka M1 + M2) okazała się w pełni przydatna do przetwarzania metodą ekspandowania. Wielkość i masa usypowa chrupek była skorelowana dodatnio z pływalnością ziarna, zaś ujemnie z twardością i ciężarem objętościowym ziaren·ha. Z najlepszych próbek uzyskano chrupki o średnicy 14 mm i gęstości usypowej zaledwie 43,8 g/dcm³, a różnice w stosunku do gorzej ekspandujących próbek kaszki sięgały 25–30%. Są to znaczące różnice, choć stwierdzić należy też, że chrupki były mniej zróżnicowane niż oczekiwano, biorąc pod uwagę znaczne różnice w budowie i parametrach ziarna oraz jego składzie chemicznym. Ze wszystkich jednak prób uzyskano chrupki o zadowalającej jakości. Badania wykonywano na jednym ustawieniu ekstrudera, skalibrowanego na standardowym surowcu do produkcji chrupek — grysie z argentyńskiej kukurydzy „La Plata”. Sądzić należy, że odpowiednie ustawienie ekstrudera do każdej z badanych kaszek, pozwoliłoby uzyskać chrupki lepszej jakości. Upoważnia to do stwierdzenia, że ziarno kukurydzy wyprodukowane w Polsce, może być w pełni przydatne do wykorzystania w procesie produkcji chrupek. Jak wykazały jednak poprzednie badania (Michalski, 2001), istotną rolę odgrywa jakość przemiału. Zastosowanie młyna zbożowego o niewłaściwej do przemiału kukurydzy konstrukcji powoduje, że znacznie trudniej uzyskać chrupki i udaje się to tylko z najlepszych odmian.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotną zależność wydajności przemiałowej od pływalności ziarna, masy hektolitra oraz twardości ziarna wyrażonej w jednostkach Brabendera i powierzchni wykresu. Spośród nich w największym stopniu (68–78%) wydajność przemiału determinowały masa hektolitra i powierzchnia wykresu Brabendera.
2. Wraz ze zwiększaniem się masy hektolitra, liniowo wzrastała wydajność całkowita przemiału i wydajność najlepszych frakcji oraz zmniejszała się masa objętościowa chrupek.

3. Wydajność przemiału była związana z twardością ziarna (powierzchnia wykresu Brabendera) w sposób krzywoliniowy. Ziarno trudniej rozdrabniające się charakteryzowało się większą wydajnością przemiału, ale wydajność załamywała się przy większych twardości ziarna.
4. Jakość chrupek, wyrażona ich średnicą i masą objętościową, pogarszała się wraz z rosnącą pływalnością ziarna i zwiększoną zawartością tłuszczu w ziarnie.
5. Ziarno odmian kukurydzy uprawianych w Polsce może być w pełni przydatne do produkcji chrupek.

LITERATURA

- Gautier X. 1994. Le mais et ses industries. AGPM Montradon.
- Gautier X. 1994. Incidence des varietes et du lieu de production sur les proprietes en semoulerie. Mat. z Symposium: Qualite et debouches du mais, 20–21.07.1994 Bordeaux: poz. 3.2: 14 ss.
- Gautier X., Hoffmann D., Lorgeou J. 1994. Variabilite des proprietes des grains de varietes de mais francaises. Mat. z sympozjum: Qualite et debouches du mais, 20–21.07. 1994 Bordeaux, Postery: 2 ss.
- Gerstenkorn P. 1980. Einfluss von Sorte, Jahreswitterung und Trocknung auf die Technologische Qualität des Körnermais unter besonderer Berücksichtigung der Trockenvermahlung. Dissertation Technische Universität Berlin, D 83.
- Gerstenkorn P., Lindhauer M. G. 1995. Deutscher Körnermais in der industriellen Verarbeitung. Mais, 23 Jg., 1: 20 — 23.
- Lorgeou J., Gautier X., Bloc D., David S., Hoffman D. 1994. Recolte a maturite: l'un des premiers criteres de qualite du mais. Mat. z Sympozjum: Qualite et debouches du mais, 20–21.07. 1994 Bordeaux: poz. 4.1: 22 ss.
- Machemer C. 1976. Untersuchungen über die Qualitätseigenschaften des Maiskornes und der Maismahlprodukte in Abhängigkeit von genetischen und ökologischen Faktoren. Praca doktorska Justus Liebig-Universität Gießen.
- Malec E., Calński T. 1974. Analiza regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych. Roczniki AR Poznań. R. 64.
- Manino M., Girardin F., Ledent J-F. 1994. Effet de la nutrition azotee sur les proprietes technologiques des grains. Mat. z Sympozjum: Qualite et debouches du mais, 20–21.07. 1994 Bordeaux: poz. 3.5: 12 ss.
- Mestres C., Matencio F., Louis-Alexandre A. 1994. Evaluation de la texture des grains de mais et etude de ses bases physico-chimiques. Mat. z Sympozjum: Qualite et debouches du mais, 20–21.07. 1994 Bordeaux: poz. 6.3: 7 ss.
- Michalski T. 1997. Kukurydza jako surowiec dla przemysłu. W: Problemy badawcze i produkcyjne uprawy i wykorzystania kukurydzy w Polsce. Zesz. Problem. Post. Nauk Rol. z. 450: 201 — 217.
- Michalski T. 2001. Plonowanie oraz przydatność ziarna pięciu odmian kukurydzy do produkcji chrupek. Mat. z międzyn. konf. „Agrarna oswita i nauka na poczatku tretioho tysjaczolittja. Ministerstwo Agrarnoj Politiki Ukraini — Lvivskij Dierżawnyj Agrarnyj Universitet 18–21.09. 2001 Lviv. T. 1: 167 — 174.
- Michalski T. 2002: Kukurydza źródłem surowca dla różnych gałęzi przemysłu. Wieś Jutra 6 (47): 53 — 55.
- Michalski T., Siódmiak J. 2002: Potencjał produkcyjny odmian kukurydzy oraz kryteria doboru odmian do różnych kierunków użytkowania. Wieś Jutra 6 (47): 34 — 35.
- Schaller A., Berghaller W. 1987. Ergebnisse instrumenteller Messungen der Samenfarbe von österreichischen Körnermais-Sorten in Abhängigkeit von Standorten und Erntejahr. Lebensmittel- und Biotechnologie 5: 249 — 253.
- Schneeweiss V. 1996. Welche Qualität erwartet der Verarbeiter? Mais, Jg.24, 4: 136 — 137.

