



Jęczmień jary
Fot. Zbigniew Rybka

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 235/2005



Jęczmień jary. Fot. Zbigniew Rybka

RADZIKÓW 2005
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)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Wydanie publikacji dofinansowane przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

MATERIAŁY Z KONFERENCJI

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

ZAKOPANE, STYCZEŃ 2005

POD PATRONATEM PROF. DR. HAB. EDWARDA ARSENIUKA
DYREKTORA INSTYTUTU HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN

KOMITET ORGANIZACYJNY

DR JACEK WAGA — PRZEWODNICZĄCY
DR TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI — SEKRETARZ
DR ANNA STRZEMBICKA
MGR TADEUSZ ZAWISKI

OFICJALNY SPONSOR SYMPOZJUM

SYNGETA, CROP PROTECTION SP.Z O.O.

POZNAŃ UL. TOWAROWA 35

SPONSORZY SYMPOZJUM

MINISTERSTWO NAUKI I INFORMATYZACJI
PRECOPTIC CO. WOJCIECHOWSCY
PRO SCIENTIUM, SP.Z O.O.
CEREUS WENA, WITKOWSCY
GRAIN POL, PRZED. TECHNIKI ZBOŻOWEJ
DAR NATURY, NESTLE WATERS, POLSKA SA
KONSPOL HOLDING SP.Z O.O.
LAJKONIK SNACKS S.A.
TYSKIE BROWARY KSIĄŻĘCE
ZPHC MANLESS

WARSZAWA UL. WSPÓLNA 7
WARSZAWA UL. ARKUSZOWA 60
WARSZAWA UL. WIEJSKA 7
TORUŃ UL. BIAŁA 19
WROCŁAW UL. ZEMSKA 34/5
KRAKÓW UL. VETULANIEGO 1A
NOWY SĄCZ UL. GROTTGERA 40
SKAWINA UL. PIŁSUDSKIEGO 1
TYCHY UL. MIKOŁOWSKA 5
BŁONIE UL. BIENIEWICKA 115

PRECOPTIC Co.

PRECOPTIC Co. Wojciechowsky Sp. j. ul. Arkuszowa 60, 01-934 Warszawa, POLSKA

tel.: +48 22 835 54 73

fax: +48 22 834 12 25

e-mail: precoptic@precoptic.pl

[http:// www.precoptic.pl](http://www.precoptic.pl)

Wyłączny przedstawiciel firmy Nikon oferuje najnowocześniejsze obecnie mikroskopy serii ECLIPSE z optyką nowej generacji CFI 60, w profesjonalnych zestawach laboratoryjnych i badawczych zawierających również kamery różnego rodzaju i komputery z oprogramowaniem analitycznym, a także szereg urządzeń peryferyjnych.

UWAGA: PREMIERA NOWEJ SERII MIKROSKOPÓW BIOLOGICZNYCH NIKON OCZY NAUKI

MIKROSKOPY:

- biologiczne, superbadawcze, badawcze, studenckie i laboratoryjne z serii ECLIPSE polaryzacyjne
- stereoskopowe, w tym również SMZ 1500 – pierwszy i jedyny na świecie mikroskop z zoomem 15:1
- metalograficzne
- pomiarowe klasyczne i komputerowe urządzenia pomiarowe
- nowa wersja urządzenia pomiarowego NEXIV

KOMPUTEROWA ANALIZA OBRAZU:

- Kamery cyfrowe Nikon, seria kamer mikroskopowych DS5 o rozdzielczości 5 mln pikseli,
- kamery o podwyższonej czułości tzw. chłodzone,
- kamery analogowe,
- oprogramowanie do komputerowej archiwizacji i analizy obrazu z serii LUCIA,
- oprogramowanie specjalistyczne (np. FISH, dekonwolucja).

KRYMINALISTYKA:

- Urządzenia do analizy dokumentów VSC5000, VSC 4C, spektrometr Ramana FORAM 685/2 firmy Foster & Freeman,
- mikroskopy specjalizowane,
- skanery włókien i mikrośladów,
- kabina klejowa do daktyloskopii.

URZĄDZENIA DODATKOWE DO MIKROSKOPII:

- mikromanipulatory NARISHIGE,
- stoły grzejno-mrozzące,
- oświetlacze laboratoryjne.

LASERY:

- lasery laboratoryjne i osprzęt



ASORTYMENTY LAJKONIK:

- paluszki słone
- paluszki sezamowe
- mieszanka Smakowity Mix
- precelki
- krakersy: classic, cebulkowe, sezamowe,
- krakersy smakowite o smaku: pizzy, sera i szynki, jogutrowo-czosnkowym



WĘDLINY

MIĘSO

KURCZAK ELEMENTY I PODROBY

KONSERWY

WYROBY GARMAŻERYJNE MROŻONE

WYROBY GARMAŻERYJNE SCHŁODZONE

Przedsiębiorstwo Techniki Zbożowej GRAINPOL

dr inż. Jerzy Hlebionek

54-438 Wrocław ul. Zemska 34/5 NIP: 894-004-44-40

Biuro Handlowe: 51-127 Wrocław ul. Milicka 38

tel. (0-71) 352 94 96 fax. (0-71) 352 95 13

kom. 0-509 92 66 22 e-mail: grainpol@poczta.onet.pl

Naszą specjalnością są zaawansowane systemy pobierania, redukcji i rozdziału próbek oraz ich przygotowania do dalszych badań mających na celu określenie wilgotności, zawartości białka, glutenu.

REPREZENTATYWNA PRÓBKA TO PRECYZYJNE OKREŚLENIA JAKOŚCI!!

W naszej ofercie znajdziecie Państwo, między innymi:

RAKORAF — najczęściej stosowany w Polsce próbnik do pobierania próbek z otwartych pojazdów, używany w największych w kraju młynach, dużych elewatorach zbożowych, zakładach tłuszczowych,

- ręczne **sondy do pobierania próbek** (około 20 modeli) wykonane z aluminium, lub stali nierdzewnej o długościach od 0.85 m do 3,0 m,
- **automatyczne próbniiki** do zamontowania w układach transportu grawitacyjnego,
- wszelkiego typu **rozdzielacze** — szczelinowe, rotacyjne oraz rotacyjne sterowane mikroprocesorowo, dla ziarna, nasion, produktów chemicznych i mineralnych,
- **wialnie-separatory** MLN, SLN 3 i SLN 4 do oznaczania zanieczyszczeń, wyrównania, ziarna celnego — przystosowane także do pracy ciągłej.
- **wilgotnościomierz oporowy SUPERPRO**,
- **młyn laboratoryjny AQC 198** symulujący przemiał zboża w młynie przemysłowym,

Dla obiektów magazynowych dostarczamy:

- systemy mechanizacji zasypu hal płaskich przy zastosowaniu bardzo lekkich
- **przenośników taśmowych** o wydajności 25 t/h, 50 t/h, 80 t/h i 120 t/h.
- **ściany oporowe** dla magazynów płaskich o wysokości składowania do 8 m,
- **kanały do chłodzenia i wietrzenia typ KL**, wykonane ze stali ocynkowanej o perforacji 2,0 mm i 1,5 mm dla zboża oraz 10 mm dla ziemniaków i warzyw,
- systemy **kanalów przejazdowych** o nacisku koła 6 t
- najnowocześniejsze **urządzenia do chłodniczej konserwacji zbóż firmy Weisshaar**,
- różnego typu **termometry** (cieczowe i elektroniczne) do pomiaru temperatury w pryzmach zbóż lub nasion,
- **bębnowe maszyny czyszczące - sortujące** o wydajności od 40 t/h do 250 t/h.
- **automatyczne wagi odważające** klasy 0,2, dopuszczone do rozliczeń w obrocie publicznym znak typu GUM RP T 0010, o wydajności od 50 do 400 t/h,

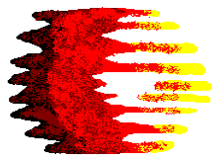
Urządzenia renomowanych firm duńskich, niemieckich, francuskich i szwajcarskich oraz nasze wieloletnie doświadczenie są gwarantem Państwa sukcesu.



Kompania Piwowarska SA, należąca do międzynarodowego koncernu SABMiller, jest największym i najnowocześniejszym producentem piwa w Polsce. Posiadamy trzy browary: w Poznaniu, Tychach i Białymstoku. Do portfela naszych marek należy Tyskie, czyli największa pod względem udziałów rynkowych marka piwa w Polsce i jedna z największych w Europie oraz Żubr, LECH, Dębowe Mocne, Miller Genuine Draft, Pilsner Urquell, REDD's oraz Dog in the Fog.

Gwarancją najwyższej jakości tych piw są ultranowoczesne rozwiązania technologiczne stosowane w produkcji oraz specjalne programy monitorowania każdego jej etapu. Nasze piwa nagradzane są najwyższymi laurem na krajowych i międzynarodowych konkursach. Posiadamy specjalistyczną wiedzę, pozwalającą nam nadążać za zmieniającymi się potrzebami konsumentów. Za sprawą sieci prężnie działających centrów dystrybucyjnych docieramy z naszymi produktami zarówno do wielkich aglomeracji jak i do najdalszych zakątków Polski. Jednak największym kapitałem Kompanii Piwowarskiej nie są linie technologiczne, lecz ludzie: zespół wybitnych fachowców o międzynarodowym doświadczeniu. Nic dziwnego, że Kompania Piwowarska należy do grona najbardziej popularnych pracodawców w Polsce.

Swoimi sukcesami staramy się dzielić ze społeczeństwem: działamy w sposób odpowiedzialny, dbając nie tylko o to, by nasze produkty nie trafiały do osób małoletnich, ale także by nasza działalność nie przynosiła szkody środowisku naturalnemu. Zależy nam na tym, by przyszłe pokolenia mogły żyć w czystym i zdrowym otoczeniu.



PRO SCIENTIUM Sp. z o.o.

ul. Wiejska 7 lok. 15, 00-480 Warszawa

Tel. (22) 627 25 42, Fax (22) 627 25 41 e-mail : pro@ez.pl

PRO SCIENTIUM Sp. z o.o. działa na rynku Polskim od ponad 12 lat.

W wieloprofilowej działalności między innym specjalizuje się w obsłudze rynku i laboratoriów ochrony roślin.

Dla potrzeb tego rynku posiadamy bogatą ofertę z zakresu:

- Aparatury analitycznej
- Aparatury laboratoryjnej
- Testów do wykrywania wirusów, bakterii, grzybów, nicieni

Dysponujemy również odczynnikami dla diagnostyki w mikrobiologii i biologii molekularnej.

Posiadamy szeroką ofertą czytników mikropłytek 96 i 384 dołkowych w zakresie fotometrii, luminometrii, fluorymetrii.

W ofercie mamy unikalne urządzenia do dozowania dla płytek formatów 96 i 384 dołkowych.

Oferujemy szeroki zakres automatycznych myjek do płytek ELISA dla formatu płytek 96 i 384 dołkowych.

Oferujemy szeroki zakres pipet jedno- i wielokanałowych manualnych i elektronicznych oraz końcówek do pipet.

Dostarczamy aparaturę służącą przygotowaniu próby, takie jak rozgniatacie ręczne, elektro-mechaniczne oraz urządzenia do automatycznego odważania i dozowania odczynników.

Dysponujemy szerokim wachlarzem torebek o odpowiedniej wytrzymałości przystosowanych na próbki liści, korzeni, łodyg, nasion, bulw, korzeni do dalszej mechanicznej obróbki przy użyciu ręcznych czy mechanicznych urządzeń służących do przygotowania próbek.

Dla wszystkich stosujących w swojej pracy technikę ELISA posiadamy szeroką gamę mikropłytek o różnej zdolności wiązania dla badań rutynowych i eksperymentalnych.

W naszej ofercie znajdziecie Państwo wyroby czołowych producentów, takich jak:

Dynex Technologies

ThermoLab System

Loewe Biochemica GmbH

Interscience

Steward

Bioreba

Zapraszamy do współpracy. Oferujemy wyroby najwyższej klasy po konkurencyjnych cenach. Służymy również Państwu doradztwem technicznym.

Józef L. Jakubiec
Dyrektor



Podstawowe programy ochrony z ACANTO

Pszenica ozima:

zabieg T1

ACANTO® + TILT® PLUS 0,6 + 0,6 l/ha

Ochrona: mączniak, septorioza paskowana liści i plew, rdze, brunatna plamistość liści (DTR), łamliwość źdźbła* (mniejsze zagrożenie)



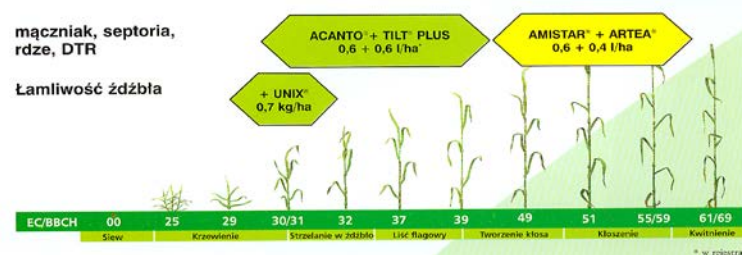
ACANTO® + UNIX® 0,6 + 0,7 l/ha

Ochrona: łamliwość źdźbła* (występowanie typu R łamliwości odpornego na preparaty z grupy benzimidazoli), mączniak, septorioza paskowana, septorioza liści i plew, rdze, brunatna plamistość liści (DTR).



mączniak, septoria, rdze, DTR

Łamliwość źdźbła



Jęczmień:

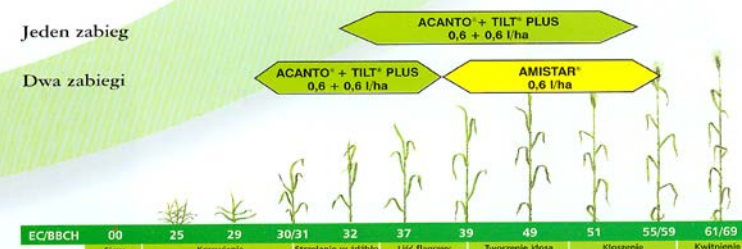
ACANTO® + TILT® PLUS 0,6 + 0,6 l/ha

(w stadium: strzelanie w źdźbło / początek kłoszenia)

Ochrona: mączniak, plamistość siatkowa, rynchosporioza, rdza jęczmienia.

Jeden zabieg

Dwa zabiegi





Nowości w ofercie

APARATURA KONTROLNO POMIAROWA

SZANOWNI PAŃSTWO

Zapraszamy do zapoznania się z nowościami w naszej ofercie.

URZĄDZENIA DO POBIERANIA PRÓBEK

Urządzenie przeznaczone jest do automatycznego pobierania próbek różnych materiałów, począwszy od suchych proszków i mąki, po wszystkie typy ziaren, pasze granulowane i inne produkty sypkie, których rozmiary nie przekraczają 16mm x 30mm.



URZĄDZENIA DO BADANIA TWARDOŚCI PASZ I GRANULATÓW

Nowoczesne urządzenia do badania twardości pasz i granulatów. Testy wykonywane przez aparat symulują rzeczywiste obchodzenie się z próbką. W naszej ofercie posiadamy trzy typy urządzeń: Portable, Automatic i On-Line.



ANALIZATOR CAŁEGO ZIARNA OMEGA G

Najnowszej generacji, komputerowe urządzenie techniki NIR-T do pomiaru parametrów całego ziarna i jego przetworów. Szybki pomiar: białka, wilgotności, glutenu, sedymentacji, tłuszczu, włókna, skrobi. Urządzenie jest przystosowane do pracy w sieci.



Cereus Wena Adam i Grażyna Witkowsky, ul. Biała 19, 87-100 Toruń
Tel./Fax. 0 56 652 06 05, www.cereus.com.pl, e-mail: cereus@cereus.com.pl

TADEUSZ OLEKSIK**DARIUSZ R. MAŃKOWSKI**

Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

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

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

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

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

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

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

WSTĘP

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

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

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

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

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

MATERIAŁ I METODY

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

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

Podział na rejony przyjęto za COBORU — rejon A łączy rejony 1 i 3, rejon B łączy rejony 2 i 4, rejon C łączy rejony 5 i 7 oraz rejon D łączy rejony 6 i 8 (rys. 1).

Podział na siedliska przeprowadzono na podstawie punktowej waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (Witek, 1981) z uwzględnieniem odczynu gleby. Odczyn gleby określany był w skali pięciostopniowej przez ankietowanych rolników; 1 — gleby bardzo kwaśne, 2 — gleby kwaśne, 3 — gleby lekko kwaśne, 4 — gleby obojętne, 5 — gleby zasadowe. Wyróżniono trzy siedliska wg następujących założeń:

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

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

G2 — pozostałe.

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

Podział ze względu na poziom agrotechniki:

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

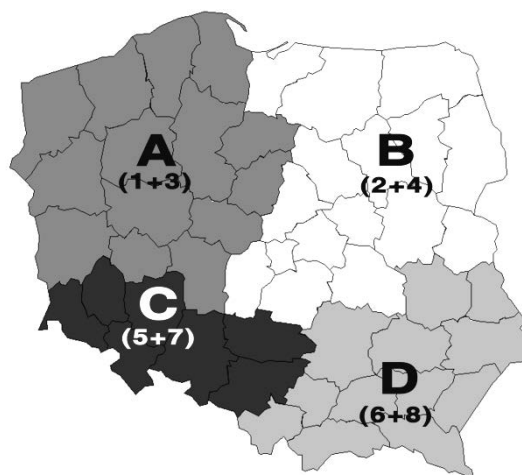
A3 — nawożenie NPK ≥ 100 i liczba zabiegów ochrony chemicznej ≥ 2 ,

A2 — pozostałe.

Tabela 1

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

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



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

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

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

WYNIKI I DYSKUSJA

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

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

Tabela 2

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

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

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

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

Tabela 3

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

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

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

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

Tabela 4

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

Results of genotype-environment interaction analyses of the tested cultivars for layout: years × agriculture technology level

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

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

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

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

PODSUMOWANIE

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

Tabela 5

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

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

1 — Plonujące istotnie niżej od średniej środowiskowej; Yielding significantly lower than environmental average

2 — Plonujące na poziomie średniej środowiskowej; Yielding on the level of environmental average

3 — Plonujące istotnie wyżej od średniej środowiskowej; Yielding significantly higher than environmental average

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

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

LITERATURA

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

ERRATA

Strony	Jest	Powinno być
s. 254 trzeci i czwarty wiersz od dołu	$P_{(m_{ij})}$	$P(m_{ij})$
s. 255 drugi wiersz od góry i 17 wiersz	$P_{(m_{ij})}$	$P(m_{ij})$
s. 256 szósty wiersz od góry	$P_{2(\hat{m}_{ij})} = \hat{m} + \hat{g}_i + \hat{g}_j$	$P_2(\hat{m}_{ij}) = \hat{m} + \hat{g}_i + \hat{g}_j$
s. 255 siódmy wiersz od góry	$\hat{m}, \hat{g}_{ij}$	$\hat{m}, \hat{g}_i$
s. 257 piąty wiersz od góry	$P_{3(\hat{m}_{ij})}$	$P_3(\hat{m}_{ij})$
s. 258 osiemnasty wiersz od góry	$P_{4(\hat{m}_{ij})}$	$P_4(\hat{m}_{ij})$
s. 265; legenda pod tabelą 5	$P_4(\hat{m}_{ij} \ \hat{m}_{ij})$	$P_4(\hat{m}_{ij})$

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż, Kraków

Ocena rodów pszenicy ozimej z polskiej hodowli w doświadczeniach przed rejestrowych w roku 2004*

The estimation of winter wheat strains from the Polish breeding in preliminary trials of the year 2004

Przeprowadzono analizę wyników doświadczenia wstępnego z rodami i odmianami pszenicy ozimej w 2004 roku. W celu wyodrębnienia z badanych rodów najlepszych obiektów dokonano podziału każdej z 15 badanych cech (pomijając plon) na 3 klasy. Na tej podstawie w oparciu o badane cechy dokonano charakterystyki 63 rodów plenniejszych od wzorcowej odmiany Tonacja. Okazało się, że większość najplenniejszych rodów odznacza się przeciętnymi wartościami pozostałych cech lokując się w górnych granicach 2 klasy (z wyjątkiem mrozoodporności i odporności na rdzę źdźbłową — zaliczone do 1 klasy).

Słowa kluczowe: doświadczenia polowe, cechy użytkowe, plon ziarna, pszenica ozima

The analysis of results of the preliminary trials with strains and varieties of winter wheat was performed for the year 2004. In order to distinguish the best objects from the investigated strains, each of the 15 traits (excluding yield) was divided into three classes. On this basis, 63 strains yielding higher than the Tonacja standard were characterized. It was found, that majority of the highest yielding strains had average values of the remaining features and could be placed in upper limits of the class 2 (except for frost resistance and resistance to stem rust, assigned to the best class 1).

Key words: field experiences, useful traits, the yield of grain, the winter wheat

WPROWADZENIE

Rosnące wymagania wobec nowych odmian pszenicy ozimej, a także silna konkurencja zagranicznych firm nasienno-hodowlanych powoduje intensyfikację krajowej hodowli tego gatunku. Owocem tego procesu jest zwiększająca się w każdym roku liczba rodów pszenicy ozimej badanych w zespołowych doświadczeniach wstępnych przeprowadzanych w ramach zespołu do spraw hodowli pszenicy. W sezonie 2003/2004 do zespołowych

* Obliczenia statystyczne doświadczeń z rodami pszenicy ozimej wykonano w ramach tematu 7-1-01-6-08 finansowanego w ramach materiałów wyjściowych przez MRiRW

doświadczeń wstępnych zgłoszono łącznie 106 rodów pszenicy ozimej pochodzących z 7 polskich hodowli (tab. 1). W związku z tym zaszła konieczność modyfikacji dotychczasowego sposobu badania rodów pszenicy ozimej w doświadczeniach wstępnych i aby sprostać temu zadaniu zgłoszone rody pszenicy zostały podzielone na 2 grupy liczące po 56 obiektów. Na tej podstawie utworzono 2 serie doświadczeń polowych. Przeprowadzone według nowego sposobu doświadczenia wstępne miały umożliwić obiektywną ocenę badanego materiału zarówno pod względem plenności oraz ważnych cech rolniczych dla dużej liczby zgłoszonych rodów pszenicy ozimej. Otrzymane w ten sposób wyniki umożliwiają również ocenę rodów pszenicy ozimej w sposób kompleksowy polegający na podziale badanych cech na 3 klasy, które charakteryzują rody pszenicy ozimej pod względem ich przyporządkowaniu do odpowiedniej klasy (Węgrzyn, 1983). Taka forma wyników daje informacje nie tylko o wartościach pojedynczej cechy, ale również o związkach zachodzących pomiędzy cechami, które mogą być szczególnie interesujące z punktu widzenia hodowlanego. Przykłady statystycznych analiz wyników doświadczeń z rodami i odmianami pszenicy w wielu środowiskach można znaleźć m.in. w publikacjach Brancourta i wsp. (2001), Ceccarreliego i wsp. (1998), Cullisa i wsp. (1996), Gravoisa i wsp. (1993), Munzera (1981), Taicha (1983), Voltasa i wsp. (2005), Yana i wsp. (2001), Śmiałowskiego i wsp. (2001), Węgrzyna (1983, 1988, 1999, 2001) i Wrighta (1973). Przydatne opisy metod oraz przykładów obliczeń statystycznych doświadczeń polowych przeprowadzanych w wielu miejscowościach oraz latach przedstawił Freeman (1973) oraz Wolfram (1973).

Głównym celem pracy było wyodrębnienie najlepszych pod względem plenności oraz innych ważnych cech użytkowych rodów pszenicy ozimej badanych w wstępnych doświadczeniach hodowlanych w 2004 roku. Poznanie wartości rodów pszenicy ozimej korzystnie wyróżniających badane obiekty jest niezbędnym warunkiem wniosku skierowanego do Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych w celu przyjęcia do badań rejestracyjnych nowej odmiany.

Ważnym celem było również praktyczne sprawdzenie przydatności 2 serii doświadczeń do badania dużej liczby obiektów pszenicy ozimej w doświadczeniach wstępnych.

METODA I MATERIAŁ

Doświadczenia polowe w 2003 roku założono w 7 miejscowościach; Dębinie, Kobierzycach, Nagradowicach, Polanowicach, Smolicach, Strzelcach i Szelejewie. Badano łącznie 112 obiektów, które podzielono i utworzono 2 serie po 56 obiektów (53 rody pszenicy ozimej oraz 3 wspólne odmiany wzorcowe; Tonacja, Kobra i Korweta). Doświadczenia z obu serii rosły obok siebie w wymienionych miejscowościach, każde w 3 powtórzeniach na poletkach o powierzchni 10 m². Do przeprowadzenia doświadczeń zastosowano metodą niekompletnych bloków. W trakcie wegetacji stosowano ochronę przed chorobami i chwastami odpowiednią dla każdej miejscowości. Obserwacje polowe i analizy laboratoryjne objęły 16 cech. W każdej serii odnotowano datę kłoszenia i dojrzewania, wykonano pomiary wysokości roślin, oceniono wyrównanie, wyleganie oraz porażenie mączniakiem, rdzą brunatną, rdzą żółtą, rdzą żdźbłową, septorią liści

i kłosa, fusarium kłosa. W Smolicach w komorach chłodniowych wykonano ocenę mrozoodporności oraz ocenę porostu metodą prowokacyjną. Ocenę masy 1000 ziaren przeprowadzono w laboratoriach stacji hodowli roślin; Kobierzycach, Smolicach i Strzelcach. Opracowanie wyników doświadczeń wykonano w Zakładzie Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż IHAR w Krakowie (Śmiałowski i in., 2004; dane niepublikowane). Wyniki plonowania rodów w doświadczeniach każdej serii opracowano oddzielnie za pomocą standardowej analizy wariancji według dwukierunkowej klasyfikacji, rozdzielając zmienność całkowitą na składniki związane środowiskiem, składniki wynikające z różnic genetycznych między genotypami, oraz obejmujące interakcję genotypowo-środowiskową i błędu (Węgrzyn, 2001). Natomiast w ujęciu syntetycznym dla oceny poszczególnych obiektów z obu serii doświadczeń pod względem oceny efektu interakcji posłużono się modelem statystycznym (Węgrzyn, 2003);

$$x_{ij} = \mu + a_i + b_j + g_{ij},$$

gdzie: x_{ij} — jest średnim plonem z powtórzenia dla i -tego obiektu w j -tej miejscowości; μ — jest wartością wspólną dla wszystkich obserwacji; a_i — jest wartością efektu genetycznego; b_j — jest efektem j -tego środowiska i g_{ij} — jest efektem interakcji i -tego genotypu w j -tej miejscowości.

Obliczenia wykonano w Zakładzie Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż IHAR w Krakowie. Analizę wariancji plonu wykonano programem *ADOSBONS(TP)*, opracowanym przez prof. Stanisława Węgrzyna i przeznaczonym dla obliczania doświadczeń polowych założonych w układzie bloków niekompletnych z pełnymi obserwacjami dla każdej grupy osobno oraz razem 2 grup obiektów ($s_1 + s_2$) ze wspólnymi wzorcami. Natomiast programem *SYNDOCG(TP)* wykonano obliczenie i zestawienie średnich wartości dla cech mierzalnych i w skali z doświadczeń z każdej serii osobno oraz razem ($s_1 + s_2$) (Węgrzyn, 2001; Śmiałowski, 2004, dane niepublikowane). Zebrane w tabelarycznej postaci wartości plonów i cech z poszczególnych miejscowości oraz obliczone na tej podstawie średnie z miejscowości umożliwiły wyodrębnienie z badanego materiału najplenniejszych obiektów pszenicy ozimej. Na tej podstawie dokonano obszernej charakterystyki badanych rodów pod względem cech rolniczych obejmującą również ich zróżnicowanie. W celu kompleksowej oceny badanych rodów pszenicy łączących wysoką plenność z wartościami pozostałych cech badane cechy podzielono na 3 klasy (1, 2 i 3), gdzie „1” oznacza najlepszą klasę, „2” — średnią, a „3” — najslabszą klasę. Podziału dokonano za pomocą następujących wzorów (Węgrzyn, 1983); dla klasy 1; dla klasy 2; dla klasy 3:

$$\bar{x}_i \geq \left(\frac{2(\bar{x}_{\max} + \bar{x}_{\min})}{3(\bar{x}_{\max} + \bar{x}_{\min})} \right) \cdot \bar{x}_{..} \quad (1)$$

$$\left(\frac{2(\bar{x}_{\max} + 2\bar{x}_{\min})}{3(\bar{x}_{\max} + \bar{x}_{\min})} \right) \cdot \bar{x}_{..} \leq \bar{x}_i \leq \left(\frac{2(2\bar{x}_{\max} + \bar{x}_{\min})}{3(\bar{x}_{\max} + \bar{x}_{\min})} \right) \cdot \bar{x}_{..} \quad (2)$$

$$\bar{x}_i < \left(\frac{2(\bar{x}_{\max} + 2\bar{x}_{\min})}{3(\bar{x}_{\max} + \bar{x}_{\min})} \right) \cdot \bar{x}_{..} \quad (3)$$

gdzie

$\bar{x}_{\max}$ = maksymalna wartość średniej obiektowej (genotypowej) badanej cechy,

$\bar{x}_{\min}$ = minimalna wartość średniej obiektowej (genotypowej) badanej cechy,

$\bar{x}_{..}$ = średnia wartość cechy dla wszystkich obiektów,

$\bar{x}_i$ = wartość cechy dla i-tego obiektu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie wykonanego statystycznego opracowania zespołowych doświadczeń wstępnych z rodami pszenicy ozimej w roku 2004 wyodrębniono najplenniejsze rody hodowlane. Rody te zostały również objęte obszerną charakterystyką pod względem innych cech użytkowych.

W oparciu o uzyskane wyniki najlepsze rody z doświadczeń wstępnych zostały zgłoszone przez hodowców do badań rejestracyjnych w COBORU. Zgodnie z założonym celem pracy podjęto ocenę wyników z doświadczeń i omówienia ich przydatności do badania dużej liczby obiektów. W tabeli 1 przedstawiono liczbę badanych rodów z poszczególnych „hodowli”. Rody zgłoszono do doświadczeń wstępnych przez poszczególne stacje w zbliżonej ilości.

Tabela 1

Udział rodów pszenicy ozimej z polskich firm hodowlanych w badaniach wstępnych w 2004 roku
The participation of strains of winter wheat from various Polish breeding companies in preliminary experiments in the year 2004

Pochodzenie rodów The origin of strains	Liczba badanych rodów No of investigated strains
Hodowla Roślin DANKO	16
Poznańska Hodowla Roślin	16
Małopolska Hodowla Roślin	16
Hodowla Roślin Kobierzyce	16
Hodowla Roślin Smolice	16
Hodowla Roślin Strzelce	15
Hodowla Roślin Szelejewo	11
Wzorce — Standard	6
Razem — Total	112

Na tej podstawie można przypuszczać, że zakres i poziom prac hodowlanych oraz potencjał polskiej hodowli pszenicy ozimej jest silnie wyrównany i konkurencyjny. Słuszność tego poglądu potwierdzają wyniki analizy statystycznej przedstawionej w tabeli 2. Przeprowadzona analiza wariancji dla plonu wykazała zbliżone wartości średnich kwadratów dla plonu w obu seriach pomimo udziału w tych doświadczeniach odmiennych obiektów (tab. 2). Stwierdzono istotne, ale niewielkie zróżnicowanie plonów pszenicy ozimej (tab. 2).

Tabela 2

Analiza wariancji plonu ziarna rodów pszenicy ozimej osobno dla 2 serii oraz razem dla 1 i 2 serii
The analysis of variance for grain yield of winter wheat strains, separately for two series, and the analysis of variance for the both series together

Źródła zmienności Source of variance	Liczba. stopni swobody Degrees of freedom	Seria 1 Series 1	Seria 2 Series 2	Analiza wariancji łącznie dla 1. i 2. serii The analysis of variance for joint series	
		średni kwadrat mean of squares	średni kwadrat mean of squares	liczba stopni swobody degrees of freedom	średni kwadrat mean of squares
Miejscowości Locations	6	14813,9**	9804,78**	13	11362,5**
Bloki w miejscowościach Block × locations	161	99,6	99,7	322	99,7
Obiekty (rody) Objects (strains)	55	283,9**	356,3**	108	325,3**
Interakcja Interactions	330	79,7**	64,5**	662	72,0**
Błąd Error	623	28,3	19,9	1246	24,1
Średnia Mean		100,6	100,9		100,8
Błąd Error		5,3	6,5		4,9

*, **Istotne odpowiednio dla P = 0,05 lub 0,01

*, **Significant for P = 0.05 and 0.01, respectively

Również nieznaczne różnice pomiędzy wysokimi plonami ziarna w Kobierzycach, Smolicach, Polanowicach i NAGRADOWICACH (ponad 100 dt/ha), a nieco słabszymi plonami ziarna w Strzelcach, Dębinie i Szelejewie, (poniżej 100 dt/ha) pozostają w ścisłym związku z żyznością gleby, a szczególnie z warunkami agrotechnicznymi wzrostu, wegetacji i dojrzewania roślin (tab. 3). Podobne spostrzeżenia wskazujące jednocześnie na silną interakcję genotypów ze środowiskiem dla badanych w różnych warunkach odmian uprawnych pszenicy ozimej opisują Weikai Yan i wsp. (2001). Stwierdzono na ogół dobrą zgodność plonów (mierzoną współczynnikami korelacji) pomiędzy rodami pszenicy ozimej w miejscowościach ze średnim plonem z wszystkich miejscowości (tab. 3). Szczególnie wysoką zgodność plonu odnotowano w drugiej serii w Dębinie (0,83), a także w Kobierzycach, Smolicach i Strzelcach, nieco słabszą w Polanowicach w pierwszej serii (0,51). Zbliżone uszeregowanie rodów pszenicy ozimej w miejscowościach ze średnią genotypową ze wszystkich miejscowości świadczy o trafnym doborze tych miejscowości do przeprowadzania doświadczeń odmianowych. Jednak według niektórych poglądów (Ceccarelli, 1998; Węgrzyn, 1999) wysoka zgodność plonów rodów pszenicy ozimej niestanowiących próby reprezentacyjnej z populacji w stacji wskazuje, że miejscowość ta może jednak maskować efekty interakcji genotypowo-środowiskowej, a zatem nie ujawniać wszystkich efektów genetycznych badanych rodów. Podobne wnioski z obserwacji zachowania się 24 rodów pszenicy ozimej w wielu miejscowościach opisane przez Munzera (1981) wskazują na potrzebę eliminacji nieodpowiednich miejscowości oraz doboru do doświadczeń wiarygodnych lokalizacji.

Tabela 3

Ocena plonowania obiektów pszenicy ozimej w poszczególnych miejscowościach w każdej serii osobno oraz średnie wartości 2 serii

The yield estimation for the objects of winter wheat in all locations, separately for each series and average values for the two series

Miejscowości Locations	Seria 1 Series 1					Seria 2 Series 2					Średnie z dwóch serii The averages from two series	
	plony rodów yields of strains	CV (%) coeff. of var.	plony wzor- ców yield of standards	NIR LSD	współ- czynniki zgod- ności *	plony rodów yields of strains	CV (%) coeff. of var.	plony wzorców yield of standards	NIR LSD	współ- czynniki zgod- ności *	średni plon rodów average yield of strains	średni plon wzor- ców average yield of standards
Dębina	99,3	3,3	99,1	5,28	0,68	99,9	3,1	102,3	5,11	0,83	99,6	100,7
Kobierzyce	113,3	5,2	111,5	9,58	0,79	108,9	3,4	110,1	6,07	0,79	111,7	110,8
Nagradowice	101,2	5,9	100,6	9,65	0,53	106,0	5,1	103,4	8,71	0,73	102,3	102,0
Polanowice	102,8	7,2	97,9	11,97	0,51	101,4	4,5	97,2	7,5	0,59	102,1	97,6
Smolice	106,7	3,8	106,8	6,56	0,66	104,5	3,6	104,5	6,19	0,73	105,6	105,7
Strzelce	98,1	5,4	101,2	8,6	0,60	100,7	4,5	100,9	7,45	0,62	99,4	101,1
Szelejewo	82,7	5,3	80,7	7,1	0,58	85,2	6,5	85,0	8,99	0,63	83,9	82,9
Średnia Mean	100,6	5,3	99,7	4,11		100,9	4,4	100,5	3,6		100,8	100,1

* Współczynniki korelacji pomiędzy średnimi plonami w miejscowościach ze średnimi ogólnymi

* Coefficients of correlation between average yields in localities and grand means

W tabeli 4 dokonano charakterystyki badanych w doświadczeniach wstępnych rodów pod kątem ich kompleksowej wartości rolniczej obejmującej plon i pozostałe cechy. Stwierdzono silne zróżnicowanie rodów pszenicy ozimej tylko dla 3 cech; odporność na porastanie (22,2% CV), odporność na wyleganie (13,9% CV) i mączniaka (11,5% CV). Pozostałe cechy charakteryzowały się niską zmiennością. Przeprowadzona ocena wykazała również, że wzorzec Tonacja pod względem wielu cech nie ustępował najlepszym badanym rodowi pszenicy ozimej (tab. 4). Również wysoką plennością odznaczał się wzorzec Kobra, przewyższając wspólnie z Tonacją średni plon rodów pszenicy ozimej w Dębinie, Strzelcach i Smolicach (tab. 3).

Spośród badanych rodów wyodrębniono liczną grupę (63 obiekty) przewyższającą plonem najplenniejszy wzorzec (odmianę Tonację). Dokonany według zaproponowanej przez Węgrzyna (1983) metody podział pozostałych cech na trzy klasy wykazał, że w pierwszej klasie najliczniej reprezentowaną grupą rodów pszenicy były formy odporne na rdzę żółtobłądą (94), a także mrozoodporność (46) i *fusarium* kłosa (54). Najsłabiej reprezentowane w pierwszej klasie były rody pszenicy o krótkim korzystnym terminie dojrzewania (6). Niewielka też była liczba obiektów o wysokiej odporności na mączniaka oraz skróconym żdźble (po 7 rodów).

Tabela 4

Zestawienie parametrów charakteryzujących badane obiekty w doświadczeniach wstępnych
The list of parameters characterizing the investigated objects in the preliminary experiments

Cechy Traits	Liczba obserwacji No. of observations	Średnia cechy Mean	Zakresy klas od 1 do 3 Ranges for classes 1–3			Wartość wzorca Controls' values	CV (%) Coefficient of variability	Liczba rodów w 1 klasie No. of strains in the first class
			1	2	3			
Mrozoodporność (%) Frost resistance	2	98	100,0	98,7–90,7	50,0	99	7,23	46
Termin kłoszenia (liczba dni) Heading date (days)	14	34	28	30,0–36,7	38	34	6,8	11
Termin dojrzewania Maturity date (days)	6	86	82	83,3–87,3	88	86	1,49	6
Wysokość roślin (cm) Plant height	14	110	88	99,0–118,5	127	108	6,23	7
Wyrównanie (1-9) Uniformity	2	7,6	8,0	7,86–7,13	6,9	7,7	4,52	39
Wyleganie (1-9) Lodging	8	7,4	9,0	8,46–6,56	4,9	7,4	13,87	18
Mączniak (1-9) Mildew	14	7,4	8,4	8,0–6,56	6,2	7,0	11,5	7
Rdza brunatna (1-9) Bron rust	10	8,2	9,0	8,7–6,93	4,8	7,8	6,98	22
Rdza żółta (1-9) Yellow rust	2	8,1	9,0	8,7–7,16	6,7	8,2	8,36	17
Rdza żółtobłowa (1-9) Stem rust	2	8,9	9,0	9,0–8,8	8,4	9,0	1,73	94
Septoria liści (1-9) Septoria on leaves	12	6,9	8,0	7,63–5,9	5,5	7,1	8,14	17
Septoria kłosa (1-9) Septoria on spikes	4	7,3	8,4	8,03–6,63	6,3	7,3	5,58	13
Fusarium kłosa (1-9) Fusarium on spikes	2	8,9	9,0	8,89–7,96	7,5	8,8	3,18	54
Masa 1000 ziaren (g) TKW	6	50,5	56,5	54,4–45,0	42,5	49,8	6,57	19
Porastanie (1-9) Sprouting	2	6,1	8,1	7,4–3,9	2,4	5,9	22,17	22
Plon (dt/ha) Yield	14	100,8	110,0	100,5*	91,0	100,1	5,52	63*

* Poziom wzorca; Tonacja, level of standard; Tonacja

** Liczba rodów lepszych od wzorca Tonacja; The number of strains better than the standard

Okazało się, że najplenniejsze rody łączyły wysoki plon na ogół z przeciętnymi cechami 2. klasy (tab. 5). Tylko nieliczne plenne rody łączyły plon z cechami z klasy 1, a zdarzały się rzadko obiekty łączące wysoki plon z cechą z 3. klasy (tab. 5). Okazało się zatem, że istotnym warunkiem wysokiej plenności rodów pszenicy ozimej jest wyrównany i przeciętny poziom ważnych cech rolniczych. Niższy poziom tylko jednej cechy, przy wyższych wartościach pozostałych, może nie gwarantować dobrej plenności.

Tabela 5

Charakterystyka rodów pszenicy ozimej pod względem pozostałych cech na podstawie podziału ich na trzy klasy oraz przyporządkowanie każdej cechy do odpowiedniej klasy

The characterization of strains of winter wheat in respect of the remaining traits on the ground of their partition into three classes and assignment of every feature to the suitable class

L.p. No.	Rody Strains	Cechy — Traits																
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
1	STH 5295/1	110,0	109,9	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	1	2	2
2	NAD 096/98	109,9	109,8	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
3	AND 259/98	108,4	108,3	1	3	2	2	3	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
4	HEC 1261/00	108,4	108,3	1	2	2	2	3	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2
5	KOC 2820/01	108,1	108,0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	3
6	STH 1427	107,2	107,1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
7	MOB 3751/99	106,5	106,4	1	2	3	3	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2
8	AND 418/99	106,5	106,4	1	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2
9	MOB 3926/99	106,4	106,3	1	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2
10	CHD 600/00	106,3	106,3	3	2	3	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
11	KOC 2672/01	105,6	105,5	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	1	1
12	KOC 2047/01	105,5	105,4	1	2	2	3	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
13	SMH 7021	105,5	105,4	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2
14	STH 5338	105,1	105,0	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1
15	MOB 3191/99	105,0	104,9	1	3	3	3	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	3
16	MOB 3977/99	104,9	104,9	1	2	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2
17	CHD 342/98	104,9	104,9	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2
18	KOC 787/00	104,4	104,3	1	1	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1
19	LAD 755/00	104,3	104,2	1	2	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2	1	2	2
20	SZD 569	104,1	104,0	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2
21	DAD 2506/00	103,7	103,7	3	2	2	2	1	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2
22	HRSM 26	103,6	103,6	1	2	2	2	1	3	1	2	1	1	2	2	1	2	2
23	HEC 780/00	103,4	103,3	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2
24	SZD 562	103,3	103,2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2
25	STH 5125	103,1	103,0	1	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1	2	2
26	HRSM 91	103,1	103,0	1	2	2	3	1	2	1	2	3	1	2	2	1	2	1
27	MIB 371/99	103,1	103,0	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	2	2	2	1
28	HEC 659/99	103,0	102,9	1	1	1	2	1	2	2	2	2	1	2	3	1	1	2
29	SMH 6847	102,9	102,9	1	2	2	2	1	3	2	2	2	1	2	2	1	2	1
30	POB 126/00	102,9	102,8	2	2	2	3	2	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2
31	KOC 1437/01	102,9	102,8	1	1	1	2	1	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2
32	POB 654/95	102,9	102,8	2	2	2	2	2	1	2	1	3	1	2	2	1	2	2
33	MOB 4032/99	102,8	102,8	1	2	2	2	3	2	2	1	1	1	2	2	2	2	3
34	LAD 758/00	102,8	102,7	2	2	2	2	1	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2
35	POB 452/01	102,7	102,6	3	2	2	3	1	3	3	3	2	3	2	2	1	2	2
36	SMH 7299	102,7	102,6	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
37	LAD 319/99	102,7	102,6	1	3	3	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	3
38	CHD 498/00	102,5	102,4	2	2	2	2	2	3	2	2	1	1	1	2	2	2	2
39	NAD 254/98	102,4	102,3	2	2	2	2	1	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2
40	AND 1237/99	102,3	102,3	1	2	2	2	2	3	2	2	3	1	2	2	1	2	2
41	NAD 253/98	102,3	102,2	1	2	2	2	3	3	2	2	1	3	2	2	2	2	1
42	KOC 2339/01	102,2	102,1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	3	3	2	1	1	3

L.p. No.	Rody Strains	Cechy — Traits																
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII
43	SMH 6996	102,2	102,1	1	2	2	2	3	3	1	2	2	1	2	2	2	2	2
44	NAD 088/98	102,1	102,1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2
45	SZD 601	102,1	102,0	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	1	2
46	POB 495/01	101,7	101,6	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
47	STH 332	101,6	101,5	2	3	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	2
48	SZD 597	101,6	101,5	1	2	2	2	2	1	2	1	3	3	2	2	2	2	3
49	NAD 016/98	101,4	101,3	2	2	2	2	2	3	2	2	1	1	2	2	2	2	2
50	AND 953/99	101,3	101,2	1	3	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2
51	AND 981/97	101,2	101,1	1	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	2	3
52	MIB 372/99	101,2	101,1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	3	2	2	2
53	DAD 408/99	101,2	101,1	3	2	2	2	1	3	2	3	3	1	2	2	1	2	2
54	KOC 2374/01	101,1	101,0	1	2	2	2	2	2	2	1	3	1	2	2	3	2	2
55	DAD 1332/00	101,1	101,0	1	2	2	2	1	3	2	2	2	1	2	1	1	2	2
56	STH 175	101,0	100,9	3	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2
57	CHD 892/00	101,0	100,9	1	2	2	2	2	3	1	2	2	1	2	2	1	2	2
58	POB 470/01	101,0	100,9	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
59	AND 1790/97	100,8	100,8	1	3	2	2	2	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2
60	DAD 2522/00	100,8	100,7	2	2	2	2	1	3	2	2	3	1	2	2	1	2	2
61	LAD 425/99	100,8	100,7	2	2	2	2	1	3	2	1	2	1	2	2	1	3	1
62	STH 327	100,7	100,6	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	2
63	STH 1596	100,7	100,6	2	2	2	2	2	1	2	3	3	1	2	1	1	2	1
64	Tonacja (wz.1)	100,5	100,5	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	2	2

Pominięto rody, które plennością ułożywały się poniżej wzorca Tonacja

The strains with yields below the Tonacja standard were skipped

I. Plon ziarna / Yield of grain; II. Procent wzorca / The percentage of the standard

III. Mrozoodporność / Resistance to frost; IV. Liczba dni 1.V-kłoszenia / No of days from 1 V- heading

V. Liczba dni 1.V-dojrzwiania / No. Of days from 1.V-maturity / VI. Wysokość; Plant height

VII. Wyrównanie / Uniformity; VIII. Wyleganie / Lodging; IX. Mączniak / Powdery mildew

X. Rdza brunatna / Brown rust; XI. Rdza żółta / Yellow rust; XII. Rdza żółtobłowa / Stem rust

XIII. Septoria liści / Septoria, leaf; XIV. Septoria kłosa / Septoria, ears; XV. Fusarium kłosa / Fusarium, ears

XVI. Masa 1000 ziaren / 1000 grain weight; XVII. Porastanie / Sprouting

Klasy / Clases:

1. Najlepsza; The best

2. Przeciętna; Average

3. Słaba; Weak

WNIOSKI

1. Wyniki badań rodów pszenicy ozimej przeprowadzonych w doświadczeniach wstępnych w 2004 roku wskazują na duży potencjał hodowlany polskich spółek nasienne-hodowlanych w hodowli nowych odmian pszenicy ozimej.
2. Na podstawie syntezy plonu 2 grup pszenicy ozimej z badanego materiału wyodrębniono bardzo liczną grupę rodów pszenicy ozimej przewyższającą znacznie plonem oraz cechami wzorcową odmianę Tonację.
3. Wysokopienne rody pszenicy charakteryzowały się przeciętnymi, ale stabilnymi wartościami większości cech rolniczych z wyjątkiem mrozoodporności i odporności na rdzę żółtobłową (wartości tych cech dla większości rodów były w 1. klasie). Przeprowadzona analiza wskazuje, że istotnym warunkiem wysokiej plenności rodów

- pszenicy ozimej jest wyrównany poziom innych cech badanych rodów często na przeciętnym poziomie mieszczącym się w górnych granicach 2. klasy.
4. Doświadczenia wstępne pszenicy ozimej z rodami pszenicy ozimej przeprowadzone w 2 seriach oraz wykonana na tej podstawie statystyczna analiza wyników, okazały się przydatne do badania i wyodrębnienia dużej liczby wartościowych rodów pszenicy ozimej.