ALEKSANDER SZMIGIEL

ANDRZEJ OLEKSY

Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ gęstości siewu na plon ziarna odmian kukurydzy o różnej klasie wczesności

The influence of sowing density on grain yield of maize in different classes of earliness

Doświadczenia polowe nad wpływem gęstości siewu na plon ziarna kukurydzy wykonano na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego. Do badań wykorzystano 3 odmiany kukurydzy; odmianę wczesną Esslia (FAO-190), średnio wczesną KLG 2210 (FAO-230) i średnio późną Mona (FAO-270). Kukurydzę wysiewano w trzech gęstościach: 90, 110 i 130 tys. szt. ziaren na ha. Nawożenie mineralne w ilości 70 kg P_2O_5 , 90 kg K_2O i 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ stosowano przed siewem, pogłównie stosowano 40 kg $N \cdot ha^{-1}$. Kukurydzę wysiewano ręcznie w międzyrzędzia o szerokości 70 cm. Chwasty zwalczano herbicydem Azoprim powstosodowo. Zbiór wykonano corocznie w ostatnich dniach września. Obsada roślin w czasie zbioru wynosiła średnio dla gęstości siewu 90 tys. — 82,2 tys. szt. ha^{-1} , dla gęstości 110 tys. — 100,0 tys. szt. ha^{-1} i dla gęstości 130 tys. — 113,8 tys. szt. ha^{-1} . Zawartość wody w ziarnie w czasie zbioru w pierwszych 2 latach wynosiła średnio około 35%, w roku 1999 była znacznie niższa i wynosiła dla odmiany wczesnej 22,1% a dla średnio późnej 29,9%. W warunkach prowadzonych badań zwiększenie gęstości siewu powodowało wzrost plonu ziarna w granicach od 7,79 do 10,27 t z ha w zależności od odmiany, w mniejszym stopniu na plon ziarna kukurydzy wpływał przebieg pogody w poszczególnych latach. Zawartość białka w ziarnie wahała się od 9,42% do 11,48% w zależności od badanych czynników.

Słowa kluczowe: gęstość siewu, kukurydza, odmiany, plon ziarna.

The field experiments on the influence of sowing density on grain yield of maize were carried out on a very good wheat type complex soil. Three maize cultivars were used for the investigation: early Esslia (FAO-190), medium-early KLG 2210 (FAO-230) and medium-late Mona (FAO-270). The maize was sown in three densities: 90, 110 and 135 thousand grains per ha. Mineral treatment dosed: 70 kg P_2O_5 , 90kg K_2O and 80 kg $N \cdot ha^{-1}$ was applied prior to sowing and 40kg $N \cdot ha^{-1}$ as topdressing. The maize was hand sown with the interrows 70 cm wide. Weeds were controlled using the Azoprim herbicide after emergence. The plants were harvested in the last days of September every year. Plant density during harvest, for the average sowing density 90 thous; was 82.2 thous. pcs. ha^{-1} , for sowing density 110 thous. was 100.0 thous. pcs. ha^{-1} and for 135 thous; density 113.8 thous. pcs. ha^{-1} . The grain water content at harvest was on an average about 35%. It was much lower in 1999, in the early variety amounted 22.1% and in medium-late 29.9%. Under the experimental conditions, increasing sowing density caused higher grain yields ranging between 7.79 and 10.27 t per ha, depending on cultivar. Weather course in the respective years affected the maize grain yield to a lesser degree. Protein content in grain ranged between 9.42% and 11.48% depending on the studied factors.

Key words: cultivars, grain yield, maize, sowing density

WSTĘP

Spośród wielu czynników decydujących o plonie ziarna kukurydzy jednym z ważniejszych jest gęstość siewu i związana z nią obsada roślin. Od zagęszczenia roślin zależne jest ich zaopatrzenie w składniki pokarmowe, wodę a także ilość światła przypadająca na 1 roślinę, a tym samym natężenie fotosyntezy i w rezultacie — plon ziarna (Nösberger, 1971; Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981). Wybór optymalnej obsady roślin wymaga uwzględnienia szeregu czynników, takich jak warunki glebowe, klimatyczne, zwłaszcza ilość opadów, wczesność odmiany i inne czynniki (Vez, 1974; Voldeng i Bloukman, 1975; Kukuła i in., 1978; Majkowski i in., 1980; Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981; Dubas i Michalski, 1983; Kruczek, 1983; Dubas, 1988; Sulewska, 1990; Machul i Małysiak, 1993). Ponadto wraz ze zwiększeniem gęstości siewu obniżeniu ulega rzeczywista obsada roślin na jednostce powierzchni (Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981; Machul i Małysiak, 1993).

Na glebach bardzo dobrych, żyznych, w dobrych warunkach wilgotnościowych należy siać gęściej, na glebach słabszych w rejonach o mniejszych opadach zaleca się siewy rzadsze (Vez, 1974; Machul i in., 1983).

Wielu autorów podaje, że odmiany wcześniejsze lepiej plonują uprawiane w wyższej obsadzie a odmiany o dłuższym okresie wegetacji w mniejszym zagęszczeniu.

Obecnie zalecana obsada roślin kukurydzy uprawianej na ziarno waha się od 70 do 120 tys. szt.·ha⁻¹ w zależności od klasy wczesności i warunków uprawy (Dubas, 1988).

METODY I WARUNKI BADAŃ

Doświadczenie polowe prowadzono na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego w latach 1997–1999 w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin AR w Prusach koło Krakowa. Badanymi czynnikami były 3 odmiany kukurydzy uprawiane na ziarno: odmiana wczesna — Esslia, średnio wczesna — KLG 2210 i średnio późna — Mona. Czynnikiem II rzędu były 3 gęstości siewu: 90, 110 i 130 tys. szt. ziaren·ha⁻¹. Doświadczenie prowadzono metodą podbloków w 4 powtórzeniach. Wielkość poletek do zbioru wynosiła 14 m². Kukurydzę uprawiano po przedplonie zbożowym. Nawożenie mineralne w ilości 70 kg P₂O₅, 90 kg K₂O i 80 kg N·ha⁻¹ zastosowano przedsięwzięcie. Ponadto pogłównie zastosowano 40 kg N·ha⁻¹. Kukurydzę wysiewano w poszczególnych latach 28.04, 29.04 i 30.04, punktowo ręcznie w rzędy o szerokości 70 cm w odległościach dających zaplanowaną ilość wysiewu. Chwasty zwalczano herbicydem Azoprim powschodowo. Zbiór kolb wykonywano ręcznie w fazie dojrzałości pełnej ziarna w 3 dekadzie września. Po usunięciu liści okrywowych i dosuszeniu kolb wykonano omłot. Zawartość białka w ziarnie określono metodą Kjeldahla.

Przebieg pogody w okresie prowadzenia badań był zróżnicowany. Rok 1997 obfitował w opady, suma opadów za okres wegetacji kukurydzy była znacznie większa od średniej dla wielolecia. W roku tym po siewie kukurydzy w odstępach kilkudniowych wystąpiły opady, a średnia temperatura powietrza była wyższa od przeciętnej dla tego miesiąca, co

sprzyjało wschodom kukurydzy. Czerwiec i lipiec tego roku charakteryzowały się częstymi i ulewnymi opadami. W początkowym okresie wegetacji kukurydzy 1999 roku obserwowano niedobory opadu. W maju tegoż roku suma opadów była niższa o prawie 63% od średniej wieloletniej dla tego miesiąca. Lipiec i wrzesień 1999 roku były bardzo ciepłe, średnia temperatura powietrza była wyższa od przeciętnych odpowiednio o 2,5°C i 2,8°C.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Obsada roślin kukurydzy w czasie zbioru wynosiła od 70,2 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ do 125,5 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ w zależności od czynników doświadczenia i lat badań (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ gęstości siewu na obsadę roślin w czasie zboru
Effect of sowing rate on plant density at harvest

Odmiana Cultivar	Gęstość siewu (tys. szt. $\cdot$ ha ⁻¹) Density of sowing (thous. pcs. $\cdot$ ha ⁻¹)	Obsada roślin (tys. szt. $\cdot$ ha ⁻¹) Plant density (thous. pcs. $\cdot$ ha ⁻¹)			
		1997	1998	1999	średnio mean
Esslia	90	87,1	88,3	76,1	83,8
	110	104,5	106,3	94,8	101,9
	130	124,1	119,8	107,8	117,2
	średnio — mean	105,2	104,8	92,9	101,0
KLG 2210	90	85,9	74,0	70,2	76,7
	110	105,7	91,2	85,2	94,0
	130	120,5	99,3	91,8	103,9
	średnio — mean	104,0	88,2	82,4	91,5
Mona	90	88,0	88,1	82,1	86,1
	110	107,1	106,2	98,8	104,0
	130	125,5	124,0	111,3	120,3
	średnio — mean	106,9	106,1	97,4	103,5
Średnio Mean	90	87,0	83,5	76,1	82,2
	110	105,8	101,2	92,9	100,0
	130	123,4	114,4	103,6	113,8
Średnio dla lat Mean for years		105,4	99,7	90,9	—
NIR _{$\alpha = 0,05$} dla:					
LSD _{$\alpha = 0,05$} for:					
odmian cultivars	5,26				
gęstości density	4,83				
lat years	5,07				

Największy wpływ na obsadę roślin w czasie zbioru wywierała gęstość siewu. W warunkach prowadzonych badań średnia obsada roślin w czasie zbioru za okres 3 lat była bardzo bliska do obsady teoretycznej. Założono bowiem, że obsada roślin w czasie zbioru będzie niższa o około 10% w stosunku do ilości wysiewu. Jedynie stosując największą gęstość siewu 130 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ obsada roślin w czasie zbioru była niższa o 12,5% w stosunku do

ilości wysianych nasion. Obniżenie rzeczywistej obsady roślin wyrażonej w procentach obsady zaplanowanej wraz ze zwiększeniem gęstości siewu obserwowali Kukuła i wsp. (1978), Dubas i Michalski (1983), oraz Szmigiel (1998 i 1999). Najwyższa obsada roślin w czasie zbioru miała miejsce w roku 1997, w roku tym obsada była niższa o 3,3–5,1% w stosunku do ilości wysiewu. W roku tym siewu dokonano w glebę wilgotną a po siewie w odstępach kilkudniowych wystąpiły opady. W roku 1999 polowe wschody były najgorsze, co wiązało się z niedoborem wody w okresie siewu, jak i w całym późniejszym okresie wegetacji kukurydzy. Co spowodowało, że również ubytki roślin od wschodów do zbioru były w tym roku większe. W roku 1999 różnica między ilością wysianych nasion a obsadą roślin w czasie zbioru wynosiła od 13,9 do 26,4 tys. szt. $\cdot$ ha⁻¹ to jest 15,4–20,3%. Jak podają Dubas (1988), Sulewska (1990) oraz inni autorzy dla uzyskania zamierzonej obsady roślin w czasie zbioru liczba wysianych nasion powinna być wyższa o 5–15%.

Plon ziarna kukurydzy wynosił od 7,15 do 10,65 t $\cdot$ ha⁻¹ w zależności od czynników badań i lat (tab. 2).

Tabela 2

Plon ziarna odmian kukurydzy w zależności od gęstości siewu (t $\cdot$ ha⁻¹)
Grain yield of maize cultivars depending on sowing rate (t $\cdot$ ha⁻¹)

Odmiana Cultivar	Gęstość siewu (tys. szt. $\cdot$ ha ⁻¹) Density of sowing (thous. pcs. $\cdot$ ha ⁻¹)	1997	1998	1999	Średnio Mean
Esslia	90	7,90	7,15	8,31	7,79
	110	8,73	8,22	9,34	8,76
	130	9,30	8,76	9,86	9,31
	średnio — mean	8,64	8,04	9,17	8,62
KLG 2210	90	9,73	7,54	8,49	8,59
	110	9,11	8,59	9,04	8,91
	130	9,88	8,83	9,34	9,35
	średnio — mean	9,57	8,32	8,96	8,95
Mona	90	9,16	8,86	10,01	9,34
	110	9,36	9,35	10,27	9,66
	130	10,25	9,87	10,65	10,27
	średnio — mean	9,59	9,36	10,31	9,75
Średnio Mean	90	8,93	7,85	8,93	8,57
	110	9,07	8,72	9,55	9,11
	130	9,81	9,15	9,95	9,64
Średnio dla lat Mean for years		9,27	8,57	9,48	—
NIR _{$\alpha = 0,05$} dla:					
LSD _{$\alpha = 0,05$} for:					
odmian cultivars	0,410				
gęstości density	0,334				
lat years	0,478				

Spośród trzech badanych odmian najlepiej plonowała odmiana Mona, której plon ziarna był wyższy o 0,80 t $\cdot$ ha⁻¹ w porównaniu z odmianą KLG 2210 i o 1,13 t $\cdot$ ha⁻¹ w stosunku do odmiany Esslia. Jak podają Dubas (1988), Michalski i wsp. (1996) i Szmigiel (1998, 1999)

odmiany kukurydzy o dłuższym okresie wegetacji plonują lepiej jeżeli są sprzyjające warunki termiczne. W przeprowadzonych badaniach zwiększenie gęstości siewu z 90 do 110 i 130 tys. szt. ziaren na hektar powodowało wzrost plonu ziarna z 8,57 do 9,11 i 9,64 t·ha⁻¹, co w liczbach względnych stanowi wzrost o 6,3% i 12,5%. Natomiast obsada roślin zwiększyła się wraz ze zwiększeniem gęstości siewu o 21,2% i 38,4%. Nieproporcjonalny przyrost plonu ziarna w porównaniu ze wzrostem obsady roślin w czasie zbioru należy tłumaczyć nasileniem się konkurencji między roślinami o wodę, składniki pokarmowe oraz światło (Jeśmanowicz i Ruszkowski, 1981; Sulewska, 1990; Szeleźniak, 1991; Szmigiel, 1999). W wyniku tej konkurencji następuje zmniejszenie liczby ziaren z jednej kolby oraz masy 1000 ziaren. Taką prawidłowość zaobserwowano w przeprowadzonych badaniach (tab. 4). Różnice w liczbie ziaren w kolbach i masie 1000 ziaren wystąpiły między badanymi odmianami. Odmiany późniejsze, lepiej plonujące, odznaczały się większą ilością ziaren w kolbach oraz wyższą masą 1000 ziarniaków. Wyniki te są zgodne z rezultatami badań innych autorów (Vez, 1974; Kukuła i in., 1978; Machul i in., 1983; Cox, 1996; Oleksy i Szmigiel, 2001).

Tabela 3

Wilgotność ziarna kukurydzy (%) podczas zbioru
Moisture content of maize grain (%) at harvest

Wyszczególnienie Item	1997	1998	1999	Średnio Mean
Odmiana: Cultivar:				
Esslia	32,5	33,9	22,1	29,5
KLG 2210	35,1	35,1	24,9	31,7
Mona	36,6	36,5	29,9	34,4
Gęstość siewu (tys. szt.·ha ⁻¹) Sowing rate (thous. pcs.·ha ⁻¹)				
90	34,0	34,4	25,9	31,4
110	35,0	35,4	25,6	32,0
130	35,2	35,7	25,5	32,1
Średnio Mean	34,7	35,0	25,6	—
NIR _{α = 0,05} dla: LSD _{α = 0,05} for:				
odmian cultivars	1,84			
gęstości density	r.n-n.s.			
lat years	2,11			

Zawartość wody w ziarnie kukurydzy wynosiła od 21,9% do 37,7% w zależności od przebiegu pogody, odmiany i obsady roślin (tab. 3). Suche ziarno zebrano w 1999 roku (średnia wilgotność 25,6%) był to rok, w którym ilość opadu w ostatnich 2 miesiącach (sierpień, wrzesień) wegetacji kukurydzy była niższa od przeciętnych dla tych miesięcy a średnia temperatura powietrza we wrześniu, a więc w miesiącu zbioru kukurydzy była wyższa od średniej wieloletniej tego miesiąca o blisko 3°C. Odmiany późniejsze

odznaczały się większą wilgotnością ziarna w czasie zbioru, natomiast gęstość siewu nie wpływała w sposób istotny na zawartość wody w ziarnie. Uzyskane rezultaty są zgodne z wynikami badań innych autorów (Dubas i Michalski, 1983; Szmigiel, 1999).