LITERATURA

- Brancourt-Hulmel M., Lecomte C., Denis J. B. 2001. Choosing probe genotypes for the analysis of genotype-environment interaction in winter wheat trials. *Theor. Appl. Genet.* 103, 2/3: 371 — 382.
- Ceccarelli S., Grand S., Impiglia A. 1998. Chosen of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica* 103: 301 — 318.
- Cullis B. R., Thomson F. M., Fisher J. A. 1996. The analysis of the NSW wheat variety database II. Variance component estimation. *Theor. Appl. Genet.* 92, 1: 28 — 39.
- Gravois K. A., McNew R. W. 1993. Combining ability and heterosis in U.S Southern Long-Grain. *Crop Sci.* 33: 83 — 86.
- Freeman G. M. 1973. Statistical method for the analysis of genotype-environments interactions. *Heredity* 31: 339 — 354.
- Munzer E. 1981. Die Gewichtung von Einzelversuch eine Verbesserung der Aussagekraft von Stammesprüfungen. *Z. Pflanzenzüchtung* 87: 1 — 24.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2001. Przydatność punktów doświadczalnych do oceny materiałów hodowlanych żyta ozimego. *Biul. IHAR* 218/219: 409 — 418.
- Taich A. H. 1983. Yield stability of cultivars and lines of winter wheat. *Cereal Res. Commun.* 11: 197 — 2002.
- Volta J., Lopez-Corcoles H., Borras G. 2005. Use of biplot analysis and factorial regression for the investigation of superior genotypes in multi-environment trials. *Europ. J. Agron.* 22: 309 — 324.
- Weikai Yan., Hunt L. A. 2001. Interpretation of genotype × environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.* 41: 19 — 25.
- Węgrzyn S. 1983. Ocena postępu hodowli pszenicy ozimej na podstawie wyników doświadczeń hodowlanych. *Prace badawcze grupy problemowej. IHAR, Radzików*: 15 — 28.
- Węgrzyn S. 1988. Synteza i wyodrębnianie materiałów wyjściowych dla hodowli zbóż. *Zesz. Probl. IHAR Radzików*: 31 — 40.
- Wolfram M. 1973. Methoden zur Untersuchung von Genotyp-Umwelt Wechselwirkungen in der Pflanzenzüchtung. *Archiv. Züchtungsforchung* 3: 85 — 105.
- Węgrzyn S. 1999. Wybór miejscowości do oceny plonowania rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 211: 3 — 11.
- Węgrzyn S. 2001. Możliwości wykorzystania metod statystycznych do opracowania wyników doświadczeń w hodowli roślin. *Biul. IHAR.* 218/219: 5 — 14.
- Wright A. J. 1976. Bias in the estimation of regression coefficient in the analysis of genotype-environmental interaction. *Heredity* 37: 299 — 303.

Autor dziękuje wykonawcom prac polowych i laboratoryjnych ze Stacji Hodowli Roślin mgr. J. Bogackiemu, dr. A. Bichońskiemu, mgr. Z. Bystremu, dr. Z. Nicie, dr. W. Mikulskiemu, dr. E. Witkowskiemu, mgr. J. Bojarczukowi i mgr. J. Torbie, a zwłaszcza konsultantowi dr. Tadeuszowi Drzazdze i Pani Władysławie Lorek, która wykonała obliczenia.

TADEUSZ DRZAZGA¹**PAWEŁ KRAJEWSKI**²**LUDWIK SPISS**³¹ Hodowla Roślin Rolniczych — Nasiona Kobierzyc² Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu³ Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa, Akademia Rolnicza w Krakowie

Tendencje w plonowaniu pszenicy jarej i ozimej na podstawie wstępnych doświadczeń hodowlanych

Yielding trends of winter and spring wheat based on preliminary trials experiments

Celem pracy była analiza zmian w produktywności pszenicy jarej i ozimej na podstawie wyników plonowania z doświadczeń hodowlanych przeprowadzonych w okresie 1981–2004. Dla pszenicy jarej do analiz wykorzystano wyniki doświadczeń założonych w Pustkowie i Henrykowie (Dolny Śląsk); dla pszenicy ozimej — w Pustkowie i Polanowicach (Małopolska). Trend średnich plonów w latach oszacowano za pomocą lokalnie ważonej regresji liniowej. Dla pszenicy jarej przebieg linii regresji analizowanych statystyk dla obu siedlisk do roku 1999 nie wskazuje na zmiany w czasie w plonowaniu uwarunkowane genetycznie, dopiero w ostatnich pięciu latach stwierdzono rosnący trend w obu stacjach. Przebieg linii regresji średniej ogólnej i średniej dla wzorca pszenicy ozimej jest rosnący, co wynika z wprowadzania do badań rodów o coraz lepszej plenności. W ciągu całego okresu poziom plonowania najwartościowszych rodów był znacznie wyższy od najlepszego wzorca. Świadczy to o wysokiej efektywności polskiej hodowli w kierunku poprawy plenności.

Słowa kluczowe: hodowla roślin, plon ziarna, potencjał plonowania, pszenica jara i ozima

The paper analyzes the changes in yielding of spring and winter wheat on the basis of breeding trials conducted in the years 1981–2004. Results of trials from Pustków and Henryków (Dolny Śląsk) were used for spring wheat, and results from Pustków and Polanowice (Małopolska) for winter wheat. The trend of changes was estimated by locally weighted linear regression. For spring wheat the regression line shows no genetically determined increase of yielding until 1999; only in the last five years the productivity rised. For winter wheat the trend of general mean and the mean for standard varieties is increasing, which shows that new varieties with better productivity were continuously introduced. In the whole period the yield of the best varieties was substantially higher than the yield of the best standards, which proves high effectively of Polish breeding with respect to improvement of yielding.

Key words: plant breeding, grain yield, yielding potential, winter wheat, spring wheat

WSTĘP

Pojęcie potencjalnej produktywności nie jest jednoznacznie i ściśle zdefiniowane. Spotkać się można z określeniem potencjalnej produktywności jako pełnej realizacji możliwości genetycznych rośliny. W przypadku zbóż jest to plon ziarna, który by powstał gdyby były płodne wszystkie kwiaty oraz gdyby ziarniaki miały masę charakterystyczną dla danego zboża (Byszewski, 1977). W innym ujęciu produktywność potencjalna jest to poziom plonowania, który można uzyskać stwarzając najkorzystniejsze warunki wzrostu, rozwoju i dojrzewania badanego zboża. W praktyce są to tzw. plony rekordowe, uzyskane na polach produkcyjnych w najlepszych rejonach, a w badaniach — plony wyliczone na podstawie danych z doświadczeń poletkowych prowadzonych przy wyeliminowaniu czynników ograniczających plonowanie (Avron, 1972; Faber, 1996). W takim przypadku potencjał plonowania zależy wyłącznie od wielkości produkcji biomasy w procesie fotosyntezy w okresie tworzenia się plonu rolniczego pomniejszonej o straty wynikające z oddychania oraz od ilości asymilatów przemieszczanych z innych części rośliny do organów stanowiących plon.

Produktywność potencjalną można obserwować w doświadczeniach prowadzonych z pełną ochroną, przy zastosowaniu optymalnego nawożenia. Takie doświadczenia nie są liczne. W związku z tym, w pracy analizujemy trendy zmian produktywności rzeczywistej na podstawie doświadczeń hodowlanych przeprowadzonych w okresie 1981–2004 bez stosowania środków ochrony. Celem pracy jest znalezienie różnic w zmianach produktywności pomiędzy różnymi formami pszenicy (jarą i ozimą) oraz pomiędzy różnym typami środowisk, reprezentowanymi przez dwie stacje hodowlane. Porównanie produktywności rzeczywistej i potencjalnej wykonano na podstawie wyników doświadczenia porejestrowego założonego na dwóch poziomach agrotechnicznych: podstawowym i intensywnym z zastosowaniem dodatkowego nawożenia azotowego oraz środków ochrony (retardant, fungicyd).

MATERIAŁY I METODY

Dane pochodzą z doświadczeń wstępnych pszenicy jarej i ozimej zakładanych metodą bloków niekompletnych, w 3–4 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 10 m². W doświadczeniach tych nie prowadzono żadnych zabiegów związanych z ochroną przed chorobami i wyleganiem. Zestaw odmian wzorcowych był zmienny w latach i zgodny z zaleceniami COBORU. W przypadku pszenicy jarej, do analiz wykorzystano wyniki doświadczeń założonych w Pustkowie-KOC i Henrykowie-HEC (Dolny Śląsk), a ozimej: w Pustkowie i Polanowicach-POB (Małopolska). Badania struktury interakcji genotypowo-środowiskowej wykazały, że stacje doświadczalne KOC i HEC oraz KOC i POB są dość oddalone od siebie w sensie zróżnicowanej reakcji genotypów (Drzazga i Krajewski, 2000; Drzazga i Krajewski, 2001). Gleby występujące w Pustkowie należą do szarych ziem na podłożu żwirowym. Glebę pola doświadczalnego w Henrykowie stanowił less brunatny na podłożu gliniastym, w Polanowicach — czarnoziem zdegradowany na podłożu

wapiennym. Wszystkie te gleby charakteryzują się dobrą zasobnością w przyswajalne formy składników pokarmowych i zaliczane są do kompleksu pszennego bardzo dobrego.

Dla przedstawienia trendu plonowania w każdej stacji hodowlanej uwzględniono następujące charakterystyki statystyczne:

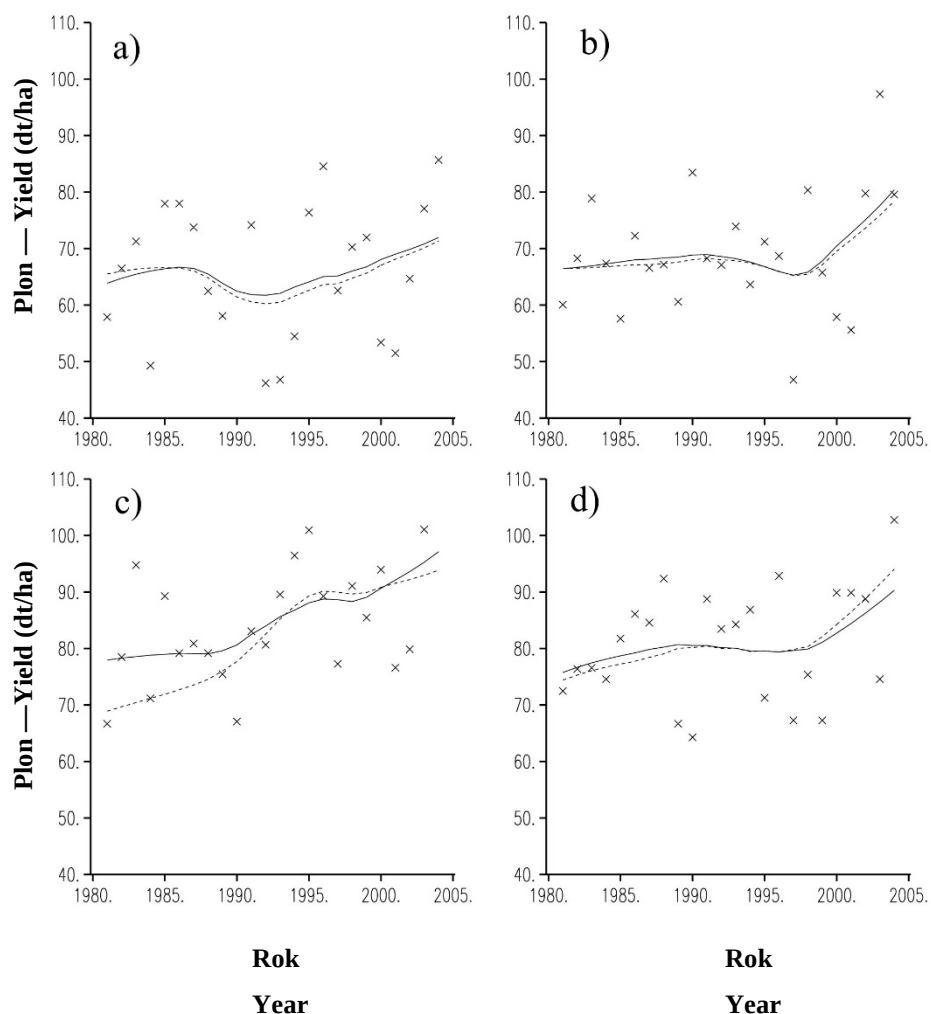
- średnią ogólną plonów badanych obiektów w każdym roku,
- średnią plonów odmian wzorcowych,
- plon najlepszego wzorca,
- średnią plonów rodów plonujących powyżej najlepszego wzorca.

Trend zmian średnich plonów w latach oszacowano za pomocą lokalnie ważonej regresji liniowej (Cleveland, 1979) przy wykorzystaniu pakietu statystycznego Genstat 6 (Payne, 2000).

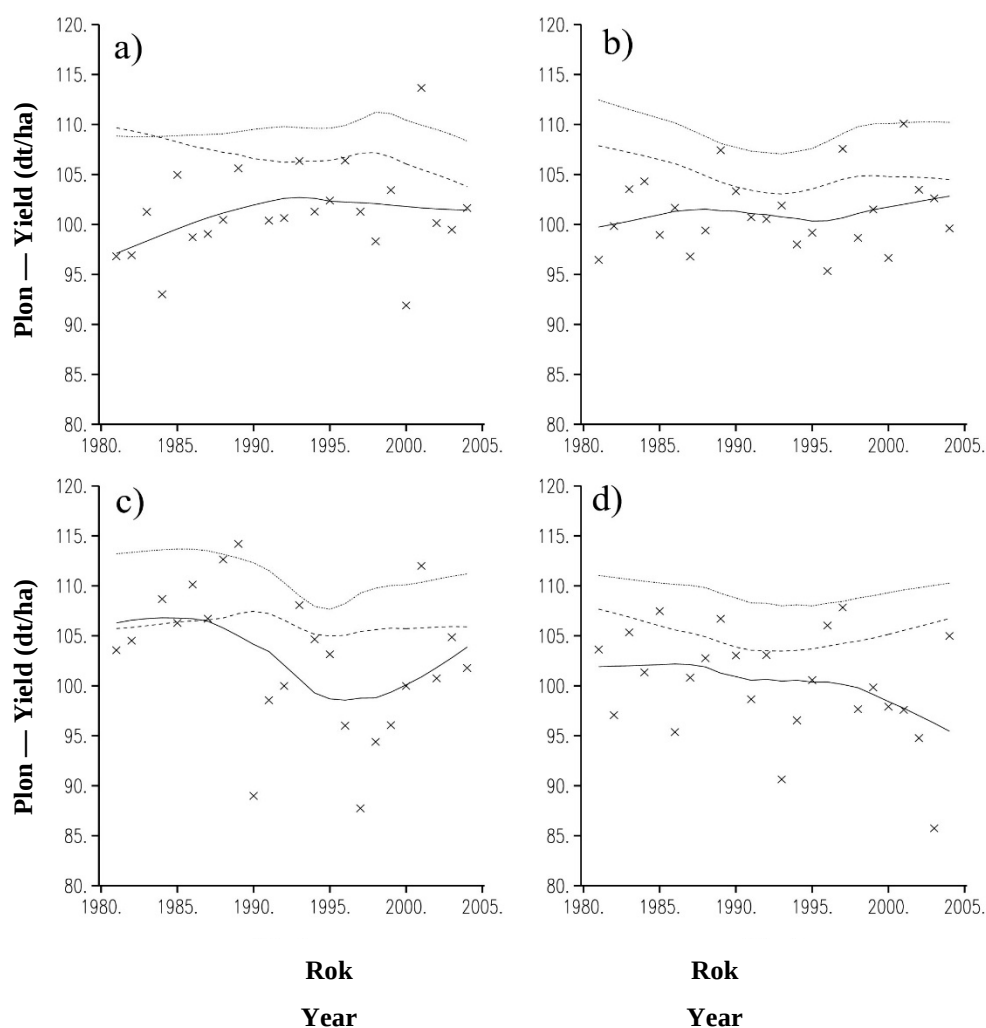
WYNIKI

Średnie ogólne plonów rodów pszenicy jarej w okresie 1981–2004 wskazują, że miejscowości Pustków i Henryków są środowiskami sprzyjającymi wysokiemu plonowaniu (rys. 1 a b). Średnia plonów za ten okres w Pustkowie i Henrykowie wyniosła odpowiednio 66 i 69 t/ha. W warunkach Pustkowa najwyższe plonowanie pszenicy jarej uzyskano w roku 2004 (średnia ogólna 86 dt/ha), a najniższe w latach 1984, 1992, 1993, 2000 i 2001 (średnia ogólna ≈ 50 dt/ha). Widoczna duża zmienność plonowania w latach dla tej stacji uwarunkowana jest występowaniem gleb na podłożu przepuszczalnym, co jest przyczyną częstych niedoborów wilgoci. Mniejsze wahania plonowania rodów pszenicy jarej obserwowano w Henrykowie (rys. 1 b). Najwyższy poziom plonów odnotowano w roku 2003 (średnia ogólna — 97 dt/ha), a najniższy w latach 1981, 1985, 1989, 1997, 2000 i 2001 (średnia ogólna ≈ 60 dt/ha). Przebieg linii regresji analizowanych statystyk dla obu siedlisk do roku 1999 nie wskazuje na zmiany w plonowaniu, dopiero w ostatnich pięciu latach stwierdzono rosnący trend w obu stacjach. Położenie linii regresji średniej plonów rodów lepszych od najwyższego wzorca w stosunku do linii jego plonowania, świadczy o stałym i równomiernym wprowadzaniu materiału hodowlanego o większej produktywności od odmian wzorcowych (rys. 2 a i b). Tendencja zmian była podobna w obu środowiskach, z wyjątkiem początku lat osiemdziesiątych, kiedy to w Pustkowie nie obserwowano rodów lepszych od najlepszego wzorca.

Średnie plony rodów pszenicy ozimej w Pustkowie i Polanowicach były zbliżone i wyniosły odpowiednio 85 i 81 dt/ha. Rekordowe plony dla obu środowisk uzyskano w roku 2004 (średnia ogólna: 113 i 103 dt/ha; rys. 1 c i d). Przy braku tak korzystnych warunków agrometeorologicznych, badane rody pszenicy ozimej osiągnęły w innych latach plony nieco powyżej 60 dt/ha. W sprzyjających warunkach roku 2004 w Pustkowie poziom najbardziej plennych rodów przekroczył 120 dt/ha. Przebieg linii regresji średniej ogólnej i średniej wzorca był rosnący w całym badanym okresie, szczególnie w Pustkowie. W ciągu całego okresu poziom plonowania najwartościowszych rodów był znacznie wyższy od najlepszego wzorca, jakkolwiek wystąpiły różnice w tym zakresie pomiędzy środowiskami w połowie lat dziewięćdziesiątych.



Rys. 1. Plony rodów pszenicy jarej (a, b) i ozimej (c, d) w doświadczeniach wstępnych w latach 1981-2004. a, c — doświadczenia w Pustkowie, b — doświadczenia w Henrykowie, d — doświadczenia w Polanowicach; punkty — średnie plony dla rodów w doświadczeniach, linia ciągła — trend zmian średnich plonów dla rodów, linia przerywana — trend zmian średnich plonów wzorców
Fig. 1. Yields of spring wheat (a, b) and winter wheat (c, d) lines in preliminary experiments in the years 1981-2004. a, c — trials in Pustków, b — trials in Henryków, c — trials in Polanowice; points represent mean yields in the experiments, solid line — the smoothed trend of the mean yields, broken line — the smoothed trend of the mean yields of the standards



Rys. 2. Plony rodów pszenicy jarej (a, b) i ozimej (c, d) w doświadczeniach wstępnych w latach 1981–2004, wyrażone w procentach średniej dla wzorców. a, c — doświadczenia w Pustkowie, b — doświadczenia w Henrykowie, d — doświadczenia w Polanowicach; punkty — średnie plony dla rodów w doświadczeniach, linia ciągła — trend zmian średnich plonów dla rodów, linia przerywana — trend zmian najlepszego wzorca, linia kropkowana — trend zmian średnich dla rodów lepszych od wzorca
Fig. 2. Yields of spring wheat (a, b) and winter wheat (c, d) in preliminary experiments in the years 1981–2004, expressed as percentage of the mean for standard varieties. a, c — trials in Pustków, b — trials in Henryków, c — trials in Polanowice; points represent mean yields in the experiments, solid line — the smoothed trend of the mean yields, broken line — the smoothed trend of the best standard, dotted line — the smoothed trend for the mean of lines better than the best standard

DYSKUSJA

Przedstawione wyniki pokazują, że przebieg zmian produktywności rzeczywistej dla jarej formy pszenicy był inny niż dla ozimej. Przyrost produktywności formy jarej jest obserwowany w ostatnich pięciu latach, podczas gdy dla formy ozimej od wielu lat. Ponadto, ocena zmian produktywności dla pszenicy ozimej może zależeć od środowisk, w których prowadzi się doświadczenia.

Z porównania wyników doświadczeń hodowlanych i porejestrowych wynika, że odmiany nowo wprowadzone do uprawy w Polsce osiągają pułap produktywności potencjalnej.

Przyjmując potencjał fotosyntezy podczas wypełniania ziarna jako funkcję indeksu liściowego w czasie kwitnienia, zdolności pobierania światła i długości okresu wypełniania, Austin i wsp. (1989) uważają, że w warunkach strefy umiarkowanej możliwa jest do osiągnięcia produkcja biomasy w granicach 220–270 dt/ha. Przy założeniu, że indeks żniwny równy jest 56%, plon ziarna przy biomase 250 dt/ha wyniósłby 140 dt/ha. Zbliżone plony do tej wartości uzyskano w porejestrowym doświadczeniu odmianowym z pszenicą ozimą w warunkach Pustkowa (tab. 1).

Tabela 1

Wyniki plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej w doświadczeniu porejestrowym. Pustków, 2003–2004

Yields of winter wheat varieties in a post-registration trial. Pustków, 2003–2004)

Odmiana Variety	Hodowca Breeder	Plon ziarna — Yield of grain (dt/ha)	
		poziom standardowy standard level	poziom intensywny intensive level
Rapsodia	Monsanto	119	133
Nadobna	PHR Tulce	120	131
Rubens	G.I.E. Rechere Verneuil Semunion	115	128
Trend	Lochow-Petkus	116	128
Flair	Saatzucht Hans Schweiger	109	124
Pegassos	Fr. Strube Saatzeit	108	124
Clever	Monsanto	111	120
Kobiera	HRR Nasiona Kobierzyc	106	124
Tonacja	HR Strzelce	109	119
Kobra	HRR Nasiona Kobierzyc	107	120
Mewa	Danko	105	121
Finezja	Danko	106	119
Sukces	HR Strzelce	107	116
Soraja	HR Strzelce	108	112
Korweta	Danko	106	112
Zyta	HR Strzelce	100	109
NIR — dla obiektów tego samego poziomu LSD — for objects of the same level		11,0	
NIR — dla obiektów różnych poziomów LSD — for objects of different levels		11,3	

Przy standardowym poziomie agrotechniki, po przeliczeniu z poletek o powierzchni 10 m², plony sięgnęły 120 dt z hektara, a przy intensywnym (120 kg N na hektar, stosowanie fungicydów i retardanta) — przekroczyły 130 dt. Wyniki te świadczą o bardzo wysokich

możliwościach plonowania pszenicy. Takie wykorzystanie postępu hodowlanego stało się możliwe przy zastosowaniu prawidłowej agrotechniki, kompleksowej ochrony i oczywiście przy sprzyjających warunkach wegetacji. Współdziałanie wszystkich czynników pozwala na ujawnienie się potencjalnej produktywności pszenicy.

Zwiększenie plonu ziarna wynika ze zwiększonej akumulacji asymilatów w ziarnie przy redukcji wysokości i zmianach w strukturze łanu (Austin i in., 1980; Sinha i in., 1981; Siddique i in., 1989). Badania nad zdolnością asymilacji CO₂ starych i nowych odmian, wykazały brak różnic między tymi grupami (Gent i Kiyomoto, 1985). W trakcie selekcji nastąpiły zmiany w rozmieszczeniu, ilości, powierzchni i formie liści, które polepszyły penetrację światła w strukturze łanu. To warunkowało lepsze wykorzystanie światła w procesie fotosyntezy, gwarantując uzyskanie wysokiego poziomu płodności i dobre wykształcenie ziarna (Shearman i in., 2005). Te zmiany połączone z redukcją wysokości, miały dodatkowy wpływ na podwyższenie plonowania i należy je uważać jako efekt wtórny prac hodowlanych (Feil, 1992).

WNIOSKI

1. Dla pszenicy jarej przebieg linii regresji analizowanych statystyk dla obu siedlisk do roku 1999 nie wskazuje na zmiany w czasie w plonowaniu uwarunkowane genetycznie, dopiero w ostatnich pięciu latach stwierdzono rosnący trend w obu stacjach. Przebieg linii regresji średniej ogólnej i średniej dla wzorca pszenicy ozimej jest rosnący, co wynika z wprowadzania do badań rodów o coraz lepszej plenności. Świadczy to o wysokiej efektywności polskiej hodowli w kierunku poprawy plenności.
2. Właściwości genetyczne odmian nowo wprowadzonych do uprawy w Polsce, przy zastosowaniu prawidłowej agrotechniki, kompleksowej ochrony i sprzyjających warunkach wegetacji, umożliwiają osiąganie pułapu produktywności potencjalnej.

LITERATURA

- Austin R. B., Bingham J., Blackwell R. D., Evans L. T., Ford M. A., Morgan C. L., Taylor M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agri. Sci. Camb.* 94: 675 — 89.
- Austin R. B., Ford M. A., Morgan C. L., 1989. Genetic improvement in the yield of winter wheat: a further evaluation. *J. Agri. Sci. Camb.* 112: 295 — 301.
- Avron M. 1972. Wstęp do fotobiologii. PWRiL, Warszawa.
- Byszewski W. 1977. Biologiczne podstawy produktywności roślin. PWN, Warszawa.
- Cleveland W. S. 1979. Robust locally weighted regression and smoothing scatter plots. *J. Amer. Statist. Assoc.* 74: 829 — 836.
- Drzazga T., Krajewski P. 2000. Interakcja rodów pszenicy jarej ze środowiskiem na podstawie doświadczeń hodowlanych przeprowadzonych w latach 1981–1998. *Biul. IHAR* 211: 23 — 27.
- Drzazga T., Krajewski P. 2001. Zróżnicowanie środowisk pod względem stopnia interakcji w seriach doświadczeń z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 218/219: 111 — 115.
- Faber A. 1996. Analiza stosowalności zagranicznych metod prognozowania plonów w warunkach Polski. Modele deterministyczne. IUNG, Puławy.
- Feil B. 1992. Breeding progress in small grain cereals — a comparison of old and modern cultivars. *Plant Breeding* 108: 1 — 11.

- Gent M. P. N., Kiyomoto K. R. 1985. Comparison of canopy and flag leaf net carbon dioxide exchange of 1920 and 1977 New York winter wheats. *Crop Sci.* 25: 81 — 86.
- Payne R. W. (ed.). 2000. The guide to GenStat. Lawes Agricultural Trust.
- Siddique K. H. M., Belford K. R., Perry W. M., Tennant D. 1989. Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean — type environment. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 473 — 487.
- Shearmen J. V., Sylwester-Bradly R., Scott K. R., Foulkes J. M. 2005. Physiological processes associated with wheat yield progress in the UK. *Crop Sci.* 45: 175 — 185.
- Sinha S. K., Aggarwal K. P., Chaturvedi S. G., Koundal R. K., Khanna-Chopra R. 1981. A comparison of physiological and yield characters in old and new wheat varieties. *J. Agri. Sci. Camb.* 97: 233 — 236.

JÓZEF PILCH

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

Możliwości wykorzystania krzyżowania
introgresywnego w hodowli pszenicy ozimej
Triticum aestivum L.
Część I. Zastosowanie systemów genetycznych
pszenicy *T. aestivum* L. do otrzymania
mieszańców pomostowych F₁

**Possibilities of using of introgressive hybridization in breeding of winter wheat
T. aestivum L.**

**Part I. Utilization of the genetic systems of wheat *T. aestivum* L.
for obtaining the F₁-bridge hybrids**

Praca przedstawia możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego dla potrzeb hodowli pszenicy ozimej *T. aestivum* L. poprzez wytwarzanie materiałów wyjściowych. W części I skoncentrowano się na sposobach zastosowania systemów genetycznych pszenicy homeologicznej/homologicznej koniugacji i krzyżowalności dla uzyskania mieszańców pomostowych, tzw. „F₁-bridge” i przełamywania barier krzyżowalności *T. aestivum* L. z gatunkami rodzajów *Triticum*, *Hordeum*, *Secale*, *Aegilops*, *Agropyron*, *Lolium*. Przedstawiono dostępne źródła genetyczne, metody ich wykorzystania i przydatność w krzyżowaniu introgresywnym ze szczególnym uwzględnieniem genotypów homeologicznej koniugacji *Ph1 ph1*, *ph1b ph1b* i krzyżowalności *kr1 kr1 kr2 kr2*.

Słowa kluczowe: krzyżowanie introgresywne, mieszańce pomostowe F₁, systemy genetyczne, *Triticum aestivum* L.

This paper presents the possibilities of utilization of introgressive hybridization for breeding requirements of winter wheat *T. aestivum* L. by the production of initial materials. The part I is concentrated on the ways of using of the wheat genetic systems for homoeologous / homologous pairing and crossability, aimed at obtaining the F₁-bridge hybrids and breakage of the crossability barriers between *T. aestivum* L. and the species of genera *Triticum*, *Hordeum*, *Secale*, *Aegilops*, *Agropyron*, *Lolium*. Subsequently, the accessible genetic sources, methods of their use and their usefulness in introgressive hybridization were presented. Particular attention was paid to the genotypes of homoeologous pairing *Ph1 ph1*, *ph1b ph1b* and crossability *kr1 kr1 kr2 kr2*.

Key words: F₁-bridge hybrids, genetic systems, introgressive hybridization, *Triticum aestivum* L.

WSTĘP

W 1949 roku Anderson (1949) wskazał na możliwość ulepszania jednych gatunków drugimi poprzez krzyżowanie introgresywne. Zademonstrował to po raz pierwszy Sears (1956), który wprowadził do genotypu pszenicy zwyczajnej *Triticum aestivum* L. gen odporności na rdzę brunatną z kozińca *Aegilops umbellulata* Zhukov. Późniejsze prace wykazały, że techniki krzyżowania introgresywnego można podzielić na 3 grupy. Pierwszą i najprostszą jest postępowanie oparte na homologii obcego chromosomu z chromosomem pszenicy i wzajemnej rekombinacji. W mieszańcu pośrednim F₁ chromosom obcy będzie podlegał rekombinacji z odpowiednim homologiem pszenicy, następnie poprzez krzyżowanie wsteczne i ustawiczną selekcję form o fenotypie pszenicy z mających cechę obcą nastąpi introgresja obcego genu do *T. aestivum* L. Przykładem może być wprowadzenie odporności na *Cercospora herpotrichoides* z genomu *D Ae. ventricosa* Tausch. do pszenicy zwyczajnej poprzez krzyżowanie z tym gatunkiem, a następnie krzyżowanie wsteczne mieszańca pośredniego F₁ (Bimber, 1967).

Drugi rodzaj techniki introgresywnej opiera się na homeologii obcego chromosomu z chromosomem pszenicy. W tym przypadku introgresja może nastąpić jedynie poprzez inaktywację genów *Ph* systemu homeologicznej koniugacji w *T. aestivum* L. Podstawowym etapem jest uzyskanie mieszańca F₁ pomostowego pomiędzy pszenicą a obcym gatunkiem z zablokowanym systemem *Ph* — homeologicznej koniugacji ("F₁-bridge"), gdzie następuje homeologiczna koniugacja połączona z wymianą odcinków chromosomów homeologicznych. W tym celu wykorzystuje się monosomiki (2n = 41), nullisomiki (2n = 40) chromosomów pszenicy 5B, 3D, 5A, 5D, 4D, mutanta *ph 1b* Chinese Spring (2n = 42) lub linie pszenicy z genami supresorami *Ph^l* kozińca. Następne krzyżowania wsteczne wykonuje się z pszenicą w połączeniu z selekcją na obcą cechę. W krzyżowaniach tych następuje przywrócenie systemu *Ph*-homeologicznej koniugacji i biwalentnej koniugacji (homologicznych chromosomów) z wyjątkiem chromosomu z obcym fragmentem.

Grupa trzecia technik introgresywnych opiera się na przypadkach, gdy chromosom obcy nie jest homeologiczny do chromosomów pszenicy i nie może z nimi koniugować w mieszańcach pomostowych F₁. Należy wówczas zastosować metody radiacji w celu spowodowania fizycznej jego aktywacji. Pierwszy sposób radiacji polega na napromieniowaniu pylników mieszańców F₁ i samozapyłaniu. Innym sposobem opisanym przez Driscoll i Jensen (1963) jest napromieniowanie suchych ziarniaków mieszańców F₁. W obu przypadkach, w pokoleniu F₂ należy identyfikować translokacje z obcym chromosomem.

W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie prowadzone są prace związane z introgresją korzystnych cech z rodzajów (2x, 4x) *Triticum*, *Hordeum*, *Secale*, *Aegilops*, *Agropyron*, *Lolium* do odmian i rodów pszenicy ozimej i jarej *T. aestivum* L. Ukierunkowane są one na cechy kłosa i ziarna. W badaniach tych stosowane jest krzyżowanie introgresywne homeologiczne oparte na systemach genetycznych pszenicy.

Celem pracy jest przedstawienie uzyskanych efektów w tym zakresie i możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego w poszukiwaniu obcej zmienności dla

hodowli pszenicy ozimej. W części I przedstawiono systemy genetyczne, jakie mogą być wykorzystane w przełamywaniu barier krzyżowalności pomiędzy pszenicą zwyczajną i gatunkami obcymi do uzyskania mieszańców pomostowych, tzw. "F₁-bridge"

WYKORZYSTANIE SYSTEMÓW HOMEOLOGICZNEJ / HOMOLOGICZNEJ KONIUGACJI DO UZYSKANIA MIESZAŃCÓW "F₁-BRIDGE" Z GATUNKAMI OBCYMI

System genów *Ph* supresji homeologicznej koniugacji

Pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* L.), pomimo że jest gatunkiem alloheksaploidalnym ($2n = 6x = 42$) mającym 3 homeologiczne genomy *A B D* wykazuje w mejozie koniugację chromosomów diploidalno-homologiczną. Koniugują z sobą chromosomy homologiczne w obrębie każdego genomu. Supresja homeologicznej koniugacji chromosomów kontrolowana jest przez kilka systemów genetycznych. Najważniejszym z nich jest grupa genów dominujących *Ph*, które tworzą, tzw. system genetyczny homeologicznej koniugacji (homoeologous pairing system) u pszenicy *T. aestivum* L. W skład systemu *Ph* wchodzi geny:

- *Ph 1* — chromosom *5BL* (Riley, Chapman 1958),
- *Ph 2* — chromosom *3DS* (Mello-Sampayo T., 1971),
- oraz inne niezidentyfikowane geny *Ph* zlokalizowane na chromosomach *3AS* (Driscoll 1972), *4D* (Sears 1976) i *5A, 5B, 5D* (Feldman, 1966).

Wśród nich, gen *Ph 1* wykazuje najsilniejszy efekt działania. Występuje zarówno u pszenicy heksaploidalnej *T. aestivum* L., jak i pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. Położony jest na długim ramieniu chromosomu *5B* w odległości 1,0 cM od centromeru (Sears 1984). Xie i wsp. (1993) wykonali mapę markerów RFLP dla chromosomów *V* grupy homeologicznej (*5A, 5B, 5D*), w której potwierdzili takie położenie genu *Ph 1* albowiem marker *Xpsr 1201-5B* zlokalizowano na długim ramieniu chromosomu *5B* także bardzo blisko centromeru. Według Riley (1960) gen *Ph 1* nie występuje u diploidalnych gatunków pszenicy *Triticum* ani kozińców *Aegilops*, które były prekursorami tetraploidalnych pszenic *AA BB, AA GG*. Wskazuje to, iż pojawił się on na poziomie tetraploidalnym w rozwoju ewolucyjnym pszenicy heksaploidalnej *AA BB DD* (Riley 1960, Dhaliwal 1977). Brak genu *Ph 1* u gatunku kozińca *Ae. speltoides* Taush., który jest donorem genomu *B* w pszenicy heksaploidalnej *T. aestivum* L. wskazuje, że pojawił się on jako mutacja recesywna *ph* umożliwiając koniugację chromosomów pszenicy diploidalnej *AA* z chromosomami *BB Ae. speltoides* Taush. lub też jako translokacja segmentu chromosomu nadliczbowego kozińca *Ae. mutica* Boiss. z chromosomem pszenicy (Dover, Riley, 1972).

Segal i wsp. (1977) wykonali za pomocą PCR sekwencjonowanie DNA w odcinku chromosomu *5BL* gdzie położony jest gen *Ph1*. Zidentyfikowana sekwencja WPG90 u odmiany Chinese Spring miała 7,6 kb, a u odmiany tetraploidalnej Cappelli — 5,4 kb. Tę samą sekwencję WPG90 zidentyfikowali także u innych gatunków pszenicy tetraploidalnej, u żyta, a nawet ryżu. Z kolei Qu i wsp. (1998) wykonali dokładniejszy pomiar długości genu *Ph 1*. Za pomocą RFLP wykonali analizę fragmentu DNA N5BT5d dla

regionu *ph 1b* (delecja *Ph1*) i wykazali jego długość (długość delecji) 50 bp — 220 bp (PC1 — PC6).

Tabela 1

Systemy homeologicznej / homologicznej koniugacji chromosomów u pszenicy *T. aestivum* L. i *T. durum* Desf.
Homoeologous / homologous genetic chromosome pairing systems in wheats *T. aestivum* L. and *T. durum* Desf.

Gen Gene	Chromosom, odmiana Chromosome, variety	Źródło Source
<i>Ph 1</i>	5BL (Chinese Spring)	Riley, Chapman, 1958
<i>ph 1b</i>	5BL (Chinese Spring)	Sears, 1977
<i>ph 1c</i>	5BL (Cappelli)	Giorgi, 1978
<i>Ph 2</i>	3DS (Chinese Spring)	Mello-Sampayo, 1971
<i>ph 2a</i>	3DS (Chinese Spring)	
<i>ph 2b</i>	3DS (Chinese Spring)	
<i>Ph inne / other</i>	3AS (Chinese Spring)	Driscoll, 1972
	4D (Chinese Spring)	Sears, 1976
	5A, 5B, 5D (Chinese Spring)	Feldman, 1966

System stabilizujący homologiczną koniugację w niskiej temperaturze (geny chromosomu 5D)

System genów *Ph* działa u pszenicy zwyczajnej zarówno u formy ozimej jak jarej i w każdej temperaturze. Jednak w temperaturze niskiej, tj. poniżej +15°C dodatkowo ujawnia się system genów występujących na chromosomie 5D, tzw. stabilizujący koniugację (stabilizing of meiotic chromosome pairing). Utrzymuje on koniugację homologiczno-diploidalną na wysokim poziomie. W nieobecności chromosomu 5D i w niskiej temperaturze obserwuje się niski poziom koniugacji homologiczno-diploidalnej w mejozie (Riley, 1966). Stwierdzono, że reakcja na niską temperaturę pojawia się w mejozie przed stadium M I, tzn. w okresie przed-inicjacyjnym mejozy — przed syntezą DNA (Riley i in., 1973). W odmianie Chinese Spring system ten obejmuje 2 geny (Riley, 1966), w innych odmianach jak Atle, Yeoman, Thatcher, Chiddam — więcej genów (Chapman, Miller, 1981).

W pszenicy tetraploidalnej *T. dicoccum* Schubl. podobną rolę do systemu 5D pełni gen *Ltp* położony na chromosomie 5A (Hayter, Riley, 1967). Zidentyfikowano go również w odmianie Hope pszenicy heksaploidalnej *T. spelta* L. (Riley i in., 1973).

Z kolei u kozińca diploidalnego *Ae. speltoides* Taush. podobną funkcję pełni chromosom 5B, u *Ae. umbellulata* Zhukov — chromosom 1C U (Riley i in., 1973).

Dzięki genom dominującym *Ph* i systemowi chromosomu 5D utrzymana jest u pszenicy zwyczajnej koniugacja diploidalno-homologiczna chromosomów w obrębie każdego z genomów homeologicznych A, B i D. Zapewnia to tzw. „czystość gatunku” poprzez utrzymanie stabilności genetycznej. Zabezpiecza również gatunek przed tworzeniem się mutacji chromosomowych strukturalnych lub koniugacją z chromosomami obcego gatunku u mieszańców F₁ w przypadkowych przepyleniach.

System homeologicznej koniugacji genów recesywnych *ph*

W przypadku nieobecności genów dominujących *Ph* (nullisomia $2n = 40$: *ph ph*, monosomia $2n = 41$: *Ph ph*) lub mutacji recesywnej (disomia $2n = 42$: *ph ph*) następuje koniugacja homeologiczna chromosomów obcych gatunków z chromosomami pszenicy w mieszańcach pomostowych F_1 . Efekt recesywnego allelu *ph* ujawnia się jedynie w mieszańcach międzygatunkowych i międzyrodzajowych — nie wpływa on u pszenicy *T. aestivum* L. (*ph ph*) na koniugację chromosomów genomów A, B, D (Riley i in., 1973). Podczas homeologicznej koniugacji zachodzą wzajemne translokacje, które stanowią główny mechanizm wbudowania fragmentu chromosomu obcego gatunku w genom pszenicy, a tym samym występuje transfer obcych genów poszukiwanych w hodowli odmian *T. aestivum* L. (Sears, 1977, 1981, 1982). W ten sposób system genów recesywnych *ph* umożliwiających koniugację homeologiczną wykorzystywany jest w introgresji obcych genów do pszenicy zwyczajnej metodami krzyżowania introgresywnego. Z tego powodu podjęto prace nad uzyskaniem genotypów recesywnych *ph ph* u pszenicy *T. aestivum* L.

W 1954 roku Sears (1954) uzyskał pierwszy na świecie komplet 21 linii monosomików ($2n = 41$) i nullisomików ($2n = 40$) u odmiany Chinese Spring co dało możliwość wykorzystania genotypów heterozygotycznych *Ph 1 ph 1* (mono-5B), *Ph 2 ph 2* (mono-3D), jak i homozygotycznych *ph 1 ph 1* (nulli-5B), *ph 2 ph 2* (nulli-3D) w hodowli. Kolejne serie monosomiczne pszenicy uzyskano u odmian Drabant, Jara, Favorit i innych.

W efekcie napromieniowania X pyłku odmiany Chinese Spring, Sears (1977) indukował mutację recesywną genu *ph 1b* (mutant 10/13), która pozwala na wysoki poziom homeologicznej koniugacji chromosomów pszenicy *T. aestivum* L. z chromosomami obcymi u mieszańców międzygatunkowych i międzyrodzajowych. Mutacja polegała na delecji interstycjalnego odcinka chromosomu 5BL obejmującego gen dominujący supresji homeologicznej koniugacji *Ph 1*. Otrzymany homozygotyczny mutant *ph 1b ph 1b* znalazł szerokie zastosowanie w pracach genetycznych i hodowlanych ze względu na łatwość stosowania i rozmnażania albowiem był disomiczny ($2n = 42$).

W podobny sposób Giorgi (1978) uzyskał u odmiany Cappelli pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. mutację *ph 1c*, która powstała w wyniku delecji odcinka chromosomu 5BL gdzie położony jest *Ph 1* (Dvorak i in., 1984).

System homeologicznej koniugacji genów supresorów *Ph*

Riley i wsp. (1961) zidentyfikowali u kozińca *Ae. speltoides* Taush. dominujące geny supresory *Ph^I* powodujące inaktywację genu *Ph 1* w systemie 5B. W obecności tych genów i pomimo obecności genu *Ph 1* zachodzi synapsis homeologicznych chromosomów obcych gatunków z chromosomami pszenicy *T. aestivum* L. Są to jednak geny różne od allelu recesywnego *ph 1b* u mutantu 10/13 (Riley i in., 1973). Chen i wsp. (1994) wprowadzili do pszenicy *T. aestivum* L. dwa geny supresory *Ph^I* za pomocą translokacji T4D/4S i uzyskał kolejne źródło homeologicznej koniugacji dla hodowli pszenicy heksaploidalnej *T. aestivum* L. W mieszańcach F_1 tych linii z gatunkiem *Haynaldia villosa* uzyskali wysoką koniugację homeologiczną, pomimo obecności genu *Ph 1*. Wystąpiła ona nawet u 50% chromosomów w stadium M I mejozy. Supresory *Ph^I* działały epistatycznie do genu *Ph 1*

pszenicy. W kolejnych pracach Chen i wsp. (1994) wykorzystali supresory do transferu genów z obcych gatunków do pszenicy *T. aestivum* L.

System homeologicznej koniugacji chromosomów nadliczbowych

Podobny efekt jak supresory *Ph^l* wykazują chromosomy nadliczbowe niektórych gatunków. W ich obecności następuje koniugacja chromosomów *T. aestivum* L. z chromosomami gatunków obcych. Dover i Riley (1972) stwierdzili taki efekt chromosomów nadliczbowych kozińca *Ae. mutica* Boiss., Evans i Macefield (1973) — u gatunków *Lolium*. Supresyjne działanie chromosomów-B żyta *S. cereale* L. uzależnione jest od nieobecności określonych chromosomów pszenicy i ujawnia się w przypadku deficyjencji 3A, 3D, 5B (Lelley 1976; Romero, Lacadena, 1980).

SYSTEM GENÓW KRZYŻOWALNOŚCI

System genów *Kr*

Trudności w uzyskaniu ziaren mieszańcowych pokolenia F_1 pomiędzy pszenicą zwyczajną a gatunkami oddalonymi taksonomicznie wynikają również z bariery genetycznej, jaką stanowi grupa genów dominujących *Kr*. Prace Leina (1943) i Krolowa (1970) wykazały, że system kontrolujący krzyżowalność pszenicy *T. aestivum* L. obejmuje 3 geny dominujące, tj. *Kr1*, *Kr2* i *Kr3* występujące na 3 różnych chromosomach. Zostały one zlokalizowane na chromosomach V grupy homeologicznej, tj. gen *Kr1* na chromosomie 5B, gen *Kr2* — na 5A i gen *Kr3* na chromosomie 5D (Riley i Chapman, 1967; Krolow, 1970; Fedak i Jui, 1982). Kolejne badania Luo i wsp. (1992) udowodniły obecność u pszenicy czwartego genu krzyżowalności *Kr4*, który zidentyfikowano na chromosomie 1A. Spośród genów *Kr1*, *Kr2*, *Kr3*, *Kr4* najsilniejszy efekt wywołuje gen *Kr1*, natomiast najslabszy *Kr3*. Geny te w dominującej postaci hamują zdolność do zawiązywania ziaren F_1 , odmiany zaś o najlepszej krzyżowalności mają je w recesywnej formie. Różny stopień zawiązywania ziaren F_1 w krzyżowaniach oddalonych wynika z różnej ich kombinacji. I tak w krzyżowaniach pszenicy z żytem i jęczmieniem występują 4 efektywne kombinacje genów *Kr1*, *Kr2* dające różny procent osadzenia ziarniaków F_1 : homozygoty dominujące *Kr1 Kr1 Kr2 Kr2* — 0%–10% ziaren; heterozygoty *Kr1 Kr1 kr2 kr2* — 10%–30% ziaren; *kr1 kr1 Kr2 Kr2* — 30%–50% ziaren; i homozygoty recesywne *kr1 kr1 kr2 kr2* — powyżej 50% ziaren (Lein, 1943). Podział ten nie jest dokładny, nie uwzględnia, bowiem modyfikującego działania pozostałych genów, tj. *Kr 3* i *Kr 4* jak również wpływu genów krzyżowalności komponentu ojcowskiego na stopień zawiązywania ziaren F_1 .

Wykorzystanie systemu genów *Kr* w hybrydyzacji introgresywnej polega na użyciu genotypu recesywnego *kr1 kr1 kr2 kr2* pszenicy *T. aestivum* L. do uzyskania mieszańców pomostowych (F_1 -bridge). Homozygoty recesywne *kr1 kr1 kr2 kr2* występują sporadycznie w odmianach pszenicy. Pierwszą na świecie zidentyfikowaną homozygotą recesywną (*kr1 kr1 kr2 kr2*) była odmiana Chinese Spring (Riley, Chapman, 1967). Kolejne genotypy recesywne zidentyfikowano również w odmianach chińskich. Wśród 118 odmian Luo i wsp. (1993) znaleźli 44 odmiany o genotypach homozygotycznych recesywnych (*kr1 kr1 kr2 kr2*), z których 14 odmian wykazywało nawet wyższą krzyżowalność od odmiany Chinese Spring.

W naszych doświadczeniach, wśród grupy badanych 15 odmian i rodów pszenicy ozimej skrzyżowanych z 5 odmianami żyta nie znaleziono genotypu recesywnego (Kluska i Pilch, 1995). Kierując się klasyfikacją Leina (1943) badane odmiany i rody można było zaklasyfikować do 2 grup: do pierwszej grupy o genotypie *Kr1 Kr1 kr2 kr2* zaliczono tylko ród TAW 5466-74, który wykazywał we wszystkich kombinacjach z żytem najwyższą krzyżowalność (14,5% ziaren F_1), do drugiej zaś grupy o genotypie dominujących homozygot (*Kr1 Kr1 Kr2 Kr2*) należało 14 pozostałych odmian i rodów pszenicy, tj. Hollandia 5, Mironowska 808, Liwilla, KBH 251, Koda, Lanca, CHD 321-77, Begra, Panda, CHD 521-77, Monopol, Helios, Granada, Emika. Obserwowano u nich od 2,4 do 7,2% zawiązanych ziaren F_1 .

Również w grupie 365 odmian i rodów pszenicy jarej tetraploidalnej *T. durum* Desf. pochodzenia meksykańskiego skrzyżowanych przez nas z odmianami i rodami żyta nie było genotypu recesywnego pszenicy (Pilch, 2001).

PODSUMOWANIE

W naszych pracach (Pilch, 1996, 1997, 2002 a, b, 2004; Pilch, Głowacz, 1997) stosowany jest mechanizm recesywny genu *ph 1* homeologicznej koniugacji oparty na liniach monosomicznych (*Ph1 ph 1*) i mutacji (*ph 1 ph 1*) odmian:

- mono-5B Chinese Spring (*Ph1 ph 1*),
- mono-5B Drabant (*Ph1 ph 1*),
- mono-5B Jara (*Ph1 ph 1*),
- mono-5B Favorit (*Ph1 ph 1*)
- mutant Chinese Spring (*ph 1b ph 1b*).