Tabela 4

Liczba ziaren w kolbie oraz masa 1000 ziaren w zależności od odmiany i gęstości siewu
Number of grains per cob and 1000 grain weight, depending on cultivar and sowing rate

Odmiana Cultivar	Gęstość siewu (tys. szt.·ha ⁻¹) Density of sowing (thous. pcs.·ha ⁻¹)	Liczba ziaren w kolbie Number of grains per cob	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)
Esslia	90	355	287
	110	348	281
	130	344	277
Średnio Mean		349	282
KLG 2210	90	434	305
	110	431	298
	130	405	286
Średnio Mean		423	296
Mona	90	457	317
	110	448	305
	130	419	293
Średnio Mean		441	305
Średnio Mean	90	415	303
	110	409	295
	130	389	285
NIR _{α = 0,05} dla: LSD _{α = 0,05} for:			
odmian cultivars		12,6	8,8
gęstości density		8,3	7,1

Zwartość białka w ziarnie kukurydzy uzależniona była od odmiany i gęstości siewu, nie wystąpiły natomiast istotne różnice w zawartości białka w poszczególnych latach (tab. 5). Najwyższą zawartością białka w ziarnie odznaczała się odmiana Esslia, nieznacznie niższą KLG 2210, a najniższą średnio późna odmiana Mona. Obniżenie zawartości białka w ziarnie wraz ze zwiększeniem gęstości siewu i związanej z tym obsady roślin było podobne do stwierdzonego przez Kruczka (1983) oraz innych wcześniejszych badań autora (Szmigiel, 1999).

Przeprowadzone badania wskazują na duże możliwości uzyskania wysokiego plonu ziarna kukurydzy w pobliżu Krakowa, w rejonie o najniższej w kraju bonitacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej. W warunkach tych dobrze plonującą jest średnio późna odmiana Mona. Aby uzyskać wysoki plon ziarna na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego (czarnoziem) wskazana jest obsada roślin w czasie zbioru wynosząca ponad 100 do 120 tys. roślin·ha⁻¹ w czasie zbioru.

Tabela 5

Zawartość białka w ziarnie kukurydzy (w % s.m.)
Protein content in maize grain (in % d.m.)

Wyszczególnienie Item	1997	1998	1999	Średnio Mean
Odmiana: Cultivar:				
Esslia	10,45	10,58	10,65	10,56
KLG 2210	10,86	10,22	10,25	10,45
Mona	9,55	9,69	10,10	9,78
Gęstość siewu (tys. szt.·ha ⁻¹) Sowing rate (thous. pcs.·ha ⁻¹)				
90	10,62	10,34	10,67	10,54
110	10,02	10,18	10,33	10,18
130	10,22	9,96	10,00	10,06
Średnio Mean	10,29	10,16	10,33	—
NIR _{α = 0,05} dla: LSD _{α = 0,05} for:				
odmian cultivars	0,221			
gęstości density	0,193			
lat years	r.n—n.s.			

WNIOSKI

1. W warunkach prowadzonych badań najlepiej plonowała średnio późna odmiana Mona, średnio 9,75 t·ha⁻¹. Plon ziarna średnio wczesnej odmiany KLG 2210 i wczesnej Esslia był istotnie niższy.
2. Najwyższy plon ziarna wszystkich odmian uzyskano stosując wysiew w ilości 130 tys. szt. nasion·ha⁻¹ i obsadzie roślin w czasie zbioru ponad 110 tys. szt.·ha⁻¹.
3. Zwiększenie gęstości siewu i obsady roślin wpłynęło na zmniejszenie liczby ziaren w kolbach i obniżenie masy 1000 ziaren.
4. Zawartość wody w ziarnie w czasie zbioru wynosiła od 21,9% do 37,7% w zależności od przebiegu pogody i odmiany. Gęstość siewu nie wpłynęła w sposób istotny na wilgotność ziarna.
5. Najwyższą zawartością białka w ziarnie odznaczała się odmiana Esslia, a najniższą odmiana Mona. Wzrost gęstości siewu powodował obniżenie zawartości białka w ziarnie.

LITERATURA

- Cox W. J. 1996. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. Agron. J. 88: 489 — 496.
- Dubas A. 1988. Obsada roślin a produktywność kukurydzy. Mat. Konf. „Obsada a produktywność roślin uprawnych”. Cz. I. IUNG Puławy: 112 — 120.

- Dubas A., Michalski T. 1983. Wpływ gęstości siewu na plonowanie odmian kukurydzy uprawianych na ziarno. Pam. Puł. 81: 49 — 60.
- Jeśmanowicz A., Ruszkowski M. 1981. Wpływ terminu i gęstości siewu na produktywność kilku mieszańców kukurydzy uprawianych na ziarno. Pam. Puł. 75: 133 — 147.
- Kruczek A. 1983. Wpływ nawożenia azotem na plony ziarna kukurydzy w zależności od odmiany i gęstości siewu. Pam. Puł. 81: 105 — 118.
- Kukuła S., Machul M., Pasek B. 1978. Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie mieszańców kukurydzy. IUNG Puławy, R 132: 3 — 13.
- Machul M., Kukuła S., Małysiak B. 1983. Produktywność mieszańców kukurydzy na glebach różnych kompleksach przydatności rolniczej w zależności od zagęszczenia roślin. Pam. Puł. 81: 61 — 75.
- Machul M., Małysiak B. 1993. Plonowanie kukurydzy uprawianej na kiszonkę z całych roślin, kiszonkę z kolb (CCM) i na ziarno w zależności od obsady roślin. Pam. Puł. 102: 91 — 104.
- Majkowski K., Wróbel E., Budzyński W., Maciejewski W. 1980. Wpływ zróżnicowanego nawożenia mineralnego i ilości wysiewu na plonowanie mieszańców kukurydzy. Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn, Rol., 30: 201 — 209.
- Michalski T., Sulewska H., Waligóra H., Dubas A. 1996. Reakcja odmian kukurydzy uprawianej na ziarno na zmienne warunki pogodowe. Rocz. Nauk Rol., ser. A, t. 112, z. 1/2: 103 — 111.
- Nösberger J. 1971. Einfluss der Bestandesdichte auf die Ertragsbildung bei Mais. Zeit. Acker-u. Pflanzenbaum 133/ 3: 215 — 232.
- Oleksy A., Szmigiel A. 2001. Plonowanie odmian kukurydzy uprawianej na ziarno w warunkach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 383, Rol. 38: 49 — 59.
- Sulewska H. 1990. Kształtowanie się plonów kukurydzy pod wpływem zmiennego rozmieszczenia roślin. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, Wyd. Nauk Rol. i Leśn. 64: 143 — 151.
- Szeleźniak E. 1991. Kształtowanie się powierzchni liściowej kukurydzy w zależności od obsady roślin. Fragm. Agron. 2: 141 — 149.
- Szmigiel A. 1998. Wpływ kierunku rzędów względem stron świata I rozmieszczenia roślin na plon ziarna kukurydzy. Zesz. Nauk. AR w Krakowie. 330/ 54: 239 — 244.
- Szmigiel A. 1999. Wpływ kierunku rzędów oraz gęstości siewu na plon i zawartość białka w ziarnie kukurydzy. Rocz. Nauk Rol. ser. A, 114, 1/ 2: 195 — 204.
- Vez A. 1974. Influence de la densité de semis sur les rendements du maïs grain. Rev. Suisse Agric. 6/ 2: 43 — 47.
- Voldeng H. D., Bloukman G. E. 1975. Interaction between genotype and density on the yield components of *Zea mays*. II. Grain production. J. Agric. Sci. 84, 1: 61 — 74.

SZYMON DZIAMBA¹**MICHAŁ DZIAMBA****HALINA MACHAJ**¹**ADAM KLIMEK**¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ przedsiewnej biostymulacji nasion światłem na plonowanie niektórych odmian kukurydzy

The influence of pre-sowing stimulation of seeds with light on yielding of some maize varieties

W doświadczeniu badano odmiany kukurydzy o różnej klasie wczesności, których nasiona przed siewem poddano naświetleniu światłem czerwonym, emitowanym przez generator fali elektromagnetycznych. Z badań wynika, że pod wpływem przedsiewnej biostymulacji nasion wystąpił istotny wzrost plonów ziarna kukurydzy. Badane odmiany podobnie reagowały na naświetlanie nasion. Wzrost plonów ziarna wynikał przede wszystkim z większej liczby ziarniaków i większej masy ziarna w kolbie.

Słowa kluczowe: naświetlanie, odmiany kukurydzy, plon ziarna

The seeds of five maize varieties differing in earliness were treated before sowing with red light emitted by electromagnetic wave generator. The pre-sowing seed stimulation resulted in significant increase of seed yield. The reactions of the varieties under study on seed irradiating were similar. The increase of seed yield was mainly due to the greater number and weight of seeds in a cob.

Key words: grain yield, irradiation, maize, variety

WSTĘP

Spośród czynników wpływających na wzrost, rozwój i plonowanie roślin, pierwszoplanową rolę odgrywa jakość nasion przeznaczonych do siewu. Stosując różne sposoby uszlachetniania materiału siewnego można znacznie poprawić jego wartość siewną (Górecki i Grzesiuk, 1994).

Ulepszenie materiału siewnego w celu zwiększenia plonów roślin uprawnych, w dobie naruszonego środowiska naturalnego człowieka, zmusza do poszukiwania nowych, bezpiecznych metod stosowania tego zabiegu (Podleśny, 1997).

Jedną z najczęściej stosowanych metod w badaniach, a także w praktyce rolniczej, jest przedświecna biostymulacja nasion światłem (Dziamba i Koper, 1992; Dziamba i in., 1999). Terminem „światło” określa się zakres promieniowania elektromagnetycznego odbieranego przez oko ludzkie w przedziale (w zależności od osobnika) między 390 a 760 nm. Zdaniem Doroszewskiego (1999) rośliny wykorzystują promieniowanie w zakresie od 320 do 800 nm.

W piśmiennictwie przedmiotu najwięcej informacji jest na temat przedświecnej biostymulacji nasion poddawanych działaniu promieni lasera (Injuszyn i in., 1981; Gieroba i in., 1995; Lipski i in., 1996; Lipski, 2001 a, 2001 b). Brak jest natomiast opracowań naukowych dotyczących oddziaływania światła czerwonego emitowanego przez generator fal elektromagnetycznych na plonowanie kukurydzy. Z tego też względu podjęcie badań określonych w tytule niniejszej pracy jest jak najbardziej uzasadnione.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1995–1997 na polach Gospodarstwa Doświadczalnego Felin, Akademii Rolniczej w Lublinie przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe z odmianami kukurydzy.

Doświadczenie zakładano metodą bloków losowanych, na glebie wytworzonej z pyłów pochodzenia lessowego — lekka glina pylasta, klasy III zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego o wysokim stopniu kultury.

W doświadczeniu badano 5 odmian kukurydzy (Ola, Dekka, Smolimag, KOC 4492, KLG 2210) o różnej klasie wczesności, których nasiona przed siewem poddano naświetleniu światłem czerwonym, emitowanym przez generator fal elektromagnetycznych. W ten sposób w obrębie każdej odmiany otrzymano dwie kombinacje: nasiona nienaświetlane i naświetlane.

Biostymulacja nasion polegała na naświetleniu płaskiej strugi nasion z obu stron światłem o gęstości strumienia przypadającej na jedną stronę strugi równej 110–130 W/m².

Przedplonem dla kukurydzy były ziemniaki. Przedświecnie zastosowano nawożenie mineralne w ilości: 120 kg N, 100 kg P₂O₅ i 150 kg K₂O na 1 ha. Rozstawa rzędów wynosiła 65 cm i 20 cm w rzędzie, co odpowiadało obsadzie roślin 77 000 szt./ha. Pozostałe zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne wykonano zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Brak istotności szeregu interakcji (odmiana × naświetlanie, odmiana × lata, naświetlanie × lata czy też odmiana × lata × naświetlanie) spowodowało, że wyniki badań przedstawiono jako średnie z 3 lat (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ naświetlania na plon ziarna pięciu odmian kukurydzy (dt/ha; średnie z 3 lat)
The effects of irradiation on the yield of seeds of five maize varieties (dt/ha; mean values for 3 years)

Odmiana Variety	Kontrola Control K	Ziarno naświetlane Irradiated seed N	Średnie dla odmian Means for varieties	NIR $p = 0,05$ LSD $p = 0,05$ Odmiany Variety	Różnica Distinction N - K	% N / K
Ola	88,2	98,2	93,2	12,1	10,0	111,34
Deka	91,2	102,9	97,1		11,7	112,84
Smolimag	70,9	89,0	80,0		18,1	125,53
KOC 4492	87,8	94,7	91,3		6,9	107,86
KLK 2210	88,3	99,5	93,9		11,2	112,68
Średnio — Mean	85,3	96,9	91,1	—	11,6	113,60

Plony ziarna

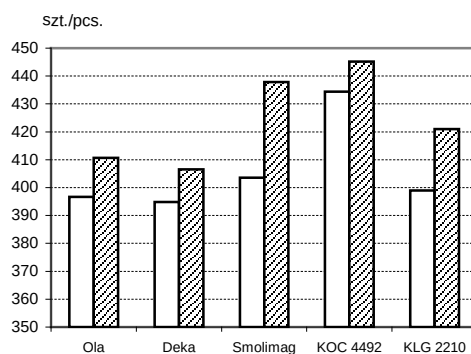
Plony ziarna kukurydzy w zależności od obiektu wahały się w granicach od 58,9 do 110 dt/ha.