Sposób wykorzystania monosomiców ($2n = 41$) i mutantu disomicznego ($2n = 42$) w otrzymaniu mieszańców pomostowych (F_1 -bridge) w krzyżowaniach międzygatunkowych i międzyrodzajowych przedstawiono na rysunkach 1, 2. Dla przykładu podano gatunek obcy 42-chromosomowy bez genu *Ph*. Gamety monosomiczne ($n = 20$) z delecją chromosomu 5B i genu *Ph1* dają efekt *ph 1*. W obu postępowaniach w mejozie mieszańców "F₁-bridge" następuje koniugacja homeologiczna chromosomów inicjowana obecnością *ph 1*. W przypadku stosowania mono-5B zachodzi ona jedynie u osobników $2n = 41$ (rys. 1). Na tym etapie zachodzi możliwość introgresji obcego DNA za pomocą translokacji do genomu *T. aestivum* L. Zabezpieczenie introgresji następuje w BC₁ poprzez przywrócenie układu homozygotycznego *Ph1 Ph1*.

Z przedstawionego porównania wynika łatwość stosowania mutantu *ph 1b* Chinese Spring albowiem posiada on $2n = 42$ chromosomów, co eliminuje wykonywanie żmudnej selekcji cytologicznej genotypów $2n = 41$ *ph 1* w "F₁-bridge", jak to ma miejsce w przypadku systemu monosomicznego ($2n = 41$). Jednak zachodzi konieczność selekcji mejotycznej w BC₁ do oddzielenia genotypów $2n = 42$ *ph 1b Ph1* o koniugacji częściowo homeologicznej z obecnością multiwalentów, czyli większych zaburzeniach (gorsza płodność kłosów) od genotypów $2n = 42$ *Ph1 ph1* (*ph1* jako efekt gatunku obcego) o koniugacji lepszej (biwalentnej), w której koniugują chromosomy homologiczne pod kontrolą genu *Ph 1* (lepsza płodność w kłosach).

mono-5B <i>T. aestivum</i> L. (2n = 41) <i>ph 1 Ph1</i>	×	Gatunek obcy Alien species (2n = 42) <i>ph1 ph1</i>	→	F ₁ bridge 2n = 42 2n = 41	×	<i>T. aestivum</i> L. (2n = 42) <i>Ph1 Ph1</i>
Gamety Gametes n = 21 <i>Ph1</i>	×	n = 21 <i>ph 1</i>	→	Selekcja cytologiczna Cytological selection 2n = 42 <i>Ph1 ph 1</i> Eliminacja Elimination		
N = 20 <i>ph 1</i>	×	n = 21 <i>ph 1</i>	→	2n = 41 <i>ph1 ph 1</i> Selekcja Selection n = 20 <i>ph 1</i>	×	Selekcja cytologiczna Cytological selection n = 21 <i>P1</i> → 2n = 41 <i>ph 1 Ph1</i> Samozapylenie i selekcja Self-pollination and selection 2n = 42 <i>Ph1 Ph1</i>
				n = 21 <i>ph1</i>	×	n = 21 <i>Ph1</i> → 2n = 42 <i>Ph1 Ph1</i> Eliminacja Elimination

Rys. 1. Wykorzystanie systemu genetycznego mono- 5B *T. aestivum* L. (*Ph1 ph 1*) w uzyskaniu mieszańców "F₁-bridge" pszenicy *T. aestivum* L. z gatunkami obcymi

Fig. 1. Utilization of the genetic system mono-5B *T. aestivum* L. (*Ph1 ph 1*) in obtaining the F₁-bridge hybrids of wheat *T. aestivum* L. with the alien species

Z powodu recesywnych genów krzyżowalności w układzie homozygotycznym (*kr1 kr1 kr2 kr2*) jak też wytworzonych genotypów z recesywnymi genami systemu homeologicznej koniugacji *ph 1* w postaci dostępnych linii monosomicznych 2n = 41(*Ph1 ph 1*), nullisomicznych 2n = 40 i mutacji 2n = 42 (*ph 1 ph 1*) odmiana Chinese Spring stała się w naszych pracach podstawowym narzędziem w przełamywaniu barier krzyżowalności pomiędzy gatunkiem *T. aestivum* L. a innymi gatunkami z rodziny *Poaceae*, a tym samym i w uzyskiwaniu ziaren mieszańcowych F₁. Z tego też powodu widnieje w rodowodach prawie wszystkich mieszańców i linii przez nas wytworzonych, pomimo że wnosi w warunkach klimatyczno-glebowych Polski wiele niekorzystnych cech, jak podatność na porażanie chorobami, ma bardzo krótki kłós, drobne ziarno, niską masę ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren. Pomimo tak wielu niekorzystnych cech użytkowych odmiana ta jest wykorzystywana jako dogodny wzorzec genetyczny dla identyfikowania introgresji pochodzących z gatunków obcych przydatnych w hodowli materiałów zarówno pszenicy ozimej, jak i jarej *T. aestivum* L.

Mutant <i>T. aestivum</i> L. (2n = 42) <i>ph1b ph 1b</i>	×	Gatunek obcy Alien species (2n = 42) <i>ph1 ph1</i>	→	F ₁ bridge 2n = 42 <i>ph 1b</i>	×	<i>T. aestivum</i> L. (2n = 42) <i>Ph1 Ph1</i>
Gamety Gametes n = 21 <i>ph 1b</i>	×	n = 21 <i>ph 1</i>	→	Selekcja cytologiczna Cytological selection 2n = 42 <i>ph1b ph 1</i>	×	Selekcja mejozy Meiotic selection
				n = 21 <i>ph 1b</i>	×	n = 21 <i>P1</i> → 2n = 42 <i>ph1b Ph1</i> Samozapylenie i selekcja Self-pollination and selection 2n = 42 <i>Ph1 Ph1</i>
				n = 21 <i>ph 1</i>	×	n = 21 <i>Ph1</i> → 2n = 42 <i>ph1 Ph1</i> Eliminacja Elimination

Rys. 2. Wykorzystanie systemu genetycznego mutantu Chinese Spring (*ph 1b ph 1b*) w uzyskaniu mieszańców "F₁-bridge" pszenicy *T. aestivum* L. z gatunkami obcymi
Fig. 2. Utilization of the genetic system of mutant Chinese Spring (*ph 1b ph 1b*) in obtaining the F₁-bridge hybrids of wheat *T. aestivum* L. with the alien species

LITERATURA

- Anderson E. 1949. Introgressive hybridization. London, Chapman and Hall.
- Chapman V., Miller T. E. 1981. The location of a gene affecting meiotic chromosome pairing at low temperature in *Triticum aestivum*. Z. Pflanzenzüchtg. 86: 50 — 55.
- Chen P.D., Tsujimoto H., Gill B.S. 1994. Transfer of *Ph I* genes promoting homoeologous pairing from *Triticum speltoides* to common wheat. Theor. Appl. Genet. 88: 97 — 101.
- Dhaliwal H. S. 1977. The *Ph* gene and the origin of tetraploid wheats. Genetica, 47, 3: 177 — 182.
- Dover G. A., Riley R. 1972. Prevention of pairing of homoeologous meiotic chromosomes of wheat by an activity of supernumerary chromosomes of *Aegilops*. Nature 240: 159 — 161.
- Driscoll C. 1972. Genetic suppression of homoeologous pairing in hexaploid wheat. Can. J. Genet. Cytol. 14: 39 — 42.
- Driscoll C. J., Jensen N. F. 1963. A genetic method for detecting induced intergeneric translocations. Genetics 48: 459 — 468.
- Dvorak J., Chen K. C., Giorgi B. 1984. The C-banding pattern of a *Ph*-mutant of durum wheat. Can. J. Genet. Cytol. 26: 360 — 363.
- Evans G. M., Macefield A. J. 1973. The effect of B chromosomes on homoeologous pairing in species hybrids. 1. *Lolium temulentum* × *Lolium perenne*. Chromosoma 41: 63 — 73.
- Fedak G., Jui P.Y. 1982. Chromosomes of Chinese Spring wheat carrying genes for crossability with Betzes barley. Can. J. Genet. Cytol. 24: 227 — 233.
- Feldman M. 1966. The effect of chromosomes 5B, 5D and 5A on chromosomal pairing in *Triticum aestivum*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 55: 1447 — 1453.
- Giorgi B. 1978. A homoeologous pairing mutant isolated in *T. durum* cv. "Cappellei". Mutat. Breed. Newsl. 11: 4 — 5.

- Hayter A. M., Riley R. 1967. Duplicate genetic activities affecting meiotic chromosome pairing at low temperatures in *Triticum*. *Nature* 216, No. 5119: 1028 — 1029.
- Kimber G. 1967. The incorporation of the resistance of *Aegilops ventricosa* to *Cercospora herpotrichoides* into *Triticum aestivum*. *J. Agric. Sci. Camb.* 68: 373 — 376.
- Kluska T., Pilch J. 1995. Krzyżowanie odmian i rodów pszenicy heksaploidalnej *Triticum aestivum* L. z żytem diploidalnym *Secale cereale* L. i uzyskanie form pierwotnych pszenżyta oktoploidalnego. *Biul. IHAR* 194: 53 — 61.
- Krolow K. D. 1970. Untersuchungen über die Kreuzbarkeit zwischen Weizen und Roggen. *Z. Pflanzenzüchtg.* 64: 44 — 72.
- Lein A. 1943. Die genetische Grundlage der Kreuzbarkeit zwischen Weizen und Roggen. *Z. Vererbungsl.* 81: 28 — 61.
- Leley T. 1976. The effect of supernumerary chromosomes of rye on homoeologous pairing in hexaploid wheat. *Z. Pflanzenzüchtg.* 77: 281 — 285.
- Luo M. C., Yen C., Yang J. L. 1992. Crossability percentage of bread wheat landraces from Sichuan province China with rye. *Euphytica* 61: 1 — 7.
- Luo M. C., Yen C., Yang J. L. 1993. Crossability percentages of bread wheat landraces from Shaanxi and Henan provinces, China with rye. *Euphytica* 67: 1 — 8.
- Mello-Sampayo T. 1971. Genetic regulation of meiotic chromosome pairing by chromosome 3D of *Triticum aestivum*. *Nature New Biol.* 230: 22 — 23.
- Pilch J. 1996. Performance of interspecific and intergeneric hybrids of *Triticum aestivum* L for wheat improvement. Part I. Performance of winter generations F₃ — F₅ of *T. aestivum* L. with *Triticum* {2x, 4x}, *Aegilops* {2x}, and *Elymus* {4x} species in respect of some characters of spike. *Plant Breed. Seed Sci.*, vol. 40, No. 3/4: 73 — 62.
- Pilch J., Głowacz E. 1997. Międzygatunkowe i międzyrodzajowe krzyżowania jako sposób ulepszania cech kłosa w hodowli pszenicy heksaploidalnej *Triticum aestivum* L. *Biul. IHAR* 204: 15 — 31.
- Pilch J. 2001. Crossability effects of spring wheat (*Triticum durum* Desf.) with rye (*Secale cereale* L.) genotypes. *Plant Breeding Seed Sci.* vol. 45, No. 2: 33 — 43.
- Pilch J. 2002 a. Wartość technologiczna introgresywnych form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 223/224: 95 — 109.
- Pilch J. 2002 b. Transformacje cech kłosa pszenicy *Triticum aestivum* L. z wykorzystaniem międzygatunkowej i międzyrodzajowej hybrydyzacji. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, zesz. 488: 207 — 213.
- Pilch J. 2004. Wykorzystanie hybrydyzacji introgresywnej w podwyższaniu wartości technologicznej ziarna pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. *Pam. Puł.* 135: 247 — 257.
- Qu L. J., Foote T. N., Roberts M. A., Money T. A., Aragon-Alcaide L., Snape J. W., Moore G. 1998. A simple PCR-based method for scoring the *ph1b* deletion in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 96: 376 — 375.
- Riley R., Chapman V. 1958. Genetic control of the cytologically diploid behavior of hexaploid wheat. *Nature* 182: 713 — 715.
- Riley R. 1960. The diploidization of polyploid wheat. *Heredity* 15: 407 — 429.
- Riley R. 1966. The genetic regulation of meiotic behavior in wheat and its relatives. In: MacKay J. (ed.) *Proc. 2nd Int. Wheat Genet. Symp. Hereditas* 2 (Suppl): 395 — 408.
- Riley R., Chapman V. 1967. The inheritance in wheat of crossability with rye. *Genet. Res.* 9: 259 — 267.
- Riley R., Kimber G., Chapman V. 1961. Origin of genetic control of diploid-like behavior of polyploid wheat. *J. Hered.* 52: 22 — 25.
- Riley R., Chapman V., Miller T. E. 1973. The determination of meiotic chromosome pairing. *Proc. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Univ. Columbia. MO.*: 731 — 738.
- Romero C., Lacadena J. R. 1980. Interaction between rye B-chromosomes and wheat genetic systems controlling homoeologous pairing. *Chromosom (Berl.)* 80: 33 — 48.
- Sears E. R. 1954. The systematic, cytology and genetics of wheat. *Res. Bull. Mis. Agric. Exptl. Stat.* 572: 1 — 58.
- Sears E. R. 1956. The transfer of leaf-rust resistance from *Aegilops umbellulata* to wheat. *Brookhaven Symposia in Biology* 9: 1 — 22.
- Sears E. R. 1976. Genetic control of chromosome pairing in wheat. *Ann. Rev. Genet.* 10: 31 — 51.

- Sears E. R. 1977. An induced mutant with homoeologous pairing in common wheat. *Can. J. Genet. Cytol.* 19: 585 — 593.
- Sears E. R. 1981. Transfer of alien genetic material to wheat. In: Evans IT, Peacock WI (eds.) *Wheat science — today and tomorrow*. Cambridge Univ. Press. UK: 75 — 89.
- Sears E. R. 1982. A wheat mutation conditioning an intermediate level of homoeologous chromosome pairing. *Can. J. Genet. Cytol.* 24: 715 — 719.
- Sears E. R. 1984. Mutations in wheat that raise the level of meiotic chromosome pairing. In: *Gene manipulation in plant improvement*. Stadler Genet. Symp., 16th. Plenum Press, New York (Ed. Gustafson J. P.): 295 — 300.
- Segal G., Liu B., Vega J. M., Abbo S., Rodova M., Feldman M. 1977. Identification of a chromosome-specific probe that maps within the *Ph1* deletions in common and durum wheat. *Theor. Appl. Genet.* 94: 968 — 970.
- Xie D. X., Devos K. M., Moore G., Gale M. D. 1993. RFLP-based genetic maps of the homoeologous group 5 chromosomes of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 87: 70 — 74.

JÓZEF PILCH

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

Możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego w hodowli pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. Część II. Efektywność w ulepszaniu cech kłosa i jakości ziarna

**Possibilities of using of introgressive hybridization in breeding of winter wheat
T. aestivum L.**

Part II. Effectiveness of improvements of spike characters and grain quality

Praca przedstawia możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego dla potrzeb hodowli pszenicy ozimej *T. aestivum* L. poprzez wytwarzanie materiałów wyjściowych. W części II pracy przedstawiono korzystne dla hodowli efekty uzyskane w krzyżowaniu introgresywnym w oparciu o systemy genetyczne pszenicy *T. aestivum* L. Obejmują one ulepszenia kłosa pod względem długości (cm), liczby kłosek, liczby kwiatków w kłosku, liczby ziaren, masy ziarna (g) i parametrów technologicznych ziarna jak zawartość białka ogółem (%), wskaźnik sedymentacji (ml), liczba opadania (s). Wartości tych cech nie uzyskano dotychczas metodami rekombinacyjnymi w hodowli. Wskazano wytworzone materiały, które mogą być wykorzystane w hodowlanych programach krzyżowań pszenicy ozimej. W krzyżowaniu introgresywnym gatunki obce *T. boeoticum* Boiss., *T. timopheevii* Zhukov. v. 5013, 5030, *T. dicoccoides* Schweinf., *T. durum* Desf. vs. Mirable, Khapli, Fuensemiduro, Mutico Mucur, DF624, *Ae. speltoide*s Taush., *L. perenne* L. v. Anna, *E. giganteus* L. okazały się efektywnymi źródłami zarówno dla ulepszeń cech kłosa jak również jakości ziarna.

Słowa kluczowe: cechy kłosa, gatunki obce, hybrydyzacja introgresywna, parametry technologiczne, ziarno, *Triticum aestivum* L., ulepszenia

This paper presents the possibilities of utilization of introgressive hybridization for breeding requirements of winter wheat *T. aestivum* L. by the production of initial materials. In the part II, breeding effects of introgressive hybridization, based on the genetic systems of wheat *T. aestivum* L., are presented. They include improvements of spike in respect of length (cm), number of spikelets, number of florets per spikelet, number of kernels, kernel weight (g) and the grain quality parameters as protein content (%), sedimentation index (ml) and falling number (s). The recorded values of these characters have never been reached in wheat breeding based on recombination within the species. The obtained materials are demonstrated, which can be used in winter wheat breeding programs. The most

effective sources for improvement of the characters of spike and grain quality were the species *T. boeoticum* Boiss., *T. timopheevii* Zhukov. v. 5013, 5030, *T. dicoccoides* Schweinf., *T. durum* Desf. (cvs. Mirable, Khapli, Fuensemiduro, Mutico Mucur, DF624), *Ae. speltoides* Taush., *L. perenne* L. (cv. Anna) and *E. giganteus* L.

Key words: alien species, grain, improvement, introgressive hybridization, spike characters, quality parameters, *Triticum aestivum* L.

WSTĘP

Systemy genetyczne homeologicznej/homologicznej koniugacji i krzyżowalności występujące u pszenicy *T. aestivum* L. stosowane są często w krzyżowaniu introgresywnym z gatunkami spokrewnionymi w obrębie rodziny *Poaceae*. Nie wykraczają one jednak poza krzyżowania międzygatunkowe i międzyrodzajowe z uwagi na różnorodne bariery taksonomiczne niemożliwe do pokonania. Efektem jest introgresja genów głównie odporności na choroby (Friebe i in. 1997; Kazman i in., 1997; Sao i in., 1989; Hsam i in., 2000; Mc Intosh i Lagudahy, 2000). Niewiele prac dotyczyło cech poligenicznych, z których jedynie zawartość białka w ziarnie (Bluthner i Schumann, 1988), odporność na zasolenie gleb (Farooq i in., 1992), system męskiej sterility CMS (Sao i in., 1989; Schlegel, 1997) i masa ziarniaka (Kushnir i Halloran, 1984) były obiektem introgresji. Brak jest efektów dotyczących cech kłosa i jakości ziarna jako najważniejszych elementów plonotwórczych zarówno u pszenicy ozimej, jak i jarej.

W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie stosowane jest krzyżowanie introgresywne homeologiczne oparte na systemach genetycznych pszenicy *T. aestivum* L. opisanych w części I pracy. Ukierunkowane zostało na cechy kłosa i jakość ziarna.

W części II pracy przedstawiono efekty uzyskane w zakresie ulepszania cech kłosa i jakości ziarna. Wskazano najefektywniejsze w tym względzie gatunki obce z rodziny *Poaceae* i wytworzone z nich materiały, które mogą być w przyszłości wykorzystane w hodowlanych programach krzyżowań pszenicy ozimej.

ULEPSZANIE CECH KŁOSA

Gatunki obce należące do rodziny *Poaceae* stanowią źródło wielu genów, w tym cech kłosa, które mogą być wykorzystane w hodowli odmian i rodów pszenicy zwyczajnej. W poszukiwaniu nowych genów dla *T. aestivum* L. zaznaczył się wyraźny postęp. Uzyskano szereg nowych mieszańców pszenicy z *Hordeum* L., *Elymus* L., *Lolium* L., *Agropyron* Gaertn., *Zea* L., *Leymus* Hochst. (Lima-Brito i in., 1996; Pilch i Głowacz, 1997; Ananthawat-Jonsson, 1999; Khan, 2000; Cherkaoui i in., 2000).

W naszych pracach introgresywnych w pokoleniach F_5 , F_9 — F_{10} , F_{12} , F_{14} uzyskano 865 linii o cechach kłosa przewyższających wzorce genetyczne Favorit, Chinese Spring, jak też inne odmiany pszenicy zwyczajnej. Pochodziły one ze 114 kombinacji krzyżowań mono-5B Chinese Spring, mono-5B Favorit, mono-5B Jara, mono-5B Drabant i mutant Ph Chinese Spring należących do *T. aestivum* L. z wybranymi gatunkami obcymi (2x) *T. boeoticum* Boiss., (4x) *T. timopheevii* Zhukov., (4x) *T. dicoccoides* Schweinf., (4x) *T.*

durum Desf. vs. Mirable, Khapli, Fuensemiduro, Mutico Mucur, DF624, (2x) *Ae. speltoides* Taush., (2x) *E. giganteus* L., (2x) *L. perenne* L. v. Anna.

Uzyskane ulepszone cechy kłosa nie występowały dotychczas ani w odmianach i rodach kolekcji roboczej pszenicy ozimej badanych w latach 1991–2001 (wyniki syntezy nieopublikowane), ani też w doświadczeniach hodowlanych wstępnych zespołowych 1991–2004 (wyniki syntezy nieopublikowane). Wartości ich wykraczały nawet poza oznaczenia botaniczne w taksonomii gatunku *Triticum aestivum* L. Na przykład klucz do oznaczania roślin podaje dla gatunku *T. aestivum* L. pięć kwiatków w jednym kłosku, w tym 4 płodne i 1 płony (Szafer i in., 1967). Natomiast uzyskane kłosy miały 5–8 kwiatków w kłosku (62,5% linii). Pochodziły one z kombinacji *T. aestivum* L. z gatunkami *T. boeoticum* Boiss., *T. durum* Desf. v. Fuensemiduro, Mirable, Khapli, Mutico Mucur, *T. timopheevii* Zhuk., *T. dicoccoides* Schweinf., *Ae. speltoides* Taush., *L. perenne* L. v. Anna i *E. giganteus* L. Najwięcej występowało ich w kombinacjach z *T. durum* Desf. v. Khapli, *L. perenne* L. v. Anna i *E. giganteus* L.

Kłosy o wyjątkowej długości (12,0–20,0 cm) miało 51,4% linii. Były to kłosy zarówno typu ostki, jak i gółki oraz białe i brązowe. Uzyskano je z kombinacji *T. aestivum* L. z *T. boeoticum* Boiss., *T. durum* Desf. v. Fuensemiduro, Mirable, Khapli DF 624, *T. timopheevii* Zhuk., *T. dicoccoides* Schweinf., *L. perenne* L. v. Anna i *E. giganteus* L.

Dużą liczbę kłosek w kłosie (24,0–26,0) miały kombinacje (0,9% linii) *T. aestivum* L. z *T. boeoticum* Boiss., *T. durum* Desf. v. Fuensemiduro, Mirable, Khapli, *T. timopheevii* Zhuk., *T. dicoccoides* Schweinf., *Ae. speltoides* Taush., *L. perenne* L. v. Anna i *E. giganteus* L.

Dużą liczbę ziarniaków w kłosie dochodzącą nawet do 144 sztuk miały kombinacje krzyżowań z wszystkimi gatunkami obcymi i stwierdzono ją u 78,5% linii. W większości były to ziarniaki drobne.

Wysoką masę ziarna z kłosa (2,5–5,2 g) miało 76,1% linii. Pochodziły one z kombinacji *T. aestivum* L. z *T. boeoticum* Boiss., *T. durum* Desf. v. Fuensemiduro, Mirable, Khapli, Mutico Mucur, DF 624, *T. timopheevii* Zhuk., *Ae. speltoides* Taush., *L. perenne* L. v. Anna i *E. giganteus* L.

W dotychczasowej literaturze nie są znane przykłady introgresji genów odporności kłosa na najgroźniejsze choroby powodowane przez patogeny *Septoria* sp., *Fusarium* sp., i *Helminthosporium* sp. O ile *Fusarium* sp. i *Helminthosporium* sp. nie stanowią problemu w hodowli to w dalszym ciągu nie ma odmian pszenicy ozimej ani jarej o pełnej odporności na *Septoria nodorum* Berk. z powodu braku źródeł genetycznych w genotypie *T. aestivum* L. Stąd też hodowla nowych odmian odpornych na tego patogena w oparciu o genotyp *T. aestivum* L. staje się niemożliwa. W naszych materiałach introgresyjnych, zidentyfikowano 97,9% linii o wysokiej odporności w stopniu 8 i 9 (skala 1°–9°, a 9°—oznacza pełną odporność) nie tylko na tego patogena, ale równocześnie na trzy inne patogeny (*Septoria* sp., *Fusarium* sp. i *Helminthosporium* sp.). W tej grupie 54,6% uzyskanych linii wykazywało odporność 9°. Pochodziły one z krzyżowań *T. aestivum* L. z *T. boeoticum* Boiss., *T. timopheevii* Zhuk., *T. dicoccoides* Schweinf., *T. durum* Desf., *Ae. speltoides* Taush., *L. perenne* L. i *E. giganteus* L. Uzyskane wyniki wskazują, że gatunki te są nie tylko źródłami odporności kłosa na septoriozę, lecz także na fusariozę

i helminthosporiozę, podlegają introgresji metodami krzyżowań i funkcjonują w genotypie *T. aestivum* L. Wcześniejsze badania Trottet i Dosba (1983) oraz Rubiales i wsp. (1992) wskazywały, że geny odporności na patogeny *Septoria* sp. występują tylko u *T. durum* Desf. i *Ae. squarrosa* L. Odporność na *Fusarium* sp., która ma poligeniczny charakter również została zidentyfikowana w *Elymus* sp. i (2x, 4x) *Triticum* sp. (Buerstmayer i in., 1996; Ban, 1997). Należy zwrócić uwagę, że w naszych materiałach braliśmy pod uwagę kompleksową odporność na 3 rodzaje patogenów i ten rodzaj odporności kompleksowej połączony był z innymi korzystnymi modyfikacjami kłosa.

92,1% badanych linii wykazywało obecność 2–6 ulepszeń cech kłosa, z których najwięcej linii (36,3%) łączyło 5 ulepszonych cech. Poza tym uzyskano takie połączenia cech, które są bardzo trudne do otrzymania konwencjonalnymi metodami hodowli a są szczególnie poszukiwane, np. wysoka liczba ziaren z kłosa i duże ziarno lub wysoka ich masa, czy też duża liczba dużych ziarniaków w kłosku.

ULEPSZANIE PARAMETRÓW TECHNOLOGICZNYCH ZIARNA

Jakość ziarna nie była dotychczas obiektem hybrydyzacji introgresywnej. W Polsce obserwuje się wyraźny postęp w hodowli jakościowej metodami rekombinacyjnymi, niemniej jednak przekroczenie poziomu technologicznego odmiany Begra nie jest wciąż łatwe, chociaż odmiana ta należy do grupy jakościowej A, albowiem w krajowym rejestrze odmian pszenicy ozimej brak jest odmian grupy jakościowej E (Kaczyński, 2002). Wśród parametrów decydujących o grupie jakości jest procentowa zawartość białka ogółem, sedymentacja i liczba opadania. Podwyższenie jednego z nich rzutuje na końcową klasyfikację jakościową odmian czy rodów. Poszukiwanie, zatem nowych źródeł genetycznych staje się nieodzowne w obecnej hodowli jakościowej pszenicy ozimej a gatunki spokrewnione w rodzinie *Poaceae* stwarzają takie możliwości.

Wykonano ocenę 3 parametrów technologicznych ziarna, tj. zawartości białka ogółem (%), wskaźnika sedymentacji Zelenyego (ml) i liczby opadania (s) u 1165 linii pokolenia F₄–F₇, F₉, F₁₁, które otrzymano w wyniku krzyżowania introgresywnego z gatunkami (2x) *T. boeoticum* Boiss., (4x) *T. timopheevii* Zhukov., (4x) *T. dicoccoides* L., (4x) *T. durum* Desf. vs. Mirable, Khapli, Fuensemiduro, DF624, Mutico Mucur, (2x) *Ae. speltooides* Taush., (2x) *L. perenne* L. v. Anna i (2x) *E. giganteus* L. Analizy technologiczne wykonano metodami aktualnie stosowanymi dla pszenicy (Cygankiewicz, 1997). Wartości krytyczne grup jakościowych (E, A, B, C) określono w stosunku do odmiany Begra według metodyki COBORU (Klockiewicz-Kamińska, Brzeziński, 1997).

Uzyskanie w badanym materiale wysokich parametrów grupy jakościowej E (dla białka — powyżej 14,3%, dla wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego — powyżej 46 ml, dla liczby opadania — powyżej 258 s.) i równocześnie wykraczających poza wartości odmiany Begra *T. aestivum* L. wskazuje na introgresję z obcych gatunków (tab. 1, 2).

Większość badanych linii pochodziła z hybrydyzacji introgresywnej, w której uczestniczyły odmiany i rody pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. pochodzenia zagranicznego: DF624, Mirable, Fuensemiduro, Mutico Mucur i Khapli (tab. 2). Wśród nich 107 linii miało zawartość białka w grupie E, 44 linie miały wskaźnik sedymentacji

Zeleny'ego grupy E i 571 linii liczbę opadania w grupie E. Odmiany *T. durum* Desf. mają skład genomowy AA BB, a więc inny genetycznie aniżeli pszenica heksaploidalna *T. aestivum* L. (AA BB DD) albowiem genomy A i B nie są homologiczne, lecz homeologiczne, co wynika z rozwoju filogenetycznego pszenicy *T. aestivum* L. Ten gatunek pszenicy tetraploidalnej zwanej makaronową znany jest na świecie z bardzo wysokich parametrów jakościowych ziarna.

Tabela 1

Zakres wartości poszczególnych parametrów technologicznych ziarna w 1165 liniach introgresywnych i liczba linii w grupach jakości
Variability ranges for several quality parameters of 1165 introgressive lines and numbers of lines in the quality groups

Pozycja Character	Białko Protein (%)	Wskaźnik Zeleny'ego Zeleny indicator (ml)	Liczba opadania Falling number (s)
Zakres Range	8,2–16,0	7–66	61–455
Grupa: Group			
E	145	64	631
A	278	220	210
B	168	511	81
C	574	370	143
Begra	13,8 (A)	40 (A)	262 (E)

Tabela 2

Liczba linii introgresywnych poszczególnych kombinacji krzyżowań o parametrach technologicznych ziarna grupy E
Number of introgressive lines of several cross-combinations with grain quality parameters of the group E

Kombinacja krzyżowania Cross-combination	Linie Lines	Białko Protein (%)	Wskaźnik Zeleny'ego Zeleny indicator (ml)	Liczba opadania Falling number (s)
<i>T. aestivum</i> L. × <i>T. durum</i> Desf.	1002	107	44	571
<i>T. aestivum</i> L. × <i>T. dicoccoides</i> L.	15	1	1	10
<i>T. aestivum</i> L. × <i>T. timopheevii</i> Zhukov.	29	13	13	2
<i>T. aestivum</i> L. × (<i>T. durum</i> Desf. × <i>T. boeoticum</i> Boiss.)	16	2	0	4
<i>T. aestivum</i> L. × (<i>T. durum</i> Desf. × <i>Ae. speltooides</i> Taush.)	22	11	1	10
<i>T. aestivum</i> L. × <i>L. perenne</i> L.	49	10	5	20
<i>T. aestivum</i> L. × <i>E. giganteus</i> L.	32	1	0	14
Razem	1165	145	64	631
Total				

W doświadczeniach polowych prowadzonych w Polsce odmiany *T. durum* Desf. uzyskują również wysoki poziom białka czy glutenu (Szwed-Urbaś i in., 1997; Bojarczuk, 2005). Turchetta i wsp. (1995) badając procentową zawartość białka i sedymentację tego gatunku wykazali 14 różnych prążków wysokocząsteczkowych glutenin wynikających z kombinacji 3 alleli genomu A i 7 alleli genomu B. Stwierdzili także 3 nowe allele, jeden w locus *Glu-A1* i 2 allele w locus *Glu-B1*. Zawartość% białka w ziarnie dochodziła do

19,0%, a liczba sedymentacji-SDS do 85 ml. U *T. durum* Desf. zidentyfikowano dodatkowe podjednostki wysokocząsteczkowych i niskocząsteczkowych glutenin kodowanych przez loci *Glu-1* i *Glu-3* mające zastosowanie w hodowli jakościowej tego gatunku (Ciaffi i in., 1992). Należy również zwrócić uwagę u pszenicy *T. durum* Desf. na występowanie w locus *Glu-B3* genu *Imw-gs* kodującego specyficzną frakcję niskocząsteczkowych podjednostek glutenin decydujących o wyjątkowych właściwościach jakościowych tej pszenicy istotnych przy wypieku ciastek (D'Ovidio i in., 1997). Ponadto Roggers i wsp. (1990) wykazali efekt dodawania chromosomów I i VI grupy homeologicznej w kierunku polepszenia właściwości technologicznych ziarna u *T. aestivum* L. Stąd też przeniesienie fragmentów tych chromosomów z *T. durum* Desf. do *T. aestivum* L. w ocenianym materiale mogło dać pozytywne efekty w wartościach parametrów technologicznych, szczególnie przeniesienie tylko chromosomów VI grupy homeologicznej związane mogło być z równoczesnym poprawieniem wielu parametrów albowiem występują tam geny zarówno liczby opadania *alfa-Amy 1*, jak i gliadyn *Gli-2*. Zdaniem Borghi i wsp. (1998) polepszenie wartości wypiekowej włoskich odmian pszenicy chlebowej jest związane nie tylko z wprowadzeniem podjednostek 5+10, ale także 17+18, oraz 1 wysokocząsteczkowych glutenin. Z chromosomem 1BL (*Glu-B1*) związana jest kombinacja 17+18, a z chromosomem 1AL (*Glu-A1*) — podjednostki 2*, 1.

Zatem krzyżowanie introgresywne *T. aestivum* L. z *T. durum* Desf. prowadzi do uzyskania w odmianach *T. aestivum* L. korzystnych zmian jakościowych ziarna uwarunkowanych genetycznie. Mogą one być efektem introgresji loci *Glu-A1*, *Glu-A3* glutenin i *Gli-A1*, *Gli-A2* gliadyn genomu A, oraz loci *Glu-B1*, *Glu-B3* glutenin i *Gli-B1*, *Gli-B2* gliadyn genomu B kodujących białka zapasowe endospermu; genów amylolitycznych *alfa-Amy 1* z chromosomów 6A, 6B, geny *alfa-Amy 2* z chromosomów 7A, 7B; genów *alfa-Amy 3* z chromosomów 5A, 5B; genów kodujących wysoką zawartość białka prawie wszystkich chromosomów tego gatunku. W efekcie krzyżowania introgresywnego może wystąpić w genomach A, B, D *T. aestivum* L. nowa zmienność genetyczna cech technologicznych ziarna. Uzyskane wyniki potwierdziły, iż prowadzi to do uzyskania u odmian i rodów pszenicy heksaploidalnej wysokich wartości parametrów technologicznych (grupa E), wykraczających nawet poza wartości uzyskane przez odmianę Begra.

W grupie 15 linii introgresywnych uzyskanych z kombinacji zawierających *T. dicoccoides* L., jedna odpowiadała grupie E zawartości białka i jedna sedymentacji oraz 10 linii zaliczono do grupy E uwzględniając tylko liczbę opadania (tab. 2). Gatunek ten również ma genomy AA BB tak jak *T. durum* Desf., a zatem efekt technologiczny należałoby przypisać tym genomom. Lange i Jochemsen (1979) wykazali, że *T. dicoccoides* L. może być źródłem wysokiego białka dla pszenicy zwyczajnej. W hodowli włoskich odmian tetraploidalnych *T. durum* Desf. gatunek ten okazał się także źródłem wysokiej zawartości białka w ziarnie i miał duży wpływ na polepszenie wartości technologicznej tych odmian (Ciaffi i in., 1991).

Inny kierunek krzyżowania introgresywnego przedstawiała grupa 29 linii, w której wykorzystano odmienny od poprzednich gatunek pszenicy tetraploidalnej, tj. *T. timopheevii* Zhukov. o składzie genomowym AA GG (tab. 2). Wśród nich, 28 linii było

w grupie jakości E, przy czym po 13 linii było w tej grupie zawartości białka i wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego, 2 linie były w grupie E liczby opadania. Genom G tego gatunku pszenicy jest mało znanym i niewykorzystywanym w hodowli, albowiem występuje sporadycznie — zaledwie u 2 gatunków pszenicy, tj. u tetraploidalnego *T. timopheevii* Zhukov. (AA GG) i heksaploidalnego *T. zhukovskyi* Men. et Er (AA AA GG). Wpływ genomu GG na wartość parametrów technologicznych nie jest rozeznany w literaturze, niemniej jednak Belea i Sagi (1978) wykazali introgresję wysokiej zawartości białka i lizyny z *T. timopheevii* Zhukov. do pszenicy zwyczajnej *T. aestivum* L.

Kolejny kierunek stanowiła grupa 49 linii z udziałem gatunku *L. perenne* L. o genomie *Lp Lp*. (tab. 2). Wpływ tego obcego genomu na jakość ziarna pszenicy *T. aestivum* L. nie jest znany, jednak odmiany odznaczają się wysoką wartością paszową ze względu na zawartość białka jak też odpornością na porastanie ziarna. Jednak 35 spośród 49 linii było w grupie jakościowej E — biorąc pod uwagę pojedynczą cechę i tak 10 linii w grupie białka, 5 linii — wskaźnika Zeleny'ego i 20 linii w liczbie opadania.

Z krzyżowaniu introgresywnym z gatunkiem *E. giganteus* L. znanym z wysokiej odporności na suszę, choroby i porastanie ziarna oceniono 32 linie (tab. 2). Jedna linia była w grupie E zawartości białka i 14 linii w grupie E liczby opadania. Brak było linii o wartości E wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego.

Specyficznymi były kierunki, w których uczestniczyły mieszańce 2 obcych gatunków, lecz stałym elementem w nich był gatunek *T. durum* Desf. (tab. 2). W jednym wykorzystano mieszańca (*T. durum* Desf. × *Ae. speltoides* Taush.), w którym miało miejsce wzmocnienie dawki genomu B pochodzącego z 2 źródeł, tj. *T. durum* Desf. (AA BB) i *Ae. speltoides* Taush. (BB) — prekursora filogenetycznego genomu B dla pszenic tetraploidalnych i heksaploidalnych. Z badanych 22 linii, 22 linie miało parametry technologiczne w grupie E; zawartość białka tej grupy miało 11 linii, wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego — 1 linia i liczbę opadania — 10 linii.

W drugim kierunku krzyżowania introgresywnego zastosowano mieszańca (*T. durum* Desf. × *T. boeoticum* Boiss.) o wzmocnionej dawce genomu A, który pochodził z *T. durum* Desf. (AA BB) i pszenicy diploidalnej *T. boeoticum* Boiss. (AA) — dawcy genomu A dla pszenic tetraploidalnych i heksaploidalnych w rozwoju filogenetycznym. Oceniono parametry technologiczne 16 linii, z których w grupie E było 6 linii; 2 linie w grupie E zawartości białka i 4 linie w grupie E liczby opadania. Brak było linii o wartości wskaźnika Zeleny'ego grupy E. Roggers i wsp. (1997) wykazali, że gatunek *T. boeoticum* Boiss. przedstawia genetyczne możliwości ulepszania wartości technologicznej ziarna pszenicy *T. aestivum* L. W efekcie introgresji dwóch alleli wysokocząsteczkowych glutenin, *Glu-A1r* kodującego parę podjednostek 39+40 i *Glu-A1s* kodującego parę podjednostek 41+42 do odmiany Sicco *T. aestivum* L. nastąpiło polepszenie właściwości glutenu i zwiększenie sedymentacji-SDS. Efektem introgresji *Glu-A1r* było zwiększenie liczby sedymentacji-SDS do poziomu 90,3–94,3 ml w liniach *T. aestivum* L. Natomiast w efekcie introgresji allelela *Glu-A1s* uzyskano polepszenie liczby sedymentacji-SDS do wartości 55,4–72,6 ml u *T. aestivum* L. Ponadto Reeves i Okita (1987) i Anderson i wsp. (1997) stwierdzili, że niektóre sekwencje cDNA korzystnych frakcji alfa-gliadyn u *T. aestivum* L. o wysokiej

wartości wypiekowej odmiany Cheyenne są wynikiem introgresji z obcych gatunków diploidalnych pszenic, jak *T. urartu* Thum. et Gandi (AA).

Również niektóre gatunki *Aegilops* L. są efektywnymi źródłami parametrów technologicznych dla pszenicy zwyczajnej. W krzyżowaniach z *Ae. speltoides* Taush., Zeven i Waninge (1986) dokonali introgresji dwóch podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin S 1, S 2 do *T. aestivum* L. oraz rozbicia alleliczności podjednostek i uzyskania pary 3+10, które miały korzystny efekt technologiczny. Analiza alleli w loci *Gli-1*, *Gli-2* alfa i beta gliadyn oraz *Glu-1* wysokocząsteczkowych glutenin i *Glu-3* niskocząsteczkowych glutenin wykonana metodami RFLP i PCR u *T. aestivum* L. wykazała homeoloci nie tylko z gatunkami diploidalnymi pszenicy; *T. boeoticum* Boiss., *T. monococcum* L., ale także z tetraploidalnymi; *T. turgidum* L., *T. dicoccum* Schrank, *T. timopheevii* Zhukov., *T. araraticum* Jakubz., *T. karamyshevii* Nevski, *T. jakubzineri* Udacz. et Schachm. oraz heksaploidalnymi; *T. macha* Dek. et Men., *T. spelta* L., *T. sphaerococcum* Perc., ale także z gatunkami *Aegilops* L., jak *Ae. squarrosa* L., *Ae. longissima* Schweinf. et Musch., *Ae. searsii* Feldman et Kislev., *Ae. stranggulata* Eig., *Ae. cylindrica* Host., *Ae. juvenalis* Thell. (D'Ovidio i in., 1992). Dowodzi to dużych możliwości introgresywnych z tymi gatunkami.

Nasze wyniki wskazują, że genomy A, B, G pochodzące z gatunków *T. boeoticum* Boiss., *T. dicoccoides* L., *T. durum* Desf., *T. timopheevii* Zhukov., *Ae. speltoides* Taush. korzystnie wpływają na zwiększenie parametrów technologicznych ziarna odmian i rodów *T. aestivum* L. Daje to możliwość wyselekcjonowania źródeł o bardzo wysokich wartościach technologicznych.

ZMIANY BIAŁEK GLUTENINOWYCH

Wysokocząsteczkowej frakcji glutenin przypisuje się ostatnio największą odpowiedzialność za wartość wypiekową ziarna u odmian pszenicy ozimej *T. aestivum* L. Warunkują ją 3 komplementarne loci rozmieszczone na długich ramionach chromosomów I grupy homeologicznej (*1AL*, *1BL*, *1DL*) obejmujące 20 alleli. Ekspresją alleli są odpowiednie podjednostki i układy podjednostek w elektroforezie na żelu poliakrylamidowym SDS-PAGE (Payne, Lawrence, 1983). Gatunki spokrewnione z *T. aestivum* L. wykazują obecność niektórych z tych alleli, ale w większości ujawniają inne allele jakie nie występują u gatunku *T. aestivum* L. Przykładem mogą być gatunki tetraploidalne pszenicy gdzie u *T. durum* Desf. zidentyfikowano 9 innych alleli, u *T. dicoccum* Schubl. również 9 innych alleli, a u *T. turgidum* L. tylko 3 inne allele (Vallega, Mello-Sampayo 1987; Branlard i in., 1989). Takie zróżnicowanie stwarza możliwość introgresji do genomu *T. aestivum* L. nieobecnych alleli jak również alleli wspólnych, które w świetle prac molekularnych nie muszą być identyczne bo mają inne sekwencje nukleotydów. I tak u węgierskiej heterogenicznej odmiany jakościowej Bankuti 1201 stwierdzono spontaniczną substytucyjną mutację allele *b* w locus *Glu A-1* dla podjednostki 2* polegającą na zamianie kodonów seryny na cysteinę, a więc nowy allel pomimo, że elektroforeza SDS-PAGE wykazywała zawsze obecność podjednostki 2* wskazującej allel *b* (Juhasz i in., 2003). Z kolei Anderson i wsp. (1998) wykazali, że promotory Bx tych

samych alleli genu *Glu-B1-1* u odmian Chinese Spring i Cheyenne pszenicy *T. aestivum* L., u odmiany Bidi *T. durum* Desf. i u gatunku *T. turgidum* ssp. *dicoccoides* przedstawiały różnice w sekwencji bp. Dotyczyły one duplikacji o wielkości 54 bp lub insercji 185 bp powstałej na skutek transpozycji. W innym przykładzie Forde i wsp. (1985) rozpoznali u odmiany Cheyenne delecję 85 bp w promotorze Ay genu *Glu-A1-2*. Tak więc introgresja wspólnych alleli z gatunków obcych może również wprowadzić nową zmienność genetyczną determinującą parametry technologiczne ziarna.

Efektom krzyżowania introgresywnego może być także rozbitcie alleliczności w loci *Glu-1* i powstanie nowych kompozycji alleli w locus. Następstwem tego mogą być inne podjednostki dla danego locus nietypowe według katalogu Payne i Lawrence (1983). Zmiany takie w chromosomach genomów A, B, D u *T. aestivum* L. mogą zachodzić także pod wpływem obcych chromosomów jak *T. durum* Desf., czyli tzw. pasażowania chromosomów. Zjawisko takie jest powszechne w pszenżycie heksaploidalnym (*X Triticosecale* Witt.), gdzie chromosomy żyta *S. cereale* L. ulegają wyraźnym zmianom morfologicznym poprzez utratę heterochromatynowego DNA w telomerach pod wpływem chromosomów pszenicy tetraploidalnej *T. durum* Desf. (Pilch, 1987).

W Pracowni Oceny Jakości i Odporności Zbóż IHAR w Krakowie wykonano elektroforezę SDS-PAGE wg Zillmana i Bushuka (1979) 76 linii introgresywnych wyszczególnionych w tabeli 3.

Tabela 3

Pochodzenie linii introgresywnych i wartość wypiekowa grup E, A
Origin of the introgressive lines and their breadmaking quality of the groups E, A

Pochodzenie Pedigree	Linie Lines	Wartość wypiekowa Breadmaking quality	
		E	A
(<i>T. aestivum</i> L. × <i>T. durum</i> Desf. cv. Mirable, Khapli, Fuensemiduro)	64	12	39
(<i>T. aestivum</i> L. × <i>T. timopheevii</i> Zhukov v. 5013,5030)	4	4	0
(<i>T. aestivum</i> L. × <i>L. perenne</i> L. cv. Anna)	3	1	2
(<i>T. aestivum</i> L. × <i>Ae. speltoides</i> Taush.) × (<i>T. aestivum</i> L. × <i>T. durum</i> Desf. cv. Mirable, Khapli, Fuensemiduro)	5	0	5
Razem	76	17	46
Total			

Odznaczały się one wysokimi parametrami technologicznymi ziarna opisanymi wcześniej w pracach Pilcha (2002, 2004). Elektroforeza SDS-PAGE wykazała rozbitcie alleliczności w locus *Glu-D1* u 4 linii introgresywnych *T. aestivum* L. / *T. durum* Desf. (tab. 4). Efektom była nowa para podjednostek wysokocząsteczkowych glutenin 5+12 jaka nie występuje w katalogu Payne i Lawrence (1983). W literaturze nie ma doniesień o występowaniu takiej pary podjednostek w odmianach pszenicy ozimej uprawianych w Europie, Australii, Japonii i Chinach. Powstała ona (5+12) prawdopodobnie z rozbicia par 5+10 oraz 2+12 lub 3+12 lub 4+12). Efekty tego okazały się jednak korzystne albowiem linie te miały bardzo wysokie wartości (grupy E, A) parametrów: % zawartość białka, wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego i liczby opadania przewyższające zarówno wzorce genetyczne odmian Chinese Spring, Favorit i odmianę Begra — wzorzec jakościowy (tab. 4). Warto zaznaczyć, że

zmiany te wystąpiły jedynie pod wpływem chromosomów jednej tylko odmiany tetraploidalnej Mirable, która mogła mieć właściwości pasażowania.