Tabela 2

Wpływ naświetlania na plon ziarna kukurydzy w poszczególnych latach badań (dt/ha; łącznie dla 5 odmian)

The effects of irradiation on the yield of maize seed in particular years of the study (dt/ha; data combined for 5 varieties)

Rok Year	Kontrola Control K	Ziarno naświetlane Irradiated seed N	Średnie dla lat Means for study years	NIR $p = 0,05$ LSD $p = 0,05$ Odmiany Variety	Różnica Distinction N - K	% N / K
1995	90,5	99,8	95,1	6,7	9,3	110,28
1996	85,4	96,9	91,2	6,7	11,5	113,47
1997	79,9	94,0	86,9	10,4	14,1	117,65
Średnio — Mean	85,3	96,9	91,1	9,7	11,6	113,60



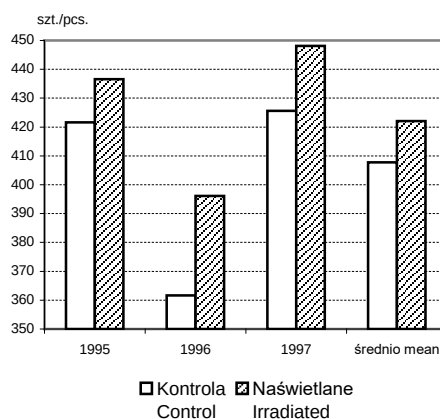
Rys. 1. Wpływ naświetlania na liczbę ziaren w kolbie w zależności od odmiany kukurydzy (średnie z 3 lat)

Fig. 1. The effect of irradiation on a number of seeds per cob depending on maize variety (mean values for 3 years)

Z czynników doświadczenia największe zróżnicowanie w plonach ziarna wystąpiło pomiędzy odmianami, a najmniejsze między latami badań. Przedsiewna biostymulacja nasion światłem w każdym roku powodowała istotny wzrost plonów ziarna. Średnio w trzyleciu na obiektach z naświetlaniem plony ziarna kukurydzy, niezależnie od odmiany, były wyższe średnio o 13,6%. Badane w doświadczeniu odmiany podobnie reagowały na zabieg naświetlania, o czym świadczy brak istotności interakcji odmiana $\times$ naświetlanie (tab. 2).

Masa ziaren z kolby

Masa ziaren z kolby w zależności od okresu wegetacji, odmiany i naświetlania wahała się w granicach od 92,5 do 161,2 g. Rośliny wyrosłe z nasion naświetlanych cechowały się wyższą masą ziarna z kolby średnio o 9,5g. Większe różnice w wartościach tej cechy wystąpiły pomiędzy odmianami (14,4 g) i latami badań (42,1 g), rys. 3, 4.



Rys. 2. Wpływ naświetlania na liczbę ziaren w kolbie kukurydzy w zależności od roku badań (łącznie dla 5 odmian)

Fig. 2. The effect of irradiation on a number of seeds per maize cob depending on a year of the study (data combined for 5 varieties)

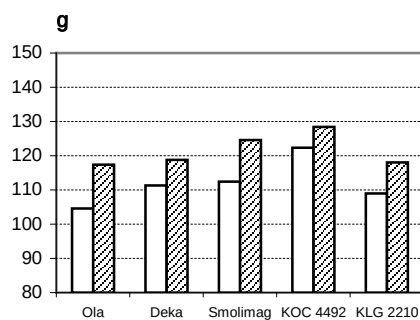
Liczba ziaren

Liczba ziaren z kolby w największym stopniu była zróżnicowana pod wpływem warunków meteorologicznych w poszczególnych latach. Różnica w wartościach tej cechy pomiędzy odmianami okazała się nieistotna. Wpływ przedsiewnego naświetlania nasion na wartości tej cechy był istotny niezależnie od odmiany i roku badań. Średnio w trzyleciu na roślinach wyrosłych z nasion naświetlanych stwierdzono wyższą liczbę ziaren w kolbie.

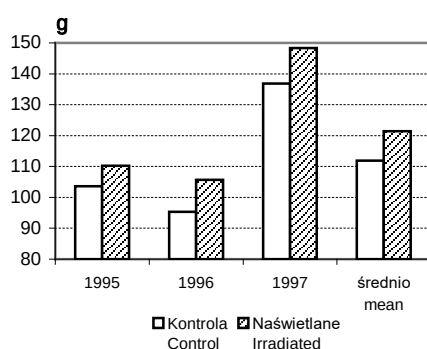
Odmiany podobnie reagowały na ten zabieg, rys. 1, 2.

Masa 1000 ziaren

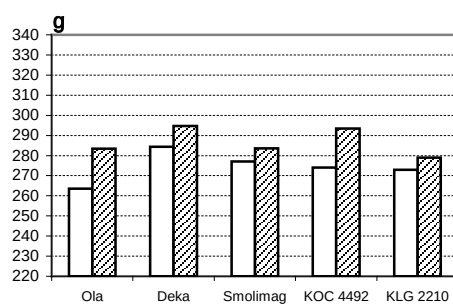
Masa 1000 ziaren w zależności od obiektu w badanym trzyleciu wahała się w granicach od 230,0 do 360,2 g i wynosiła średnio 280,6 g. Czynniki doświadczenia (odmiany, naświetlanie) nie miały istotnego wpływu na wartości tej cechy, rys. 5, 6.



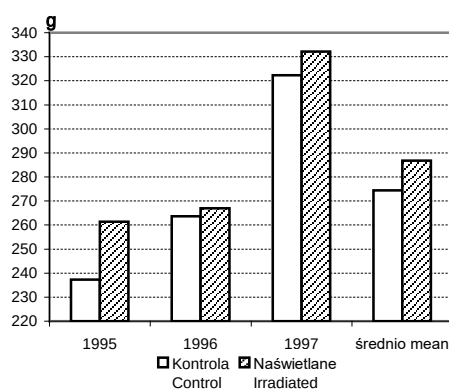
Rys. 3. Wpływ naświetlania na masę ziarna w kolbie w zależności od odmiany kukurydzy (średnie z 3 lat)
Fig. 3. The effect of irradiation on the weight of seeds per cob depending on maize variety (mean values for 3 years)



Rys. 4. Wpływ naświetlania na masę ziarna w kolbie kukurydzy w zależności od roku badań (łącznie dla 5 odmian)
Fig. 4. The effect of irradiation on the weight of seeds per maize cob depending on a year of the study (data combined for 5 varieties)



Rys. 5. Wpływ naświetlania na masę 1000 ziaren w zależności od odmiany kukurydzy (średnie z 3 lat)
Fig. 5. The effect of irradiation on the weight of 1000 kernels depending on maize variety (mean values for 3 years)



Rys. 6. Wpływ naświetlania na masę 1000 ziaren kukurydzy w zależności od roku badań (łącznie dla 5 odmian)

Fig. 6. The effect of irradiation on the weight of 1000 kernels of maize depending on a year of the study (data combined for 5 varieties))

WNIOSKI

1. W plonach ziarna istotne różnice wystąpiły pomiędzy odmianami i latami badań. Naświetlanie nasion niezależnie od odmiany i roku badań powodowało wzrost plonów ziarna, średnio o 13,6%. Badane odmiany podobnie reagowały na zabieg naświetlania nasion.
2. Efekty przedsiewnej biostymulacji nasion kukurydzy uzależnione były w dużej mierze od przebiegu pogody w poszczególnych latach badań.
3. Wzrost plonów ziarna kukurydzy znajduje swoje odzwierciedlenie głównie w większej liczbie i masie ziaren z kolby.