Tabela 4

**Parametry technologiczne ziarna 4 introgressywnych linii z parą podjednostek 5+12
wysokocząsteczkowych glutenin w locus *Glu-D1***
**Technological parameters of 4 introgressives with the subunit pair 5+12 high-molecular-weight
glutenin at the locus *Glu-D1***

Pochodzenie Pedigree	Białko Protein (%)	Wskaźnik Zeleny Zeleny indicator (ml)	Liczba opadania Falling number (s)	Podjednostki Subunits <i>Glu-1</i> loci		
				A1	B1	D1
(5B Favorit-Mirable) 92/1/14	15,3 E	62,0 E	290,7 E	2	7+9	5+12
92/1/30	15,6 E	53,7 E	385,3 E	2	7+9	5+12
92/1/31/1	14,6 E	53,0 E	294,3 E	2	7+9	5+12
(mut Ph1ChS-Mirable) 27/16	15,3 E	44,3 A	281,7 E	N	7+9	5+12
Odmiana Begra	13,9 A	45,3 A	45,3 A	N	7+9	5+10
Begra variety						

WNIOSKI

1. Krzyżowania międzygatunkowe i międzyrodzajowe bazujące na systemach genetycznych pszenicy *T. aestivum* L. okazują się skutecznymi sposobami ulepszania nie tylko cech kłosa, ale także parametrów technologicznych ziarna. Uzyskane modyfikacje mogą stanowić w przyszłości materiał wyjściowy dla wytworzenia źródeł genetycznych dla potrzeb hodowli pszenicy ozimej.
2. Gatunki *T. boeoticum* Boiss., *T. timopheevii* Zhukov. v. 5013,5030, *T. dicoccoides* Schweinf., *T. durum* Desf. cvs. Mirable, Khapli, Fuensemiduro, Mutico Mucur, DF624, *Ae. speltoideus* Taush., *L. perenne* L. cv. Anna, *E. giganteus* L. zastosowane w krzyżowaniu introgressywnym okazały się efektywnymi źródłami dla ulepszeń cech morfologicznych kłosa jak również jakości ziarna w pszenicy heksaploidalnej ozimej *T. aestivum* L.
3. Modyfikowanie kłosa pszenicy ozimej *T. aestivum* L. za pomocą międzygatunkowego i międzyrodzajowego krzyżowania prowadzić może do uzyskania ulepszonych elementów jego struktury anatomicznej i wysokiej odporności na choroby kłosa. Poza tym umożliwia uzyskanie takich połączeń cech, które są bardzo trudne do otrzymania konwencjonalnymi metodami hodowli, jak wysoka liczba ziaren z kłosa i duże ziarno lub wysoka ich masa, czy też duża liczba dużych ziarniaków w jednym kłosku.
4. Krzyżowanie introgressywne odmian Chinese Spring i Favorit *T. aestivum* L. z odmianami Mirable, Khapli i Fuensemiduro *T. durum* Desf. i *T. timopheevii* Zhukov. v. 5013,5030 prowadzić może do uzyskania w pszenicy ozimej *T. aestivum* L. wysokich wartości parametrów technologicznych (grupa E) wykraczających nawet poza genotyp jakościowy odmiany Begra.
5. Krzyżowanie introgressywne pszenicy ozimej *T. aestivum* L. z gatunkami rodziny *Poaceae* prowadzić może również do uzyskania zmian genetycznych w zakresie

uwarunkowań wysokocząsteczkowej frakcji glutenin w loci *Glu-1*. Zidentyfikowanie nowej pary podjednostek 5+12 połączonej z wysokimi wartościami (grupa E, A) parametrów technologicznych w krzyżowaniach z odmianą Mirable tetraploidalnego gatunku *T. durum* Desf. może stanowić źródło odmiennych uwarunkowań cech jakościowych ziarna dla materiałów hodowlanych pszenicy ozimej *T. aestivum* L.

LITERATURA

- Anamthawat-Jonsson K. 1999. Variable genome composition in *Triticum* × *Leymus* amphiploids. Theor. Appl. Genet. 99 (7–8): 1087 — 1093.
- Anderson O. D., Litts J. C., Greene F. C. 1997. The L-gliadin gene family. I. Characterization of ten new wheat L-gliadin genomic clones, evidence for limited sequence conservation of flanking DNA and Southern analysis of gene family. Theor. Appl. Genet. 95: 50 — 58.
- Anderson O. D., Abraham-Pierce F. A., Tam A. 1998. Conservation in wheat high-molecular-weight glutenin gene promotor sequences: comparisons among loci and among alleles of the *Glu-B1-1* locus. Theor. Appl. Genet. 96: 568 — 576.
- Ban T. 1997. Evaluation of resistance to *Fusarium* head blight indigenous Japanese species of *Agropyron* (*Elymus*). Euphytica 97: 39 — 44.
- Belea A., Sagi F. 1978. Evaluation of common wheats and interspecific *Triticum* hybrids for protein and lysine content. Cereal Res. Comm. Vol. 6, no. 1: 15 — 19.
- Bluthner W. D., Schumann E. 1988. Use of *Aegilops* and tetraploid wheat for wheat protein improvement. Hod. Rośl. Aklim. 32, 1–2: 203 — 206.
- Bojarczuk J. 2005. Pszenica *T. durum* Desf. w Polsce, genetyka, hodowla i wykorzystanie do produkcji makaronu. Biul. IHAR (w druku).
- Borghi B., Pogna N. E., Ambrogio E. 1998. Bread wheat. Italian Contribution to Plant Genetics and Breeding (Eds. G. T. Scarascia Mugnozza, M. A. Pagnotta), Univ. of Tuscia, Italy: 195 — 207.
- Branlard G., Autran J. C., Monneveux P. 1989. High molecular weight glutenin subunits in durum wheat (*Triticum durum*). Theor. Appl. Genet. 78: 353 — 358.
- Buerstmayr H., Lemmens L., Grausgruber H., Ruckebauer P. 1996. Scab resistance of international wheat germplasm.. Cer. Res. Comm. 24: 195 — 202.
- Cherkaoui S., Lamsaoui O., Chlyah A., Chlyah H. 2000. Durum wheat × maize crosses for haploid wheat production: Influence of parental genotypes and various experimental factors. Plant Breed. 119: 31 — 36.
- Ciaffi M., Benedeltelli S., Giorgi B., Porceddu E., Lafiandra D. 1991. Seed storage proteins of *Triticum turgidum* spp. *dicoccoides* and their effects on technological quality in durum wheat. Plant Breeding, 107: 309 — 319.
- Ciaffi M., Dominici L., Lafiandra D., Porceddu E. 1992. Seed storage proteins of wild wheat progenitors and their relationships with technological properties. Hereditas, 116: 315 — 322.
- Cygankiewicz A. 1997. Wartość technologiczna ziarna materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na tle badań własnych i światowych. Biul. IHAR 204: 219 — 235.
- D'Ovidio R., Tanzarella O.A., Masci S., Lafiandra D., Porceddu E. 1992. RFLP and PCR analysis at Gli-1, Gli-2, Glu-1 and Glu-3 loci in cultivated and wild wheats. Hereditas 116: 79 — 85.
- D'Ovidio R., Simeone M., Masci S., Porceddu E. 1997. Molecular characterization of a LMW-GS gene located on chromosome 1B and the development of primers specific for the Glu-B3 complex locus in durum wheat. Theor. Appl. Genet. 95: 119 — 126.
- Farooq S., Iqbal N., Asghar M., Shah T. M. 1992. Intergeneric hybridization for wheat improvement. IV. Expression of salt tolerance gene(s) of *Aegilops cylindrica* in hybrids with hexaploid wheat. Cereal Res. Comm. 20, 1-2:111 — 118.
- Forde J., Malpica J. M., Halford N. G., Shevry P. R., Anderson O. D., Green F. C. (1985). The nucleotide sequence of a HMW glutenin subunit gene located on chromosome 1A of wheat (*Triticum aestivum* L.) Nucleic Acids Res. 13: 6817 — 6832.

- Friebe B., Raup W. J., Gill B. S. 1997. Alien sources for diseases and pest resistance in wheat improvement. In: Lelley T. (ed.). Current topics in plant cytogenetics related to plant improvement, Tulln-Austria: 63 — 71.
- Hsam S. L. K., Mohler V., Hartl L., Wenzel G., Zeller F. J. 2000. Mapping of powdery mildew and leaf rust resistance genes on the wheat-translocated chromosome T 1BL-1RS using molecular and biochemical markers. Plant Breed. 119: 87 — 89.
- Juhász A., Larroque O.R., Tamas L., Hsam S. L. K., Zeller F. J., Bekes F., Bedo Z. 2003. Bankuti 1201-an old Hungarian wheat variety with special storage protein composition. Theor. Appl. Genet. 107: 697 — 704.
- Kaczyński L. 2002. Pszenica ozima. Lista opisowa odmian 2002. COBORU, Słupia Wielka: 20 — 35.
- Kazman M. E., Lein V., Robbelen G. 1997. The 1BL-1RS translocation in recently developed European wheats. In: Lelley T. (ed.). Current topics in plant cytogenetics related to plant improvement, Tulln-Austria: 334 — 341.
- Khan I. A. 2000. Molecular and agronomic characterization of wheat — *Agropyron Intermedium* recombinant chromosomes. Plant Breed. 119: 25 — 29.
- Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W. J. 1997. Metoda oceny i klasyfikacji jakościowej odmian pszenicy. Wiad. Odm. COBORU, Słupia Wielka, 67: 1 — 18.
- Kushnir U., Halloran G. M. 1984. Transfer of high kernel weight and high protein from wild tetraploid wheat (*Triticum turgidum dicoccoides*) to bread wheat with recombination. Euphytica 33: 249 — 255.
- Lange W., Jochensen G. 1979. Use of wild emmer (*Triticum dicoccoides*, AA BB) in the breeding of common wheat (*Triticum aestivum* L. AA BB DD). Proc. Conf. Broadening Genet. Base Crops, Wageningen: 225 — 227.
- Lima-Brito J., Guedes-Pinto H., Harisson G. E., Heslop-Harrison J. S. 1996. Chromosome identification and nuclear architecture in tritcale $\times$ *tritordeum* F₁ hybrids. J. of Exp. Bot., Vol. 47, No. 297: 583 — 588.
- Mc Intosh R. A., Lagudah E. S. 2000. Cytogenetical studies in wheat. XVIII. Gene Yr 24 for resistance to stripe rust. Plant Breed. 119: 81 — 83.
- Pilch J. 1987. Substytucje i delecje heterochromatynowe chromosomów żyta (*Secale cereale* L.) oraz ich związek z niektórymi cechami użytkowymi pszenżyta heksaploidalnego. Hod. Rośl. Aklim. 30, 3-4: 1 — 52.
- Pilch J., Głowacz E. 1997. Międzygatunkowe i międzyrodzajowe krzyżowania jako sposób ulepszania cech kłosa w hodowli pszenicy heksaploidalnej *Triticum aestivum* L. Biul. IHAR 204: 15 — 31.
- Pilch J. 2002. Wartość technologiczna introgresywnych form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). Biul. IHAR 223/224: 95 — 109.
- Pilch J. 2004. Wykorzystanie hybrydyzacji introgresywnej w podwyższaniu wartości technologicznej ziarna pszenicy ozimej *Triticum aestivum* L. Pam. Puł. 135: 247 — 257.
- Reeves C. D., Okita T. W. 1987. Analyses of L, B — gliadin genes from diploid and hexaploid wheats. Gene 52: 257 — 266.
- Rogers W. J., Rickatson J. M., Sayers E. J., Law C. N. 1990. Dosage effects of chromosomes of homoeologous groups 1 and 6 upon bread-making quality in hexaploid wheat. Theor. Appl. Genet. 80: 281 — 287.
- Rogers W. J., Miller T. E., Payne P. I., Seekings J. A., Sayers E. J., Holt L. M., Law C. N. 1997. Introduction to bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and assessment for bread-making quality of alleles from *T. boeoticum* Boiss ssp. *Thaoudar* at Glu-A1 encoding two high-molecular-weight subunits of glutenin. Euphytica 93: 19 — 27.
- Rubiales D., Ballesteros J., Martin A. 1992 Resistance to *Septoria tritici* in *Hordeum chilense* $\times$ *Triticum* spp. *amphiploids*. Plant Breed. 109: 281 — 286.
- Sao Q. Q., Deng W. Y., Lin X. Y. 1989. Wide crossing and gene transfer methods between species. In: Mujeeb-Kazi A., Sitch A.L. (eds). Review of Advances in Plant Biotechnology 1985-1988., CIMMYT-Mexico: 115 — 131.
- Schlegel R. 1997. Current list of wheats with rye introgressions of homoeologous group 1. 2nd update. Wheat Inf. Service No. 84: 64 — 69.
- Szafer W., Kulczyński S., Pawłowski B. 1967. Rośliny polskie. Wyd. PWN Warszawa: 930 — 931.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Mazurek H. 1997. Parametry jakościowe ziarna krajowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Biul. IHAR 204: 129 — 140.

- Turchetta T., Ciaffi M., Porceddu E., Lafiandra D. 1995. Relationship between electrophoresis pattern of storage proteins and gluten strength in durum wheat landraces from Turkey. *Plant Breed.* 114: 406 — 412.
- Trottet M., Dosba F. 1983. Analyses cytogénétique et comportement vis-a-vis de *Septoria nodorum* d'hybrides *Triticum* sp. × *Aegilops squarrosa* et de leurs descendances. *Agronomie* 37: 659 — 664.
- Vallega V., Mello-Sampayo T. 1987. Variation of high-molecular-weight glutenin subunits amongst cultivars of *Triticum turgidum* L. from Portugal. *Euphytica* 3: 755 — 762.
- Zeven A. C., Waning J. 1986. The degree of similarity backcross lines of *Triticum aestivum* cultivars Manitou and Neepawa with *Aegilops speltoides* accessions as donors. *Euphytica* 35: 677 — 685.
- Zillman R.R., Bushuk W. 1979. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. III. *Can. J. Plant Sci.* 59: 287.

EDWARD WITKOWSKI¹**JACEK WAGA**²**AMELIA BIELAWSKA**³**KRYSTYNA WITKOWSKA**¹**HELENA LUBER**⁴¹ Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o.² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Zakład w Krakowie³ Emerytowany hodowca HRR „Nasiona Kobierzyc”⁴ HRR „Nasiona Kobierzyc”

Dziedziczenie białek gluteninowych warunkowanych locus na chromosomie 1A u mieszańców F₂ pszenicy ozimej*

Inheritance of glutenin proteins coded by the locus on chromosome 1A in F₂ hybrid genotypes of winter wheat

Badano dziedziczenie podjednostek glutenin wielkocząsteczkowych kodowanych chromosomem 1A u mieszańców F₂ uzyskanych z kombinacji krzyżowań, w których formy mateczne (odmiany Begra oraz Euris) zawierały niekodujący wariant białkowy typu *Glu A1*-null, natomiast formy ojcowskie zawierały podjednostki *Glu A1*-1 (odmiany Mikon i Astron) oraz *Glu A1*-2 (odmiana Tortija i ród MIB 496). Celem pracy było stwierdzenie czy geny warunkujące białka gluteninowe rozszczepiają się zgodnie z teoretycznie założonym stosunkiem rozszczepień 3:1 (warianty kodujące: niekodujących). Na podstawie wyników testu χ^2 stwierdzono, iż w niektórych kombinacjach liczebność klas genotypowych jest zgodna, natomiast w innych wykazuje odchylenia od mendlowskiego stosunku rozszczepień. W przypadku, gdy komponentem ojcowskim była odmiana Tortija wariant *Glu A1*-2 został niemal całkowicie wyparty przez formy typu null, natomiast w kombinacjach z odmianą Mikon wyeliminowany został wariant niekodujący.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, gluteniny wielkocząsteczkowe, analiza elektroforetyczna, dziedziczenie mendlowskie

Inheritance of HMW glutenin subunits coded by the chromosome 1A was investigated in F₂ progenies obtained from eight cross combinations. Two parental components — winter wheat cultivars Begra and Euris — which contain “silent” gene for *Glu A1* locus were crossed with four winter wheat forms with subunits *Glu A1*-1 (cultivars Mikon and Astron) or *Glu A1*-2 (cultivar Tortija and line MIB

* Praca wykonana w ramach projektu badawczego własnego Nr 3 p06A 022 25 pt: “Zmienność podjednostek białek gluteninowych pod wpływem selekcji na wybrane cechy użytkowe w populacjach mieszańcowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L)” finansowanego przez Komitet Badań Naukowych PAN

496). We have tested whether three alleles of glutenin gene on the chromosome 1A segregated according to the theoretically assumed ratio 3:1 for presence: absence of *Glu A1* subunits using the χ^2 test. The observed segregation ratio agreed with the Mendelian 3:1 ratio in some crosses but significantly differed in another ones. In two extreme cases of progeny coming from combinations with cultivar Tortija gene coding for *Glu A1-2* subunit was almost completely eliminated whereas in combinations with variety Mikon the variant with "silent" gene was not observed.

Key words: winter wheat, HMW glutenin subunits, electrophoretic analysis, Mendelian inheritance

WSTĘP

Syntezę gliadyn i glutenin wielkocząsteczkowych warunkują geny skupione w obrębie dziewięciu loci na chromosomach 1.- i 6. grupy homeologicznej (Payne i in., 1984). Każdy locus tworzy serię alleli wielokrotnych obejmujących od kilku do kilkunastu wariantów. Produktami ekspresji alleli są polipeptydy bądź grupy polipeptydów określane jako bloki białkowe. Badania genetyczne z wykorzystaniem metod rozdziału elektroforetycznego wykazały, że obraz białek gliadynowych składa się z sześciu, natomiast glutenin z trzech bloków białkowych. W niektórych formach pszenicy można jednak stwierdzić brak ekspresji genów w obrębie jednego, rzadziej dwóch loci (Gianibelli i in., 2001). Ich obraz elektroforetyczny wykazuje charakterystyczny brak prążków wchodzących w skład określonego bloku białkowego. Przyczyną tego są prawdopodobnie uszkodzenia na poziomie DNA blokujące ekspresję genów w obrębie locus, bądź częściowa lub całkowita delecja regionów strukturalnych (Lafiandra i in., 1991). W efekcie powstają niekodujące warianty określane też jako „null” allele. Naturalne czynniki, sprzyjające powstawaniu takich uszkodzeń, nie zostały do końca poznane. Mogą to być np. podwyższone dawki promieniowania UV, długotrwała ekspozycja na niskie temperatury oraz inne stresy abiotyczne (Lafiandra i in., 1987). Szczególnie podatne na ich działanie są uprawy zlokalizowane w rejonach wysokogórskich (powyżej 2500 m n.p.m.). Potwierdzają to wyniki analiz elektroforetycznych i chromatograficznych białek zapasowych form pszenicy pochodzących z populacji lokalnych rosnących w górach Tybetu, u których stwierdzono większą częstotliwość null alleli niż u odmian i rodów pochodzących z innych regionów geograficznych (Bietz i in., 1975; Payne i in., 1984). W badaniach własnych obserwowano spontaniczne powstawanie null alleli u mieszańców orkisz i pszenicy zwyczajnej (wyniki niepublikowane).

Warianty niekodujące gliadyn i glutenin są rzadko obserwowane wśród odmian i rodów pszenicy zwyczajnej uprawianych w Europie. Wyjątek stanowią gluteniny wielkocząsteczkowe warunkowane genem na chromosomie 1A. Tworzy on trzy alleliczne warianty. Dwa z nich odpowiadają za syntezę podjednostek oznaczonych symbolami *Glu A1-1* i *Glu A1-2*, natomiast trzeci typ allele jest odpowiedzialny za wariant *Glu A1-null* (Payne i Lawrence, 1983). Analiza polimorfizmu białek gluteninowych w polskich kolekcjach roboczych i materiałach hodowlanych wykazała znaczną, liczebną przewagę wariantu null nad wariantami kodującymi (Węgrzyn i Waga, 1999). Dotychczas nie stwierdzono, co może być przyczyną tego zjawiska, czy jest ono efektem presji selekcyjnej ze strony hodowli czy też jego mechanizm ma podłoże genetyczne. Rozwiązanie tego problemu wydaje się ważne z praktycznego punktu widzenia, gdyż zaobserwowano

związek *Glu A1*-null z pogorszeniem cech jakościowych pszenicy (Węgrzyn i Waga, 1999; Rogers i in., 2001).

Celem pracy było stwierdzenie, czy w kombinacjach krzyżowań różnych form pszenicy ozimej zawierających warianty kodujące w locus *Glu A1* z formami zawierającymi wariant typu null, dziedziczenie podjednostek glutenin wielkocząsteczkowych przebiega zgodnie z mendlowskim stosunkiem rozszczepień, czy też będzie od niego odbiegać.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny

W roku 2001 wykonano osiem kombinacji krzyżowań w dwóch seriach. Komponentami matecznymi były dwie odmiany pszenicy ozimej: Begra i Euris. Każdą z nich krzyżowano z czterema formami pszenicy ozimej: odmianami Mikon, Astron, Tortija oraz rodem MIB 496. W roku 2002 zebrano ziarniaki pokolenia F_2 , które przeznaczono do analizy elektroforetycznej.

Analizy elektroforetyczne

Podjednostki glutenin wielkocząsteczkowych oznaczono dla pojedynczych ziarniaków metodą elektroforezy na żelu poliakryloamidowym, w środowisku zasadowym z dodatkiem soli sodowej siarczany dodecylu (SDS PAGE) według standardowej metody Laemmli optymalizowanej do warunków laboratoryjnych Zakładu Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż IHAR w Krakowie (Laemmli, 1970; Waga, 1997). Białka ekstrahowano roztworem 6M mocznika z dodatkiem 1,5% 2-merkaptetanolu. Rozdziały prowadzono w komorach elektroforetycznych Desaphor firmy Desaga na żelu rozdzielającym o całkowitym stężeniu akrylamidu $T = 10,12\%$ i stężeniu monomerów $C = 0,12\%$ przez około 4 godziny. Zastosowano dwa bufory elektrodowe – anodowy tris-HCl o $pH = 8,1$ oraz katodowy tris-glicyna o $pH = 8,9$. Żele barwiono w roztworze komasyny R250 o stężeniu 0,02% oraz G250 o stężeniu 0,006%. Dla ośmiu kombinacji krzyżowań przeanalizowano około 1300 ziarniaków. Skład podjednostek glutenin wielkocząsteczkowych oznaczono na podstawie katalogu Payne’a (Payne i in., 1983).

Analiza genetyczna

W badanym materiale wyodrębniono grupy genotypów różniących się między sobą podjednostkami glutenin kodowanymi chromosomem 1A. Każdą kombinację podzielono na dwie grupy mieszańców:

- Zawierających wariant kodujący (*Glu A1*-1 lub 2) — pierwszy typ homozygoty oraz heterozygoty
- Zawierających wariant niekodujący (*Glu A1*-null) — drugi typ homozygoty

Określono liczebność osobników w poszczególnych grupach genotypów. Zgodność liczebności obserwowanych z teoretycznie oczekiwanymi przy założonym stosunku rozszczepień 3:1 (wynikającym z połączenia grupy homozygot typu pierwszego i heterozygot) oszacowano na podstawie testu χ^2 .

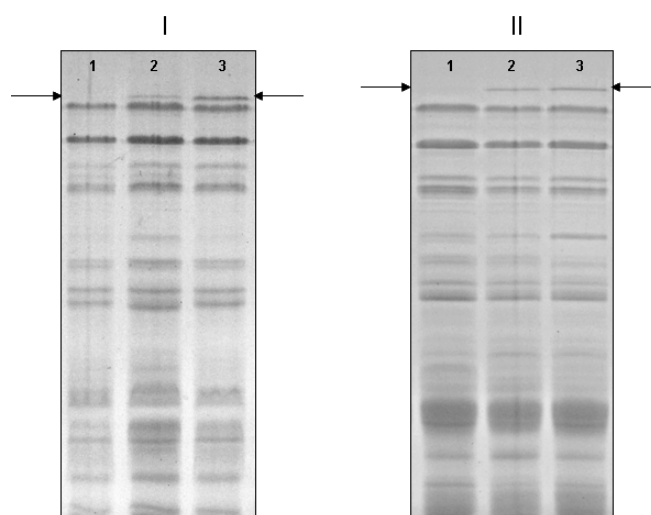
WYNIKI

Na podstawie analizy elektroforetycznej pojedynczych ziarniaków określono skład podjednostek białek gluteninowych form użytych jako komponenty rodzicielskie (tab. 1). Odmiany mateczne (Begra oraz Euris) zawierały wariant niekodujący typu *Glu A1*-null, formy ojcowskie Astron oraz Mikon zawierały podjednostkę *Glu A1*-1, natomiast ród MIB 496 oraz Tortija — *Glu A1*-2.

Tabela 1

Formuły elektroforetyczne białek gluteninowych komponentów rodzicielskich
Electrophoretic formulas of HMW glutenin subunits for the parental components

Odmiana Cultivar	Locus		
	Glu A1	Glu B1	Glu D1
Begra	Null	7+9	5+10
Euris	Null	7+9	5+10
Astron	1	7+9	5+10
Mikon	1	7+9	5+10
MIB 496	2	7+9	5+10
Tortija	2	7	5+10



I: 1 — *Glu A1*-null, 2 — *Glu A1*-2+null, 3 — *Glu A1*-2 (mieszanie z kombinacji Begra × MIB 496)

II: 1 — *Glu A1*-null, 2 — *Glu A1*-1+null, 3 — *Glu A1*-1 (mieszanie z kombinacji Begra × Mikon)

Rys. 1. Obraz elektroforetyczny mieszańców F₂ zawierających wariant kodujący, niekodujący oraz typ heterozygoty genu białek gluteninowych na chromosomie 1A. Strzałkami zaznaczono miejsce ekspresji allele *Glu A1*

I: 1 — *Glu A1*-null, 2 — *Glu A1*-2+null, 3 — *Glu A1*-2 (hybrids coming from the combination Begra × MIB 496)

II: 1 — *Glu A1*-null, 2 — *Glu A1*-1+null, 3 — *Glu A1*-1 (hybrids coming from the combination Begra × Mikon)

Fig. 1. Electrophoregrams of HMW glutenin subunits in the F₂ hybrid genotypes. Null variant, subunits of 1 and 2 type as well as heterozygotes coded by genes on the chromosome 1A are visualized. Bands coded by the *Glu A1* locus are marked by the arrows

Na obrazie elektroforetycznym glutenin wielkocząsteczkowych mieszańców pokolenia F₂ zaznaczono strefę, w której zlokalizowane są podjednostki warunkowane przez locus *Glu A1* tj. *Glu A1-1* i *Glu A1-2* oraz wariant *Glu A1-null* (rys. 1).

Wyniki testu χ^2 dla kombinacji wykonanych z odmianą Begra wykazały zgodność obserwowanego stosunku rozszczepień z teoretycznie oczekiwanym w przypadku, gdy komponentami ojcowskimi była odmiana Astron oraz ród MIB 496 (tab. 2). W kombinacji Begra $\times$ Mikon obserwowano znaczne odstępstwo od teoretycznie założonego stosunku, a wynik testu χ^2 odbiegał od wartości tabelarycznych. Gdy komponentem ojcowskim była Tortija obserwowano efekt odwrócenia liczebności w rozpatrywanych klasach genotypowych, co przejawiało się niemal całkowitą eliminacją wariantów kodujących.

Tabela 2

Test χ^2 dla podjednostek *Glu A1* w potomstwie F₂ czterech kombinacji krzyżowań z odmianą Begra
Test χ^2 for *Glu A1* subunits in F₂ generation of four cross combinations with the cultivar Begra

Kombinacja Combination	HMW GS	SR	LE	LO	χ^2	P
Begra $\times$ Mikon	1+(1+null) null	3 1	78 26	92 12	10,05	0,01–0,001
Begra $\times$ Tortija	1+(1+null) null	3 1	118,5 39,5	3 155	150,31	brak lacking
Begra $\times$ Astron	1+(1+null) null	3 1	94,5 31,5	103 23	2,37	0,2–0,1
Begra $\times$ MIB 496	2+(2+null) null	3 1	148,5 49,5	156 42	1,52	0,3–0,2

Objaśnienia skrótów w nagłówkach tabeli; Abbreviations in heads

Kombinacja; Cross combination

HMW GS — Podjednostki glutenin wielkocząsteczkowych (locus *Glu A1*) — klasy genotypowe

HMW GS — High molecular weight glutenin subunits (*Glu A1* locus) — genotypical classes

SR — Stosunek rozszczepień/ Segregation ratio

LE — Liczebność oczekiwana/ Expected numbers

LO — Liczebność obserwowana/ Observed numbers

Tabela 3

Test χ^2 dla podjednostek *Glu A1* w potomstwie F₂ czterech kombinacji krzyżowań z odmianą Euris
Test χ^2 for *Glu A1* subunits in F₂ generation of four cross combinations with the cultivar Euris

Kombinacja Combination	HMW GS	SR	LE	LO	χ^2	P
Euris $\times$ Mikon	1+(1+null) null	3 1	74,25 24,75	99 0	33	brak lacking
Euris $\times$ Tortija	1+(1+null) null	3 1	132,75 44,25	3 142	357,93	brak lacking
Euris $\times$ Astron	1+(1+null) null	3 1	116,25 38,75	104 51	5,16	0,05–0,02
Euris $\times$ MIB 496	2+(2+null) null	3 1	199,5 66,5	196 70	0,24	0,7–0,5

Objaśnienia skrótów tak jak w tabeli 2; Abbreviations in heads as in the table 2.

W drugiej serii krzyżowań z odmianą Euris podobne zależności obserwowano w dwóch przypadkach. W kombinacji z rodem MIB 496 stwierdzono zgodność liczebności zaobserwowanych z teoretycznie oczekiwanym stosunkiem rozszczepień, jednak przy wyższej wartości p (0,7–0,5) niż w pierwszej serii krzyżowań (tab. 3). Podobny rozkład częstotliwości genotypów prowadzący do niemal całkowitej eliminacji wariantów kodujących obserwowano w przypadku odmiany Tortija. Natomiast w kombinacjach z odmianami Mikon i Astron wystąpiły znaczne odstępstwa od oczekiwanych stosunków rozszczepień, których efektem (w pierwszym przypadku) była całkowita eliminacja wariantów niekodujących.

DYSKUSJA

W niniejszej pracy przedstawiono opis badań nad dziedziczeniem glutenin wielkocząsteczkowych kodowanych chromosomem *1A* w kombinacjach, w których jedna z form rodzicielskich zawierała niekodujący wariant białkowy typu *Glu A1-null*. Geny warunkujące białka gluteninowe dziedziczą się w sposób kodominacyjny. Oznacza to, że obraz elektroforetyczny mieszańców F_1 uzyskanych z odmian $A \times B$ stanowi sumę prążków charakterystycznych dla obu komponentów rodzicielskich. W pokoleniu F_2 można obserwować trzy grupy osobników, zawierających prążki formy matecznej (homozygota typu A), sumę prążków form matecznej i ojcowskiej (heterozygota) oraz prążki formy ojcowskiej (homozygota typu B), dla których teoretyczny stosunek rozszczepień wynosi 1:2:1. Kombinacje krzyżowań, w których jeden z rodziców zawiera wariant kodujący, składający się z pojedynczej frakcji białkowej, a drugi zawiera null allel, stanowi — z punktu widzenia analizy genetycznej — szczególny przypadek. W potomstwie homozygoty zawierające wariant kodujący różnią się od heterozygot bardziej intensywnym wybarwieniem tylko jednej frakcji białkowej, co wynika z różnej liczby genów kodujących. Jednakże intensywność wybarwienia może być efektem działania różnych czynników, np. zróżnicowania zawartości białka w pojedynczych ziarniakach. Analiza elektroforetyczna jest typową analizą jakościową, a nie ilościową, i wnioskowanie o zawartości białka w danej frakcji — niezbędne dla prawidłowego odróżnienia homozygoty od heterozygoty — byłoby subiektywne i obciążone znacznym błędem. Dlatego analizując rozszczepienia podjednostek *Glu A1-1* i *Glu A1-2* w mieszańcach, w których allelicznym w stosunku do nich wariantem jest typ null, połączono grupy homozygot zawierających wariant kodujący z heterozygotami. W ten sposób dla każdej kombinacji utworzono dwie grupy genotypów (zawierających prążek i niezawierających prążka), i przyjęto teoretyczny stosunek rozszczepień 3:1.

Uzyskano zastanawiające wyniki, trudne do jednoznacznej interpretacji. Okazało się, że w pewnych kombinacjach krzyżowań wariant null zachowuje się jak typowy alleliczny wariant białkowy genu na chromosomie *1A*. Świadczą o tym obserwowane stosunki rozszczepień, które były zgodne z teoretycznie oczekiwanymi. Jednakże w innych kombinacjach obserwowana częstotliwość genotypów znacznie różniła się od teoretycznej. W skrajnych przypadkach stwierdzono nawet całkowitą eliminację form zawierających wariant kodujący (kombinacje z odmianą Tortija). W innych przypadkach obserwowano

tendencję odwrotną, eliminację bądź znaczne ograniczenie mieszańców zawierających null allel przez genotypy z wariantem kodującym (kombinacje z odmianą Mikon). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że obecność null alleli u jednego z komponentów rodzicielskich może w pewnych kombinacjach krzyżowań zmieniać, nawet w znaczący sposób, mechanizm dziedziczenia w pokoleniu F₂. Celem przyszłych badań będzie porównanie linii czystych zawierających podjednostki *Glu A1-1*, *Glu A1-2* oraz wariant null z wykorzystaniem metod cytogenetycznych i technik PCR. Zdaniem autorów wyniki tych badań mogą okazać się pomocne w wyjaśnieniu genetycznych przyczyn opisanego zjawiska.

Z literatury wynika, że warianty typu null dla różnych genów kodujących białka zapasowe pojawiają się u odmian i rodów pszenicy ozimej sporadycznie (Rogers i in., 2001). Niewiele jest publikacji opisujących sposób ich dziedziczenia. Tym bardziej interesujące wydaje się doniesienie, w którym stwierdzono wystąpienie podobnego zjawiska jak w niniejszej pracy (Lafiandra i in., 1985). Autorzy badając mieszańce odmiany Reader (zawierającej wariant null białek gliadynowych kodowanych chromosomem 6A) z linią zawierającą wariant kodujący tego genu obserwowali całkowitą jego eliminację, podobnie jak miało to miejsce w kombinacji z odmianą Tortija. Z kolei, gdy analizowano rozszczepienie białek gluteninowych zawierających wariant null dla wolno migrującej podjednostki typu „x” (kodowanej chromosomem 1D) stwierdzono odstępstwo od oczekiwanego stosunku rozszczepień 3:1. To może sugerować, że kontrowersyjne wyniki uzyskane w niniejszej pracy nie są kwestią przypadku czy błędu doświadczalnego, lecz odzwierciedlają specyficzną zdolność null alleli genów białek zapasowych do modyfikowania stosunków rozszczepień w niektórych kombinacjach krzyżowań. W świetle uzyskanych wyników wydaje się prawdopodobnym, iż jedną z możliwych przyczyn liczebnej dominacji null allela nad wariantami kodującymi w *locus Glu A1* u odmian i rodów hodowlanych pszenicy ozimej jest efekt działania specyficznego mechanizmu genetycznego.

WNIOSKI

1. W populacjach mieszańcowych F₂ uzyskanych z krzyżowań, w których jeden z komponentów rodzicielskich zawierał wariant kodujący, a drugi zawierał wariant niekodujący genów *locus Glu A1*, rozszczepienie alleli białek gluteninowych przebiegało bądź w sposób zgodny, bądź też znacznie odbiegało od teoretycznie oczekiwanego stosunku rozszczepień.
2. Zakłócenie teoretycznego stosunku rozszczepień mieszańców może istotnie ograniczać liczebność genotypów zawierających wariant kodujący w jednych, natomiast typ *Glu A1*-null w innych kombinacjach krzyżowań.
3. Uzyskane wyniki sugerują, iż specyficzny mechanizm dziedziczenia białek gluteninowych w przypadku allela *Glu A1*-null może być jedną z przyczyn jego znaczącej przewagi liczebnej wśród polskich odmian i rodów pszenicy ozimej.

LITERATURA

- Bietz J. A., Shepherd K. W., Wall J. S. 1975. Single kernel analysis of glutenin: use in wheat genetics and breeding. *Cereal Chem.* 52: 513 — 532.
- Gianibelli M. C., Larroque O. R., MacRitchie F., Wrigley C. W. 2001. Biochemical, genetic and molecular characterization of wheat glutenin and its component subunits. *Cereal Chem.* 78 (6):635 — 646.
- Lafiandra D., Splendido R., Tomassini C., Porceddu E. 1987. Lack of expression of certain storage proteins in bread wheats; distribution and genetic analysis of null forms. In: Laszity R., Bekes F. (eds.) *Proceedings 3rd International Workshop on Gluten Proteins*. Singapore: World Scientific Publishing:71 — 90.
- Lafiandra D., D'Ovidio R., Tanzarella O. A., Ciaffi M. 1991. Identification, molecular characterization and use of mutants for wheat storage proteins in quality wheats. In: *Gluten proteins 1990*. W. Bushuk and R. Tkachuk, (eds.). Am. Assoc. Cereal Chem.: St. Paul, MN: 537 — 544.
- Laemmli V. K. 1970. Cleavage of structural proteins during assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680 — 685.
- Payne P. I., Lawrence G. J. 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci GluA1, GluB1, GluD1, which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.*, 11/1: 29 — 35.
- Payne P. I., Holt L. M., Jackson E. A., Law C. N. 1984. Wheat storage proteins: Their genetics and their potential for manipulation by plant breeding. *Phill. Trans. Royal. Soc. London B* 304: 259 — 371.
- Rogers W. J., Sayers E. J., Ru K. L. 2001. Deficiency of individual high molecular weight glutenin subunits affords flexibility in breeding strategies for bread-making quality in wheat *Triticum aestivum* L. *Euphytica* 117:99 — 109.
- Waga J. 1997. Polimorfizm białek gliadynowych i gluteninowych a jakość pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 204: 205 — 218.
- Węgrzyn S., Waga J. 1999. Powiązanie białek gluteninowych ze zmiennością ważniejszych cech użytkowych odmian i rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 211: 55 — 69.

HANNA SULEWSKA¹**ZYGMUNT NITA**²**ANDRZEJ KRUCZEK**¹¹ Katedra Uprawy Roli i Roślin, Akademia Rolnicza w Poznaniu² Hodowla Roślin Strzelce sp. z o.o., Strzelce

Zróżnicowanie cech jakościowych wybranych genotypów orkiszu (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.)

Variability of grain quality characters among spelt wheat genotypes

Doświadczenie polowe przeprowadzono metodą losowanych bloków w latach 2001–2003 w ZDD Swadzim k/Poznań. Celem pracy była ocena zróżnicowania parametrów jakościowych ziarna 20 genotypów orkiszu pszennego oraz wskazanie form wyróżniających się pod tym względem. Badane genotypy orkiszu wyraźnie różniły się pod względem badanych cech jakościowych ziarna. Najwyższą zawartością białka ogółem charakteryzowały się rody HTRI 4473 oraz HTRI 9631, a najniższą genotypy 001950 — Radzików, Oesterreicher Burgdorf oraz Spelt. inz Drogendijk. Największa zawartość glutenu wystąpiła u rodów HTRI 4473 oraz HTRI 9631, natomiast najmniejsza u Spelt. inz Drogendijk. Najwyższą wartość wskaźnika Zeleny'ego, około 30 ml stwierdzono u dwóch genotypów orkiszu Blauer Wi. Kolbendinkel i HTRI 4473. Niezależnie od przebiegu warunków pogodowych w obu latach rody HTRI 9631 i HTRI 4473 wyróżniały się wysoką wartością wypiekową wyrażoną wskaźnikiem RMT. Genotypy HTRI 9631 i HTRI 4473 cechowała wysoka zawartość białka i glutenu oraz najlepsza wartość wypiekowa.

Słowa kluczowe: białko, gluten, orkisz pszenny, RMT, wskaźnik Zeleny'ego

A field trial has been carried out in randomized blocks design at experimental station in Swadzim near Poznań in the years 2001–2003. The goal was to evaluate diversity of grain quality parameters of twenty spelt genotypes and to select forms with the best quality. The spelt genotypes differed significantly in the tested quality parameters. The highest protein content had HTRI 4473 and HTRI 9631, the lowest: 001950 — Radzików, Oesterreicher Burgdorf and Spelt. inz Drogendijk. The highest gluten content was in HTRI 4473 and HTRI 9631, the lowest in Spelt. inz Drogendijk. The highest Zeleny index (ca. 30 ml) was observed in two varieties: Blauer Wi. Kolbendinkel and HTRI 4473. Despite different weather conditions in both seasons, varieties HTRI 9631 and HTRI 4473 had high baking quality measured with the RMT ratio. The varieties HTRI 9631 and HTRI 4473 had high protein and gluten content and the best baking quality.

Key words: gluten, protein, RMT, spelt, Zeleny index

WSTĘP

Pszenica orkisz jest rośliną, która w dawnej Europie odgrywała ważną rolę w wyżywieniu ludności zwłaszcza Imperium Rzymskiego. W średniowieczu od VII do XIII wieku, siany był na dużych obszarach, również na ziemiach polskich. Zboże to znano już w epoce neolitu, o czym świadczą wykopaliska prowadzone w Pińczowie. Obecnie powierzchnię uprawy orkiszu w Polsce szacuje się na około 30–40 ha. Obecnie na szerszą skalę uprawiany jest w Niemczech, Szwajcarii, Austrii, gdzie nigdy nie zaprzestano jego uprawy, a w Szwabii i szwajcarskich kantonach języka niemieckiego nieprzerwanie uprawia się go od tysiąca lat. Na tym terenie uprawiany jest w celach konsumpcyjnych i pastewnych. Całkowity obszar uprawy orkiszu w Europie wynosi około 14–18 tys. hektarów (Dvořáček i in., 2002). Można przypuszczać, że popularność tego gatunku, z uwagi na duże walory odżywcze będzie rosła również w Polsce.

Wysoka zawartość białka w ziarnie i dobra jakość glutenu spowodowały ostatnio wzrost zainteresowania orkiszem zarówno wśród naukowców, jak i rolników (Achremowicz i in., 1999; Pałys i Łabuda, 1997; Reither i in., 1999). Z doniesień literatury wynika, że jeden z podgatunków pszenicy heksaploidalnej *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. charakteryzuje się korzystniejszym składem biochemicznym ziarna w porównaniu do form uprawnych *Tr. aestivum* ssp. *vulgare* (Piergiorgianni i in., 1996; Ranhortra i in., 1995, 1996; Campbell, 1997).

Orkisz zawiera duże ilości niezbędnych składników odżywczych: białek, błonnika, nienasyconych kwasów tłuszczowych, węglowodanów, witamin, biopierwiastków. Wyróżnia się tym korzystnie spośród innych zbóż. (Wodniak, 2004).

Celem podjętych badań była ocena parametrów jakościowych ziarna 20 genotypów orkiszu pszennego. Ponadto zamierzano wskazać formy wyróżniające się pod tym względem, które mogą być przydatne w pracach hodowlanych nad pszenicą zwyczajną.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono metodą losowanych bloków w latach 2001–2003 w ZDD Swadzim k/Poznań na glebach płowych, zaliczanych do klasy bonitacyjnej IVa i IVb. Zastosowano nawożenie: N — 80 kg/ha, K₂O — 100 kg/ha oraz P₂O₅ — 70 kg/ha. Analizy zawartości białka, glutenu, wskaźnika Zeleny’ego oraz wskaźnika RMT — Rapid Mix Test, służącego do szybkiej, późniejszej oceny wartości technologicznej ziarna, wykonano w Stacji Hodowli Roślin Strzelce na aparacie PerCon Inframatic 9100. Białko oraz sedymentacja obliczane są wg standardowych kalibracji firmy Perten, które muszą być wcześniej zdefiniowane w oznaczanym gatunku np. orkisz (białko = par2, sedymentacja = par3, RMT = par 4). Wynik RMT obliczany jest z wykorzystaniem regresji: $RMT = BIAS + C0 + (C1 * \text{wynik par 1} + C2 * \text{wynik par2} + \dots) * \text{Slope}$. Obliczona w ten sposób kalibracja jest zdefiniowana w programie Calibrations.

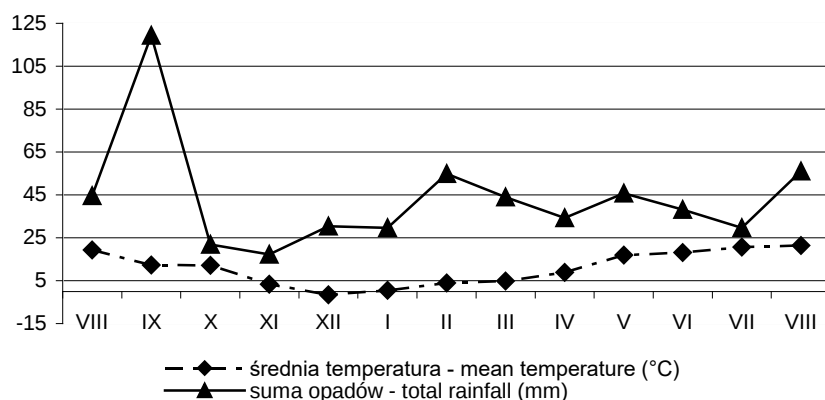
Badane formy ozime orkiszu pszennego (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) to:

- Bastard
- Oberlaender

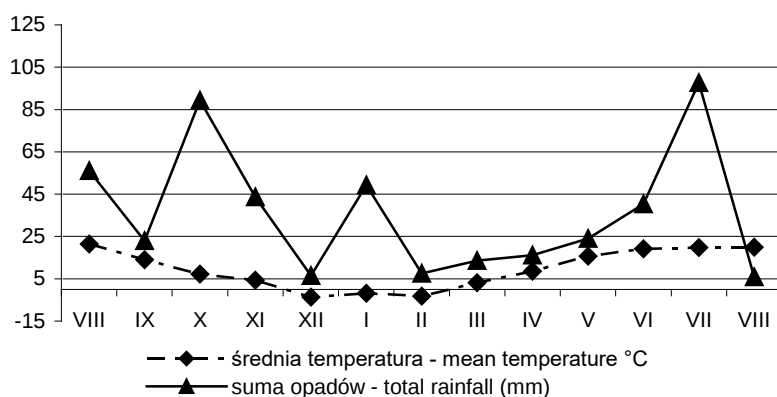
- 001950 — Radzików
- Spelt. inz Drogendijk
- Österreichischer Burgdorf 1
- Stickhof
- Ostro
- Weisser W. Gran. aus Hohenheim
- Schweizer Alt Gold
- Vögeler's Dinkel Weiss
- Zeiners Weißer Schlegeldinkel (*T. spelta* L. var. *album* Alef.)
- Blauer Wi. Kolbendinkel (*T. spelta* L. var. *alefeldii* Körn.)
- 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. *arduini* 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*).

WYNIKI

Warunki pogodowe były zróżnicowane w latach prowadzenia doświadczenia (rys. 1, 2). Pierwszy rok badań charakteryzował się zdecydowanie wyższą sumą opadów (247,7mm) oraz wyższą średnią temperaturą (15,1°C) niż sezon 2002–2003, dla którego wartości te wynosiły odpowiednio 197,7 mm i 14,4°C. Największa różnica w zaopatrzeniu w wodę wystąpiła w okresie wiosny, gdyż w 2003 roku niedobory wody obserwowano w całym okresie od kwietnia do lipca.



Rys. 1. Warunki pogodowe w ZDD Swadzim w sezonie wegetacyjnym 2001–2002
 Fig. 1. Weather conditions at experiment station Swadzim in the season 2001–2002



Rys. 2. Warunki pogodowe w ZDD Swadzim w sezonie wegetacyjnym 2002–2003
 Fig. 2 Weather conditions at experiment station Swadzim in the season 2002–2003

Tabela 1

Genotypy Genotypes	Zawartość białka i glutenu (%) Protein and gluten content (%)			
	Zawartość (%) Content (%)			
	białka — protein lata — years		glutenu — gluten lata — years	
	2002	2003	2002	2003
Bastard	14,2	18,4	32,3	47,1
Oberlaender	13,7	19,3	30,5	49,9
001950 – Radzików	13,6	17,7	28,8	44,6
Spelt. inz Drogendijk	13,3	18,4	27,6	47,3
Osterreicher Burgdorf	14,4	17	31,7	42,6
Stickhof	14,1	18,1	30,6	45,9
Ostro	14,3	19,2	31,7	49,4
Weisser W. Gran. aus Hohenheim	14,5	18,5	32,4	47,0
Schweizer Alt Gold	13,8	18,2	30,6	46,2
Vögelers Dinkel Weiss	15,0	18,5	33,6	47,2
Zeiners Weißer Schlegeldinkel	14,7	17,9	32,6	45,2
Blauer Wi. Kolbendinkel	15,6	19,3	37,2	51,1
HTRI 4613	14,9	18,6	33,7	47,6
HTRI 9631	16,7	20,4	40,4	54,3
HTRI 4629	16,3	18,5	38,9	47,5
Weißer Wi.-Grannen	14,1	18,3	31,4	47,1
HTRI 4473	17,8	21,5	43,6	57,5
Schwarzer Beh. Wi.	16,8	18,5	39,7	47,1
HTRI 16981	15,6	18,4	35,9	46,3
Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben	16,4	19,6	40,2	50,8
NIR — $LSD_{\alpha=0,05}$	1,82	2,12	3,34	4,23

W związku z takim przebiegiem pogody zawartość składników w ziarnie oraz wartości ocenianych parametrów jakościowych ziarna bardzo różniły się w latach. Zawartość białka oraz glutenu w suchej masie ziarna była zdecydowanie wyższa w 2003 roku (tab. 1). Rody

HTRI 9631 oraz HTRI 4473 wyróżniały się, niezależnie od przebiegu pogody w latach, najwyższą zawartością białka w ziarnie jak również glutenu. Najmniejsza średnia zawartość białka w suchej masie ziarna (15,7%) oraz glutenu wystąpiła u rodu 001950 oraz odmiany Osterreischer Burgdorf 1, podobnie niską zawartością białka charakteryzowała się odmiana Spelt. inz Drogendijk — 15,9%.

Większość porównywanych genotypów orkiszu charakteryzował stosunkowo niski wskaźnik Zeleny'ego (tab. 2). Najkorzystniej pod tym względem wypadły formy: HTRI 4473, Blauer Wi. Kolbendinkel, HTRI 9631, Waggershauser Hohenh., Schwarzer Beh. Wi oraz HTRI 16981. Genotypy HTRI 4473, Blauer Wi. Kolbendinkel oraz HTRI 9631 wyróżniała stabilność wysokiej wartości wskaźnika niezależnie od przebiegu pogody w latach. Najniższą wartością wskaźnika Zeleny'ego charakteryzowało się ziarno genotypów Osterreischer Burgdorf 1 oraz Zeiners Weißer Schlegeldinkel.