LITERATURA

- Doroszewski A. 1999. Możliwości kształtowania pokroju roślin przez zmianę składu spektralnego światła. Biul. Inform. IUNG.
- Dziamba Sz., Koper R. 1992. Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 1/ 33: 88 — 93.
- Dziamba Sz., Maj L., Wielgo B., Cebula M. 1999. Wpływ przedsiewnej biostymulacji nasion odmian owsa światłem na plonowanie i elementy struktury plonu. *Żywność* 1: 112 — 118.
- Gieroba J., Koper R., Matyka S. 1995. The influence of pre-sowing laser biostimulation of maize seeds on the crop and nutritive value of the corn. 45th Australian Cereal Chemistry Conference Adelaide. *Proceedings*: 30 — 33.
- Górecki R. J., Grzesiuk S. 1994. Światowe tendencje i kierunki uszlachetniania materiałów siewnych. Materiały Konferencyjne „Uszlachetnianie materiałów nasiennych. Olsztyn — Kortowo: 9 — 24.
- Injuszyn W. M., Iljasow G. U., Fiedorowa N. N. 1981. Łucz łaziera i urożaj. „Kajnar”, Ałma-Ata.
- Lipski S., Koper R., Kornas-Czuczwar B. 1996. Ocena wpływu biostymulacji nasion światłem laserowym na rozwój i plonowanie kukurydzy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 444: 219 — 224.

- Lipski S. 2001 a. Efektywność biostymulacji laserowej kukurydzy (*Zea mays* L.) w zależności od stopnia uwilgotnienia nasion. I Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”. Agrolaser 2001. PTA, Lublin, 26–28.09. 2001: 51 — 56.
- Lipski S. 2001 b. Połowa ocena skuteczności napromieniowania laserowego nasion kukurydzy (*Zea mays* L.). I Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Oddziaływanie pól elektromagnetycznych na środowisko rolnicze”. Agrolaser 2001, PTA, Lublin, 26–28.09. 2001: 57 — 62.
- Podleśny J. 1997. Wpływ przedsiewnego traktowania nasion światłem laserowym na kształtowanie cech morfologicznych i plonowanie bobiku. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 446: 435 — 439.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Bogusława Ługowska Zofia Banaszak Wioletta Wójcik Wioletta Grzmil	Zależność plonu ziarna pszenicy ozimej o skróconym źdźble od jego składowych The effect of yield components on seed yield of semi-dwarf winter wheat	5
Stanisław Jedyński Dariusz Zalewski	Analiza genetyczna cech wpływających na jakość plonu pszenicy ozimej Genetic analysis of characters associated with grain quality in winter wheat	11
Jerzy Nawracała Witold Brzeziński	Wczesna selekcja genotypów pszenicy o potencjalnie dobrej jakości wypiekowej Early selection of wheat genotypes with potentially good breadmaking quality	19
Henryk J. Czembor Andrzej Anioł	Wytworzenie materiałów wyjściowych pszenicy ozimej tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu Creation of prebreeding material of winter wheat tolerant to aluminium toxicity	29
Karolina Krystkowiak Anetta Kuczyńska Michał Rębarz Renata Trzeciak	Efektywność uzyskiwania haploidów pszenicy z mieszańców F ₁ i ich form wyjściowych poprzez krzyżowanie z kukurydzą The efficiency of wheat haploid production from F ₁ hybrids and parental genotypes by crossing with maize	37
Hanna Sulewska	Charakterystyka 22 genotypów pszenicy orkisz (<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>spelta</i>) pod względem wybranych cech Characterization of 22 spelt (<i>Triticum aestivum</i> ssp. <i>spelta</i>) genotypes relating to some features	43
Grażyna Podolska	Efektywność agrotechnicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonowania pszenicy ozimej Effectiveness of agricultural practices in exploitation of the potential of winter wheat yielding	55
Janusz Smagacz	Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na przedplon Reaction of some winter wheat varieties to forecrop	65
Grzegorz Stypuła Grażyna Podolska Stanisław Krasowicz	Ocena ekonomiczna uprawy pszenicy ozimej w zależności od sposobu ochrony Economic evaluation of winter wheat cultivation in dependence on different methods of plant protection	73
Czesław Zamorski Bogdan Nowicki Małgorzata Schollenberger Wojciech Wakuliński	Podatność polskich materiałów hodowlanych pszenicy na rdzę źdźbłową Susceptibility of Polish wheat breeding lines to <i>Puccinia graminis</i> Pers.	83

Wojciech Wakuliński Czesław Zamorski Zofia Białoskórska Barbara Łotocka Bogdan Nowicki Małgorzata Schollenberger	Dziedziczenie odporności pszenicy ozimej odmiany Michigan Amber na porażenie przez <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Died.) Drechsler Inheritance of resistance to <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> in winter wheat cv. Michigan Amber	95
Teresa Oracka Janusz Kozdój Jan Cieplý	Ocena zmienności genotypowej pszenicy jarej w efektywności pobierania i wykorzystania azotu i fosforu Część I. Doświadczenie polowe The evaluation of variability of uptake and utilization efficiency of nitrogen and phosphorus in spring wheat Part I. Field experiment	101
Teresa Oracka Janusz Kozdój Jan Cieplý	Ocena zmienności genotypowej pszenicy jarej w efektywności pobierania i wykorzystania azotu i fosforu Część II. Doświadczenie fitotronowe The evaluation of variability of uptake and utilization efficiency of nitrogen and phosphorus in spring wheat Part II. Water culture experiment	115
Leszek Rachon	Ocena przydatności ziarna krajowych i zagranicznych linii i odmian jarej pszenicy twardej (<i>Triticum durum</i> Desf.) do produkcji makaronu Assessment of usefulness of domestic and foreign cultivars of spring durum wheat (<i>Triticum durum</i> Desf.) for pasta production	129
Alicja Sułek	Określenie reakcji nowych rodów i odmian pszenicy jarej na wybrane czynniki agrotechniczne Determination of response of new spring wheat varieties and strains to some agrotechnical factors	139
Anna Ciołek Ewa Makarska	Wpływ chemicznej ochrony na aktywność antyoksydacyjną polifenoli i frakcji tokoferoli ziarniaków pszenicy twardej (<i>Triticum durum</i> Desf.) The influence of chemical protection on antioxidant activity of polyphenols and tocopherols in hard wheat (<i>Triticum durum</i> Desf.) grains	147
Halina Góral	Wpływ odległości źródła pyłku na efektywność zapylania linii męskosterylnych pszenżyta ozimego Effect of distance from the pollen source on seed set in male sterile triticale lines	157
Wojciech Mikulski Tadeusz Adamski Zygmunt Kaczmarek Marcin Konieczny Aleksandra Ponitka Maria Surma Aurelia Ślusarkiewicz-Jarzina Daniela Gruszecka Ewa Czerwieńska	Wysokość plonowania i stabilność rodów i linii DH pszenżyta ozimego Yielding and stability of winter triticale breeding lines and doubled haploids	165
	Charakterystyka rodów uzyskanych z mieszańców pszenżyta (<i>X Triticosecale</i> Wittmack) z pszenperzem (<i>Agrotriticum</i> sp.) Characterization of breeding strains derived from crosses between <i>X Triticosecale</i> Wittmack and <i>Agrotriticum</i> sp.	171