Tabela 2

Wskaźnik Zeleny'ego (ml) oraz RMT
Zeleny's index (ml) and RMT

Genotypy Genotypes	Wskaźnik — Index			
	Zeleny'ego (ml)		RMT	
	lata — years		lata — years	
	2002	2003	2002	2003
Bastard	22	25	659	745
Oberlaender	23	23	649	763
001950 — Radzików	16	21	642	731
Spelt. inz Drogendijk	13	23	636	746
Osterreischer Burgdorf	18	12	659	718
Stickhof	15	22	653	739
Ostro	16	35	658	760
Weisser W. Gran. aus Hohenheim	22	25	663	746
Schweizer Alt Gold	16	23	650	740
Vögelers Dinkel Weiss	14	21	670	746
Zeiners Weißer Schlegeldinkel	15	17	664	734
Blauer Wi. Kolbendinkel	27	32	688	767
HTRI 4613	18	23	670	749
HTRI 9631	26	31	708	787
HTRI 4629	25	26	700	748
Weißer Wi.-Grannen	20	22	655	745
HTRI 4473	28	33	729	808
Schwarzer Beh. Wi.	27	24	707	747
HTRI 16981	24	25	683	743
Waggershauser Hohenh. Weißer Kolben	22	31	705	769
NIR — $LSD_{\alpha=0,05}$	6,25	9,48	26,56	25,87

Wartość wypiekowa wyrażona wskaźnikiem RMT, była wyższa w ziarnie zebranym w suchszym 2003 roku. Wyróżniającymi się pod tym względem formami były rody HTRI 4473 i HTRI 9631, których ziarno niezależnie od lat charakteryzowało się istotnie najwyższą wartością tego wskaźnika (tab. 2). Najniższe wartości wskaźnika RMT wystąpiły w ziarnie rodu 001950 i odmiany Osterreischer Burgdorf 1.

Analizowane formy orkiszu pszennego charakteryzowała różna zależność ocenianych cech jakościowych od przebiegu warunków pogodowych (tab. 3 i 4). Największą

zmienność wykazano dla wskaźnika Zeleny'ego w warunkach obu lat doświadczenia, natomiast cechą najbardziej stabilną i najmniej zależną od środowiska, okazała się wartość wypiekowa wyrażona wskaźnikiem RMT.

Tabela 3

Współczynniki zmienności oraz charakterystyki cech badanych genotypów orkisz pszennego w 2002 roku

Coefficients of variation and characterization of the tested spelt genotypes in 2002

Cechy Characters	Wartości — Values			Odchylenie standardowe SD	Współczynnik zmienności CV
	średnia mean	minimum minimum	maksimum maximum		
Zawartość białka % s.m. Protein content % of DM	15,0	13,3	17,8	1,3	8,4
Zawartość glutenu (%) Gluten content	34,2	27,6	43,6	4,4	12,9
Wskaźnik Zeleny'ego (ml) Zeleny's index (ml)	20,4	13,0	28,0	4,9	23,9
RMT ratio	672	636	729	25,7	3,8

Tabela 4

Współczynniki zmienności oraz charakterystyki cech badanych genotypów orkisz pszennego w 2003 roku

Coefficients of variation and characterization of the tested spelt genotypes in 2003

Cechy Characters	Wartości — Values			Odchylenie standardowe SD	Współczynnik zmienności CV
	średnia mean	minimum minimum	maksimum maximum		
Zawartość białka % s.m. Protein content % of DM	18,7	17,0	21,5	0,98	21,5
Zawartość glutenu (%) Gluten content	48,1	42,6	57,5	3,4	7,0
Wskaźnik Zeleny'ego (ml) Zeleny's index (ml)	24,7	12,0	35,0	5,5	22,5
RMT ratio	752	718	808	20,0	2,7

Celem wyodrębnienia wyróżniających się genotypów względem każdej z ocenianych cech, pogrupowano je na podstawie wartości większej od średniej dla doświadczenia powiększonej o odchylenie standardowe (SD) lub mniejszej od średniej dla doświadczenia pomniejszonej o odchylenie standardowe (SD) (tab. 5 i 6). Analizę taką przeprowadzono dla każdego z lat badań, co pozwala wskazać formy orkiszu mniej zależne od wpływu warunków środowiska na określoną cechę ziarna. W roku o wyższej sumie opadów oraz wyższej średniej temperaturze, a więc gdy wystąpiły korzystniejsze warunki wegetacji, więcej genotypów orkiszu znalazło się w grupie wyróżniającej się zawartością białka i glutenu, było ich 5 (14, 15, 17, 18 oraz 20), (tab. 5). Z kolei w warunkach trudniejszych, gdy wystąpił niedostatek wody w okresie wiosny, jedynie dwa z nich (14 i 17) nadal wyróżniała wysoka zawartość białka i glutenu (tab. 6). Można za tym przypuszczać, że rody HTRI 9631 i HTRI 4473 są formami, w których cechy te są stabilne i w najmniejszym stopniu spośród badanych genotypów zależne od środowiska. Najmniejsza zawartość białka i glutenu wystąpiła w roku 2002 u rodu 001950 oraz odmiany Spelt inz Drogendijk,

natomiast w 2003 u rodu 001950 oraz odmiany Oesterreicher Burgdorf 1. Wymieniony ród, niezależnie od warunków środowiskowych cechowała najniższa zawartość białka oraz glutenu w ziarnie. W korzystniejszym z lat — 2002 roku wysokim wskaźnikiem Zeleny'ego cechowały się cztery genotypy (12, 14, 17 oraz 18), natomiast w roku z niedoborami wody więcej, bo pięć (7, 12, 14, 17 oraz 20). Formy Blauer Wi. Kolbendinkel, HTRI 9631 oraz HTRI 4473 cechowała wysoka wartość wskaźnika Zeleny'ego, niezależnie od przebiegu warunków pogodowych. W bardziej korzystnych warunkach roku 2002, cztery genotypy orkiszu (4, 6, 10 oraz 11) wykazywały niską wartość wskaźnika Zeleny'ego, natomiast w mniej korzystnym 2003 tylko dwa (5 i 11).

Tabela 5

Grupy genotypów orkiszu pszennego wg wartości parametrów w roku 2002
Groups of spelt genotypes according to the parameters in 2002

Cechy Characters	Genotypy o wartości cechy — Genotypes with traits value	
	Większej — higher ($\xi+1SD$)	mniejszej — lower ($\xi-1SD$)
Zawartość białka (%) Protein content (%)	14, 15, 17, 18, 20	3, 4
Zawartość glutenu Gluten content	14, 15, 17, 18, 20	3, 4
Wskaźnik Zeleny'ego Zeleny's index	12, 14, 17, 18	4, 6, 10, 11
Wskaźnik RMT RMT ratio	14, 15, 17, 18, 20	3, 4

1–20 — Genotypy jak w metodyce; Genotypes as listed in methods

Tabela 6

Grupy genotypów orkiszu pszennego wg wartości parametrów w roku 2003
Groups of spelt genotypes according to the parameters in 2003

Cechy Characters	Genotypy o wartości cechy — Genotypes with trait value	
	większej — higher ($\xi+1SD$)	mniejszej — lower ($\xi-1SD$)
Zawartość białka % Protein content %	14, 17	3, 5
Zawartość glutenu Gluten content	14, 17	3, 5
Wskaźnik Zeleny'ego Zeleny's index	7, 12, 14, 17, 20	5, 11
Wskaźnik RMT RMT ratio	14, 17	3, 5

1–20 — Genotypy jak w metodyce; Genotypes as listed in methods

Wartość wypiekowa, wyrażona wskaźnikiem RMT była korzystniejsza u pięciu form orkiszu (14, 15, 17, 18, oraz 20) w wilgotniejszym i cieplejszym 2002, a tylko u dwóch (14 i 17) w bardziej suchym 2003 roku. Niezależnie od warunków pogodowych rody HTRI 9631 oraz HTRI 4473 wyróżniały się wysoką wartością wskaźnika RMT. W obu latach tylko 2 genotypy znalazły się w grupie o niższej wartości wskaźnika RMT. W roku o korzystniejszym układzie warunków pogodowych 2002 były to ród 001950 i Spelt. inz Drogendijk, natomiast w suchym 2003 roku formy 3 i 5. Ród 001950 jest formą, która

niezależnie od warunków pogodowych cechuje się niską wartością wypiekową, wyrażoną wskaźnikiem RMT.

DYSKUSJA

Ziarno orkisz w porównaniu z ziarnem pszenic chlebowych zawiera znacznie więcej białka i jest bogate w gluten i wiele składników mineralnych, fakt ten jest dobrze poznany (Baumgartel-Blaschke, 1992; Grela i in., 1993; Modry, 1999; Dvořáček i in., 2002; Olivera, 2002). W doświadczeniach własnych zawartość białka w ziarnie badanych genotypów orkisz wahała się od 15,5% u form 0019590 oraz Oesterreicher Burgdorf do 19,7% u rodu HTRI 4473. Była ona wyższa niż w doświadczeniach prowadzonych przez Achremowicza i wsp. (1999). Należy jednak podkreślić, że prowadzono je w różnych latach i na innych odmianach. Stallknecht i wsp. (1996) badając 164 formy orkisz, wykazali bardzo dużą zmienność zawartości białka w ziarnie wynikającą z genotypu i wpływu lokalizacji, a więc agrotechniki oraz warunków środowiskowych. Natomiast Grela i wsp. (1993) oraz Achremowicz i wsp. (1999) stwierdzili niższą zawartość białka w mące orkisz niż pszenicy zwyczajnej. Warunki środowiskowe bardzo wyraźnie modyfikują cechy jakościowe ziarna, w tym również zawartość białka (Olivera, 2002). W warunkach niskiego nawożenia azotem pszenica zwyczajna reaguje silniejszym spadkiem zawartości białka niż orkisz.

Dzięki tym właściwościom orkisz jest cennym źródłem genów odpowiedzialnych za wartość odżywczą, które należy szerzej wykorzystywać w hodowli odmian pszenicy zwyczajnej o poprawionych właściwościach odżywczych i zdrowotnych (Waga i in., 2002).

Spośród badanych genotypów na szczególną uwagę zasługują rody HTRI 9631 oraz HTRI 4473, które niezależnie od przebiegu pogody w latach wyróżniały się najwyższą zawartością białka oraz glutenu w ziarnie. Oba wymienione rody w warunkach pogodowych 2003 roku gromadziły ponad 20% białka w ziarnie, mogą one okazać się cennym źródłem genów dla prac hodowlanych prowadzonych na pszenicy.

W badaniach Achremowicza i wsp. (1999) zawartość glutenu mokrego w mąkach orkiszowych wynosiła 34% do 38%, podczas gdy w mące pszenicy Kobra 36%. Należy stwierdzić, że wszystkie próbki spełniały wymagania stawiane pszenicom przeznaczonym do przetwórstwa (powyżej 25%). W badaniach tych gluten orkiszowy oceniono jako dobry (2 stopień elastyczności), natomiast gluten odmiany Kobra uzyskał 1. stopień (gluten bardzo dobry). W badaniach własnych zawartość glutenu w genotypach orkisz była zmienna w latach i wahała się od 36,7% w białku rodu 001950 do 50,6% u rodu HTRI 4473. Tak duża różnica w zawartości glutenu pomiędzy cytowanymi badaniami a własnymi, wynika z różnych metod jego oznaczania.

Wartość wypiekowa mąki zależy nie tylko od zawartości białka, ale przede wszystkim od jakości i składu glutenu. Wartość wypiekowa mąki pszenic orkiszowych w badaniach Achremowicza i wsp. (1999) była zbliżona do pszenicy zwyczajnej. Jednak dodatek mąki orkiszowej poprawia smak i przedłuża świeżość pieczywa pszennego (Ostrowska, 1993).

Niezależnie od przebiegu warunków pogodowych w obu latach rody HTRI 9631 oraz HTRI 4473 wyróżniały się wysoką wartością wypiekową wyrażoną wskaźnikiem RMT.

Jak podają Ruegger i Winzeler (1993) oraz Olivera (2002) ziarno orkiszu zwykle charakteryzuje niższa wartość wskaźnika Zeleny'ego. Mimo, że wskaźnik Zeleny'ego nie jest bezpośrednim miernikiem jakości glutenu, jednak prawdopodobnie wskazuje na jego niższą wartość. Wskaźnik Zeleny'ego w ziarnie badanych form orkiszu był bardzo różny i wahał się od 15 ml (Oesterreicher Burgdorf) do 30,5 ml (HTRI 4473). Należy podkreślić, że niezależnie od przebiegu pogody w latach, genotypy HTRI 4473, Blauer Wi. Kolbendinkel oraz HTRI 9631 wyróżniała stabilność wysokiej wartości wskaźnika. Połączenie tej cechy z wysoką zawartością białka i glutenu oraz najwyższą z uzyskanych wartością wskaźnika RMT u rodów HTRI 9631 oraz HTRI 4473 wyróżnia je jako źródła cennych genów, które mogą być wykorzystywane przez hodowlę do podnoszenia jakości ziarna odmian pszenic orkiszowych i zwyczajnych.

WNIOSKI

1. Badane genotypy orkiszu wyraźnie różniły się pod względem wybranych cech jakościowych ziarna, przez co mogą stanowić wartościowe źródło genów dla hodowli.
2. Spośród 20 ocenianych genotypów, w zróżnicowanych warunków pogodowych, rody HTRI 4473 oraz HTRI 9631 wyróżniały się pod względem zawartości białka, glutenu i wartości wypiekowej wyrażonej wskaźnikami RMT oraz Zeleny'ego.
3. Zawartość białka w korzystnym 2003 roku w ziarnie rodów HTRI 4473 oraz HTRI 9631 przekraczała 20%; mogą one okazać się przydatne w programach krzyżowań.

LITERATURA

- Achremowicz B., Kulpa D., Mazurkiewicz J. 1999. Technologiczna ocena ziarna pszenic orkiszowych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie 360: 11 — 17.
- Baumgartel-Blaschke U. 1992. Dinkel für die neue deutsche Küche. DLG-Mitteilungen 106 (12): 44 — 47.
- Campbell K. G. 1997. Spelt agronomy, genetics and breeding. Plant Breeding Reviews 15: 188 — 213.
- Dvořáček V., Čurn V., Moudrý J. 2002. Evaluation of amino acid content and composition in spelt wheat varieties. Cereal Research Commun. 30 (1–2): 187 — 193.
- Grela E., Palys E., Günther K. D. 1993. Skład chemiczny i wartość odżywcza ziarna orkisz (*Triticum spelta*) w żywieniu świń” Mat. z Symp. Proc. AR Lublin: 214 — 222.
- Moudrý J. 1999. Productivity of spelt wheat (*Triticum spelta*) spike. Scientia Agriculturae.
- Oliveira J. A. 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.
- Palys E., Łabuda S. 1997. Yielding and elemental composition of spelt wheat grain and straw Rachis. Barley and Wheat Newsletter 1997, 16 (1/2): 67 — 70.
- Piergiovanni A. R., Iaghetti G., Perrino P. 1996. Characteristics of meal from hulled wheats (*Triticum dicoccum* and *T. spelta* L.): an evaluation of selected accessions. Cereal Chem. 73/6: 732 — 735.
- Ranhortra G. S., Gelroth J. A., Glaser B. K., Stallknecht G. F. 1996. Nutritional profile of three spelt wheat cultivars grown at five different locations. Cereal Chem. 73/5: 533 — 535.
- Reither E., Schmidt L., Werteker M., Berghofer E. 1999. Baking properties of spelt wheat varieties. XVII Conf. ICC 1999, Valencia, España, 6–9 June.

- Rüegger A., Winzeler H. 1993. Performance of spelt (*Triticum spelta* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) at two contrasting environmental conditions. *J. Agron. Crop Sci.* 170: 289 — 295.
- Stallknecht G. F., Gilbertson K. M., Ranney J. E. 1996. Alternative wheat cereals as food grains: einkorn, emmer, spelt, kamut, and tritcale. *Progress in New Crops*. ASHS Press, Alexandria, VA. 3: 156 — 170.
- Waga J., Węgrzyn S., Boros D., Cygankiewicz A. 2002. Wykorzystanie orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) do poprawy właściwości odżywczych pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). *Biul. IHAR* 221: 3 — 16.
- Woźniak M. 2004. Cudowne zboże — orkisz. *Cukiernictwo i Piekarstwo* nr 5: 50 — 51.

ROMAN PRAŻAK

Instytut Nauk Rolniczych w Zamościu, Akademia Rolnicza w Lublinie

Ocena zimotrwałości, wczesności i porażenia przez rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego mieszańców *Aegilops juvenalis* i *Ae. ventricosa* z *Triticum aestivum* i *T. durum*

Evaluation of winterhardiness, earliness and infections with brown rust and powdery mildew in hybrids of *Aegilops juvenalis* and *Ae. ventricosa* with *Triticum aestivum* and *T. durum*

W warunkach polowych badano zimotrwałość, wczesność oraz porażenie przez rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) i mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) u czterech rodów mieszańcowych *Aegilops juvenalis* i *Aegilops ventricosa* z *Triticum durum* Desf. cv. Grandur i *Triticum aestivum* L. (cvs. Arda, Begra, Panda, linia CZR) oraz ich form rodzicielskich. Miarą zimotrwałości był procent roślin żywych na wiosnę. Wczesność określano na podstawie liczby dni od 1 maja do początku kłoszenia roślin. Ocenę porażenia przez choroby przeprowadzono po wykłoszeniu się roślin i fazy dojrzałości mlecznej. Przy ocenie porażenia roślin przez rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego zastosowano 9-stopniową skalę graficzną (1 — największe porażenie, 9 — brak porażenia). Z przeprowadzonych badań wynika, że w warunkach klimatycznych Polski wschodniej mieszańce miały nieco gorszą zimotrwałość od pszenic i lepszą od gatunków *Aegilops*. Wśród mieszańców dobrą zimotrwałością charakteryzowały się rody (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra i {[(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406. Najwcześniej kłosiły się gatunki *Aegilops*, następnie formy mieszańcowe, a najpóźniej — pszenice. Rody mieszańcowe (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra i {[(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda były bardzo podatne na porażenie przez rdzę brunatną. Wysoką odpornością na rdzę brunatną wykazały się mieszańce [(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda i {[(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406. Wszystkie rody mieszańcowe wykazały się dobrą odpornością na mączniaka prawdziwego. Najwyższą odporność na mączniaka prawdziwego odnotowano u mieszańca {[(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda.

Słowa kluczowe: *Aegilops*, *Triticum*, mieszańce, zimotrwałość, wczesność, rdza brunatna, mączniak prawdziwy

Winterhardiness, earliness, resistance to brown rust (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) and powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) were evaluated, under field conditions, in four wide hybrid strains, together with their parental forms. The strains were derived from crosses of *Aegilops juvenalis* and *Ae. ventricosa* with *Triticum aestivum* (cvs. Arda, Begra, Panda, CZR 1406-1BL/IRS) and *T.*

durum (cv. Grandur). The percentage of living plants in spring was a measure of winterhardiness. The earliness was determined by the number of days from May 1st to ear emergence. The diseases evaluation was performed at the stages of heading and milk maturity. Natural infections with brown rust and powdery mildew were evaluated using a nine-grades score (1 — most susceptible, 9 — completely resistant). From the conducted investigations it follows that in the climate conditions of eastern Poland the hybrids had a little lower winterhardiness than the CZR 1406 line and the Begra wheat cultivar, but they were more winter hardy than the *Aegilops* species. Among the hybrids, good winterhardiness showed the strains (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra and {(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406} × Panda × CZR 1406. The earliest heading was observed in the *Aegilops* species, later — in the hybrid strains and the latest — in the wheat cultivars. The strains (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra and {(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda} × Arda were highly susceptible to brown rust. The hybrids [(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda and {(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406} × Panda × CZR 1406 showed high resistance to brown rust. All hybrid strains showed good resistance to powdery mildew. The highest resistance to the mildew was noted in the strain {(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda} × Arda.

Key words: *Aegilops*, *Triticum*, hybrids, winterhardiness, earliness, brown rust, powdery mildew

WSTĘP

Straty powodowane przez agrofagi w produkcji pszenicy ozimej oceniane są według różnych autorów na 20%–45%, z czego znaczna część przypada na choroby grzybowe (Jończyk, 1999). Rdza brunatna (*Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici*) i mączniak prawdziwy (*Blumeria graminis* D. C. f. sp. *tritici*) należą do najpospolitszych chorób pszenicy powodując zmniejszenie ilości i jakości plonu (Zamorski, 1995; Kowalczyk, 2001). Chemiczne zwalczanie chorób grzybowych w uprawie pszenicy przyczynia się do zwiększenia kosztów uprawy i skażenia środowiska. Znacznie bezpieczniejsze wydaje się sięgnięcie do naturalnych źródeł genowych. Do takich źródeł możemy zaliczyć dzikich krewniaków pszenicy z rodzaju *Aegilops* (kozieniec). Gatunki *Aegilops* pochodzą z terenów znacznie cieplejszych od Polski. Kozieniec *Aegilops ventricosa* Tausch. występuje w rejonie Basenu Morza Śródziemnego, natomiast *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. można spotkać w południowo-azjatyckich republikach byłego ZSRR i na Bliskim Wschodzie (Kimber i Feldman, 1987).

Niektóre gatunki *Aegilops* charakteryzują się dużą odpornością na choroby aparatu asymilacyjnego. Ta korzystna cecha może zostać wykorzystana w hodowli pszenicy (Sears, 1956; Dyck i Kerber, 1970; Dvořák J., 1977; Pasquini, 1980; Frauenstein i Hammer, 1985; Gill i in., 1985; Kimber i Feldman, 1987; Manisterski i in., 1988; Ceoloni i in., 1992; Specov i Iliev, 1993; Bai i in., 1994; Bonhomme i in., 1995; Stefanowska i in., 1995; Prażak, 1997; Autrique i in., 1995; Eser, 1998; Harjit-Singh i in., 2000; Zaharieva i in., 2001).

Celem przeprowadzonych badań była ocena zimotrwałości, wczesności i podatności na rdzę brunatną (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) i mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) u mieszańców *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis* z *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1998–2004. Obiektem badań były cztery rody mieszańcowe otrzymane w wyniku krzyżowania *Ae. ventricosa* Tausch. (genomy *DDUnUn*) i *Ae. juvenalis* (Thell) Eig. (*DDMMUU*) z *T. durum* Desf. (*AABB*) cv. Grandur, *T. aestivum* L. (*AABBDD*) cvs. Arda, Begra, Panda oraz linią CZR 1406 pszenicy heksaploidalnej. Linia CZR 1406 o translokowanym chromosomie *1BL/1RS* została wytworzona przez Tarkowskiego w wyniku krzyżowania (Lanca × *S. cereale* L. 506) × Lanca (Tarkowski i in., 1994). Analizowano również wybrane komponenty rodzicielskie biorące udział w powstaniu mieszańców. Skład genomowy podano za Kimber i Feldman (1987). Rody i ich formy rodzicielskie rozmnażano corocznie w tych samych warunkach uprawy i nawożenia na polu doświadczalnym Instytutu Nauk Rolniczych w Zamościu. Poszczególne formy rosły na oddzielnych poletkach długości 2 m, w rozstawie 20 × 10 cm, na glebie brunatnej, dobrego kompleksu pszennego.

Obserwacji polowych dokonywano w oparciu o instrukcję metodyczną COBORU (1979). Miarą zimotrwałości był procent roślin żywych na wiosnę (Gut i in., 1991). Wczesność określano na podstawie liczby dni od 01.05. do początku kłoszenia danej formy. Informacje dotyczące warunków pogodowych w latach 1998–2004 uzyskano ze stacji meteorologicznej w Zamościu oraz z biuletynów agrometeorologicznych IMiGW (tab. 1 i 3).

Ocenę porażenia roślin przez rdzę brunatną (*P. recondita* f. sp. *tritici*) przeprowadzono w fazie dojrzałości młeczej. Analizowano wierzchnią stronę liści: flagowego i podflagowego określając ich procentowe porażenie. Ocenę porażenia roślin przez mączniaka prawdziwego (*B. graminis* f. sp. *tritici*) przeprowadzono po wykłoszeniu się roślin biorąc pod uwagę co najmniej trzy górne liście. Przy ocenie porażenia roślin przez rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego zastosowano 9-stopniową skalę graficzną COBORU (1 — największe porażenie, 9 — brak porażenia). Analizowano wszystkie rośliny z każdego poletka. Wyniki dotyczące oceny zimotrwałości, wczesności i porażenia roślin przez rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego przedstawiono w tabelach 2 i 4.

WYNIKI I DYSKUSJA

Klimat kontynentalny okolic Zamościa znacznie odbiega od warunków naturalnego występowania kozińców. Charakteryzuje się on wprawdzie suchymi i gorącymi latami, ale mroźnymi zimami oraz krótkim przedzimmem i przedwiośniem. Liczba dni słonecznych w roku wynosi 38%, mroźnych — do 60 rocznie, a z przymrozkami do 130 rocznie (Reszel, 1992). Rybka i wsp. (1994) donoszą, że ostre, selekcjonujące zimy występują w Polsce przeważnie raz na ok. 10 lat. W badanym okresie 1998–2004 najsroższa zima wystąpiła w sezonie 2002/2003, gdy średnie temperatury w grudniu, styczniu i lutym były niższe o 2,8°–5,9° od średnich temperatur wieloletnich w tych miesiącach (tab. 1).

Najsłabiej w tym okresie przetrzymały *Ae. juvenalis* i *Ae. ventricosa* oraz rody mieszańcowe z *Ae. ventricosa*. Pomimo tego, że te gatunki zawierają w swoim genotypie genomy *D*. W genomie *D* pszenicy Law i Jenkins (1970), stwierdzili obecność genów

zimotrwałości. Według Tsunewakiego (1968; za Limin i Fowler, 1982), dodanie genomu *D* *Ae. squarrosa*, charakteryzującego się wysoką zimotrwałością, do genomów *AB* pszenicy tetraploidalnej pozwoliło pszenicom heksaploidalnym na ekspansję do regionów o chłodniejszym klimacie. Wysoka zimotrwałość *Ae. squarrosa* została również potwierdzona w badaniach przeprowadzonych w warunkach Polski wschodniej (Prażak, 1998). Jednak według Limina i Fowlera (1982), cecha zimotrwałości wytworzyła się u pszenic w wyniku mutacji lub rekombinacji już na poziomie heksaploidalnym.

Tabela 1

Temperatury powietrza w okresie październik — marzec w latach 1998–2004 w Zamościu
Air temperatures from October to March in the years 1998–2004 in Zamość

Miesiąc Month	Temperatury powietrza — wartości średnie wieloletnie (°C) Air temperatures — average values for many years (°C)	Odchylenia temperatur powietrza (°C Deviations of air temperatures (°C)					
	1979–1988	1998/99	1999/00	2000/01	2001/02	2002/03	2003/04
Październik October	7,3	+0,2	+0,9	+3,7	+4,2	+1,1	-2,1
Listopad November	1,5	-0,6	+2,6	+4,8	+0,7	+3,0	+4,8
Grudzień December	-1,0	-2,8	+0,9	+5,0	-5,3	-5,9	+1,3
Styczeń January	-3,8	+2,2	+1,0	+0,2	+1,7	-3,1	-2,0
Luty February	-3,5	-0,2	+4,5	-2,2	+6,5	-2,8	+2,2
Marzec March	0,7	+4,9	+2,4	+1,4	+0,3	+0,8	+1,9

Tabela 2

Zimotrwałość rodów mieszańcowych *Aegilops* × *Triticum* i ich form rodzicielskich badanych w latach 1998–2004
Winterhardiness of *Aegilops* × *Triticum* hybrid strains and their parental forms investigated in 1998–2004

Analizowane formy Forms analyzed	Zimotrwałość (%) — Winterhardiness (%)						
	1998–1999	1999–2000	2000–2001	2001–2002	2002–2003	2003–2004	Średnio Mean
(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	100	87	99	91	92	90	92,57
{[(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406	88	92	100	94	93	97	91,43
[(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Panda	75	82	96	86	49	73	76,14
{[(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda	84	88	94	82	84	76	82,43
<i>Ae. juvenalis</i>	80	92	88	92	18	90	70,43
<i>Ae. ventricosa</i>	82	93	90	90	34	84	74,71
Arda	90	96	98	91	82	90	88,29
Begra	100	99	100	98	96	84	93,29
CZR 1406	100	90	100	99	100	100	96,14
Panda	94	92	100	98	94	87	91,86

Na podstawie 6-letnich badań, mieszańce *Aegilops* × *Triticum* miały nieco gorszą zimotrwałość od pszenic i lepszą od kozieńców *Ae. juvenalis* i *Ae. ventricosa*. Wśród mieszańców wyróżnił się ród (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra o lepszej zimotrwałości

od pszenic Arda i Panda oraz ród $\{(Ae.juvenalis \times CZR\ 1406) \times CZR\ 1406\} \times Panda \times CZR\ 1406$ o nieco o lepszej zimotrwałości od pszenicy Arda (tab. 2).

Najwyższą zimotrwałością charakteryzowała się linia pszenicy heksaploidalnej CZR 1406 o translokowanym chromosomie *1BL/1RS*. Obecność krótkiego ramienia żytniego chromosomu *1R* wpływa prawdopodobnie na wyższą zimotrwałość linii CZR 1406. Badania Tyrki i wsp. (2002) potwierdziły obecność translokacji *1BL/1RS*, pochodzącej od linii CZR 1406, u mieszańców *Ae. juvenalis* $\times$ *Triticum*. Najgorzej w latach 1999–2003 przeżywały mieszańce *Ae. ventricosa* $\times$ *Triticum* (tab. 2). Prawdopodobnie przyczyniła się do tego obecność w ich genotypach genów pszenicy jarej Grandur. Podobnie jest w przypadku innych mieszańców. Odmiany heksaploidalne pszenżyta, otrzymane z pszenicy tetraploidalnej, odznaczają się dużą wrażliwością na niskie temperatury i niekorzystne warunki zimowania (Tarkowski, 1989).

Tabela 3

Temperatury powietrza, opady i wilgotność względna powietrza w Zamościu (1999–2003)
Air temperatures, rainfalls and relative air humidity in Zamość (1999–2003)

Miesiąc Month	Średnie wieloletnie za lata 1979–1988 Means for the years 1979–1988		Odchylenie od średniej wieloletniej temperatury powietrza (°C) Deviations of air temperatures (°C)					Procent normy opadów Percentage of normal value of rainfalls					Średnia wilgotności powietrza (%) Mean of relative air humidity (%)				
	temp. powietrza (°C) air temp. (°C)	opady (mm) rainfalls (mm)	1999	2000	2001	2002	2003	1999	2000	2001	2002	2003	1999	2000	2001	2002	2003
Kwiecień April	6,9	40	+2,6	+4,7	+1,4	+2,6	+7,9	80	150	163	88	93	60	58	66	54	60
Maj May	13,4	66	-1,6	+1,0	+0,5	+4,2	+3,7	47	123	36	191	170	58	54	53	54	75
Czerwiec June	15,9	93	+2,9	+0,9	-1,4	+2,4	+2,3	115	99	53	158	49	65	60	63	65	70
Lipiec July	17,1	86	+2,9	-0,3	+3,0	+4,6	+2,7	65	191	195	159	167	60	71	71	59	79

Kiss i Kiss (1980) odnotowali ujemną korelację pomiędzy zimotrwałością i wczesnością. Znalazło to potwierdzenie jedynie w przypadku kozińców. Wśród analizowanych form najwcześniej kłosiły się *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis*, następnie rody mieszańcowe, a jako ostatnie pszenice (tab. 2 i 4).

Podczas lustracji przeprowadzonych w latach 1999–2003, stwierdzono występowanie rdzy brunatnej u wszystkich badanych form. Jesienią i wczesną wiosną pod skórą liści rozwijają się pojedyncze pomarańczowe skupienia zarodników (uredinia) rdzy brunatnej *P. recondita*. W czerwcu i lipcu są one najliczniejsze. Optymalne warunki do rozwoju rdzy to temperatura powietrza w granicach 18°–20°C i wilgotność powietrza powyżej 70%. W miarę dojrzewania zarodników skórka pęka i zwija się tworząc wokół nich tzw. „wałeczek”. Wcześniej i silnie porażone liście zamierają (Majewski, 1979). Widoczne pod mikroskopem, rdzawobrunatne skupienia urediniospor miały kształt kulisty lub

szerokoeliptyczny, o wymiarach 20–30 µm × 18–23 µm ze ścianą brunatnożółtawą pokrytą kolcami. Na powierzchni zarodników widoczne były pory rostkowe.

Tabela 4

Terminy kłoszenia oraz ocena polowa odporności na mączniaka prawdziwego i rdzę brunatną rodów mieszańcowych *Aegilops* × *Triticum* i ich form rodzicielskich w latach 1999–2003
Heading dates and evaluation of field resistance to powdery mildew and brown rust in *Aegilops* × *Triticum* hybrid strains and their parental forms in 1999–2003

Analizowane formy Forms analyzed	Kłoszenie (liczba dni od 01.05) Heading stage (number of days after 01.05)						Rdza brunatna (9° - pełna odporność) Brown rust (9° - complete resistance)						Mączniak prawdziwy (9° - pełna odporność) Powdery mildew (9° - complete resistance)					
	1999	2000	2001	2002	2003	1999 – 2003	1999	2000	2001	2002	2003	1999 – 2003	1999	2000	2001	2002	2003	1999 – 2003
<i>(Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	36	24	25	24	33	28,4	5,8	4,8	5,6	6,3	5,9	5,68	8,0	6,7	6,4	7,9	6,8	7,16
{[(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406	36	24	28	24	35	29,4	8,1	7,6	7,8	8,0	8,4	7,98	7,8	6,6	6,9	7,9	7,2	7,28
[(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Panda	37	26	30	28	35	31,2	8,6	8,2	8,4	8,6	8,9	8,54	7,9	6,5	7,1	8,2	7,9	7,52
{[(<i>Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda	37	24	28	28	33	30,0	5,6	4,2	5,2	6,1	5,6	5,34	7,7	7,3	7,4	8,6	8,2	7,84
<i>Ae. juvenalis</i>	26	16	22	20	21	21,0	4,6	3,9	4,2	4,7	5,3	4,54	9,0	8,6	8,9	9,0	8,9	8,88
<i>Ae. ventricosa</i>	26	16	19	18	21	20,0	8,4	8,0	8,4	8,6	8,9	8,46	9,0	8,2	8,4	8,9	9,0	8,70
Arda	37	29	29	30	38	32,6	6,7	5,2	6,2	6,9	6,0	6,20	8,4	7,2	7,4	7,8	7,9	7,74
Begra	37	28	28	28	37	31,6	7,9	6,8	7,0	7,6	7,4	7,34	7,4	6,3	6,4	7,0	6,8	6,78
CZR 1406	38	26	28	26	35	30,6	6,4	5,1	6,9	7,5	7,0	6,58	7,8	6,9	6,8	7,2	7,9	7,32
Panda	38	28	28	28	37	31,8	8,8	7,9	8,2	8,4	8,9	8,44	7,2	6,4	6,5	6,8	7,1	6,80

Najsilniejsze porażenie liści przez *P. recondita* wystąpiło na roślinach *Ae. juvenalis* (średnio 4,54°) i mieszańców (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra (5,68°) oraz {[(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda (5,34°) (tab. 4). Najbardziej odporny okazał się ród mieszańcowy [(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda (8,54°) i jego formy rodzicielskie — kozieniec *Ae. ventricosa* (8,46°) i pszenica Panda (8,44°). Wysoką odpornością charakteryzował się też ród {[(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406 (7,98°) (tab. 4). Szczególnie sprzyjające chorobie były lata 2000 i 2001. Łagodne zimy 1999/2000 i 2000/2001 sprzyjały rozwojowi choroby (tab. 1). Potwierdzają to doniesienia Chełkowskiego i Stępnia (2002). Według autorów bardzo silne porażenie upraw pszenicy rdzą brunatną obserwowano w 2000 roku i ponownie w 2001, zarówno w południowych rejonach Polski, jak i w Wielkopolsce. Łagodna zima 2000/2001

przyczyniła się do przezimowania patogena na oziminach i znacznego porażenia plantacji pszenicy od początku czerwca 2001 roku. Średnie porażenie liści pszenicy ozimej w województwie lubelskim wyniosło w latach 2000 i 2001 odpowiednio 33,8% i 24,2% (Chełkowski i Stępień, 2002). Autorzy podkreślają konieczność włączenia nowych genów odporności do pszenicy ozimej.

W krajowych odmianach pszenicy zidentyfikowano dotychczas następujące geny i ich allele odporności na rdzę brunatną: *Lr 1*, *Lr 3*, *Lr 11*, *Lr 14*, *Lr 16* i *Lr 26*. Obserwacje prowadzone przez Chełkowskiego i Stępnia (2002) na siedmiu liniach hodowlanych z genami odporności *Lr 9*, *Lr 19* i *Lr 24* wykazały brak porażenia przez *Puccinia recondita* w doświadczeniach polowych, również przy przeprowadzonej inokulacji.

W badaniach własnych 1999–2003 *Ae. ventricosa* wykazał się wysoką odpornością na rdzę brunatną, ale mieszańce powstałe z jego udziałem cechowała zróżnicowana reakcja na rdzę brunatną. Najwyższą odpornością charakteryzował się mieszaniec [(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda, natomiast mieszaniec {[(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda okazał się bardzo wrażliwy na tego patogena. Wydaje się, że wpływ na odporność mieszańca miało ostatnie krzyżowanie z pszenicą. Panda należy do odmian najbardziej odpornych na tego patogena (Chełkowski i Stępień, 2002), natomiast Arda jest bardzo podatna (tab. 4). Poza tym, w odmianie Arda może występować supresor genów odporności na rdzę brunatną obecnych w odmianie Panda. Brak ekspresji genów odporności na rdzę brunatną u pszenicy spowodowany obecnością supresora zaobserwowali Ma i wsp. (1995).

Bonhomme i wsp. (1995) donosili o przeniesieniu genu odporności na rdzę brunatną z *Ae. ventricosa* do chromosomu 2A pszenicy uprawnej. Dawcą genomu *D* dla *Ae. ventricosa* był kozieniec *Ae. squarrosa* (skład genomowy *DD*). U *Ae. squarrosa* zlokalizowano i przeniesiono do pszenicy uprawnej wiele genów odporności na rdzę brunatną (Dyck i Kerber, 1970). McIntosh i wsp. (1977) określili położenie genu odporności na rdzę brunatną *Lr 21* u *Ae. squarrosa* na długim ramieniu chromosomu 1D. Autrique i wsp. (1995) zmapowali 4 geny odporności na rdzę brunatną u *Ae. squarrosa* (*Lr 19*, *Lr 24*, *Lr 9*, *Lr 32*). Drugi genom *Ae. ventricosa* — *Un* pochodzi od *Ae. uniaristata* (genomy *UnUn*). W badaniach Prażaka (1997) *Ae. uniaristata* wykazał się wysoką odpornością na rdzę brunatną.

Ae. juvenalis okazał się najbardziej podatny na *Puccinia recondita*, natomiast reakcja jego mieszańców okazała się zróżnicowana. (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra był silnie porażany przez grzyb, natomiast {[(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406 wykazał się wysoką odpornością. Wynika z tego, że być może w linii CZR 1406 nie występuje supresor genów odporności na rdzę brunatną obecnych w odmianie Panda.

Kozieniec *Ae. juvenalis* powstał w wyniku skrzyżowania się dwóch gatunków — *Ae. crassa* 4× (genomy *DDMM*) i *Ae. umbellulata* (genomy *UU*). Genom *M* pochodzący od *Ae. comosum* (skład genomowy *MM*) został u *Ae. crassa* 4× istotnie zmodyfikowany (Kimber i Feldman, 1987). W badaniach Prażaka (1997) *Ae. crassa* 4× okazał się bardzo podatny na rdzę brunatną podobnie jak *Ae. juvenalis*. Z doniesień różnych autorów wynika, że reakcja *Ae. juvenalis* na rdzę brunatną jest zróżnicowana i zależy, być może, od rasy atakującego patogena (Stefanowska i in., 1995). W badaniach Frauenstein i Hammera

(1985) *Ae. juvenalis* charakteryzował się dobrą odpornością na infekcję izolatami *Puccinia recondita* w stadium dojrzałości i słabą w fazie 2–3 liści. Stefanowska i wsp. (1995) odnotowali u *Ae. juvenalis* całkowitą odporność siewek na inokulację izolatami *Puccinia recondita* nr 42c/94, 42b/94, 53a/94 oraz średnią odporność na izolat nr 41a/94. Prawdopodobnie, w genomie *D Ae. juvenalis* znajdują się podobne geny odporności na niektóre rasy *Puccinia recondita*, jak u *Ae. squarrosa*. Jednak ich ekspresja jest utrudniona ze względu na istotne modyfikacje genomów *D* i *M*, jakie zaszły w tym gatunku (Kimber i Feldman, 1997).

W latach 2000–2003, w miesiącu kwietniu i maju odnotowano temperatury powietrza i opady sprzyjające infekcji liści przez *B. graminis* (tab. 3 i 4). Łagodne zimy 1999/2000, 2000/2001, 2001/2002 były korzystne dla rozwoju choroby (tab. 1). Głównym źródłem zakażenia roślin przez *B. graminis* była jego anamorfa. Na porażonych przez *B. graminis* liściach widoczny był szarobiały nalot utworzony z grzybni i zarodnikowania konidialnego. Pod mikroskopem można było stwierdzić obecność podłużnie elipsoidalnych lub cylindrycznych zarodników o wymiarach 24–34 μm $\times$ 12–14 μm zebranych w łańcuszki. Grzyb *B. graminis* w warunkach Polski poraża zboża już od wczesnych stadiów rozwojowych. Zakażenie roślin następuje w szerokim zakresie temperatur (5°–30°C) oraz wilgotności powietrza (50%–100%). Optymalna dla infekcji jest temperatura od 15° do 20°C i wysoka wilgotność powietrza, powyżej 70% (Tarkowski, 1989).

Przeprowadzona w latach 1999–2003 ocena odporności polowej mieszańców i ich form rodzicielskich na mączniaka prawdziwego (*B. graminis*) wykazała, że największą odpornością charakteryzowały się kozieńce *Ae. juvenalis* i *Ae. ventricosa* (średni stopień porażenia odpowiednio 8,88° i 8,70°) (tab. 4) oraz mieszańiec {[*(Ae. ventricosa* $\times$ Grandur) $\times$ Panda] $\times$ Arda} $\times$ Arda (7,84°). W badaniach Pasquiniego (1980) oraz Frauenstein i Hammera (1985) kozieńce *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis* również wykazywały się dobrą odpornością polową na tego patogena.

Wśród genotypów pszenicy największą odpornością na mączniaka prawdziwego wyróżniła się odmiana Arda (7,74°) (tab. 4). Wynika to prawdopodobnie z tego, że Arda ma w swoim rodowodzie odmianę Maris Huntsman. Odmiana Maris Huntsman stanowiła od szeregu lat źródło odporności na mączniaka prawdziwego i znajduje się w rodowodzie około 30% odmian pszenicy ozimej (Chełkowski i Stępień, 2002). Identyfikacja genów odporności na mączniaka prawdziwego w krajowych odmianach pszenic wykazała obecność takich genów jak *Pm 1*, *Pm 2*, *Pm 3*, *Pm 5*, *Pm 6* i *Pm 8*, w tym ich różnych alleli (Chełkowski i Stępień, 2002). Zeller i wsp. (1993) podają, że w hodowli *T. aestivum* w Europie wykorzystywano tylko 10 genów odporności na mączniaka prawdziwego: *Pm 1a*, *Pm 2*, *Pm 3a*, *Pm 3d*, *Pm 4b*, *Pm 5*, *Pm 6*, *Pm 8*, *Pm 9* i *Pm 22*. W odmianach pszenic ozimych geny *Pm 2* występują najczęściej w kombinacji *Pm 2* + *Pm 6*, co świadczy o ich pochodzeniu od odmiany Maris Huntsman (Kowalczyk, 2001; Chełkowski i Stępień, 2002). Za pomocą krzyżowań międzygatunkowych i międzyrodzajowych wprowadzono do pszenicy geny *Pm 12*, *Pm 16* i *Pm 21* warunkujące całkowitą odporność na *B. graminis*. Gen *Pm 12* pochodzi od *Ae. speltooides*, *Pm 16* od *T. dicoccoides*, a *Pm 21* od *Haynaldia villosa* (Kowalczyk, 2001). Poprzez wykorzystanie mutacji genu *Ph* na chromosomie 5B

pszenicy Ceoloni i wsp. (1992) przenieśli gen *Pm 13*, leżący na chromosomie 3S *Ae. longissima*, do chromosomu trzeciej grupy homeologicznej pszenicy Chinese Spring. Zeller i wsp. (1993) donosili o genach odporności na mączniaka prawdziwego zlokalizowanych u kozieńców *Ae. speltooides* (*Pm 12*), *Ae. longissima* (*Pm 13*) i *Ae. squarrosa* (*Pm 2*). Specov i Iliev (1993) otrzymali linie mieszańcowe *T. aestivum* cv. Rusałka z *Ae. variabilis* równie odporne na mączniaka prawdziwego jak *Ae. variabilis*. Do pszenicy zwyczajnej wprowadzono także geny odporności na mączniaka prawdziwego z żyta (*Secale cereale* L.) (Tarkowski, 1984; Kowalczyk, 2001; Chełkowski i Stępień, 2002). W badaniach własnych linia CZR 1406 o translokacji z żyta *1BL/1RS* okazała się drugą wśród genotypów pszenicy po odmianie Arda formą o największej odporności na mączniaka prawdziwego (tab. 4). Także mieszańce *Ae. juvenalis* z linią CZR 1406 (*1BL/1RS*) charakteryzowały się większą odpornością na mączniaka prawdziwego od pszenic Begra i Panda (tab. 4). Jednakże często w mieszańcowych roślinach nie obserwuje się ekspresji genów odporności na choroby powodowane przez grzyby, szczególnie gdy są one wnoszone z niższego na wyższy poziom ploidalności (Zeller i Hsam, 1996). U wielu odmian pszenicy, w tym Begra i Panda, zidentyfikowano gen będący supresorem genu odporności na mączniaka prawdziwego *Pm 8* (Chełkowski i Stępień, 2002).

WNIOSKI

1. W warunkach klimatycznych Polski wschodniej mieszańce *Aegilops* × *Triticum* charakteryzowały się pośrednią zimotrwałością - niższą od pszenic CZR 1406 i Begra oraz wyższą od gatunków *Aegilops*. Wśród mieszańców najbardziej zimotrwałe okazały się rody (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra i {[*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406. Prawdopodobnie na wyższą zimotrwałość tych rodów wpłynęły geny żytnie wniesione przez linię pszenicy heksaploidalnej CZR 1406 (*1BL/1RS*).
2. Mieszańce *Aegilops* × *Triticum* wchodziły w fazę kłoszenia później od kozieńców i wcześniej od pszenicznych komponentów rodzicielskich.
3. Nie odnotowano wpływu cytoplazmy formy matecznej *Ae. juvenalis* i *Ae. ventricosa* na odporność rodów mieszańcowych na choroby. Wysoką odpornością na rdzę brunatną wykazały się mieszańce [(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Panda i {[(*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406. Natomiast rody mieszańcowe {[(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda i (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra były najbardziej podatne na porażenie przez *P. recondita*. Wszystkie rody mieszańcowe wykazały się dobrą odpornością na mączniaka prawdziwego. Najwyższą odporność na tę chorobę odnotowano u mieszańca {[(*Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda.