Janusz Smagacz Tadeusz Dworakowski	Porównanie wydajności odmian pszenżyta ozimego z pszenicą ozimą lub żytem w stanowiskach po zbożach Comparison of yielding of winter triticales cultivars with that of winter wheat or rye cultivated after cereals	179
Bogusława Jaśkiewicz	Wzrost i gromadzenie masy pszenżyta Fidelio w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotem i gęstości siewu Growth and plant mass accumulation of triticales Fidelio under different nitrogen fertilization and sowing rates	185
Maria Moś Tomasz Wójtowicz	Wpływ temperatury na kiełkowanie wybranych odmian pszenżyta jarego The effect of temperature on germinability of some cultivars of spring triticales seeds	191
Elżbieta Pisulewska Marek Kołodziejczyk Robert Witkiewicz	Plonowanie, struktura plonu oraz kształtowanie się morfotypu pszenżyta jarego w zależności od odmiany i ilości wysiewu Effect of cultivar and seeding rate on grain yield, its structure and morphotype of spring triticales	201
Aleksander Szmigiel Andrzej Oleksy	Kształtowanie się powierzchni liści dwóch odmian pszenżyta jarego w zależności od jego udziału w mieszance z pszenicą Development of leaf area of two spring triticales cultivars depending on their share in a mixture with wheat	211
Piotr Nieróbca	Architektura łanu pszenżyta jarego i pszenicy jarej w warunkach różnej obsady roślin Architecture of spring triticales and spring wheat stands at different population densities	223
Piotr Nieróbca	Wpływ nawożenia azotowego, terminu siewu i ilości wysiewu na plon i elementy struktury plonu pszenżyta jarego The effect of nitrogen fertilization, sowing time and sowing density on yield and yield components in the spring triticales	231
Stefan Stojalowski Paweł Milczarski Piotr Masojć	Przydatność markerów ISSR do identyfikacji linii wsobnych oraz mapowania genomu żyta Usefulness of ISSR markers for identification of inbred lines and mapping of rye genome	237
Danuta Rzepka-Plevneš Miłosz Smolik Karolina Lebiecka	Polimorfizm białek zapasowych wybranych form żyta (<i>Secale</i> sp.) określony techniką SDS-PAGE Polymorphism of seed protein in some rye (<i>Secale</i> sp.) forms determined by SDS-PAGE electrophoresis	247
Henryk Bujak Jarosław Bojarczuk Jan Kaczmarek	Interakcja genotypowo-środowiskowa plonowania rodów hodowlanych żyta ozimego Genotype-environmental interaction for yield of winter rye cultivars and cultivars	255
Danuta Mackiewicz Zbigniew Broda	Ocena przydatności hodowlanej mieszańców żyta uprawnego <i>Secale cereale</i> (L.) z dzikimi gatunkami z rodzaju <i>Secale</i> Estimation of breeding suitability of hybrids of rye (<i>Secale cereale</i> L.) with wild species from the genus <i>Secale</i>	265
Renata Galek Henryk Bujak	Ocena podobieństwa form żyta jarego pod względem niektórych cech użytkowych Analysis of similarity of spring rye forms in regard to some agronomy characters	279

Cecylia Jańczak Adam Pawlak	Podatność żyta mieszańcowego Esprit na choroby grzybowe i efektywność ich zwalczania fungicydami w latach 2000–2002 Susceptibility of the Esprit hybrid rye cultivar to fungal diseases and effectiveness of their control with the use of fungicides in the years 2000–2002	287
Wojciech Rybiński Elżbieta Adamska	Analiza zmienności genetycznej cech ilościowych u mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Genetic variation of quantitative traits in hull-less mutants of spring barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	297
Tadeusz Adamski Zygmunt Kaczmarek Maria Surma Stanisław Czajka Karolina Krystkowiak Anatta Kuczyńska Michał Rębarz	Wykorzystanie linii podwojonych haploidów do wykrywania sprzężeń genów kontrolujących wybrane cechy ilościowe jęczmienia The use of doubled haploids for detection of linkage of genes controlling some quantitative traits in barley	307
Zygmunt Kaczmarek Tadeusz Adamski Maria Surma	Interakcja genotypowo-środowiskowa dla plonu dwu- i sześciorzędowych linii DH jęczmienia The genotype-environment interaction for 2-rowed and 6-rowed barley DH lines	313
Wojciech Rybiński Sebastian Garczyński	Wpływ światła lasera na wielkość powierzchni liścia i cechy struktury plonu linii DH jęczmienia jarego (<i>Hordeum vulgare</i> L.) The influence of laser light on leaves area and yield structure parameters in DH lines of spring barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	321
Henryk J. Czembor	Odporność krajowych odmian jęczmienia ozimego na mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) Resistance of native winter barley cultivars to powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>horde</i>)	331
Henryk J. Czembor	Odporność odmian jęczmienia na mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2001 roku Resistance to powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) in barley cultivars included in 2001 to investigation in Poland	339
Joanna Horoszkiewicz-Janka Tadeusz Michalski	Wpływ biopreparatów Bion 50 WG i Bio-algeen S 90 Plus 2 na zdrowotność i plonowanie jęczmienia jarego uprawianego w siewie czystym i w mieszankach z owsem Effect of the biopreparations Bion 50 WG and Bio-algeen S 90 Plus 2 on health and yield of spring barley cultivated in pure crop and in mixture with oat	347
Kazimierz Noworolnik Danuta Leszczyńska	Wpływ gęstości i terminu siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia jarego. Komunikat Effect of sowing rate and sowing date on grain yield and its structure in spring barley cultivars. Short communication	357
Edward Gacek Zdzisław R. Biliński Henryk J. Czembor Jerzy H. Czembor	Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) w Polsce w latach 1993–1996 Pathogenicity of barley powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) in Poland in 1993–1996	365

Henryk J. Czembor Jerzy H. Czembor	Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) w Polsce w roku 1999 Pathogenicity of barley powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) in Poland in 1999	377
Alicja Sułek Danuta Leszczyńska	Stan aktualny i perspektywy uprawy owsa w Polsce. Komunikat Actual state and perspectives of oats cultivation in Poland. Short communication	387
Wiesław Koziaara	Reakcja trzech odmian owsa na deszczowanie i nawożenie azotem Response of three oats cultivars to sprinkler irrigation and nitrogen fertilization	397
Aleksander Szmigiel Stanisław Kiełbasa	Uprawa kukurydzy na ziarno w Kotlinie Sądeckiej Cultivation of grain maize in the Sądecka Valley	405
Władysław Kadłubiec Rafał Kuriata Cecylia Karwowska Zbigniew Kurczych	Ocena zdolności kombinacyjnej linii wsobnych kukurydzy Estimation of combining ability of inbred lines of maize	413
Władysław Kadłubiec Rafał Kuriata	Wielocechowa analiza kształtowania plonu ziarna linii wsobnych i mieszańców F ₁ kukurydzy Multiple analyses of traits determining grain yield of inbred lines and hybrids F ₁ of maize	419
Tadeusz Michalski	Fizyczne i chemiczne cechy ziarna kukurydzy jako wskaźniki wartości przemiałowej i przydatności do produkcji chrupek Physical and chemical characters of maize grain as indicators of dry milling quality and usefulness for snack production	425
Aleksander Szmigiel Andrzej Oleksy	Wpływ gęstości siewu na plon ziarna odmian kukurydzy o różnej klasie wczesności The influence of sowing density on grain yield of maize in different classes of earliness	437
Szymon Dziamba Michał Dziamba Halina Machaj Adam Klimek	Wpływ przedsiewnej biostymulacji nasion światłem na plonowanie niektórych odmian kukurydzy The influence of pre-sowing stimulation of seeds with light on yielding of some maize varieties	445