LITERATURA

- Autrique E., Singh R. P., Tanksley S. D., Sorrells M. E. 1995. Molecular markers for four leaf rust resistance genes introgressed into wheat from wild relatives. *Genome* 38 (1): 75 — 83.
- Bai D., Scoles G. J., Knott D. R., 1994. Transfer of leaf rust and stem rust resistance genes from *Triticum triaristatum* to durum and bread wheats and their molecular cytogenetic localization. *Genome* 37 (3): 410 — 418.
- Bonhomme A., Gale M. D., Koebner R. M. D., Nicolas P., Jahier G., Bernard M. 1995. RFLP analysis of an *Aegilops ventricosa* chromosome that carries a gene conferring resistance to leaf rust (*Puccinia recondita*) when transferred to hexaploid wheat. *Theor. Appl. Genet.* 90 (7/8): 1042 — 1048.
- Ceoloni C., Del Signore G., Ercoll L., Domini P. 1992. Locating the alien chromatin segment in common wheat — *Aegilops longissima* mildew resistance transfers. *Hereditas*, 116: 239 — 245.
- Chełkowski J., Stępień A. 2002. Podatność krajowych odmian pszenicy na patogeny grzybowe i genetycznie dziedziczona odporność na powodowane przez nie choroby. *Hod. Roślin Nasien.* 2: 27 — 32.
- COBORU 1979. Instrukcja metodyczna prowadzenia doświadczeń odmianowych.
- Dvořák J. 1977. Transfer of leaf rust resistance from *Aegilops speltoides* to *Triticum aestivum*. *Can. J. Genet. Cytol.* 19: 133 — 141.
- Dyck P. L., Kerber E. R. 1970. Inheritance in hexaploid wheat of adult — plant leaf rust resistance derived from *Aegilops squarrosa*. *Can. J. Genet. Cytol.* 12: 175 — 180.
- Eser V. 1998. Characterization of powdery mildew resistant lines derived from crosses between *Triticum aestivum* and *Aegilops speltoides* and *Ae. mutica*. *Euphytica* 100: 269 — 272.
- Frauenstein K., Hammer K. 1985. Prüfung von *Aegilops* — Arten auf Resistenz gegen Echten Mehltau, *Erysiphe graminis* D. C., Braunrost, *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. und Spelzenbraune, *Septoria nordum* Berk. *Kulturpflanze* 33: 155 — 163.
- Gill B. S., Sharma H. C., Raupp W. J., Browder L. E., Hatchet J. H., Harvey T. L., Moseman J. G., Waines J. G. 1985. Evaluation of *Aegilops* species for resistance to wheat powder mildew, wheat leaf rust, Hessian fly and greenbug. *Plant Disease* 69: 314 — 316.
- Gut M., Witkowski E., Dyrek W., Gołębiowska-Malek H. 1993. Wpływ hartowania na mrozoodporność rodów hodowlanych pszenicy (*Triticum aestivum* L.). *Biul. IHAR* 187: 13 — 18.
- Harjit-Singh, Tsujimoto H., Sakhuja P. K., Singh T., Dhaliwal H. S. 2000. Transfer of resistance to wheat pathogens from *Aegilops triuncialis* into bread wheat. *Wheat Inf. Serv.* 91: 5 — 10.
- Jończyk K. 1999. Efektywność chemicznego zwalczania chorób grzybowych w uprawie pszenicy ozimej i żyta. *Pam. Puławski* 114: 151 — 158.
- Kimber G., Feldman M. 1987. Wild Wheat: An Introduction. College of Agriculture, University of Missouri, Columbia, Special Report 353: 1 — 146.
- Kiss J. M., Kiss A. 1980. Breeding methods and tests to produce early hexaploid triticales plants. *Hod. Rośl. Aklim.* 24 (5): 459 — 466.
- Kowalczyk K. 2001. Identyfikacja, charakterystyka i lokalizacja supresora locus *Pm 8* w polskich odmianach pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.). *Rozprawy Naukowe AR w Lublinie*.
- Law C. N., Jenkins G. 1970. A genetic study of cold resistance in wheat. *Genet. Res.* 15: 1197 — 1208.
- Limin A. F. F., Fowler D. B. 1992. The expression of cold hardiness in *Triticum species* amphiploids. *Can. J. Genet. Cytol.* 24: 51 — 56.
- Ma H., Singh R.P., Mujeeb-Kazi A. 1995. Resistance to stripe rust in *Triticum turgidum*, *T. tauschii* and their synthetic hexaploids. *Euphytica* 82: 117 — 124.
- Majewski T. 1979. Grzyby (*Mycota*). Podstawczaki, rdzawnikowe (*Uredinales*) II. PWN, Warszawa.
- Manisterski J., Segal A., Levy A. A., Feldman M. 1988. Evaluation of Israeli *Aegilops* and *Agropyron* species for resistance to wheat leaf rust. *Plant Disease* 72: 941 — 944.
- McIntosh R. A., Dyck P. L., Green G. I. 1977. Inheritance of leaf rust and stem rust resistance in wheat cultivars (Agent and Agatha). *Austral. J. Anc. Res.* 28: 37 — 45.
- Pasquini M. 1980. Disease resistance in wheat: Behaviour of *Aegilops species* with respect to *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* and *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici*. *Genet. Agr.* 34: 133 — 148.

- Prażak R. 1997. Evaluation of brown rust (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) infection in *Aegilops* species and *Triticum aestivum* L. cv. Gama. J. Appl. Genet. 38B: 123 — 127.
- Prażak R. 1998. Zimotrwałość gatunków rodzaju *Aegilops* i *Triticum aestivum* L. w warunkach klimatycznych Polski wschodniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 463: 445 — 450.
- Reszel R. 1992. Środowisko przyrodnicze województwa zamojskiego. Wyd. „Emma Art”, Lublin.
- Rybka Z., Zagdańska B., Gut M., Witkowski E. 1994. Przydatność metod oceny mrozoodporności materiałów hodowlanych pszenicy ozimej. Biul. IHAR 192: 59 — 68.
- Sears E. R. 1956. The transfer of leaf rust resistance from *Aegilops umbellulata* to wheat. Brookhaven Symp. Biol. 9: 1 — 22.
- Specov P., Iliev J. 1993. Studies on Wheat — *Aegilops variabilis* addition and substitution lines resistant to powdery mildew. VIII International Wheat Genetics Symposium, 20–25 July 1993, Beijing, China, Abstracts: 31.
- Stefanowska G., Prażak R., Strzembicka A., Masłowski J. 1995. Transfer genów z *Aegilops ventricosa* Tausch. i *Aegilops juvenalis* (Thell) Eig. do *Triticum aestivum* L. Biul. IHAR 194: 45 — 52.
- Tarkowski Cz. 1984. Genetyka, hodowla roślin i nasiennictwo. PWN, Warszawa.
- Tarkowski Cz. 1989. Biologia pszenżyta. PWN, Warszawa.
- Tarkowski Cz., Masłowski J., Gruszecka D. 1994. The influence of wheat chromosome *1BL/1RS* on toxic activity of aluminium ions. First Intern. Sem. “Cereals-Pathogen and Stress Factors Interactons”. Poznań: 80.
- Tyrka M., Stefanowska G., Tarkowski Cz. 2002. Identification of *1BL/1RS* translocation in interspecific hybrids between *Aegilops* and *Triticum*. Plant Breed. Seed Sci. 46 (2): 37 — 43.
- Zaharieva M., Monneveux P., Henry M., Rivoal R., Valkoun J., Nachit M. M. 2001. Evaluation of a collection of wild wheat relative *Aegilops geniculata* Roth and identification of potential sources for useful traits. Euphytica 119: 33 — 38.
- 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.
- Zeller F. J., Hsam S. L. K. 1996. Chromosomal location of a gene suppressing powdery mildew resistance genes *Pm 8* and *Pm 17* in common wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.). Theor. Appl. Genet. 93: 38 — 40.
- Zeller F. J., Lutz J., Stephan U. 1993. Chromosome location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L.) 1. *Mlk* and other alleles at the *Pm 3* locus. Euphytica 68: 223 — 229.

DANUTA BOROS

Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych
Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Aktualne wymagania jakościowe ziarna zbóż ze szczególnym uwzględnieniem pszenicy w zależności od sposobu użytkowania*

Present global trends for cereal quality requirements, especially for wheat in relation to end-uses

Praca przedstawia obecne tendencje dotyczące wymagań jakościowych ziarna zbóż, w szczególności pszenicy, w zależności od sposobu użytkowania, wskazuje kierunek, w którym powinny zmierzać prace hodowlane i selekcyjne w tej grupie najbardziej strategicznych roślin uprawnych. Na uwagę zasługują dwa nowe kierunki wykorzystania ziarna, a mianowicie bogatego źródła substancji bioaktywnych o korzystnym wpływie na nasze zdrowie, przede wszystkim włókna pokarmowego oraz surowca do produkcji bioetanolu jako biopaliwa. W ostatnich latach otworzyło się wiele możliwości poprawy cech użytkowych zbóż, dzięki wykorzystaniu technik molekularnych inżynierii genetycznej wprowadzania transgenów. Poprawa cech jakościowych u zbóż jest stale możliwa także poprzez stosowanie metod hodowli konwencjonalnej. Źródeł pożądanych cech jakościowych poszukuje się w obrębie odmian obecnie uprawianych, starych przechowywanych w bankach genów, jak i w formach dzikich.

Słowa kluczowe: hodowla jakościowa, poprawa jakości, ziarno zbóż, wykorzystanie, źródło włókna pokarmowego, źródło substancji bioaktywnych

Present global trends for cereal quality requirements are discussed, especially for wheat in relation to end-uses, indicating the direction of breeding and selecting works within the group of the most strategic cultivated crops. There are two new ways of cereal grain utilization, as a rich source of bioactive substances with promoting effect on human health, first of all dietary fibre and its constituents and as a raw material for the production of bioethanol as a biofuel. In the last years many possibilities of improving end-use quality of cereals have been opened due to utilization of molecular techniques of genetic engineering for a transgene introduction. The improvement of cereal quality traits is still possible by exploiting the methods of conventional breeding. Donors of desirable traits can be searched within varieties, presently cultivated and old ones stored in gene banks, as well as among wild and primitive forms.

* Praca została częściowo opublikowana w Agro Serwisie nr 7 / 2005

Key words: cereal grains, end-uses, sources of dietary fibre and other bioactive substances, quality improvement, qualitative breeding

WSTĘP

Zboża są strategicznie najważniejszą grupą roślin uprawnych i żywność oparta na ziarnie zbóż stanowi podstawowy składnik naszego pożywienia. Jest ono także głównym komponentem mieszanek dla zwierząt gospodarskich, a coraz większego znaczenia nabiera wykorzystanie ziarna zbóż dla innych celów, niezwiązanych bezpośrednio z żywieniem. Przykładem może być rosnące w Europie zużycie ziarna do produkcji etanolu jako biopaliwa i różnego rodzaju materiałów izolacyjnych czy wyrobów wykorzystywanych przy rekultywacji i projektowaniu architektury krajobrazu (Gebhard, 2004). Każdy z tych rodzajów użytkowania stawia ściśle określone wymagania jakościowe przy zachowaniu oczywiście wysokich standardów tzw. ogólnej przydatności rolniczej, a więc wysokiego plonu ziarna czy odporności na stresy biotyczne i abiotyczne.

W zagospodarowaniu ziarna na cele niespożywcze, aby zwiększyć jego wartość przetworzoną, prowadzone są między innymi intensywne badania nad optymalizacją produkcji biopaliwa. Pod uwagę brany jest cały proces produkcyjny, począwszy od genetycznej modyfikacji i hodowli roślin, które mogą stanowić potencjalny surowiec do produkcji etanolu paliwowego (np. zwiększenie zawartości skrobi w ziarnie zbóż), sposobu rozdrobnienia surowca, poprzez ustalenie najlepszych warunków fermentacji (określenie stopnia uwodnienia masy, czasu i temperatury samego procesu) do badań nad wytworzeniem nowych mikroorganizmów, które miałyby zastosowanie jako super wydajne biokatalizatory w procesie przetwarzania biosurowca, a więc ziarna, na cukry. Prowadzone są także badania nad sposobem wykorzystania produktów odpadowych powstających przy wytwarzaniu bioetanolu. Praktycznie opracowywane są nowe technologie produkcji tego nowego rodzaju paliwa w zależności od jakości użytego surowca. Wydajność produkcji etanolu z jednostki masy ziarna różnych zbóż jest zbliżona (300–360 l/t), jednakże z uwagi na różnice w plonie najbardziej opłacalna jest produkcja z ziarna kukurydzy. Z ziarna zebranego z jednego hektara kukurydzy można wyprodukować około 2200 litrów etanolu, podczas gdy z ziarna innych zbóż średnio od 700 do 1000 litrów.

ZIARNO ZBÓŻ W ŻYWIENIU LUDZI

W żywieniu ludzi ziarno jest wykorzystywane przede wszystkim do produkcji chleba, a także różnego rodzaju wyrobów piekarniczych, makaronów, kasz, płatków śniadaniowych oraz napojów. Średnie roczne spożycie zbóż w krajach europejskich wynosi obecnie około 133 kg na osobę, w Polsce ponad 20 kg więcej (rys. 1). Rodzi się pytanie czy to dużo, czy mało? Według żywieniowców i dietetyków ziarno zbóż nie jest spożywane jeszcze w optymalnych ilościach, a przede wszystkim jada się je w nieodpowiedniej formie. Do produkcji żywności wykorzystuje się bowiem najczęściej zbyt oczyszczoną formę, tzw. białą mąkę a nie całe ziarno co nie pozwala na pełne

wykorzystanie jego cennych składników o właściwościach odżywczych i prozdrowotnych, skoncentrowanych głównie w zewnętrznych częściach ziarniaka.

Produkty zbożowe w żywieniu ludzi są głównym dostarczycielem energii, a z racji dużego ich udziału w codziennym pożywieniu stanowią jednocześnie pokaźne źródło białka, pokrywającym do 30% dziennego zapotrzebowania na ten składnik, oraz ważne źródło witamin z grupy B. Ziarna roślin zbożowych są także istotnym źródłem tzw. substancji bioaktywnych, wykazujących działanie profilaktyczne w powstawaniu chorób pokarmozależnych, przez co produkty zbożowe należą do żywności funkcjonalnej. Substancjami tymi są:

- włókno pokarmowe (zwane także błonnikiem pokarmowym),
- substancje fitochemiczne, do których zalicza się sterole i różne związki polifenolowe, w tym lignany, alkilorezorcynole i fityniany,
- mikroelementy: magnez, selen i chrom, witaminy: foliany, tokole, wit. C.

Prowadzone od 35 lat intensywne badania epidemiologiczne udowodniły, iż regularne spożycie produktów zbożowych pochodzących z całego ziarna obniża o 26% ryzyko choroby wieńcowej serca, zapobiega powstawaniu cukrzycy II typu, tj. insulinoniezależnej oraz niektórych chorób nowotworowych. Zapobiegawcza rola ziarna zbóż w chorobie wieńcowej serca wiąże się głównie z hipocholesterolemicznym działaniem rozpuszczalnych w wodzie frakcji polisacharydów nieskrobiowych, wchodzących w skład włókna pokarmowego, tj. arabinoksylanów i β -glukanów. Arabinoksylany występują w większych ilościach w ziarnie żyta, pszenżyta i pszenicy, podczas gdy β -glukany dominują w ziarnie owsa i jęczmienia. Rozpuszczalne w wodzie składniki włókna pokarmowego zmniejszają również stężenie glukozy oraz insuliny we krwi, a także zmieniają uwalnianie hormonów żołądkowo-jelitowych wpływając tą drogą na utrzymanie właściwego metabolizmu węglowodanów i lipidów w organizmie. Ma to istotne znaczenie zarówno w profilaktyce cukrzycy, jak i eliminowaniu zaburzeń lipidowych, szczególnie u diabetyków.

WŁÓKNO POKARMOWE — DEFINICJA

Najważniejszym składnikiem ziarna zbóż odpowiedzialnym za ich działanie funkcjonalne jest włókno pokarmowe (tab. 1). Według najnowszej definicji, ustalonej przez specjalnie powołaną do tego celu komisję przy Amerykańskim Stowarzyszeniu Chemików Zbóż, włóknom pokarmowym nazywamy składniki roślinne nietrawione przez enzymy układu pokarmowego człowieka, które ulegają częściowej lub całkowitej fermentacji w jelicie grubym, mają pozytywny efekt fizjologiczny oraz korzystnie wpływają na nasze zdrowie (AOAC Report, 2001). Pod względem chemicznym włókno pokarmowe obejmuje 4 grupy związków:

- polisacharydy nieskrobiowe wraz z oligocukrami,
- ligniny,
- analogiczne węglowodany, do których zalicza się skrobię oporną,
- substancje powiązane z nieskrobiowymi polisacharydami, jak: woski, kutyny, suberyny, saponiny, fityniany i taniny.

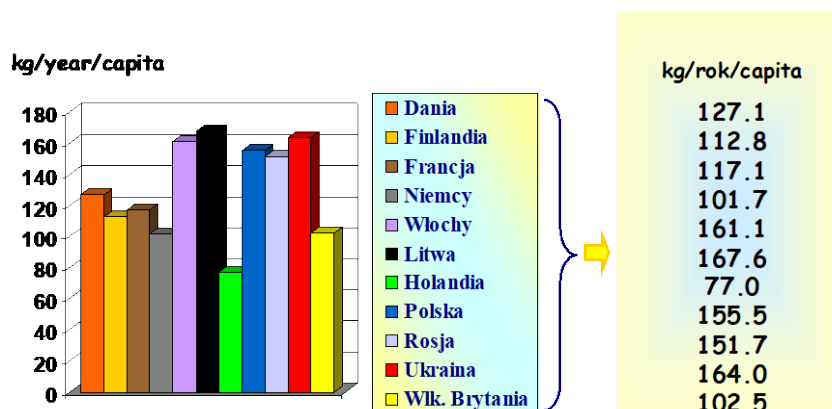
Tabela 1

Zawartość włókna pokarmowego w różnych zbożach*
Content of dietary fibre in various cereals*

Zboże Cereal	TDF — zakres Range	W tym rozpuszczalne Soluble	Zboże Cereal	TDF — zakres Range	W tym rozpuszczalne Soluble
Pszenica Wheat	10–13	1–2	owies oats	20–31	5–6
Żyto Rye	10–15	2–6	Kukurydza Maize	9–11	<1
Pszenżyto Triticale	10–13	1–2	Gryka Buckwheat	5–11	
Jęczmień Barley	14–25	4–7			

* Źródło / Sources: Schweizer i Wursch, 1979; Pomeranz, 1983; Nyman i in., 1984; Aman i in., 1985; Rakowska i in., 1992; Boros i in., 1996; Oscarsson i in., 1996; Bach Knudsen, 2001; Rybka i in., 1992; Smulikowska, 1998; Smulikowska i Nguyen, 2001

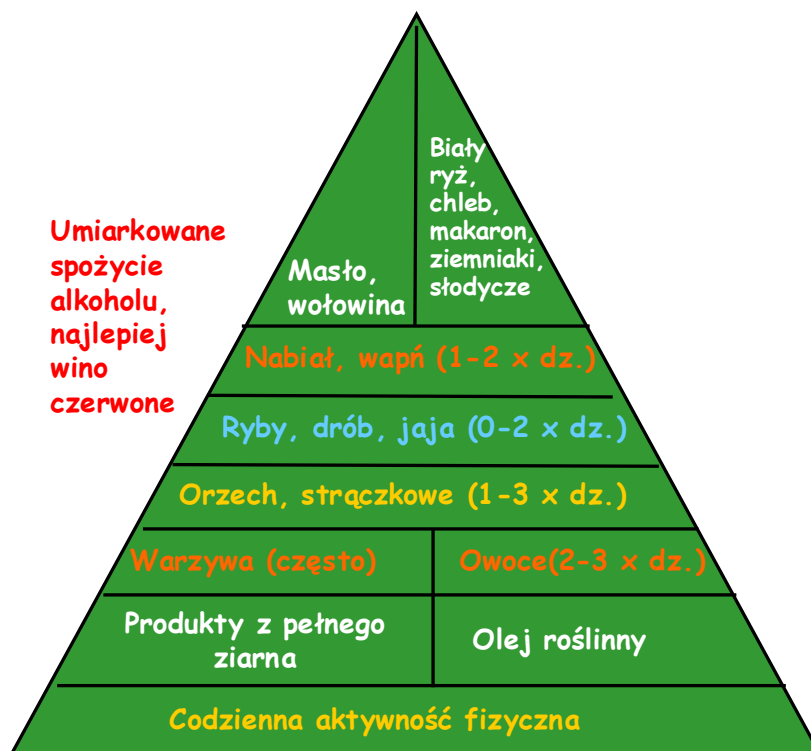
Korzystne natomiast działanie substancji fitochemicznych, wymienionych mikroelementów i witamin jest związane przede wszystkim z ich działaniem antyoksydacyjnym, czyli przeciwutleniającym, przez co związki te są dobrymi wymiataczami wolnych rodników. Wszystkie bioaktywne składniki zlokalizowane są głównie w warstwie owocowo-nasiennej ziarniaka. Z tego względu koncentracja tych składników w produktach zbożowych wyprodukowanych z mąki jest kilkakrotnie niższa aniżeli w otrębach, do tej pory uważanych jako produkt odpadowy w przemyśle młynarskim.



Rys. 1. Wykorzystanie ziarna zbóż na cele spożywcze w Polsce i wybranych krajach europejskich (FAO Database, 2003) Fig. 1. Utilization of cereal grains for human consumption in Poland and several other European countries (FAO Database, 2003)

Udowodnione korzystne działanie substancji bioaktywnych w ziarnie zbóż przyczyniło się do opracowania nowej piramidy zdrowia, w której u podstawy znalazły się wyłącznie pełnoziarniste produkty zbożowe, a te do których produkcji używa się białej mąki powędrowały na sam jej szczyt i znalazły się obok ziemniaków, słodczy i czerwonego

mięsa (rys. 2). Aby prawidłowo zaplanować żywienie produkty z dolnej części piramidy powinny być zjadane w większej ilości i możliwie często, natomiast produkty z wyższych poziomów powinny być spożywane w małych ilościach i stosunkowo rzadko, nie częściej niż 1–2 razy tygodniowo.



Rys. 2. Nowa piramida zdrowia zaproponowana przez Willetta w USA (Willett, 2001)
Fig. 2. New Willett's health and food pyramid (Willett, 2001)

Dotychczas obowiązująca klasyfikacja jakościowa zbóż chlebowych opiera się na właściwościach wymiślowych oraz wypiekowych. Właściwości wymiślowe pszenicy, głównego surowca do produkcji pieczywa, zależą przede wszystkim od struktury ziarniaka — bielmo miękkie lub twarde, podczas gdy na właściwości wypiekowe tego gatunku zboża największy wpływ ma zawartość białka i struktura glutenu. Kompleks glutenowy powinien tworzyć ciasto charakteryzujące się niską lepkością oraz dobrym rozwojem podczas jego fermentacji. Jakość glutenu zależy od potencjału genetycznego odmiany i wpływu środowiska na zawartość białka. Kryteriami jakościowymi w hodowli pszenic chlebowych są: wysoka masa ziarniaków, wysoka zawartość białka, dobra jakość glutenu i niska aktywność α -amylazy, mierzona liczna opadania.

Produkcja zbóż w Europie należy do najdroższych na świecie z uwagi na intensywny sposób ich uprawy. Uważa się, że konkurencyjność zbóż europejskich w globalnym

łańcuchu produkcyjnym powinna zostać znacznie poprawiona poprzez wytworzenie ziarna wysokiej jakości w odniesieniu do wartości użytkowej. Coraz częściej i głośniejsze są więc postulaty, by ziarno zbóż wysokiej wartości użytkowej stało się europejską specjalnością. W zgłoszonym do Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi przez IHAR programie tworzenia i wykorzystywania postępu biologicznego w budowie krajowego systemu rolnictwa zrównoważonego, w części dotyczącej hodowli jakościowej, podnosiłam również kwestię konieczności selekcjonowania materiałów hodowlanych zbóż w kierunku wysokiej jakości cech użytkowych. Taki kierunek w hodowli powinien stać się w Polsce obecnie kierunkiem priorytetowym, tym bardziej by wykorzystać fakt jeszcze powszechnie uznawanej w Unii Europejskiej produkcji roślinnej w Polsce za produkcję ekologiczną i stworzyć w ten sposób bardzo dobrą sytuację na rynku zbożowym, z wielką korzyścią dla polskich rolników.

W przypadku pszenicy potrzebne są nowe formy, które byłyby żywieniowo wzbogacone pod względem zawartości możliwie jak największej grupy bioaktywnych komponentów, przede wszystkim włókna pokarmowego, skrobi odpornej, ale także szeregu substancji fitochemicznych, mikroelementów i witamin zarówno we frakcji otrąb jak i mąki. Takie działania w krajach unijnych i nie tylko są już podejmowane. W ten profil badań włącza się także Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych będzie bowiem uczestniczyć w realizacji 5-letniego rantu finansowanego przez EU dotyczącego między innymi poprawy właściwości prozdrowotnych pszenic europejskich na drodze hodowlanej. Ogólnie, otrzymanie ulepszonych odmian pszenicy planuje się osiągnąć poprzez określenie zmienności cech jakościowych w istniejących odmianach i prymitywnych formach tego gatunku, następnie wytworzenie nowych źródeł zmienności, jak również opracowanie zestawu skomplikowanych, odpowiednich nowych technologii typu „omik” markerów molekularnych oraz metod przesiewowych dla nowych cech jakościowych, które pozwolą na praktyczne ich zastosowanie w selekcji materiału hodowlanego przez hodowców. Realizacja tego projektu rozpocznie się z chwilą podpisania kontraktu, tj. od 1 czerwca 2005 roku. Informacja o projekcie jest dostępna na stronie internetowej: www.healthgrain.org.

PODSUMOWANIE

1. Wiele nowych cech, które mają bezpośredni lub pośredni wpływ na wartość użytkową jest obecnie branych pod uwagę w pracach genetyczno-hodowlanych na świecie.
2. W ostatnich latach otworzyło się wiele możliwości poprawy cech użytkowych zbóż dzięki wykorzystaniu technik molekularnych inżynierii genetycznej wprowadzania transgenów.
3. Poprawa cech jakościowych u zbóż jest stale możliwa poprzez stosowanie metod hodowli konwencjonalnej.
4. Źródeł pożądanых cech jakościowych poszukuje się w obrębie odmian obecnie uprawianych, starych przechowywanych w bankach genów jak i w formach dzikich.

5. Poprawa cechy jakościowej niekoniecznie musi negatywnie wpływać na plon o ile zostanie zastosowana właściwa technologia uprawy.

LITERATURA

- AACC Report. 2001. The definition of dietary fibre. Report of the Dietary Fibre Committee to the Board Directors of the American Association of Cereal Chemists. *Cereal Foods World*. 46: 112 — 126.
- Åman, P., Hesselman, K. and Tilly, A.H. 1985. The variation in chemical composition of swedish barleys. *J. Cereal Sci.* 3: 73 — 77.
- Bach Knudsen K.E. 2001. The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 90: 3 — 20.
- Boros D., Rek-Cieplý B., Cyran M. 1996. A note on the composition and nutritional value of hulless barley. *J. Anim. Feed Sci.* 5: 417 — 424.
- FAO Database, 2003.
- Gebhard E. 2004. Cereals for Technical Purposes. Abstracts of the CICSA Workshop on: Improvement of tolerance to environmental stress and quality in cereals. Radzików, March 25 – 27, pp. 30 — 31.
- Nyman M., Siljestrom M., Redersen B., Bach Knudsen K. E., Asp N. G., Johansson C. G., Eggum, B. O. 1984. Dietary fiber content and composition in six cereals at different extraction rates. *Cereal Chem.* 61: 14 — 19.
- Oscarsson M., Andersson R., Salomonsson A. C., Åman, P. 1996. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. *J. Cereal Sci.* 24: 161 — 170.
- Pomeranz Y. 1983. Buckwheat: structure, composition and utilization. *CRC Crit. Rev. Food Chem.* 19: 213 — 258.
- Rakowska M., Boros D., Gąsiorowska M. 1992. Quality traits of the grain of Polish varieties of triticale. *Triticale Topics*. 8: 4 — 9.
- Rybka K., Boros D., Raczyńska-Bojanowska K. 1992. Comparative studies on the components of cereal grain that are undigestible *in vitro*. *J. Cereal Sci.* 15: 295 — 303.
- Schweizer T.F., Wursch P. 1979. Analysis of dietary fibre. *J. Sci. Food Agric.* 30: 613 — 619.
- Smulikowska S. 1998. Wartość pokarmowa żyta, pszenżyta i pszenicy w żywieniu drobiu. Rozprawa habil. IFiZZ PAN, Jabłonna.
- Smulikowska S., Nguyen V.C. 2001. A note on variability of water extract viscosity of rye grain from north-east regions of Poland. *J. Anim. Feed Sci.* 10: 687 — 693.
- Willett W. 2001. New food pyramid. In: *Eat, drink and be healthy*. Simon & Schuster (ed.), New York.

ZBIGNIEW SEGIT¹**TOMASZ KURZYP**²**KRYSTYNA SZWED-URBAŚ**¹¹Instytut Genetyki i Hodowli Roślin, Akademia Rolnicza w Lublinie²Katedra Fizyki, Akademia Rolnicza w Lublinie

Cechy geometryczne i właściwości mechaniczne źdźbła pszenicy twardej (*T. durum* Desf.)

Geometrical parameters and mechanical properties of stem of durum wheat (*T. durum* Desf.)

Badaniom poddano źdźbła czterech linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) dwie długosłome i dwie krótkosłome. Pomiary biometryczne posłużyły do wyznaczenia cech geometrycznych źdźbła (długość międzywęźli, średnica zewnętrzna i wewnętrzna, grubość ścian, pole przekroju poprzecznego) właściwości mechanicznych (moduł sprężystości Younga i sztywność rozciągania). Wystąpiły istotne różnice między liniami krótko- i długosłomymi dla większości analizowanych cech. Linie krótkosłome charakteryzowały się znacznie grubszyimi źdźbłami jak również grubszą ścianą źdźbła, szczególnie w II i III międzywęźlu od góry. Odznaczały się także wyższymi wartościami pola przekroju poprzecznego oraz niższym współczynnikiem sprężystości Younga.

Słowa kluczowe: cechy geometryczne, pszenica twarda, właściwości mechaniczne, źdźbło

Experiments were performed on stems of four durum wheat lines (*Triticum durum* Desf.): two long-staw and two short-staw ones. Biometrical measurements served to set geometrical parameters of the stem (internodes length, outer and inner diameter, wall thickness, area of the cross-section) and its mechanical properties (Young's modulus of elasticity and longitudinal rigidity). Essential differences appeared between the short — and long-staw lines for majority of the analysed parameters. The short-staw lines were characterized by much thicker stems as well as by a thicker wall of the stem, especially in the second and third internode from the top. They were also characterized by higher numbers in the area of cross-section and lower Young's modulus of elasticity.

Key words: geometrical parameters, durum wheat, mechanical properties, stem

WSTĘP

W Polsce w ostatnich latach obserwuje się coraz większe zainteresowanie możliwością uprawy pszenicy twardej. Wynika to z jednej strony ze stosunkowo wysokiej jej ceny na rynku światowym (Chudoba, Szajner, 1999; Borek, 2001) z drugiej zaś ze wzrostu zapotrzebowania przemysłu makaronowego na surowiec produkowany z tego gatunku — semolinę. (Jurga, 2001; Anonim, 2001).

W Instytucie Genetyki i Hodowli Roślin AR w Lublinie wyselekcjonowano szereg bardzo wartościowych linii *T. durum*, które z powodzeniem mogą być uprawiane w polskich warunkach. (Szwed-Urbaś i in., 1995, 1997; Kuczyński i in., 2000; Rachon i in., 2002).

Biorąc pod uwagę fakt, że pszenica twarda plonuje nieco słabiej od pszenicy zwyczajnej (Seibel i in., 1997; Rachon i in., 2002) niezmiernie istotne staje się posiadanie odmian, u których zjawisko wylegania oraz związane z tym straty plonu będą zminimalizowane. Poznanie zatem właściwości mechanicznych źdźbła, które jak podają Skubisz, (1982), Żebrowski (1992), Kurzyp (1997, 1998) odgrywają decydującą rolę w odporności zbóż na wyleganie, jest bardzo ważnym problemem. Literatura poświęcona temu zagadnieniu jest wprawdzie obszerna, ale dotyczy głównie pszenicy zwyczajnej i pszenżyta (Doliński, 1986, 1995; Kurzyp, 1998; Kurzyp i in., 2001) Celem niniejszych badań jest określenie właściwości mechanicznych i cech geometrycznych źdźbła pszenicy twardej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły cztery linie jarej pszenicy twardej: dwie krótkosłome — LGR 557/99/1 — A i LGR 2466/98/5 — B oraz dwie długosłome — LGR 576/99/4 — C i LGR 578/99/4 — D. Dla każdej linii w stadium dojrzałości pełnej wybrano losowo po 30 źdźbeł oznaczając: długość źdźbła — L , długość kolejnych międzywęźli — l_m . Z pięciu kolejnych międzywęźli (licząc od góry) linii długosłomych i z czterech międzywęźli linii krótkosłomych wycięto próbki o długości 60 mm. Z piątego międzywęźla linii krótkosłomych wycięto zaś próbkę o długości 35 mm. W każdej próbce wyznaczono następujące cechy morfologiczne: średnicę zewnętrzną — d_z , średnicę wewnętrzną — d_w , grubość ścianki — d , pole przekroju poprzecznego — A , gęstość liniową — ρ_l i gęstość objętościową — ρ . W każdej próbce zmierzono również prędkość propagacji fal ultradźwiękowych — c , stosując próbnik materiałów typu Unipan 543 z głowicami o częstotliwości 40 kHz. Pomiary ultradźwiękowe przeprowadzono w Katedrze Fizyki AR w Lublinie a uzyskane wyniki posłużyły do wyznaczenia parametrów mechanicznych źdźbła:

— sztywności rozciągania: $Hr = \rho_l \times c^2$

— modułu sprężystości Younga: $E = \rho \times c^2$

Wyniki pomiarów poddano obliczeniom statystycznym otrzymując średnie wartości cech w poszczególnych międzywęźlach oraz istotność ich różnic.

WYNIKI I DYSKUSJA

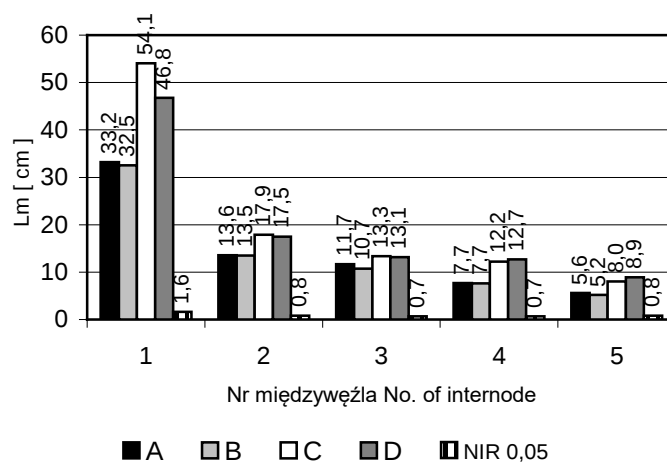
Bezpośrednią przyczyną wylegania pszenicy jest najczęściej zbyt niska wytrzymałość mechaniczna źdźbła. Zależy ona w głównej mierze od cech geometrycznych źdźbła i jego właściwości mechanicznych (Doliński, 1986). Funkcjonuje powszechny pogląd, że z odpornością na wyleganie bardzo ściśle związana jest długość źdźbła — im krótsze źdźbła tym większa odporność. Analizowane linie *T. durum* różniły się pod względem

długości słomy (tab. 1). Dwie z nich przekroczyły wysokość 100 cm, dwie zaś określane jako krótkosłome były istotnie niższe (69,3–71,9 cm).

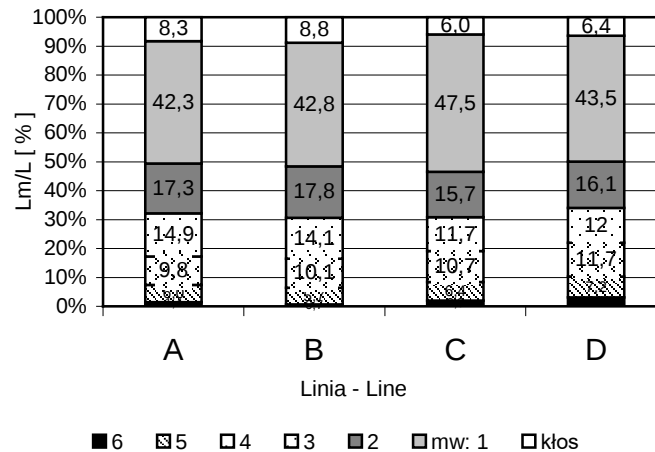
Duże znaczenie przypisywane jest podziałowi źdźbła na międzywęźla. Za najkorzystniejsze uważane są źdźbła o krótkich dolnych międzywęźlach i długim cienkim dokłosiu (Ruebenbauer, Riegerowa, 1955, Doliński, 1986). Badane linie krótkosłome odznaczały się istotnie krótszymi międzywęźlami od linii długosłomych (rys. 1). Procentowy udział kłosa i poszczególnych międzywęźli w całkowitej długości pędu (rys. 2) wskazuje na niewielkie różnice między danymi liniami. Dokłósie stanowi 42,3%–47,5% całkowitej długości, zaś V i VI międzywęźle 6,4%–10,3%. Linie krótkosłome odznaczały się większym udziałem kłosa (8,3%–8,8%) w porównaniu do linii długosłomych (6,0%–6,4%), jak również istotnie wyższą masą ziaren z kłosa i MTZ (tab. 1).

Tabela 1

Długość źdźbła oraz ważniejsze elementy plonowania Stem length and some important yielding elements						
Linia Line		Długość źdźbła Stem length (cm)	Długość kłosa Spike length (cm)	Liczba ziaren w kłosie Number of grains per spike	Masa ziaren z kłosa Weight of grains per spike (g)	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)
LGR 557/99/1	A	71,9	7,0	53,7	2,0	37,2
LGR 2466/98/5	B	69,3	6,8	53,9	1,8	33,1
LGR 576/99/4	C	107,5	6,7	53,8	2,2	40,7
LGR 578/99/4	D	101,9	6,5	55,5	2,4	42,3
NIR _{0,05} —LSD _{0,05}		1,8	0,3	r.n.	0,3	4,3

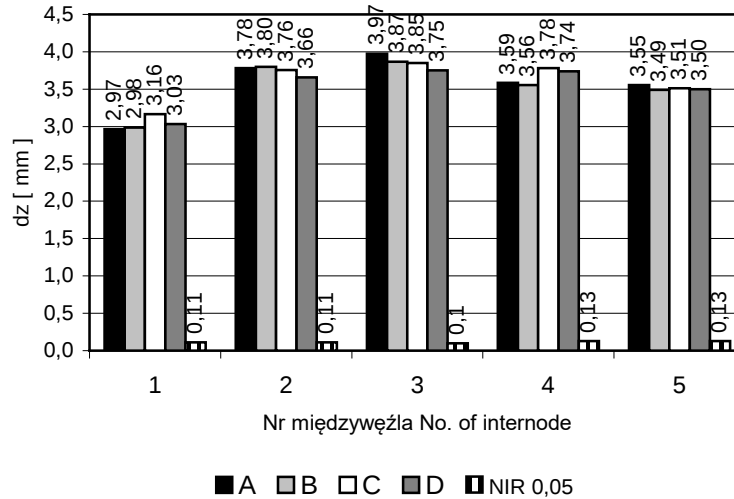


Rys. 1. Długość międzywęźli
Fig. 1. Internodes length



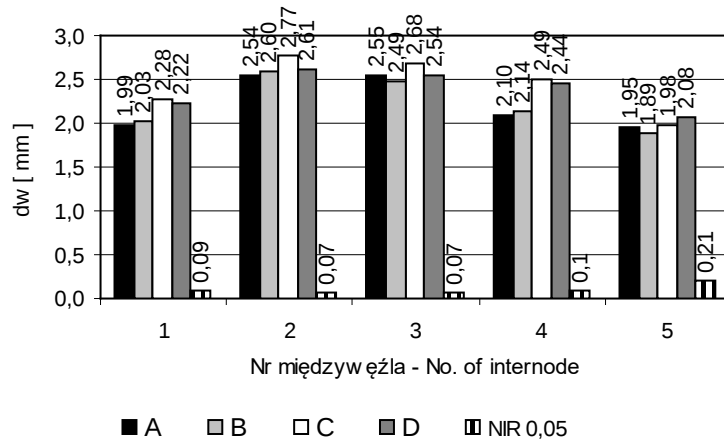
Rys. 2. Udział kłosa i międzywęźli w całkowitej długości pędu
Fig. 2. Proportion of contribution of ear and internodes in stem length

Z odpornością na wyleganie ściśle związane są takie cechy geometryczne źdźbła jak średnica zewnętrzna, grubość ścian i powierzchnia przekroju poprzecznego (Ruebenbauer, Riegerowa, 1955; Oda i in., 1966; Skubisz, 1982; Doliński, 1986). Według tych autorów wyższe wartości podanych cech wskazują na większą odporność na wyleganie. Średnica zewnętrzna poszczególnych międzywęźli istotnie różnicowała linie krótko- i długostome (rys. 3).

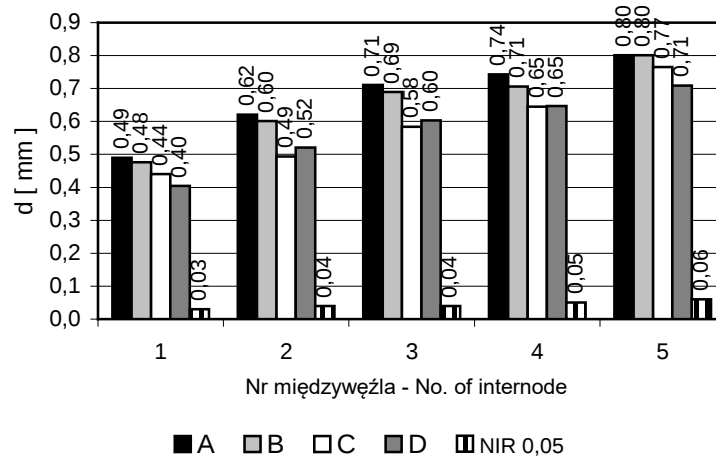


Rys. 3. Średnica zewnętrzna źdźbła
Fig. 3. Outer diameter of stem

Wszystkie badane linie miały najmniejszą średnicę zewnętrzną dokłosa, największą zaś w III międzywęźlu od góry. W kolejnych międzywęźlach średnica zewnętrzna stopniowo malała. Podobne zmiany tej cechy wzdłuż pędu dla kilku odmian pszenicy zwyczajnej zaobserwowali Skubisz (1982) i Doliński (1986). Zbliżony przebieg zmian występuje również dla średnicy wewnętrznej źdźbła, przy czym najwyższą wartość tej cechy miało II międzywęźle, natomiast najmniejszą— międzywęźle V (rys. 4). Linie długosłone miały istotnie wyższą średnicę zewnętrzną i wewnętrzną czterech kolejnych międzywęźli w porównaniu do linii krótkosłomych.



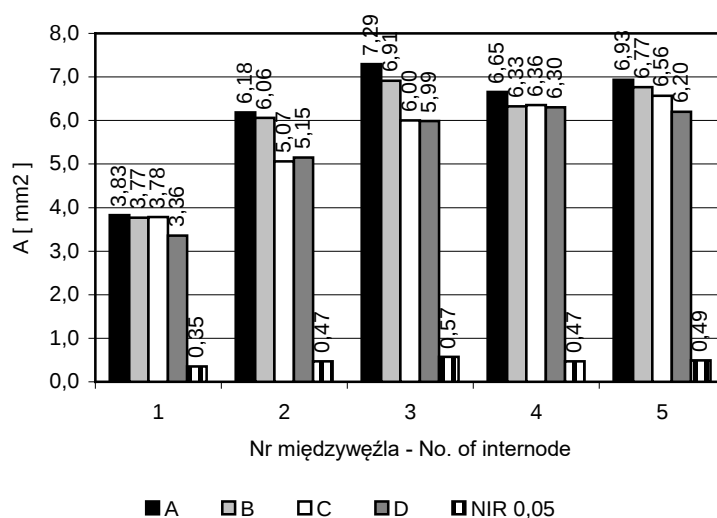
Rys. 4. Średnica wewnętrzna źdźbła
Fig. 4. Inner diameter of stem



Rys. 5. Grubość ściany źdźbła
Fig. 5. Wall thickness of stem

Grubość ściany żdźbła utożsamiana jest zwykle z grubością warstwy sklerenchymy i większą liczbą wiązek przewodzących. Według niektórych badaczy (Ruebenbauer, Riegerowa, 1955, Doliński, 1986, Żebrowski, 1992) ma to istotne znaczenie dla wytrzymałości żdźbła na zginanie. W naszych badaniach grubość ściany żdźbła istotnie różnicowała oceniane linie. Wzrastała ona w kolejnych międzywęźlach licząc od dokłosa, przy czym linie krótkosłome miały istotnie grubsze ściany niż linie długosłome (rys. 5).

Bardziej miarodajną cechą w porównaniu z grubością ścian żdźbła wydaje się być pole przekroju poprzecznego (Wąs, 1970). Im jest ono większe tym żdźbła są bardziej odporne na wyleganie. Wartość tej cechy badanych linii wahała się od 3,36 mm² w dokłosiu, do 7,29 mm² w III międzywęźlu (rys. 6). Należy zaznaczyć, że linie krótkosłome charakteryzowały się wyższymi wartościami pola przekroju niż długosłome, co szczególnie wyraźnie występuje w II i III międzywęźlu.

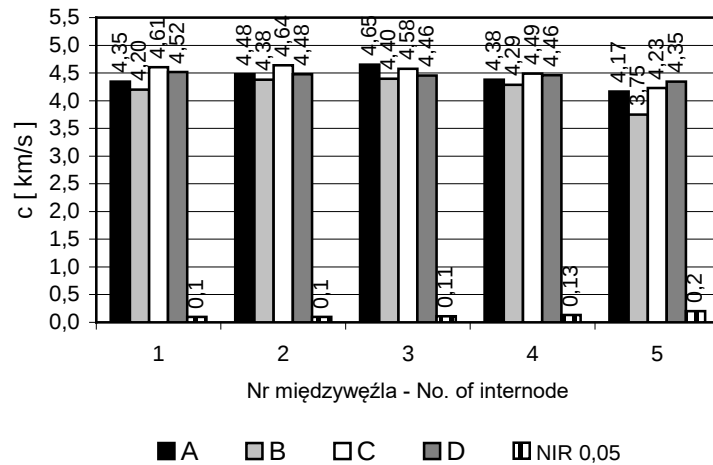


Rys. 6. Pole przekroju poprzecznego żdźbła
Fig. 6. Area of cross-section of stem

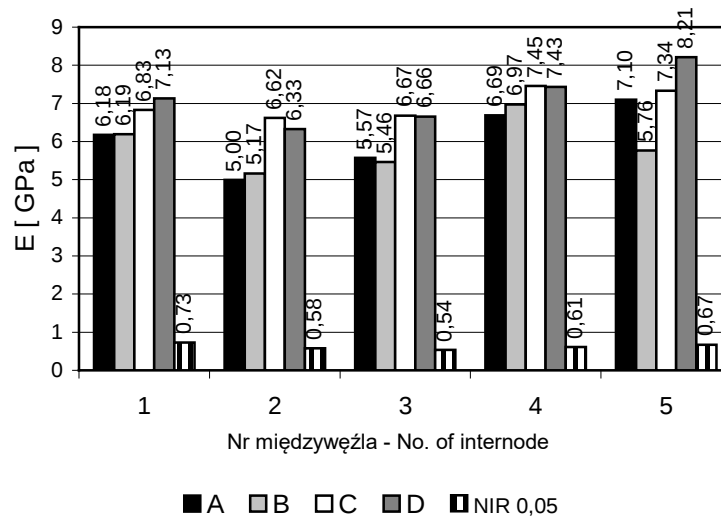
Szybkość propagacji fal ultradźwiękowych jest związana z jakością sklerenchymy i jej właściwościami sprężystymi (Gawda, 1983; Doliński, 1995). W niniejszych badaniach była ona większa w żdźbłach linii długosłomych osiągając najwyższe wartości w dwóch górnych międzywęźlach. Natomiast w żdźbłach linii krótkosłomych najwyższe wartości prędkości fal ultradźwiękowych występują w III międzywęźlu (rys. 7).

Dobrym parametrem charakteryzującym właściwości sprężyste żdźbła jest współczynnik sprężystości Younga (Skubisz, 1982; Gawda, 1983; Żebrowski, 1992). Parametr ten wydaje się być bardzo przydatny w selekcji form odpornych na wyleganie, gdyż jak podaje Doliński (1995) charakteryzuje się on wysoką odziedziczalnością. W przeprowadzonych badaniach współczynniki sprężystości linii krótkosłomych były

istotnie niższe od długosłomych (rys. 8). Najwyższe wartości tego współczynnika wystąpiły w IV i V międzywęźlu, najniższe zaś w II międzywęźlu. W badaniach Gawdy (1983) wartość współczynnika sprężystości również zmieniała się wzdłuż żdźbła jednakże najwyższe wartości wystąpiły w środkowych częściach żdźbła.

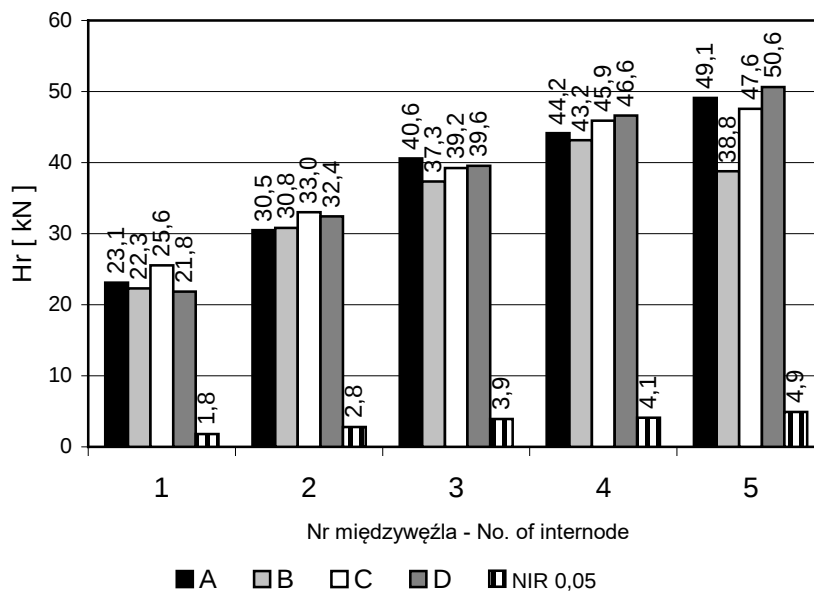


Rys. 7. Prędkość fal ultradźwiękowych
Fig. 7. Velocity of ultrasonic waves propagation



Rys. 8. Moduł sprężystości Younga
Fig. 8. Young's modulus of elasticity

Innym parametrem charakteryzującym właściwości sprężyste źdźbła jako obiektu odpornego na odkształcenia jest sztywność rozciągania. Według Kurzypa (1998) sztywność ta jest w bardzo wysokim stopniu skorelowana z niektórymi wymiarami geometrycznymi źdźbła (pole przekroju poprzecznego i długość międzywęźli), co z hodowlanego punktu widzenia wydaje się być korzystne. Wartość tego parametru u większości analizowanych linii rosła stopniowo od dokłosa do węzła krzewienia (rys. 9). Istotne różnice między liniami wystąpiły tylko w I i V międzywęźlu. Podobny rozkład wartości sztywności źdźbła otrzymała Skubisz (1982) prowadząc badania z pszenicą zwyczajną.



Rys. 9. Sztywność rozciągania
Fig. 9. Longitudinal rigidity

WNIOSKI

1. Linie krótkosłome w istotny sposób różniły się od linii długosłomych ze względu na prawie wszystkie analizowane cechy.
2. Międzywęźla linii krótkosłomych były istotnie krótsze od długosłomych, ale o znacznie grubszy źdźbło i grubszych ścianach, szczególnie w II i III międzywęźlu.
3. Linie krótkosłome charakteryzowały się wyższymi wartościami pola przekroju poprzecznego oraz niższym współczynnikiem sprężystości.

LITERATURA

- Anonim. 2001. Pszenica *durum* a jakość makaronów. Przegląd Zbożowo-Młynarski 8: 15.
- Borek M. 2001. Polski rynek zbóż po akcesji do Unii Europejskiej — system interwencji. Przegląd Zbożowo-Młynarski 10: 10 — 13.
- Chudoba Ł., Szajner P. 1999. Krajowy rynek makaronu w połowie 1999 roku. Przegląd Zbożowo-Młynarski 11: 8 — 10.
- Doliński R. 1986. Wpływ środowiska na parametry mechaniczne i cechy geometryczne źdźbła 14 odmian pszenicy ozimej. Hodowla pszenicy. Prace Grupy Problemowej w 1984 r. IHAR Radzików: 47 — 69.
- Doliński R. 1995. Zmienność, odziedziczalność i współzależność właściwości mechanicznych i cech morfologicznych źdźbła pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) warunkujących odporność na wyleganie. Rozprawa habilitacyjna Wyd. AR Lublin.
- Gawda M. 1983. Submikroskopowa struktura zbóż w świetle badań ultrasonicznych. Rozprawa habilitacyjna. Wyd. AR Lublin.
- Jurga R. 2001. Granulacja surowców makaronowych z pszenicy *durum*. Przegląd Zbożowo-Młynarski 8: 11 — 12.
- Kuczyński A., Grundas S., Szwed-Urbaś K., Segit Z. 2000. Metody oceny barwy semoliny otrzymanej z wybranych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Acta Agrophysica 37: 105 — 112.
- Kurzyp T. 1997. Próba opisu zależności mechanicznych właściwości źdźbeł wybranych odmian pszenżyta od ich wilgotności. Zesz. Probl. PNR 445: 285 — 292.
- Kurzyp T. 1998. Zależność właściwości mechanicznych źdźbeł pszenżyta od ich parametrów morfologicznych. Zesz. Probl. PNR 454: 229 — 236.
- Kurzyp T., Gowin J. 2001. Porównanie właściwości mechanicznych źdźbła zbóż wyznaczonych metodą ultradźwiękową oraz testem zginania. Inż. Roln. 2: 165 — 170.
- Oda K., Suzuki M., Udegawa T. 1966. Varietal analysis of physical characters in wheat and barley plants relating to lodging and lodging index. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., Tokio, 15: 55 — 91.
- Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Segit Z. 2002. Plonowanie nowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. Annales UMCS, Sec. E, 57: 71 — 76.
- Ruebenbauer T., Riegerowa H. 1955. Próba określenia sztywności słomy pszenic ozimych na podstawie pomiarów mechanicznych roślin. Acta Agrobot. 3: 45 — 73.
- Seibel W., Sievert D. 1997. Internationale Durumweizensituation in den Getreidewirtschaftsjahren 1994/95 i 1995/96. Getreide Mehl und Brot 51, 1: 10 — 14.
- Skubisz G. 1982. Zagadnienia sprężystości źdźbła zbóż. Prob. Agrofizyki, 38: 1 — 59.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Grundas S. 1995. Wstępna ocena jakości ziarna pszenicy twardej w warunkach Lubelszczyzny. Biul. IHAR 194: 149 — 154.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Mazurek M. 1997. Parametry jakościowe ziarna krajowych linii pszenicy twardej. Biul. IHAR 204: 129 — 140.
- Wąs L. 1970. Badania nad przydatnością metod oceny sztywności słomy u różnych gatunków pszenic. Hod. Rośl. Aklim. 14, 3: 214 — 232.
- Żebrowski J. 1992. Strukturalno-mechaniczne uwarunkowania i kryteria odporności roślin zbożowych na wyleganie. Biul. IHAR 183: 73 — 93.

JANUSZ SMAGACZ¹**MAREK SOWIŃSKI**²¹ Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej² Rolniczy Zakład Doświadczalny w Grabowie

Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Porażenie przez patogeny podstawy źdźbła i plonowanie odmian pszenicy ozimej w zależności od częstotliwości przyorywania słomy

Incidence of stem-base diseases and yielding of winter wheat varieties depending on a frequency of ploughing the straw

W statycznym doświadczeniu płodozmianowym prowadzonym w latach 1998–2001 na glebie kompleksu żytanego dobrego oceniono występowanie chorób podstawy źdźbła oraz plonowanie pszenicy ozimej (odmiany: Kobra, Juma i Korweta) w zależności od częstotliwości przyorywania słomy. Porównywano następujące warianty stosowania słomy: 1) obiekt kontrolny — bez słomy; 2) słoma przyorywana jeden raz w rotacji (słoma rzepaku); 3) słoma przyorywana dwa razy w rotacji (słoma rzepaku i pszenicy); 4) słoma przyorywana trzy razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia); 5) słoma przyorywana trzy razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia) bez dodatkowego nawożenia „N” na słomę. Doświadczenie przeprowadzono w układzie bloków losowanych w 4 powtórzeniach, a wielkość poletek do zbioru wynosiła 45 m². Nie udowodniono istotnego wpływu przyorywania słomy na porażenie i plonowanie pszenicy ozimej, zanotowano jednak pewne różnice odmianowe. U odmiany Korweta stwierdzono istotny spadek plonu ziarna w wyniku jej uprawy przez dwa kolejne lata w obiektach z corocznym stosowaniem słomy. Można to wiązać z silniejszym porażeniem roślin przez patogeny podstawy źdźbła. Przyżyciowa ocena stanu zaopatrzenia roślin w azot wykazała brak istotnych różnic między wariantami stosowania słomy w zaopatrzeniu pszenicy w ten składnik. Przyorywanie słomy zwiększyło w warstwie ornej gleby zawartość przyswajalnych składników pokarmowych oraz próchnicy.

Słowa kluczowe: choroby podstawy źdźbła, nawożenie słomą, odmiany, pszenica ozima

Incidence of stem-base diseases and yielding of winter wheat varieties Kobra, Juma and Korweta depending on a frequency of ploughing the straw were evaluated in the long-term crop rotation experiment conducted on a good rye soil complex in 1998–2001. The following variants of straw ploughing were compared: 1) control treatment (without straw); 2) straw ploughing once in a rotation (rape straw); 3) straw ploughing twice in a rotation (rape and wheat straw); 4) straw ploughing three times in a rotation (rape, wheat and barley straw); 5) straw ploughing three times in a rotation, without

additional application of nitrogen on straw (rape, wheat and barley straw). The experiment was established in the random blocks in four replications. The area of each plot was 45 m². No significant effect of straw ploughing on the occurrence of diseases and winter wheat yielding was found, although some differences between varieties were observed. A significant decrease in yielding of var. Korweta was observed, which was a consequence of plants cultivation in monoculture for two successive years, with straw ploughing applied only once in a rotation. The decrease in yielding of this variety might be connected with the occurrence of stem-base diseases. No significant differences between variants of fertilization with straw on nitrogen nutrient status in winter wheat were found. The increase in available nutrients and humus content of soil after fertilization with straw was observed.

Key words: stem-base diseases, straw ploughing, varieties, winter wheat

WSTĘP

W Polsce w ostatnich latach nastąpiły duże zmiany w produkcji rolniczej. Znacznemu zwiększeniu uległa powierzchnia uprawy zbóż, które w strukturze zasiewów stanowią ponad 70%. Spadło również pogłowie zwierząt gospodarskich, głównie bydła, a znacząca liczba gospodarstw nie prowadzi w ogóle produkcji zwierzęcej (GUS, 2001). Spowodowało to zmniejszenie zużycia słomy na paszę i ściółkę. W związku z tym w wielu gospodarstwach, a nawet całych rejonach kraju powstają pewne nadwyżki słomy (Kuś, Smagacz, 2001). Jednym ze sposobów rolniczego jej zagospodarowania jest wykorzystanie słomy jako nawozu organicznego, gdyż przy braku produkcji obornika w wielu gospodarstwach dla utrzymania zrównoważonego bilansu próchnicy w glebie konieczne jest przyorywanie pewnej ilości słomy (Kuś, Smagacz, 2001; Smagacz, 2003). Jednak taki sposób gospodarowania może sprzyjać nasilonemu występowaniu chorób grzybowych na zbożach, ponieważ wiele patogenów przeżywa na resztkach poźniwnych uprawianych roślin bądź jest zdolnych do saprofitycznego rozwoju w glebie (Bockmann, Knoth, 1971; Mikołajska, 1993). Małe jest również rozeznanie odnośnie reakcji odmian pszenicy ozimej na taki sposób uprawy.

Celem badań jest ocena wpływu różnej częstotliwości stosowania słomy w zmianowaniu na występowanie chorób podstawy źdźbła oraz produkcyjność odmian pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe, statyczne doświadczenie polowe przeprowadzono w RZD Grabów w latach 1998–2001 na glebie płowej zaliczonej do kompleksu żyniego dobrego. Założono je na bazie istniejącego od 1987 roku statycznego doświadczenia płodozmianowego (Siuta, 1999) w stanowisku po jęczmieniu jarym w układzie bloków losowanych w 4 powtórzeniach, a wielkość poletek do zbioru wynosiła 45 m². W zmianowaniu: rzepak ozimy — pszenica ozima — jęczmień jary prowadzonym polami wszystkich roślin równocześnie stosowano różną częstotliwość przyorywania słomy. Porównywano następujące warianty:

- 1. obiekt kontrolny — bez stosowania słomy;
- 2. słoma przyorywana jeden raz w rotacji (słoma rzepaku);
- 3. słoma przyorywana dwa razy w rotacji (słoma rzepaku i pszenicy);

- 4. słoma przyorywana trzy razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia);
- 5. słoma przyorywana trzy razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia) bez dodatkowego nawożenia „N” na słomę. Słomę rzepaku i jęczmienia stosowano w ilości 3 t/ha, natomiast pszenicy 5 t/ha. Dodatkowo, w celu wyrównania stosunku C:N w przyorywanej słomie, w obiektach 3 oraz 4 stosowano azot w formie saletry amonowej w dawce 30 kg N/ha.

Termin siewu oraz ilość wysiewu były zgodne z technologią produkcji pszenicy ozimej opracowaną w IUNG. Nawożenie fosforowo-potasowe w ilości 70 kg P_2O_5 i 100 kg K_2O średniorocznie wnoszono na całe doświadczenie przed wykonaniem orki siewnej pod oziminy. Poglówne nawożenie pszenicy ozimej azotem (wielkość dawki i jej podział, termin stosowania) było dostosowane do zaleceń agrotechnicznych IUNG, natomiast ochrona roślin przed chwastami, chorobami liści i kłosów oraz szkodnikami była zgodna z zaleceniami IOR. Uprawianymi odmianami były: Kobra (1998 r.), Juma (1999 r.) i Korweta (lata 2000–2001).

W latach 2000 i 2001 dwukrotnie w okresie wegetacji, tj. w fazie strzelania w źdźbło (F_7) oraz w dojrzałości mleczno-woskowej (F_{17-18}) oceniono porażenie roślin pszenicy ozimej przez patogeny podstawy źdźbła (kompleks chorób). Ocenie podlegała część nadziemna roślin (dolne międzywęzła) oraz system korzeniowy. We wcześniejszym okresie (lata 1998 i 1999) ocenę przeprowadzono jedynie na pędach w fazie dojrzałości mleczno-woskowej. Występowanie nekroz na korzeniach wiązano z ich zainfekowaniem przez *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier oraz grzyby z rodzaju *Fusarium*, natomiast porażenie pędów z występowaniem *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton, *Rhizoctonia cerealis* v.d. Hoeven oraz *Fusarium spp.*

W fazie strzelania w źdźbło wykopywano około 50 roślin z 4–5 miejsc każdego poletka, co dawało łącznie około 200 roślin z obiektu. Po wypłukaniu resztek gleby wydzielono rośliny z nekrozami na korzeniach oraz rośliny bez objawów chorobowych. Podobnej ocenie poddano część nadziemną roślin, wydzielając w badanej próbie rośliny zdrowe oraz z objawami chorobowymi na dolnych międzywęzłach. Stopień porażenia podawano w procentach porażonych roślin w stosunku do całkowitej liczby analizowanych roślin. W drugim terminie oceny (faza dojrzałości mleczno-woskowej) z każdego poletka wykopywano losowo 20–25 roślin, co stanowiło próbę 50–60 pędów kłosośnych (około 200 źdźbeł z obiektu), na których oznaczono porażenie pędów i systemu korzeniowego. Wydzielono 4 klasy porażenia pędów, posługując się skalą opisaną przez Bojarczuków (1974) oraz 4 klasy porażenia korzeni, wykorzystując skalę przyjętą przez Mazurka i innych (1990). Indeksy porażenia wyliczono opierając się na wzorze podanym przez Nilssona (za: Herman i Dovrtel, 1986).

W trakcie wegetacji wykonano również pomiary zawartości chlorofilu (SPAD), przy czym uzyskane wyniki dotyczą lat 1999 i 2000. Zawartość oceniono w najmłodszych liściach roślin we wszystkich obiektach doświadczenia w fazie strzelania w źdźbło (tuż przed podaniem 2 dawki azotu) oraz w dojrzałości mleczno-woskowej na liściu flagowym, 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 oceniono plon ziarna oraz wybrane podstawowe elementy plonowania (obsada kłosów, masa tysiąca ziaren). Po zbiorze roślin z warstwy ornej gleby każdego poletka pobrano próby w celu oznaczenia niektórych wskaźników żyzności gleby: zawartości próchnicy, przyswajalnych składników pokarmowych: P_2O_5 , K_2O i Mg oraz jej odczynu. Wyniki opracowano statystycznie, oceniając najmniejszą istotną różnicę za pomocą testu Tukeya dla $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Analiza wariacji w syntezie za 4 lata badań nie wykazała istotnego zróżnicowania plonu ziarna pszenicy ozimej w zależności od częstotliwości przyorywania słomy w płodozmianie. Przeciętne plony ziarna ukształtowały się na poziomie 6,46 t z ha wykazując tendencję spadkową na poszczególnych obiektach doświadczenia w miarę zwiększania częstotliwości stosowania słomy w zmianowaniu. Większe, chociaż nieistotne, obniżki plonu ziarna (3%–4%) zanotowano w obiekcie 4 i 5, gdzie słomę przyorywano trzy razy w rotacji, tj. słomę rzepaku, pszenicy i jęczmienia (tab. 1).

Tabela 1

Plon ziarna i elementy plonowania pszenicy ozimej w zależności od częstotliwości stosowania słomy Grain yield of winter wheat and its components depending on a frequency of straw ploughing

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD(0.05)
	1	2	3	4	5		
plon ziarna (t/ha) — grain yield (t/ha)							
1998 (Kobra)	6,61	6,69	6,58	6,51	6,54	6,59	ni
1999 (Juma)	6,04	6,00	6,06	6,10	6,00	6,04	ni
2000 (Korweta)	7,10	6,90	6,84	6,82	6,77	6,89	ni
2001 (Korweta)	6,50	6,50	6,42	6,08	6,02	6,30	0,38
Średnia Mean	6,56	6,52	6,48	6,38	6,33	6,46	ni
masa 1000 ziaren (g) — weight of 1000 kernels (g)							
1998 (Kobra)	45,2	45,2	45,0	44,5	45,1	45,0	ni
1999 (Juma)	41,8	42,4	42,4	42,6	42,1	42,3	ni
2000 (Korweta)	42,2	44,2	44,6	43,8	43,8	43,7	ni
2001 (Korweta)	42,0	43,5	43,5	42,8	42,7	42,9	ni
Średnia Mean	42,8	43,8	43,9	43,4	43,4	43,5	ni
liczba kłosów (szt./m ²) — number of ears per m ²							
1998 (Kobra)	607	617	648	604	604	616	ni
1999 (Juma)	678	666	616	641	656	651	ni
2000 (Korweta)	424	468	441	480	456	454	ni
2001 (Korweta)	569	597	534	519	518	547	35
Średnia Mean	570	587	560	561	559	567	ni

1 — Obiekt kontrolny (bez słomy) — Control treatment (without straw); 2) Słoma przyorywana jeden raz w rotacji — straw ploughing once in a rotation; 3) Słoma przyorywana dwa razy w rotacji — straw ploughing twice in a rotation; 4) Słoma przyorywana trzy razy w rotacji — straw ploughing three times in a rotation; 5) Słoma przyorywana trzy razy w rotacji, bez dodatkowego „N” na słomę - straw ploughing three times in a rotation without additional N applied on straw; ni — Brak istotnych różnic — Not significant differences

Interesujących wyników dostarczyła analiza wariancji dla poszczególnych lat badań. Wynika z niej, iż częstotliwość przyorywania słomy może wpływać na wydajność niektórych odmian pszenicy ozimej. W przypadku Kobry i Jумы nie zanotowano istotnego zróżnicowania produkcyjności w zależności od wariantów stosowania słomy. Znalazło to potwierdzenie w analizie wariancji dla wybranych elementów plonowania, tj. masy 1000 ziaren oraz obsady pędów produkcyjnych. U odmiany Korweta natomiast, którą uprawiano przez dwa kolejne lata, zanotowano niekorzystny wpływ przyorywania słomy na uzyskiwaną wydajność. W porównaniu do obiektu kontrolnego, gdzie słomy w ogóle nie stosowano, obserwowano obniżkę plonu ziarna. W 2000 roku sięgały one, pomimo braku statystycznych różnic, od 3% do 5% w zależności od obiektu, natomiast w kolejnym roku prowadzenia badań różnice te były statystycznie istotne i przekraczały 7%. Istotnie niżej plonowała pszenica w obiekcie 4 i 5, tj. w przypadku przyorywania słomy każdego roku (trzykrotnie w rotacji zmianowania). Przeprowadzona analiza wariancji struktury plonu wskazuje, że podstawową tego przyczyną była istotna redukcja obsady kłosów (tab. 1). Zanotowano bowiem w tych obiektach o około 9% mniejszą liczbę pędów produkcyjnych w porównaniu z obsadą uzyskaną w obiekcie kontrolnym, tj. bez stosowania słomy (tab. 1).

W doświadczeniu oceniono również porażenie pszenicy ozimej przez patogeny podstawy źdźbła w zależności od częstotliwości przyorywania słomy w płodozmianie. Przeprowadzona analiza wariancji dla porażenia systemu korzeniowego i dolnych międzywęźli w fazie strzelania w źdźbło wskazuje, że pomimo braku istotnego zróżnicowania porażenia roślin można zauważyć tendencję do silniejszej infekcji w obiektach 3-krotnie w trakcie rotacji nawożonych słomą. Uwidocznili się to szczególnie w roku 2001, gdzie w przypadku porażenia pędów zanotowano o 8%–9% większą liczbę porażonych roślin, natomiast w przypadku korzeni różnica ta sięgała 2-8% w porównaniu z porażeniem stwierdzonym na obiekcie kontrolnym — bez takiego nawożenia (tab. 2).

Tabela 2

Porażenie pszenicy ozimej (% roślin) przez patogeny podstawy źdźbła w fazie strzelania w źdźbło w zależności od częstotliwości stosowania słomy
Infestation with stem-base diseases (% of plants) of winter wheat at the shooting stage depending on a frequency of straw ploughing

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD(0.05)
	1	2	3	4	5		
porażenie pędów — shoot infestation							
2000 (Korweta)	22,2	25,8	24,0	24,0	32,8	25,8	ni
2001 (Korweta)	30,4	24,0	36,7	39,6	38,8	33,9	ni
Średnia Mean	26,3	24,9	30,4	31,8	35,8	29,9	ni
porażenie korzeni — root infestation							
2000 (Korweta)	7,2	11,5	9,0	13,2	14,8	11,1	ni
2001 (Korweta)	13,2	17,7	17,2	21,5	15,7	17,1	ni
Średnia Mean	10,2	14,6	13,1	17,4	15,3	14,1	ni

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

Tabela 3

Indeksy porażenia pędów i korzeni (%) przez patogeny podstawy źdźbła pszenicy ozimej w fazie dojrzłości mleczno-woskowej w zależności od częstotliwości stosowania słomy
Eye-spot and take-all indexes (%) for winter wheat at the milk-dough stage depending on a frequency of fertilization with straw

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD (0.05)
	1	2	3	4	5		
indeks porażenia pędów — eye-spot index							
1998 (Kobra)	39,4	45,6	41,7	44,9	44,0	43,1	ni
1999 (Juma)	56,8	52,0	52,0	51,0	56,2	53,6	ni
2000 (Korweta)	58,3	54,2	52,2	58,6	52,6	55,2	ni
2001 (Korweta)	59,4	61,1	60,8	66,5	66,7	62,9	ni
Średnia Mean	53,5	53,2	51,7	55,3	54,9	53,7	ni
indeks porażenia korzeni — take-all index							
2000 (Korweta)	17,9	20,4	21,3	14,6	16,7	18,2	ni
2001 (Korweta)	17,0	15,0	15,3	19,6	15,0	16,4	ni
Średnia Mean	17,4	17,7	18,3	17,1	15,9	17,3	ni

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

W późniejszym terminie obserwacji, tj. w dojrzłości mleczno-woskowej, gdzie porażenie roślin wyrażono indeksem porażenia, podobne zależności zanotowano jedynie w przypadku dolnych międzywęzli (tab. 3).

W trakcie wegetacji oceniono również w tych samych fazach rozwojowych pszenicy ozimej stan odżywienia roślin azotem metodą przyżyciową, przy czym wyniki dotyczą jedynie dwóch odmian, tj. odmiany Juma oraz Korweta. Przeprowadzone pomiary nie wykazują potwierdzonego statystycznie zróżnicowania odczytywanych jednostek SPAD, zarówno w fazie strzelania w źdźbło, jak też w dojrzłości mleczno-woskowej (tab. 4).

Tabela 4

Wartości SPAD dla pszenicy ozimej w zależności od częstotliwości stosowania słomy
SPAD values for winter wheat depending on a frequency of fertilization with straw

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD (0.05)
	1	2	3	4	5		
strzelanie w źdźbło — shooting							
1999 (Juma)	604	603	608	623	592	606	ni
2000 (Korweta)	580	572	588	593	582	583	ni
Średnia Mean	592	588	598	608	587	595	ni
dojrzałość mleczno-woskowa — milk-dough stage							
1999 (Juma)	438	438	486	458	443	453	ni
2000 (Korweta)	462	460	460	428	413	445	ni
Średnia Mean	450	449	473	443	428	449	ni

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

Pomimo tego pomiary wykonane dla odmiany Korweta w fazie dojrzłości mleczno-woskowej wskazują na nieco mniejsze zawartości chlorofilu o 7%–11% w obiektach 4 i 5,

czyli tam, gdzie obserwowano tendencję do nieznacznej obniżki plonu ziarna i nieco większego porażenia dolnych międzywęźli przez patogeny podstawy źdźbła (tab. 1–4).

W doświadczeniu oceniono także niektóre chemiczne właściwości gleby pod pszenicą ozimą w zależności od częstotliwości stosowania słomy. Stwierdzono, że przyorywanie słomy zwiększało w warstwie ornej gleby zawartość przyswajalnych składników pokarmowych (istotnie tylko w przypadku fosforu) oraz próchnicy w porównaniu z obiektem kontrolnym — bez takiego nawożenia. Wyższe wartości tych wskaźników po 4 latach badań stwierdzono w obiekcie, gdzie słomę przyorywano każdego roku (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia) bez dodatkowej dawki azotu wyrównującej stosunek C:N w przyorywanej słomie (tab. 5).

Tabela 5

**Wybrane chemiczne właściwości gleby w zależności od częstotliwości stosowania słomy
(po 4 latach badań)**
**Chemical properties of soil depending on a frequency of fertilization with straw
(after 4 study years)**

Obiekt Object	Próchnica Humus (%)	pH (KCl)	mg/100g		
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Kontrola Control treatment	1,31	6,0	13,2	11,7	4,3
Słoma 1× w zmianowaniu Straw 1× in a crop rotation	1,34	6,0	12,6	12,5	4,2
Słoma 2× w zmianowaniu Straw 2× in a crop rotation	1,39	6,1	15,1	12,6	4,5
Słoma 3× w zmianowaniu Straw 3× in crop rotation	1,40	6,0	13,6	13,2	4,3
Słoma 3× w zmianowaniu bez N Straw 3× in a crop rotation without N	1,36	6,4	19,0	14,6	4,7
NIR — LSD _{0,05}	ni	ni	5,1	ni	ni

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

DYSKUSJA

Dotychczas brak jest jednoznacznych poglądów dotyczących wpływu przyorywania słomy na wydajność poszczególnych gatunków zbóż, w tym pszenicy ozimej. Brak jest również rozeznania odnośnie reakcji odmian na taką uprawę. W literaturze dominują bowiem prace dotyczące powiązań plonowania zbóż z poziomem nawożenia słomą, natomiast skromna jest wiedza odnośnie następczego wpływu różnej częstotliwości stosowania słomy w zmianowaniu na porażenie roślin przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła oraz wydajność odmian. Prezentowane w niniejszym opracowaniu wyniki badań nad różną częstotliwością stosowania słomy w zmianowaniu nie potwierdziły poglądu o korzystnym oddziaływaniu takiego nawożenia na wydajność pszenicy ozimej. W 4-letnich badaniach polowych przeprowadzonych przez Siutę (1999) na średniej madzie w monokulturze pszenicy ozimej wraz ze zwiększeniem dawki słomy stosowanej każdego roku notowano niewielki, chociaż nieistotny przyrost plonu ziarna

tego zboża wynoszący 2%–6%. Asmus i Völker (1984) oraz Pawłowski i Wesołowski (1991) wskazują na podobną wielkość przyrostu plonu ziarna.

Steinbrenner i Höflich (1984) w swoich badaniach nad porównaniem wpływu różnego nawożenia organicznego na porażenie przez patogeny podstawy źdźbła (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton i *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier) oraz produkcyjność zbóż, w tym pszenicy ozimej, nie stwierdzili w warunkach Niemiec istotnych różnic tak w porażeniu jak i w ich plonowaniu w zależności od stosowania słomy. Do podobnych wniosków dochodzą również w swoich pracach Schönmeier i Rehbein (1988). Penn i Lynch (1982) natomiast w badaniach nad występowaniem grzybów z rodzaju *Fusarium* donoszą o zwiększonym ryzyku porażenia roślin przez te patogeny w związku z obecnością produktów fermentacji słomy. Wyniki badań własnych wskazują jednak, że w naszych warunkach klimatycznych, zbliżonych znacznie do niemieckich, presja ze strony patogenów roślin wywołujących choroby podsuszkowe może być podobna jak w Niemczech. Wymaga to jednak szerszych badań uzupełniających.

Są również prace dowodzące niekorzystnego oddziaływania przyorywanej słomy na plonowanie zbóż, w tym pszenicy ozimej (Duer, 1996; Kotecki i in., 2003; Spiak, 2002). Ten niekorzystny wpływ wprowadzonej do gleby słomy wynika z biologicznego uwstecznienia przyswajalnego azotu. Wyniki te wskazują również, iż zastosowanie dodatkowej dawki azotu na rozkład słomy nie kompensuje całkowicie obniżki plonów, jednak w znacznym stopniu je ogranicza. Potwierdzają to częściowo (brak istotnych różnic) wyniki naszych obserwacji, które wskazują na nieco gorsze zaopatrzenie roślin w azot w obiekcie 5, tj. tam, gdzie nie został on podany dodatkowo na rozkład słomy w glebie. Literatura wskazuje także, iż dobór i zmianowanie odmian może być czynnikiem kompensującym wartość stanowiska dla zbóż (Kuś i in., 1993). Uwidacznia się to także w naszych badaniach, gdzie uprawiając różne odmiany pszenicy ozimej nie udowodniono istotnych różnic w jej plonowaniu, natomiast uprawa tej samej odmiany przez dwa kolejne lata doprowadziła do istotnego ubytku plonu ziarna w obiektach corocznie nawożonych słomą.

Wyniki badań własnych wskazują również na korzystny wpływ stosowania słomy na wybrane wskaźniki żyzności gleby. Także w badaniach Schönmeiera i Rehbeina (1988) oraz Siuty (1999) potwierdza się korzystny wpływ przyorywania słomy na zawartość próchnicy i przyswajalnych składników pokarmowych (fosforu, potasu, magnezu), chociaż występujące różnice ich zawartości w glebie nie zawsze są potwierdzone statystycznie.

WNIOSKI

1. Przyorywanie słomy, pomimo różnej częstotliwości stosowania jej w płodozmianie, nie powodowało istotnego zróżnicowania plonu ziarna pszenicy ozimej. Uzyskane wyniki wskazują jednak na pewne różnice odmianowe w reakcji na nawożenie słomą.
2. Mniejsza wydajność pszenicy ozimej odmiany Korweta uprawianej przez dwa kolejne lata w obiektach z corocznym stosowaniem słomy spowodowana była gorszą obsadą

- pędów produkcyjnych. Towarzyszyło temu silniejsze porażenie roślin przez patogeny podstawy źdźbła oraz nieco gorsze zaopatrzenie roślin w azot.
3. Przyorywanie słomy zwiększało w warstwie ornej gleby zawartość przyswajalnych składników pokarmowych oraz próchnicy. Wyższe wartości tych wskaźników po 4 latach badań stwierdzono w obiekcie, gdzie słomę przyorywano każdego roku bez dodatkowej dawki azotu wyrównującej stosunek C:N w przyorywanej słomie.

LITERATURA

- Asmus F., Völker U. 1984. Einfluss von Strohdüngung auf Ertrag und Bodeneigenschaften in Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Getreideanteil. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd., 28 (7): 411 — 417.
- Bockmann H., Knoth K. E. 1971. Der verstärkte Getreidebau aus pflanzenpathologischer und pflanzenhygienischer Sicht. Z. Pflschutz u. Pflkrankh., 78 (1): 1 — 33.
- Bojarczuk J., Bojarczuk M. 1974. Współdziałanie odmian pszenicy ze szczepami grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. Hod. Rośl. Aklim., 18 (5): 313 — 325.
- Duer I. 1996. Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. Fragm. Agron. 1 (49): 29 — 43.
- Fotyma E. 2002. Zróżnicowanie odmianowe zawartości chlorofilu w liściach zbóż ozimych. Pam. Puł. 130: 171 — 178.
- GUS. 2001. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich w 2001 r. Wyd. GUS Warszawa.
- Herman M., Dovrtel J. 1986. Vztahy mezi vynosem pšenice a napadením houbou *Pseudocercospora herpotrichoides*. Sborník UVTIZ. Ochrana Rostlin 22 (3): 207 — 216.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2003. Wpływ nawożenia resztkami pozbiorowymi rzepaku ozimego i azotem na rozwój, plonowanie oraz skład chemiczny ziarna pszenicy. Acta Sci. Pol., Agricultura 2(1): 31 — 40.
- Kuś J., Siuta A., Mróz A., Kamińska M. 1993. Możliwość kompensacji ujemnego wpływu stanowiska na plonowanie jęczmienia jarego. Pam. Puł., 103: 133 — 143.
- Kuś J., Smagacz J. 2001. Regionalne zróżnicowanie bilansu słomy. Pam. Puł. 124: 289 — 295.
- Mazurek J., Kuś J., Kuś J., Mróz A. 1990. Porównanie plonowania pszenżyta z innymi zbożami ozimymi na glebie pobranej z różnych zmianowań. Biul. IHAR 175: 39 — 46.
- Mikołajska J. 1993. Płodozmian a zdrowotność roślin. W: Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin. Mat. Symp., Olsztyn, 7–9 września 1993: 25 — 33.
- Penn S. J., Lynch J. M. 1982. The effect of bacterial fermentation of couch grass rhizomes and *Fusarium culmorum* on the growth of barley seedlings. Plant Pathol. 31, 39 — 43.
- Schönmeier H., Rehbein G. 1988. Zur Strohdüngung bei unterschiedlicher Getreidekonzentration auf Sandlöß-Braunschwarzerde. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenkd., 32 (10): 659 — 665.
- Siuta A. 1999. Wpływ nawożenia słomą i biomasą międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyzności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 467: 245 — 251.
- Smagacz J. 2003. Możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Pam. Puł., 132: 395 — 402.
- Spiak Z., Piszcz Z., Kotecki A. 2002. Wpływ przyorywania słomy z dodatkiem azotu mineralnego na zawartość azotu w glebie. Nawozy i Nawożenie, 1 (10): 247 — 255.
- Steinbrenner K., Höflich G. 1984. Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen auf den Befall des Getreides durch *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton und *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 20 (6): 469 — 486.

TOMASZ GÓRALPracownia Chorób Roślin, Zakład Fitopatologii
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Źródła odporności pszenicy na fuzariozę kłosa powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc.

**Sources of wheat resistance to *Fusarium* head blight caused by *Fusarium culmorum*
(W. G. Smith) Sacc.**

Badano odporność genotypów pszenicy ozimej i jarej na fuzariozę kłosa. Materiałem do badań były genotypy opisane w literaturze jako źródła odporności na fuzariozę kłosa oraz genotypy, które mogą stanowić potencjalne, alternatywne źródła odporności. Kłosa pszenicy inokulowano zarodnikami *Fusarium culmorum* i oceniano nasilenie choroby oraz redukcję komponentów plonu. Uzyskane wyniki pozwoliły na zidentyfikowanie genotypów pszenicy ozimej i jarej o wysokiej odporności na fuzariozę kłosa oraz zweryfikowanie publikowanych danych w polskich warunkach. W grupie najodporniejszych genotypów znalazły się głównie genotypy pszenicy jarej pochodzące z Chin i Japonii, takie jak Sumai 3, Ning 8343, Ning 8331, Shinchunaga, Wangshuibai i W14. W grupie pszenic ozimych najwyższą odporność wykazały genotypy Praag 8, Novokrymka-102, SVP 72017-17-5-10-1. Zidentyfikowane najodporniejsze genotypy o najlepszych cechach agronomicznych, zostaną wykorzystane do ulepszania odporności polskich odmian pszenicy.

Słowa kluczowe: *Fusarium*, fuzarioza kłosa, odporność, źródła odporności, pszenica

Resistance of winter and spring wheat genotypes to *Fusarium* head blight was evaluated. The genotypes known as the valuable sources of resistance to this disease, as well as the genotypes which could be prospective alternative resistance sources, were used. Wheat heads were inoculated with *Fusarium culmorum* spores, and both disease severity and reductions of yield components were estimated. Based on the results highly resistant genotypes of winter and spring wheat were identified, and the published data concerning resistance sources could be verified under Polish conditions. The most resistant were spring wheat genotypes originating from China and Japan, such as: Sumai 3, Ning 8343, Ning 8331, Shinchunaga, Wangshuibai, and W14. As regards winter wheat genotypes, the most resistant were: Praag 8, Novokrymka-102, and SVP 72017-17-5-10-1. The most resistant genotypes, with acceptable agronomic characters, will be used to improve the resistance of Polish wheat cultivars.

Key words: *Fusarium*, head blight, resistance, resistance sources, wheat

WSTĘP

Porażenie kłosów pszenicy przez grzyby z rodzaju *Fusarium* powoduje ilościowe i jakościowe starty w plonie ziarna. Efektem fuzariozy kłosa może być obniżenie masy ziarniaków, pomarszczenie ziarniaków, osłabienie siły kiełkowania, zasiedlenie ziarniaków przez *Fusarium* spp. oraz zakażenie mikotoksynami fuzaryjnymi (Snijders i Perkowski, 1990; Riley i in., 1993; Parry i in., 1995; D'Mello i in., 1999; Placinta i in., 1999; Perkowski, 1999; Góral i in., 2002 a, 2002 b, 2002 c). W ostatnim czasie podejmowane są wysiłki w celu ustalenia limitów zawartości toksyny fuzaryjnej deoksyniwalenolu w żywności i paszach w krajach Unii Europejskiej (w tym i w Polsce). Stwarzają one potrzebę obniżenia zawartości mikotoksyn w ziarnie pszenicy i innych zbóż (Gimeno, 2003; Anonim, 2005 a). Sposobem redukcji zawartości mikotoksyn fuzaryjnych może być zmniejszenie porażenia upraw zbóż przez fuzariozę kłosa poprzez stosowanie fungicydów. Jednakże wiele fungicydów jest mało efektywnych w zwalczaniu porażenia kłosów pszenicy przez *Fusarium* (Milus i Parsons, 1994; Mesterhazy i Bartok, 1996; Jones, 2000). Co więcej, niektóre fungicydy nie zabezpieczają przed skażeniem ziarna przez mikotoksyny (Simpson i in., 2001). Skażenie takie może występować mimo braku wyraźnych objawów choroby (Müller i Schwadorf, 1993; Perkowski, 1999). Dlatego też, najbardziej skutecznym sposobem redukcji start powodowanych przez fuzariozę kłosa pszenicy jest uprawa odmian odpornych (Bai i Shaner, 1994; Miedaner, 1997; Mesterhazy, 1995; 2002; Parry i in., 1995; McMullen i in., 1997). Odmiany takie, o stabilnej odporności, charakteryzują się brakiem lub bardzo niską akumulacją deoksyniwalenolu w ziarnie (Mesterhazy i in., 1999; Bai i in., 2001).

Zmienność genetyczna odporności na fuzariozę kłosa jest dobrze udokumentowana u pszenicy i gatunków pokrewnych (Mesterhazy, 1983; Mesterhazy i Bartok, 1993; Snijders, 1990 b; Lemmens i in., 1993; Buerstmayr i in., 1996 a, b). Nieznane są źródła odporności pełnej tzn. jak dotąd u żadnego z badanych geotypów pszenicy nie zaobserwowano immunii (Mesterhazy, 1983, 1995; Saur, 1991; Lemmens i in., 1993; Buerstmayr i in., 1999 a; Góral, 2005). Jednakże liczne wysoko odporne genotypy zostały zidentyfikowane i opisane. Są to głównie pszenice jare pochodzące z Chin (Sumai 3, linie Ning, linie Wuhan, Wangshuibai), Japonii (Nobeokabozu-komugi, Shinchunaga) i Brazylii (Frontana, Encruzilhada). Również wśród genotypów pszenicy ozimej znaczna zmienność odporności została znaleziona i zidentyfikowano genotypy o wysokiej odporności, takie jak np. Arina, Praag 8, Bence, Ringo Star, linie SVP (Snijders, 1990 a, 1990 c; Buerstmayr i in., 1996 a; Mesterhazy, 2002).

Odmiany pszenicy ozimej znajdujące się obecnie w rejestrze odmian są w dużym stopniu podatne na fuzariozę kłosa. W warunkach sztucznego zakażenia grzybem *Fusarium culmorum* większość odmian okazuje się podatna lub bardzo podatna na fuzariozę kłosa, w porównaniu ze znanymi odpornymi pszenicami ozimymi, takimi jak np. Arina lub linie SVP (Snijders, 1990 a; 1990 c; Arseniuk i in., 1993; Góral, 2005). Hodowla w kierunku odporności na fuzariozę kłosa w polskich programach hodowli odpornościowej pszenicy zyskuje na znaczeniu, chociaż wciąż jest problemem drugoplanowym. Powodem takiego stanu rzeczy może być to, że fuzarioza kłosa nie jest w Polsce zaliczana do chorób

mających ekonomiczne znaczenie w obniżce plonu ziarna. Epidemie fuzariozy kłosa występują sporadycznie i tylko w niektórych regionach (Chełkowski i in., 1987; Łacicowa i in., 1985; Łacicowa, 1980, 1989). Mimo to, skażenie ziarna mikotoksynami fuzaryjnymi było stwierdzane wielokrotnie (Chełkowski i in., 1988; Tanaka i in., 1988; Perkowski i in., 1990; Lew i in., 1993; Perkowski, 1999), co wskazuje na konieczność poprawy odporności odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosa.

Celem pracy było badanie odporności genotypów pszenicy ozimej i jarej na fuzariozę kłosa w polskich warunkach. Materiał do badań stanowiły genotypy opisane w literaturze jako źródła odporności na fuzariozę kłosa oraz genotypy, które mogą stanowić potencjalne, alternatywne źródła odporności. Potwierdzone źródła odporności będą mogły być wykorzystane w hodowli do poprawy odporności polskich odmian pszenicy na fuzariozę kłosa.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły genotypy pszenicy ozimej i jarej: 18 odmian i linii pszenicy ozimej oraz 44 odmiany i linie pszenicy jarej (tab. 1, 2). Wśród pszenic ozimych były głównie genotypy pochodzące ze środkowej i wschodniej Europy (stare odmiany, odmiany lokalne), a także linie SVP pochodzące z programu hodowli odpornościowej na fuzariozę kłosa prowadzonego w Holandii (Snijders 1990 a; 1990 c). Wśród pszenic jarych znalazły się głównie genotypy pochodzące z Azji wschodniej (Chiny, Japonia) i Ameryki Łacińskiej, w tym takie znane źródła odporności, jak: odmiany Sumai 3, Nobeoka-bouzu i Frontana, oraz kilka genotypów z Europy i Stanów Zjednoczonych. Odmiany Bezostaja 1, Hela, Frontana, Shinchunaga, Sumai 3 i linia Ning 8331 zastosowano w kilku wariantach. Pochodzą one z różnych źródeł lub w danym banku genów występowały pod różnymi numerami. Odporność genotypów podana w tabelach 1 i 2 została określona na podstawie danych publikowanych w literaturze i dokumentacji banków genów. Pszenice uzyskano z następujących źródeł: Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Plant Research International, Wageningen, Holandia; Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR, Radzików; USDA-ARS National Small Grains Research Facility, Aberdeen, USA; MAFF Genebank, National Institute of Agrobiological Sciences, Tsukuba, Japonia; H. Buerstmayr, Department for Agrobiotechnology (IFA Tulln), University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Tulln, Austria; H. Wiśniewska, Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań. Do doświadczeń włączono 8 odmian pszenicy ozimej i jarej o zróżnicowanej odporności będących aktualnie w polskim rejestrze odmian. Odporne — Turnia, Wilga, Torka, Napola; podatne — Liryka, Juma, Begra, Kobra, Griwa, Banti (Góral, 2005).

Doświadczenia prowadzono w latach 2003 i 2004 na polach doświadczalnych IHAR Radzików. Badane obiekty wysiano na poletkach o powierzchni 1 m² w trzech powtórzeniach oraz w kombinacji kontrolnej. Kombinacja kontrolna, po wykłoszeniu roślin, chroniona była fungicydem zwalczającym fuzariozę kłosa (Tilt CB 37,5 WP).

Tabela 1

Pochodzenie i rodowód genotypów pszenicy ozimej o potencjalnie wysokiej odporności na fuzariozę kłosa

Origin and pedigree of winter wheat genotypes of possible high resistance to *Fusarium* head blight

Genotyp Genotype	Pochodzenie Origin	Rodowód Pedigree	Odporność na fuzariozę kłosa Resistance to FHB*
Alana	Czechy	Hana / Mercia	MR ¹²
Arina	Szwajcaria	Moisson / Zenith	VR/R ^{5, 8, 9, 10, 11}
Bezostaja	Rosja	Odmiana / Cultivar	MS ^{7, 8}
Bezostaja 1	Rosja	Lutescens 17 / Skorospelka 2	MS ^{7, 8}
CHD 181-CHD 503/76	Polska	Materiał hodowlany (= odmiana Lanca) / Breeding material (= cultivar Lanca)	MR ¹
Ertus	Szwecja	Eroica LI / Virtus	MR ¹
"Frontana"	?	?	R ^{3, 11}
Hela	Czechy	Moisson / Mironovskaja 808	MR ¹
Kooperatorka	Ukraina	Odmiana / Cultivar	R/MR ^{3, 9, 13}
Kubanskaya 122	Rosja	—	R ¹
Novokrymka-102	Ukraina	Selekcja z odmiany 'Krymka' / Selection from 'Krymka' cv	VR/R ^{3, 8}
Praag 8	Czechy	Odmiana lokalna / Local cultivar	VR/R ^{3, 8, 9, 11}
Rotor	Niemcy	Benno / Jubilar	MR ¹
SVP 72017-17-5-10-1	Holandia	Selekcja z SVP 72017-17-5-10 (= Marzotto // Dippes Triumph / Mironovskaja 808 Selection from SVP 72017-17-5-10 (= Marzotto // Dippes Triumph / Mironovskaja 808)	VR ^{2, 4, 8}
SVP 75059-28	Holandia	Petit Quinquin / 3 / Vogel 222 // Halle 101 / Comanche	VR/R ^{2, 4, 10}

VR — Wysoko odporna; R — Odporna, MR — Średnio odporna; MS — Średnio podatna; S — Podatna; VR — Very resistant; R — Resistant, MR — Medium resistant; MS — Medium susceptible; S — Susceptible

* Na podstawie opublikowanych wyników badań:

* According to published results:

¹ — Góral, 1988; ² — Snijders, 1990a; ³ — Snijders, 1990b; ⁴ — Snijders, 1990c; ⁵ — Saur, 1991; ⁷ — Szunics i Szunics, 1992; ⁸ — Grausgruber i in., 1996; ⁹ — Šip i Stuchlikowa 1997; ¹⁰ — Mesterhazy i in., 1999; ¹¹ — Ruckebauer i in., 2001;

¹² — Bartoš i in., 2002; ¹³ — Liu i Andreson, 2003.

Do produkcji inokulum zastosowano 10 izolatów *Fusarium culmorum*, wytwarzających deoksyniwalenol *in vitro* w zakresie 4,0–241,2 mg/kg (Góral i in., 2002 b). Izolaty te zostały uprzednio przetestowane pod względem agresywności wobec pszenicy i pszenżyta i były już używane do oceny odporności w warunkach polowych (Góral i in., 2002 a). Izolaty inkubowano na autoklawowanym ziarnie pszenicy w szklanych kolbach przez około 4 tygodnie a następnie naświetlano ciągłym światłem UV przez 4 do 7 dni w temperaturze około 18°C. Ziarno zasiedlone przez *F. culmorum* było następnie suszone i przechowywane w temperaturze 4°C do momentu inokulacji.

W dniu, kiedy wykonywana była inokulacja, ziarno z grzybnią i zarodnikami konidialnymi *F. culmorum* było moczone w wodzie przez około dwie godziny, a następnie filtrowane przez gazę w celu uzyskania zawiesiny zarodników bez fragmentów grzybni. Zawiesiny wszystkich izolatów mieszano i ustalono stężenie zarodników na około 10⁶ zar./ml za pomocą hematokrytu.

Tabela 2

Pochodzenie i rodowód genotypów pszenicy jarej o potencjalnie wysokiej odporności na fuzariozę kłosa
Origin and pedigree of spring wheat genotypes of possible high resistance to *Fusarium* head blight

Nr No.	Genotyp Genotype	Pochodzenie Origin	Rodowód Pedigree	Odporność na fuzariozę kłosa Resistance to FHB*
1	20	Japonia	Materiał hodowlany / Breeding material	MR ¹¹
2	2433	Rosja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ¹¹
3	4006	Turcja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ¹¹
4	8475-59	Brazylia	Trapeano / Cajeme 54	MS/MR ¹¹
5	Abura	Brazylia	Odmiana Cultivar	R/MR ^{10, 11}
6	Asakaze-komugi	Japonia	Hiyoku-komugi / Shirogane-komugi	MR ⁷
7	BacUp	USA UMN	Nuy Bay / Pioneer 2375 // Marshall	MR ^{9, 12}
8	CM-82036	Meksyk	Sumai 3 / Thornbird	VR ^{3, 8, 12}
9	Cologne Abastardado	Włochy	Odmiana lokalna Local cultivar	MR ¹¹
10	Colotana 266(51)	Brazylia	Colonista / Frontana	R/MR ^{10, 11}
11	Emai 9	Chiny	Selekcja z Emai 6 [= (M)Nanda-2419] / Selection from Emai 6 [= (M)Nanda-2419]	R ^{6, 12}
12	Estanzeula Young	Urugwaj	Bage /4/ Thatcher /3/ Frontana // Kenya 58 / Newthatch	MR ¹¹
13	Eureka F.C.S.	Argentyna	Barleta / Ruso // Kanred	MR ¹¹
14	Fram I	Norwegia	Jo3 / No 07	MR ¹¹
15	Frontana	Brazylia	Fronteira / Mentana	MS/R ^{1, 2, 8, 10}
16	Lebarata	Wenezuela	Odmiana lokalna / Local cultivar	R ¹¹
17	MG 27043	Grecja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ¹¹
18	MULT 760	Peru	Materiał hodowlany / Breeding material	MS/MR ¹¹
19	Ning 7840	Chiny	Aurora /An Hui 11 (F ₂) // Sumai 3	VR/R ^{5, 6, 9}
20	Ning 8331	Chiny	Yang mai 4 / Ning 7071, (F ₆)	R ^{6, 9}
21	Ning 8343	Chiny	Yang mai 3 // (F ₁) Ning 701 / Sumai 1 /3/ Aurora (F ₁), F ₉	VR ^{1, 3, 12}
22	Ninmai 3	Chiny	Odmiana / Cultivar	R ¹¹
23	Nobeokabouzu-komugi	Japonia	Odmiana lokalna / Local cultivar	VR ^{1, 3, 8, 10}
24	Norin 61	Japonia	Fukuoka-komugi / Shinchunaga	MR ⁷
25	PI 197664	Argentyna	Thatcher // La Estanzeula / R6	R/MR ¹¹
26	PI 202770	Peru	Galgals / Com Agron Junin	MS/MR ¹¹
27	Pilgrim	Włochy	Odmiana lokalna Local cultivar	MR ¹¹
28	Saikai 165	Japonia	Sumai 3 / Asakaze-komugi	MR/R ^{5, 7}
29	Saporro Haru Komugi Jugo	Japonia	Odmiana / Cultivar	R ^{10, 11}
30	Sel. 49-4830 H944	Argentyna	H684 / Renow	R ¹¹
31	Shinchunaga	Japonia	Selekcja z odmiany lokalnej Nakanaga / Selection from local cultivar Nakanaga	R ^{3, 7, 9}
32	Shirogane-komugi	Japonia	Shiragasi-komugi / Saikai 104	R/MR ²
33	Sichuan 9418	Chiny	Odmiana / Cultivar	MR ¹⁰
34	Sofie Alekseevskoe	Rosja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ⁹
35	Sumai 3	Chiny	Funo / Taiwanmai	VR ^{1, 3, 7, 8, 9, 10}
36	Tokai 63	Japonia	Norin 26 / Shinchunaga	R ⁷
37	Trintecino	Brazylia	Alfredo Chaves 3-21 / Alfredo Chaves 4-21	R ¹¹
38	Veneny 3787	Węgry	Odmiana / Cultivar	R ¹¹
39	W14	Chiny	Odmiana / Cultivar	R ^{5, 12}
40	Wangshuibai	Chiny	Odmiana lokalna / Local cultivar	VR ^{4, 9, 10, 12}
41	William	Szwecja	Weibulls-13-69 / Weibulls-41-69	?
42	Wuhan #2-37E	Chiny	Odmiana / Cultivar	VR ^{3, 8, 12}
43	WW 19018	Szwecja	Materiał hodowlany / Breeding material	?
44	Yumai 7	Chiny	Predgomaya-2 / Yanshi-4	MR ^{6, 12}

VR — Wysoko odporna, R — Odporna, MR — Średnio odporna, MS — Średnio podatna, S — Podatna; VR — Very resistant, R — Resistant, MR — Medium resistant, MS — Medium susceptible, S — Susceptible; * Na podstawie opublikowanych wyników badań; * According to published results:¹ — Snijders, 1990b; ² — Singh i Rajaram, 1995; ³ — Grausgruber i in., 1996; ⁴ — Wan i in., 1997; ⁵ — Griffey i in., 1999; ⁶ — Hu i in., 1999; ⁷ — Ban, 2001; ⁸ — Ruckebauer i in., 2001; ⁹ — Bai i in., 2003; ¹⁰ — Liu i Andreson, 2003; ¹¹ — Anonim, 2005b; ¹² — Buerstmayr (informacja ustna / personal communication)

Zastosowano metodę inokulacji przez opryskiwanie. Metoda ta w pewnym stopniu symuluje naturalne warunki infekcji kłosa przez *Fusarium* (Buerstmayr i in., 2003) i pozwala na określenie odporności typu I lub (bardziej poprawnie) połączonych typów odporności I i II (Buerstmayr i in., 1999 a; van Ginkel i Gilchrist, 2002; Miedaner i in., 2003). Kłosa pszenicy opryskiwane były zawiesiną zarodników w ilości około 100 ml zawiesziny na 1 m⁻² na początku kwitnienia i ponownie około trzy dni później w fazie pełni kwitnienia (Buerstmayr i in., 1999 a). W fazie tej pszenica jest najbardziej wrażliwa na infekcje kłosa przez *Fusarium* (Bushnell, 2001). Inokulację wykonywano w godzinach wieczornych, kiedy wzrastała względna wilgotność powietrza. Ocenę porażenia genotypów rozpoczęto około 10 dni od ostatniej inokulacji po pojawieniu się pierwszych objawów choroby. Przeprowadzono trzy oceny w odstępach 7-dniowych. Nasilenie fuzariozy kłosa określano na podstawie proporcji porażonych kłosek w kłosie, tylko w kłosach z objawami choroby (porażenie kłosa) oraz proporcji kłosek prażonych na poletku (wystąpienie fuzariozy). Parametry te posłużyły do wyliczenia indeksu fuzariozy wskazującego na procent kłosek z objawami choroby we wszystkich kłosach na poletku. W czasie żniw zebrano ręcznie po 20 kłosek z każdego poletka. Kłosa wymłócone zostały przy pomocy młocarni laboratoryjnej o słabym nawiewie zapobiegającym utracie lekkich, porażonych ziarniaków. Określono względną redukcję komponentów plonu ziarna — masy ziarna z kłosa (MZK), masy tysiąca ziarniaków (MTZ), masy objętościowej ziarniaków (g/100 cm³).

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni indeks fuzariozy kłosek dla genotypów pszenicy ozimej wyniósł 28,7% (tab. 3), a reakcja genotypów zawierała się w zakresie 9,5%–59,2%. Genotypami słabo porażanymi przez fuzariozę kłosa były — Praag 8, SVP 72017-17-5-10-1, Novokrymka-102, Arina, Kooperatorka, Kubanskaya 122, Ertus, CHD 181-CHD 503/76. Spośród odmian polskich najmniej podatna okazała się Turnia, której reakcja była zbliżona do reakcji odpornej linii SVP 75059-28. Odmiana oznaczona w bazie danych banku genów jako ozima forma odmiany Frontana była bardzo podatna na fuzariozę kłosek i pokrojem przypominała odmianę Bezostaja. Genotypy ozime charakteryzowały się różną wczesnością, Formą najpóźniejszą była odmiana Ertus. Termin kwitnienia miał istotny wpływ na tempo rozwoju choroby (tab. 6). Genotypy późniejsze wykazywały niższe porażenie fuzariozą kłosa np. Ertus, Praag 8, CHD 181-CHD 503/76, Turnia. Może to wskazywać, że w ich przypadku mogło wystąpić zjawisko unikania choroby. Zaobserwowano jednakże, że inne genotypy o wczesnym terminie kwitnienia wykazały niskie porażenie przez *F. culmorum* np. Novokrymka-102, Kooperatorka, Kubanskaya 122, SVP 75059-28. Podobny wpływ na nasilenie choroby miała wysokość roślin (tab. 6). Większość genotypów wysokich była słabiej porażana przez fuzariozę kłosa. Wyjątek stanowiły wysoka i podatna Bezostaja (4962) oraz niska i odporna linia SVP 72017-17-5-10-1. Zjawiska te wskazują, że przy analizie odporności pszenicy na fuzariozę kłosa należy brać pod uwagę również cechy fenotypowe takie jak np. wczesność i wysokość. Mogą mieć one znaczny wpływ na

wystąpienie i rozwój choroby i utrudniać wykrycie rzeczywistej, genetycznej odporności na fuzariozę kłosa (Schroeder i Christiansen, 1963; Mesterhazy, 1995, 2002).

Tabela 3

Reakcja genotypów pszenicy ozimej na fuzariozę kłosa (lata 2003–2004)
Resistance of cultivars and lines of winter wheat to *Fusarium* head blight (2003–2004)

Nr No.	Genotyp Genotype	Termin kwitnienia ¹ Flowering date ¹	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzario-zy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)
1	Praag 8	44,0	140,7	60,3	14,4	9,5	15,4	4,8	2,8
2	SVP 72017-17-5-10-1	43,3	100,0	59,7	15,1	9,7	22,5	30,7	13,0
3	Novokrymka-102 (o)	40,0	138,3	64,2	16,5	11,6	12,6	6,6	8,7
4	Arina	43,3	117,3	69,7	17,8	12,8	25,3	12,5	5,9
5	Kooperatorka (o)	40,0	133,3	68,1	18,8	13,9	18,0	10,9	6,1
6	Kubanskaya 122 (o)	40,0	137,3	72,2	19,4	14,3	8,5	3,4	2,7
7	Ertus	50,0	130,0	68,3	21,7	16,1	31,9	21,1	14,8
8	CHD 181-CHD 503/76	44,0	121,0	72,2	21,9	16,6	22,7	17,6	8,7
9	SVP 75059-28 (o)	40,3	118,0	65,3	26,1	17,2	22,6	14,7	7,6
10	Turnia ²	44,3	116,7	75,0	23,9	18,0	31,1	22,4	13,8
11	Alana	44,0	117,3	71,9	25,0	18,9	20,9	11,7	7,0
12	Wilga ²	44,7	118,3	79,4	28,9	23,0	30,1	16,1	12,8
13	Rotor	44,7	111,0	72,5	30,8	23,2	39,6	26,7	17,1
14	Kobra ²	40,7	98,0	78,6	41,7	33,0	51,7	33,9	18,3
15	Begra ²	40,7	104,0	79,4	44,7	35,6	42,8	27,3	14,2
16	Hela (5352)	40,7	115,0	77,5	46,9	36,4	42,5	27,4	17,2
17	Bezostaja 1 (2687)	37,7	113,3	78,9	48,1	36,5	31,1	21,0	12,5
18	Bezostaja (4962)	38,0	125,7	78,9	46,9	37,2	17,5	16,4	11,0
19	Hela (5708)	40,7	110,3	77,8	49,2	37,9	51,3	35,6	17,4
20	Juma ²	45,0	111,0	79,2	56,4	44,9	66,9	41,2	22,6
21	Bezostaja 1 (7)	37,7	111,7	79,7	62,8	50,8	60,2	38,6	16,0
22	Bezostaja 1 (4961)	37,7	108,3	81,1	68,6	53,7	58,8	39,1	18,6
23	Liryka ²	38,0	105,3	81,1	66,1	53,9	64,4	46,4	29,8
24	“Frontana”	37,7	107,7	81,1	72,8	59,2	67,0	37,9	21,8
Średnia Mean		41,6	117,1	73,8	36,9	28,7	35,6	23,5	13,4
NIR 0,05		—	—	4,4	5,1	4,3	10,3	9,0	4,6
LSD 0.05		—	—	4,4	5,1	4,3	10,3	9,0	4,6
Współczynnik zmienności CV (%)		—	—	9,0	21,2	23,0	25,1	33,2	30,1

o — Kłos ościsty; ¹ — Liczba dni od 1 maja, ² — Odmiany polskie

o — Awned head; ¹ — Number of days from May 1, ² — Polish cultivars

GWH — Grain weight per head

Stwierdzono znaczne zróżnicowanie w redukcji składników plonu (tab. 3). Reakcja genotypów zawierała się w zakresie 8,5%–67,0% dla masy ziarna z kłosa, 3,4%–46,4% dla MTZ i 2,7%–29,8% dla masy objętościowej ziarniaków. Genotypy wykazujące odporność na porażenie kłosa charakteryzowały się niską redukcją masy ziarna, na co wskazuje wysoki współczynnik korelacji (tab. 6). Zaobserwowanymi wyjątkami były odmiana Ertus o znacznej redukcji masy ziarna i odmiana Bezostaja (4962), która mimo silnego porażenia

kłosa wykazała niski spadek masy ziarna. Podobnie było z redukcją MTZ i masą objętościową ziarniaków. W przypadku odpornej linii SVP 72017-17-5-10-1 wystąpiła znaczna redukcja MTZ i masy objętościowej, na poziomie form podatnych.

Średni indeks fuzariozy kłosów dla genotypów pszenicy jarej wyniósł 18,6% (tab. 4).

Tabela 4

Reakcja genotypów pszenicy jarej na fuzariozę kłosa (lata 2003–2004).
Resistance of cultivars and lines of spring wheat to *Fusarium* head blight (2003–2004)

Nr No.	Genotyp Genotype	Termin kwitnienia ¹ Flowering date ¹	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)
1	Ning 7840	58,0	92,3	40,8	6,7	3,1	36,0	5,1	4,0
2	Sumai 3	61,0	114,0	28,9	7,2	5,0	2,4	0,2	5,7
3	Shinchunaga (4)	53,3	98,0	31,1	8,3	6,1	1,7	1,9	4,2
4	Nobeokabouzu (b)	53,3	110,0	57,5	9,4	6,3	23,6	0,0	0,2
5	Ninmai 3	54,3	96,0	42,2	11,7	7,3	44,2	20,6	9,2
6	Tokai 63	52,0	87,3	53,1	14,2	8,6	3,8	3,2	3,8
7	Colotana 266(51)	59,0	131,7	50,3	15,1	8,6	50,4	23,9	9,8
8	Veneny 3787	59,0	129,0	56,9	15,3	10,1	12,6	20,5	13,1
9	Saporro Haru Komugi	59,0	136,3	60,0	15,4	10,3	39,4	11,8	11,6
10	Frontana (1)	55,0	124,0	30,0	13,9	11,1	42,8	22,9	10,5
11	PI 197664	53,0	-	60,8	16,9	11,1	57,5	19,9	9,6
12	Abura (b)	52,0	101,3	63,9	16,7	11,5	19,2	3,7	2,2
13	Shirogane-komugi	53,0	83,3	62,5	17,6	11,8	5,2	7,8	9,3
14	Trintecino	56,7	116,7	61,1	17,5	12,6	1,0	9,3	6,2
15	Shinchunaga (2)	52,3	96,7	64,7	18,1	12,9	25,7	13,3	4,1
16	20	52,0	107,0	61,9	19,4	13,4	40,7	12,6	7,4
17	Saikai 165	53,0	82,3	53,6	21,9	14,6	27,6	13,2	2,6
18	Eureka F.C.S.	53,7	103,7	55,0	21,9	14,8	40,8	13,0	2,2
19	Norin 61	52,0	94,0	66,7	21,7	15,4	33,2	3,6	4,7
20	Sichuan 9418 (b)	52,0	72,7	69,7	20,8	15,6	0,0	10,8	6,9
21	Napola (b) ²	58,3	106,3	65,6	21,5	16,4	45,6	28,8	10,1
22	MULT 760	54,0	111,3	71,1	31,1	22,6	39,5	10,6	6,4
23	Frontana (2)	55,0	130,0	72,5	34,2	25,5	31,6	4,3	4,5
24	Torka (b) ²	59,0	108,3	79,2	32,5	25,9	42,2	39,5	15,9
25	8475-59 (b)	55,0	113,0	76,7	42,8	33,6	43,9	19,0	7,9
26	WW 19018 (b)	55,3	95,7	80,0	42,8	34,2	29,8	26,6	17,0
27	PI 202770 (b)	53,3	110,7	77,5	45,0	35,0	40,4	16,0	8,7
28	William (b)	59,0	102,7	78,1	46,9	36,9	76,9	53,0	31,1
29	Sel. 49-4830 H944 (b)	53,0	107,3	78,3	48,3	38,2	45,5	28,7	14,9
30	Griwa (b) ²	54,0	99,3	80,0	60,3	48,2	47,8	30,7	20,9
31	Banti (b) ²	53,0	96,7	81,7	68,3	56,2	34,3	25,2	17,2
Średnia Mean		54,9	101,8	63,6	25,4	18,6	31,8	16,1	9,1
NIR _{0,05}		—	—	5,8	4,5	3,6	13,4	7,4	5,4
SD _{0,05}		—	—	—	—	—	—	—	—
Współczynnik zmienności CV (%)		—	—	14,0	26,8	29,3	25,7	28,1	36,1

b — Kłos bezostny; ¹ — Liczba dni od 1 maja, ² — Odmiany polskie

b — Awnless head; ¹ — Number of days from May 1, ² — Polish cultivars

GWH — Grain weight per head

Tabela 5

Reakcja genotypów pszenicy jarej na fuzariozę kłosa (rok 2004)
Resistance of cultivars and lines of spring wheat to *Fusarium* head blight (2004)

Nr No.	Genotyp Genotype	Termin kwitnienia ¹ Flowering date ¹	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)
1	Wangshuibai	55,0	121,3	17,8	5,0	1,4	18,3	6,1	5,1
2	Sumai 3 (PI)	58,3	112,7	23,3	5,0	1,6	24,0	10,1	3,6
3	CM-82036	59,0	96,0	32,2	3,3	1,6	31,1	12,4	8,1
4	Ning 8331	52,0	84,0	28,9	6,1	1,9	25,2	6,3	3,1
5	Ning 8343 (2)	57,3	95,0	34,4	3,9	2,1	9,4	0,0	4,8
6	W14	53,7	98,3	25,6	8,9	2,5	9,8	7,3	2,1
7	Sumai 3 (IGR)	53,8	113,7	24,4	3,9	2,6	2,4	0,8	3,5
8	Wuhan #2-37E	54,3	91,0	30,0	8,9	3,3	13,7	5,4	4,7
9	Emai 9	57,3	97,3	41,1	16,1	7,2	35,1	20,1	7,1
10	Estanzuela Young	46,7	114,0	57,8	12,2	8,1	14,3	6,8	4,1
11	Ning 8343	54,3	82,7	48,9	13,9	8,9	24,2	8,0	2,5
12	2433	54,0	131,0	58,9	16,7	10,9	39,3	12,0	9,6
13	BacUp	52,0	93,3	63,3	16,7	11,2	13,9	7,1	8,0
14	4006	52,0	113,3	56,7	18,3	12,0	23,4	11,2	10,1
15	Pilgrim	55,0	117,7	60,0	20,0	13,8	39,6	18,7	9,2
16	Napola ²	58,3	106,3	57,8	18,9	13,8	45,6	28,8	10,1
17	Lebarata	52,0	108,3	66,7	20,0	14,3	49,8	21,7	14,5
18	Fram I	54,0	133,3	56,7	23,3	14,4	37,5	15,9	3,8
19	Cologne Abastardado	52,0	128,0	67,8	21,1	15,1	15,5	19,8	11,1
20	Asakaze-komugi	49,3	97,0	64,4	22,8	16,4	48,1	26,5	10,6
21	Torka ²	59,0	108,3	78,3	25,0	19,8	48,0	33,3	13,2
22	MG 27043	46,7	116,7	62,2	28,9	20,1	50,5	32,2	13,3
23	Sofie Alekseevskoe	59,0	130,7	62,2	30,0	22,6	39,6	17,5	17,4
24	Yumai 7	52,0	60,0	74,4	37,8	29,1	43,2	21,2	18,1
25	Griwa ²	54,0	99,3	80,0	55,6	44,4	63,4	41,5	23,6
26	Banti ²	53,0	96,7	80,0	63,3	50,7	34,3	25,2	17,2
Średnia Mean		54,0	105,6	50,4	17,7	11,9	30,6	15,6	8,9
NIR _{0,05}		—	—	8,9	5,8	4,1	14,7	8,1	5,2
LSD _{0,05}		—	—	—	—	—	—	—	—
Współczynnik zmienności CV (%)		—	—	18,8	35,0	37,3	29,3	31,6	35,4

b — Kłos bezostny; ¹ — Liczba dni od 1 maja, ² — Odmiany polskie
b — Awnless head; ¹ — Number of days from May 1, ² — Polish cultivars
GWH — Grain weight per head

Reakcja genotypów zawierała się w zakresie 3,1%–56,2%. Wysoką odpornością na fuzariozę kłosa charakteryzowały się Sumai 3, Shinchunaga, Nobeokabouzu-komugi, Ning 7840, Tokai 63. Część genotypów określonych w literaturze jako odporne (tab. 2) w warunkach zastosowanych w obecnej pracy okazała się podatna na fuzariozę kłosa (MULT 760, Frontana (2), Sel. 49-4830). Nie stwierdzono zależności pomiędzy terminem kwitnienia genotypów pszenicy jarej a wielkością indeksu fuzariozy kłosa (tab. 7). Genotypy odporne były zarówno wczesne (Tokai 63) jak i późne (Sumai 3). Podobnie nie znaleziono zależności pomiędzy wysokością roślin a wielkością indeksu fuzariozy kłosa.

Genotypy odporne charakteryzowały się żdźbłem zarówno krótkim (Ning 7840, Tokai 63, Shirogane) jak i długim (Saporro Haru Komugi, Frontana, Sumai 3). Szczególnie widoczne było to w przypadku bardzo niskiej odmiany Sichuan 9418, która charakteryzowała się indeksem fuzariozy kłosów na poziomie najodporniejszej polskiej odmiany Napola.

Tabela 6

Współczynniki korelacji pomiędzy wczesnością, wysokością, miernikami nasilenia fuzariozy i redukcją składników struktury plonu dla 24 genotypów pszenicy ozimej
Coefficients of correlation between earliness, height, disease parameters and reductions of yield components for 24 genotypes of winter wheat

Pszennica ozima Winter wheat	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)
Wysokość Height (cm)	0,198						
Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	-0,422*	-0,514**					
Porażenie kłosa Disease severity (%)	-0,588**	-0,574**	0,834**				
Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	-0,578**	-0,570**	0,846**	0,999**			
Redukcja MZK GWH reduction (%)	-0,255	-0,706**	0,713**	0,874**	0,877**		
Redukcja MTZ TKW reduction (%)	-0,253	-0,811**	0,623**	0,818**	0,817**	0,938**	
Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)	-0,189	-0,700**	0,656**	0,791**	0,796**	0,898**	0,931**

*, ** Istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P < 0.05$ and 0.01

GWH — Grain weight per head

Stwierdzono znaczne zróżnicowanie w redukcji składników plonu (tab. 4). Reakcja genotypów zawierała się w zakresie 0,0%–76,9% dla masy ziarna z kłosa, 0,0%–53,0% dla MTZ i 0,2%–31,1% dla masy objętościowej ziarniaków. Współczynniki korelacji z indeksem fuzariozy kłosa były niższe niż w przypadku genotypów ozimych (tab. 7). Liczne genotypy słabo porażane przez fuzariozę wykazały bardzo silną redukcję komponentów plonu, czyli niską tolerancję. Były to, w przypadku redukcji masy ziarna z kłosa, takie genotypy jak: Ning 7840, Ninmai 3, Colotana 266, Saporro Haru Komugi, Frontana (1); a w przypadku redukcji MTZ: Ninmai 3, Colotana 266, Frontana (1). Dla redukcji masy objętościowej współczynnik korelacji z indeksem fuzariozy kłosa był wyższy i większość genotypów odpornych charakteryzowała się niską redukcją tego komponentu. Kilka genotypów porażonych przez fuzariozę w średnim stopniu charakteryzowało się znaczną tolerancją. Były to przede wszystkim Sichuan 9418 oraz Frontana (2) i Norin 61. Z punktu widzenia przydatności do hodowli genotypów odpornych na fuzariozę kłosa cecha tolerancji jest niekorzystna. Genotypy, które nie reagują spadkiem plonu na porażenie kłosa przez *Fusarium* mogą kumulować w ziarnie znaczne ilości mikotoksyn. Niekorzystne jest także, zaobserwowane tu zjawisko spadku plonu przy

niewielkim porażeniu kłosa. Odporność na fuzariozę kłosa jest cechą złożoną i przy selekcji materiału lub wyborze źródeł odporności do krzyżowań należy brać pod uwagę wszystkie typy odporności opisane np. przez Mesterhazy'ego (1995, 2002) i Miedanera (1997).

Tabela 7

Współczynniki korelacji pomiędzy wczesnością, wysokością, miernikami nasilenia fuzariozy i redukcją składników struktury plonu dla 31 genotypów pszenicy jarej
Coefficients of correlation between earliness, height, disease parameters and reductions of yield components for 31 genotypes of spring wheat

Pszennica jara Spring wheat	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)
Wysokość Height (cm)	0,562**						
Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	-0,193	-0,088					
Porażenie kłosa Disease severity (%)	-0,143	-0,052	0,806**				
Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	-0,132	-0,053	0,792**	0,998**			
Redukcja MZK GWH reduction (%)	0,174	-0,036	0,405*	0,498**	0,484**		
Redukcja MTZ TKW reduction (%)	0,340	0,015	0,674**	0,719**	0,726**	0,710**	
Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)	0,362*	0,046	0,689**	0,821**	0,822**	0,556**	0,885**

*, ** Istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P < 0.05$ and 0.01

Średni indeks fuzariozy kłosów dla genotypów pszenicy jarej badanych jedynie w roku 2004 wyniósł 11,9% (tab. 5). Ich reakcja zawierała się w zakresie 1,4%–50,7%. Wysoką odpornością na fuzariozę kłosa charakteryzowały się genotypy: Sumai 3 (PI) i (IGR), Wangshuibai, Ning 8331, Ning 8334, W14. W tej grupie genotypów także nie stwierdzono zależności pomiędzy terminem kwitnienia a wielkością indeksu fuzariozy kłosa (tab. 8). Genotypy odporne były zarówno wczesne (Estanzuela Young) jak i późne (CM-82036, Sumai 3 PI). Podobnie nie znaleziono zależności pomiędzy wysokością roślin a wielkością indeksu fuzariozy kłosa. Genotypy odporne charakteryzowały się źdźbłem zarówno krótkim (linie Ning) jak i długim (Wangshuibai).

Wystąpiło znaczne zróżnicowanie u genotypów pod względem redukcji składników plonu (tab. 5). Zakres ich reakcji wyniósł: 2,4%–63,4% dla masy ziarna z kłosa, 0,0%–1,5% dla MTZ i 2,1%–3,6% dla masy objętościowej ziarniaków. Współczynniki korelacji z indeksem fuzariozy kłosa były wyższe niż w przypadku pierwszej grupy genotypów jarych (tab. 8). Jedynie kilka genotypów słabo porażanych przez fuzariozę wykazało silną redukcję komponentów plonu. Były to w przypadku redukcji masy ziarna z kłosa genotypy CM 82036, Emai 9, 2433, a w przypadku redukcji MTZ — CM-82036 i Emai 9. Natomiast dla redukcji masy objętościowej współczynnik korelacji z indeksem

fuzariozy kłosa był wysoki i genotypy odporne charakteryzowały się niską redukcją tego komponentu.

Tabela 8

Współczynniki korelacji pomiędzy wczesnością, wysokością, miernikami nasilenia fuzariozy i redukcją składników struktury plonu dla 26 genotypów pszenicy jarej (rok 2004)
Coefficients of correlation between earliness, height, disease parameters and reductions of yield components for 26 genotypes of spring wheat (year 2004)

Pszenica jara Spring wheat 2004	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)
Wysokość Height (cm)	0,055						
Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	-0,260	0,027					
Porażenie kłosa Disease severity (%)	-0,176	-0,081	0,814**				
Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	-0,156	-0,087	0,823**	0,994**			
Redukcja MZK GWH reduction (%)	0,022	0,024	0,663**	0,633**	0,625**		
Redukcja MTZ TKW reduction (%)	-0,036	0,041	0,747**	0,749**	0,744**	0,887**	
Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)	-0,035	-0,039	0,792**	0,844**	0,862**	0,738**	0,793**

*, ** Istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P < 0.05$ and 0.01

GWH — Grain weight per head

Przedstawione wyniki pozwoliły na zidentyfikowanie genotypów pszenicy ozimej i jarej o wysokiej odporności na fuzariozę kłosa oraz zweryfikowanie publikowanych danych w polskich warunkach. W grupie najodporniejszych genotypów znalazły się głównie odmiany i linie pszenicy jarej pochodzące z Chin i Japonii. Duża część genotypów pszenicy jarej, które wykazały wysoką odporność na fuzariozę kłosa była spokrewniona ze sobą. Posiadają one główne *loci* cech ilościowych (QTL) odporności na fuzariozę kłosa zlokalizowane na chromosomach 3B i 5A pochodzące z odmiany Sumai 3 (Yao i in. 1997; Bai i in., 1999; Waldron i in., 1999; Anderson i in., 2001; Buerstmayr i in., 2002a; Zhou i in., 2002). Są to takie genotypy: jak Sumai 3, linie Ning, Shinchunaga, Tokai 63, CM-82036 i Wuhan #2. Do genotypów mających najprawdopodobniej inne podłoże genetyczne odporności należą odmiana chińska Wangshuibai, odmiana Nobeoka-bouzu i pozostałe genotypy japońskie niespokrewnione z Sumai 3 (Ban, 2001; Gonzales-Hernandes i in., 2003, 2004; Bai i in., 2003; Liu i Anderson, 2003). Osobną grupę stanowią genotypy z Ameryki Łacińskiej mające podłoże genetyczne inne niż genotypy azjatyckie. Najbardziej znana odmiana Frontana, w odróżnieniu od Sumai 3, posiada liczne QTL o małym efekcie, z których najważniejszy znajduje się na chromosomie 3A (Sigh i Rajaram, 1995; Buerstmayr i in., 2002a; Liu i Anderson, 2003). Mniej poznana jest genetyka odporności pszenicy ozimej. Z dostępnych źródeł wiadomo, że podobnie jak

u pszenic jarych pochodzących z Ameryki Łacińskiej, odporność pszenic ozimych determinowana jest przez liczne QTL o małym efekcie (Gervais i in., 2003, Shen i in., 2003). U pszenicy ozimej Ariny zidentyfikowano dwa główne QTL na chromosomach 6D, 4A oraz pięć innych o mniejszym efekcie 2AL, 3AL, 3BL, 3DS i 5A (Paillard i in., 2004).

Z powyższych danych wynika, że analizowany zestaw genotypów pszenicy odpornych na fuzariozę kłosa jest zróżnicowany pod względem genów odporności. Jest to istotne ze względu na możliwość kumulowania różnych genów odporności w ulepszonych genotypach (Van Ginkel i in., 1996; Buerstmayr i in., 1999 a; Van Ginkel i Gilchrist, 2002). W programach hodowlanych na świecie wykorzystywane są najczęściej geny odporności obecne w odmianie Sumai 3 i odmianach z nią spokrewnionych (Stack i in., 1997; Miedaner, 1997; Mesterhazy, 2002). Genotypy te uważane są za, jak dotąd, najbardziej efektywne źródła odporności. Jednakże, powszechne stosowanie tak ograniczonej liczby źródeł odporności może indukować presję selekcyjną na patogena i prowadzić do spadku efektywności genów (Ruckenbauer i in., 2001).

Do przedstawionych wyników i charakterystyki genów odporności należy dodać ważną dla hodowli odpornościowej informację wskazującą, że odporność na fuzariozę kłosów jest określana jako pozioma lub rasowo-niespecyficzna (van Euwijk i in., 1995; Mesterhazy i in., 1999). Wynika z tego, że odporność na porażenie różnymi izolatami określonego gatunku z rodzaju *Fusarium* spp., a także różnymi gatunkami takim jak np. *F. culmorum*, *F. graminearum* i *F. avenaceum*, ma to samo podłoże genetyczne (Mesterhazy, 1987; van Euwijk i in., 1995; Mesterhazy, 1995; Miedaner, 1997; Stack i in., 1997; Buerstmayr i in., 2003). Zidentyfikowanie genotypy pszenicy o wysokiej odporności na fuzariozę kłosa powodowaną przez *F. culmorum* będą wykazywały odporność również na porażenie kłosa innymi gatunkami z rodzaju *Fusarium*.

Genotypy odporne mogą być wykorzystane do ulepszania odporności polskich odmian pszenicy, które w większości wykazują podatność na fuzariozę kłosa (Góral, 2005). Jednakże znaczna część tych genotypów charakteryzuje się niekorzystnymi cechami użytkowymi (np. długie źdźbło, niski plon ziarna, podatność na inne choroby). Może to powodować trudności i wydłużać proces wprowadzania odporności na fuzariozę kłosa do wysokowydajnych odmian polskich. Stąd konieczna jest selekcja i wybór genotypów odpornych najlepiej adaptujących się do warunków lokalnych Polski.

WNIOSKI

1. Zidentyfikowano nowe oraz potwierdzono wysoką odporność znanych źródeł odporności pszenicy na fuzariozę kłosa.
2. Stwierdzono istotny związek pomiędzy wczesnością i wysokością a nasileniem choroby w grupie genotypów pszenicy ozimej. Zależność ta nie występowała u genotypów pszenicy jarej. Wpływ cech morfologicznych na nasilenie fuzariozy kłosa wymaga dalszych, szczegółowych badań.
3. Większość genotypów pszenicy charakteryzowała się niską tolerancją na porażenie kłosa przez *F. culmorum*. Znaleziono genotypy o wysokiej tolerancji, która to cecha

jest jednak niekorzystna ze względu na możliwość kumulowania w ziarnie mikotoksyn fuzaryjnych.

4. Zidentyfikowane źródła odporności mogą być wykorzystane do poprawienia odporności polskich odmian pszenicy. Przy wyborze genotypu odpornego należy zwrócić uwagę na inne jego cechy użytkowe, aby uniknąć wprowadzenia cech niekorzystnych.

LITERATURA

- Anderson J. A., Stack R. W., Liu S., Waldron B. L., Fjeld A. D., Coyne C., Moreno-Sevilla B., Mitchell Fetch J., Song Q. J., Cregan P. B., Froberg R. C. 2001. DNA markers for *Fusarium* head blight resistance QTLs in two wheat populations. *Theor. Appl. Genet.* 102: 1164 — 1168.
- Anonim 2005 a. European Mycotoxin Awareness Network. [online: <http://www.lfra.co.uk/eman2/index.asp>].
- Anonim 2005 b. USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network — (GRIN). [Online Database] National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Available: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/desc.pl?65066> (10 March 2005).
- Arseniuk E., Góral T., Czembor H. J. 1993. Reaction of triticale, wheat and rye accessions to *graminaceous Fusarium* spp. at the seedling and adult plant stages. *Euphytica* 70: 175 — 183.
- Bai G. H., Guo P.-G., Kolb F. L. 2003. Genetic relationships among head blight resistant cultivars of wheat assessed on the basis of molecular markers. *Crop Sci.* 43: 498 — 507.
- Bai G. H., Kolb F. L., Shaner G. E., Domier L. L. 1999. Amplified fragment length polymorphisms markers linked to a major quantitative trait locus controlling scab resistance in wheat. *Phytopathology* 89: 343 — 348.
- Bai G. H., Plattner R., Desjardins A., Kolb F. 2001. Resistance to *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. *Plant Breeding* 120: 1 — 6.
- Bai. G. H., Shaner G. E. 1994. Scab of wheat: prospects for control. *Plant Dis.* 78: 760 — 766.
- Bai G. H., Shaner G. E. 1996. Variation in *Fusarium graminearum* and cultivar resistance to wheat scab. *Plant Dis.* 80: 975 — 979.
- Ban T. 2001. Studies on the genetic resistance to *Fusarium* head blight caused by *Fusarium graminearum* Schwabe in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bull. Kyushu Ntl. Agric. Exp. Stn.* 38: 27 — 78.
- Bartoš P., Šíp V., Chrpova J., Vacke J., Stuchlikova E., Blažkova V., Šarova J., Hanzalova A. 2002. Achievements and prospects of wheat breeding for disease resistance. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 38: 16 — 28.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Grausgruber H., Ruckebauer P. 1996 a. Scab resistance of international wheat germplasm. *Cereal Res. Commun.* 24: 195 — 202.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Patschka G., Grausgruber H., Ruckebauer P. 1996 b. Head blight (*Fusarium* spp.) resistance of wheat cultivars registered in Austria. *Die Bodenkultur* 47: 183 — 190.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Berlakovich S., Ruckebauer P. 1999 a. Combining ability of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) in the F₁ of a seven parent diallel of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 110: 199 — 206.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Fedak G., Ruckebauer P. 1999 b. Back-cross reciprocal monosomic analysis of *Fusarium* head blight resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 98: 76 — 85.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Hartl L., Doldi L., Steiner B., Stierschneider M., Ruckebauer P. 2002 a. Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. I. Resistance to fungal spread (Type II resistance). *Theor. Appl. Genet.* 104: 84 — 91.
- Buerstmayr H., Steiner B., Griesser M., Hartl L., Lemmens M. 2002 b. Molecular mapping of resistance to *Fusarium* head blight in wheat and prospects for marker assisted breeding. Abstracts of 7th European Seminar *Fusarium — Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*, September 4–7, 2002, Poznań, Poland: 45 — 46.

- Buerstmayr H., Steiner B., Hartl L., Griesser M., Angerer N., Lengauer D., Miedaner T., Schneider B., Lemmens M. 2003. Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. II. Resistance to fungal penetration and spread. *Theor. Appl. Genet.* 107: 503 — 508.
- Bushnell W. R. 2001. What is known about infection pathways in *Fusarium* head blight? In: Proceedings of the 2001 National *Fusarium* Head Blight Forum. Erlanger, KY, December 8–10, 2001. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 105.
- Chełkowski J., Visconti A., Perkowski J., Wakuliński W., Bottalico. 1988. Mycotoxins and fungi accompanying wheat head fusariosis in Poland. *Mycotoxin Res., Fusarium Seminar*: 57 — 60.
- Chełkowski J., Wakuliński W., Popęda J. 1987. Fuzarioza kłosów w uprawach pszenicy i żyta w 1985 i 1986 roku. *Biul. IHAR* 164: 207 — 214.
- D'Mello J. P. F., Palcinta C. M., Macdonald A. M. C. 1999. *Fusarium* mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80: 183 — 205.
- Gervais L., Dedryver F., Morlais J. Y., Bodusseau V., Negre S., Bilous M., Groos C., Trottet M. 2003. Mapping of quantitative trait loci for field resistance to *Fusarium* head blight in an European winter wheat. *Theor. Appl. Genet.* 106: 961 — 970.
- Gimeno A. 2003. Mycotoxins — deoxynivalenol, a risk mycotoxin for children. *Analytical methods. Deoxynivalenol levels in wheat-based food products.* [online: http://www.engormix.com/e_articles/mycotoxins.asp?ID=58].
- Gonzales Henandez J. L., del Blanco A., Ali S., Berzonsky W. A., Kianian S. F. 2003. Wangshuibai: a hexaploid wheat resistant to the spread of *Fusarium* head blight. In: Canty, S. M., Lewis, J., Siler, L. i Ward, R. W. (eds.). *Proceedings of the National Fusarium Head Blight Forum; 2002 Dec 7–9; Erlanger, KY, USA.* East Lansing: Michigan State University: 14 — 17.
- Gonzales Henandez J. L., del Blanco A., Ali S., Berzonsky W. A., Kianian S. F. 2004. Genetics of the resistance to *Fusarium* head blight in the hexaploid wheat Wangshuibai: the role of epistatic interactions. In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J., Ward, R. W. (eds.). *Proceedings of the 2nd International Symposium on Fusarium Head Blight; incorporating the 8th European Fusarium Seminar; 2004, 11–15 December; Orlando, FL, USA.* Michigan State University, East Lansing, MI: 65 — 68.
- Góral T. 1988. Fuzarioza kłosów pszenicy, żyta i pszenżyta w 1987r. *Praca magisterska, SGGW, Warszawa*: 45.
- Góral T. 2005. Odporność odmian pszenicy ozimej i jarej na fuzariozę kłosa powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. *Biul. IHAR (w druku)*.
- Góral T., Foremska E., Chełkowski J., Arseniuk E. 1995. Charakterystyka odmian pszenżyta, pszenicy i żyta pod względem odporności i tolerancji na porażenie kłosa przez *Fusarium* spp. *Biul. IHAR* 195/196: 251 — 259.
- Góral T., Buśko M., Cichy H., Jackowiak H., Perkowski J. 2002 a. Resistance of winter triticale lines and cultivars to *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in kernels. *J. Appl. Genet* 43A: 237 — 248.
- Góral T., Perkowski J., Arseniuk E. 2002 b. Study on *Fusarium* head blight of winter triticale. *Proc. 5th International Triticale Symposium, June 30 July 5, 2002, Radzików, Poland, Vol. I*: 179 — 184.
- Góral T., Żebrowski J., Jackowiak H. 2002 c. Effect of infection with *Fusarium culmorum* on mechanical properties of kernels of winter wheat cultivar Bega. *J. Appl. Genet* 43A: 159 — 166.
- Griffey C. A., Chen J. L., Pridgen T., Chappell M., Shaw J. 1999. Advances in research on *Fusarium* head blight in the Virginia wheat breeding program. *Proc. of the 1999 National Fusarium Head Blight Forum, Sioux Falls, South Dakota, December 5–7, 1999.* Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 165 — 172.
- Hu, C. C., Dill-Macky R., Anderson J. A., Busch R. H. 1999. Screening for scab resistance of wheat in the greenhouse. *Proc. of the 1999 National Fusarium Head Blight Forum, Sioux Falls, South Dakota, December 5–7, 1999.* Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 176 — 179.
- Jones R. K. 2000. Assessment of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. *Plant Dis.* 84: 1021 — 1030.
- Lemmens M., Buerstmayr H., Ruckebauer P. 1993. Variation in *Fusarium* head blight susceptibility of international and Austrian wheat breeding material. *Die Bodenkultur* 44: 65 — 78.

- Lew H., Chelkowski J., Wakulinski W., Edinger W. 1993. Moniliformin in wheat and triticale grain. *Mycotoxin Res.* 9: 66 — 71.
- Liu S., Andreson J.A. 2003. Marker assisted selection of *Fusarium* head blight resistant wheat germplasm. *Crop Sci.* 43: 760 — 766.
- Łacicowa B. 1980. Fuzarioza kłosów pszenicy ozimej w 1979 r. *Ochrona Roślin* 73: 6 — 8.
- Łacicowa, B. 1989. *Fusarium* diseases of wheat and triticale in some regions of Eastern Europe. In: Chelkowski J. (ed.): *Fusarium — Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*. Elsevier, Amsterdam: 283 — 296.
- Łacicowa B., Wagner A., Kiecana I. 1985. Fuzariozy pszenicy uprawianej na Lubelszczyźnie. *Rocz. Nauk Roln. S. E* 15: 67 — 86.
- McMullen. M. P., Jones R., Gallenberg D. 1997. Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact. *Plant Dis.* 81: 1340 — 1348.
- Mesterhazy A. 1983. Breeding wheat for resistance to *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. *Z. Pflanzenzüchtg.* 91: 295 — 311.
- Mesterhazy A. 1987. Selection of head blight resistant wheats through improved seedling resistance. *Plant Breeding* 98: 25 — 36.
- Mesterhazy A. 1995. Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Breed.* 114: 377 — 386.
- Mesterhazy A. 2002. Theory and practice of the breeding for *Fusarium* head blight resistance in wheat. *J. Appl. Genet* 43A: 289 — 302.
- Mesterhazy A., Bartok T. 1993. Resistance and pathogenicity influencing toxin (DON) contamination of wheat varieties following *Fusarium* infection. *Hod. Rośl. Aklim. (Special Edition)* 37 (3): 9 — 16.
- Mesterházy, A., Bartok, T. 1996. Control of *Fusarium* head blight of wheat by fungicides and its effect in the toxin contamination of the grains. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer* 49:187 — 205.
- Mesterhazy A., Bartok T., Mirocha C. G., Komoroczy R. 1999. Nature of wheat resistance to *Fusarium* head blight and the role of deoxynivalenol for breeding. *Plant Breeding* 118: 97 — 110.
- Miedaner T. 1997. Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding* 116: 201 — 220.
- Miedaner T., Moldovan M., Ittu M. 2003. Comparison of spray and point inoculation to assess resistance to *Fusarium* head blight in multienvironment wheat trial. *Phytopathology* 93: 1068 — 1072.
- Milus E. A., Parsons C. E. 1994. Evaluation of foliar fungicides for controlling *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Dis.* 78: 697 — 699.
- Müller, H. M., Schwadorf, K. 1993. A survey of the natural occurrence of *Fusarium* toxins in wheat grown in southwestern area of Germany. *Mycopathologia* 121: 115 — 121.
- Paillard S., Schnurbusch T., Tiwari R., Messmer M., Winzeler M., Keller B., Schachermayr B. 2004. QTL analysis of resistance to *Fusarium* head blight in Swiss winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet.* 109: 323 — 332
- Parry D. W., Jenkinson P., McLeod L. 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals — a review. *Plant Pathol.* 44: 207 — 238.
- Perkowski J. 1999. Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż. *Rocz. Akademii Roln. w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt* 295.
- Perkowski, J., Plattner, R. D., Goliński, P., Vesonder, R. F., Chelkowski, J. 1990. Natural occurrence of deoxynivalenol, 3-acetyl-deoxynivalenol, 15-acetyl-deoxynivalenol, nivalenol, 4,7-dideoxynivalenol and zearalenone in Polish wheat. *Mycotoxin Res.* 6: 7 — 12.
- Palcinta C. M., D'Mello J. P. F., Macdonald A. M. C. 1999. A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Animal Feed Sci. Technol.* 78: 21 — 37.
- Riley R. T., Norred W. P., Bacon C. W. 1993. Fungal toxins in food. Recent concerns. *Annu. Rev. Nutr.* 13: 167 — 189.
- Ruckenbauer P., Buerstmayr H., Lemmens M. 2001. Present strategies in resistance breeding against scab (*Fusarium* spp.). *Euphytica* 119: 121 — 127.
- Saur, L. 1991. Recherche de géniteurs de résistance a la fusariose de l'épi causée par *Fusarium culmorum* chez le blé et les espèces voisines. *Agronomie* 11: 535 — 541.

- Shen X., Ittu M., Ohm H. W. 2003. Quantitative trait loci conditioning resistance to *Fusarium* head blight in winter wheat line F201R. *Crop Sci.* 43: 850 — 857.
- Schroeder H. W., Christiansen J. J. 1963. Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology* 53: 831 — 838.
- Simpson D. R., Weston G. E., Turner J. A., Jennings P., Nicholson P. 2001. Differential control of head blight of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *Eur. J. Plant. Path.* 107: 421 — 431.
- Singh, R. P., Ma H., Rajaram S. 1995. Genetic analysis of resistance to scab in spring wheat cultivar Frontana. *Plant Dis* 79: 238 — 240.
- Šip V., Stuchlikowa E. 1997. Evaluation of the response of winter wheat varieties to artificial infection with *Fusarium culmorum* in field conditions. *Cereal Res. Comm.* 25: 977 — 983.
- Snijders C. H. A. 1990 a. The inheritance of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in winter wheat. *Euphytica* 50: 11 — 18.
- Snijders C. H. A. 1990 b. Genetic variation for resistance to *Fusarium* head blight in bread wheat. *Euphytica* 50: 171 — 179.
- Snijders, C. H. A. 1990 c. Response to selection in F₂ generations of winter wheat for resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum*. *Euphytica* 50: 163 — 169.
- Snijders C. H. A., Perkowski J. 1990. Effects of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. *Phytopathology* 80: 566 — 570.
- Stack R. W., Frohberg R. C., Casper H. 1997. Reaction of spring wheats incorporating Sumai 3-derived resistance to inoculation with seven *Fusarium* species. *Cereal Res. Comm.* 25: 667 — 671.
- Szunics Lu., Szunics L. 1992. Methods for infecting wheat with ear *Fusarium* and the susceptibility of the varieties. *Novenytermeles* 41: 201 — 210.
- Tanaka, T., Hasegawa, A., Yamamoto, S., Lee, U.-S., Sugiura, Y., Ueno, Y. 1988. Worldwide contamination of cereals by the *Fusarium* mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol, and zearalenone. 1. Survey of 19 countries. *J. Agric. Food Chem.* 36: 979 — 983.
- Van Eeuwijk F.A., Mesterhazy A., Kling Ch. I., Ruckebauer P., Saur L., Bürstmayr H., Lemmens M., Keizer L. C. P., Maurin N., Snijders C. H. A. 1995. Assessing non-specificity of resistance in wheat to head blight caused by inoculation with European strains of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum* and *F. nivale*, using a multiplicative model for interaction. *Theor. Appl. Gen.* 90: 221 — 228.
- Van Ginkel, M., Van der Schaar W., Yang Z. P., Rajaram S. 1996. Inheritance of resistance to scab in two cultivars from Brazil and China. *Plant Dis* 80: 863 — 867.
- Van Ginkel M., Gilchrist L. 2002. How to make intelligent crosses to accumulate *Fusarium* head blight resistance genes based on knowledge of the underlying resistance mechanisms. In: Canty, S.M., Lewis, J., Siler, L., Ward R. W. (eds.) *Proc. of the 2002 National Fusarium Head Blight Forum*, Erlanger, KY. 7–9 Dec. 2002. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 268 — 272.
- Waldron B. L., Moreno-Sevilla B., Anderson J. A., Stack R. W., Frohberg R. C. 1999. RFLP mapping of QTL for *Fusarium* Head Blight resistance in wheat. *Crop Sci.* 39: 805 — 811.
- Wan Y. F., Chi Y., Yang J. L. 1997. Sources of resistance to head scab in *Triticum*. *Euphytica* 94: 31 — 36.
- Yao J., Ge Y., Wang S., Yao G., Zhou C., Qian C. 1997. Chromosomal location of genes for scab resistance in wheat cultivar Sumai 3. *Acta Agron. Sinica* 23: 450 — 453.
- Zhou W. C., Kolb F. L., Bai G. H., Shaner G. E., Domier L. L. 2002. Genetic analysis of scab resistance QTL in wheat with microsatellite and AFLP markers. *Genome* 45: 719 — 727.

STEFAN MARTYNIUK**JADWIGA OROŃ**

Zakład Mikrobiologii Rolniczej

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Plon i niektóre cechy jakości ziarna pszenicy ozimej porażonej przez *Cephalosporium gramineum* Komunikat

Yield and some grain quality traits of winter wheat infected with *Cephalosporium gramineum* Short communication

Porównując plony ziarna ze zdrowych i porażonych przez *C. gramineum* pędów pszenicy ozimej uprawianej w monokulturze stwierdzono, że odmiana Kobra zareagowała na porażenie ponad 40% spadkiem plonu ziarna z kłosa, a w przypadku odmian Roma i Zyta spadki te były mniejsze i wynosiły odpowiednio 22% i 23%. Obniżki MTZ na skutek infekcji wahały się od 23% u odmiany Kobra do 17% i 15% u odmian Roma i Zyta. Ziarno pochodzące z pędów chorych zawierało nieznacznie więcej białka ogólnego niż ziarno pochodzące z pędów zdrowych. Nie stwierdzono obecności *C. gramineum* w ziarniakach z porażonych pędów badanych odmian pszenicy ozimej.

Słowa kluczowe: Naczyniowa pasiastość liści, *Cephalosporium gramineum*, pszenica ozima, plon ziarna, jakość ziarna

A comparison of grain yields obtained from uninfected and *Cephalosporium gramineum* infected tillers of winter wheat grown in monoculture showed that infection caused a 40% loss of grain yield in cv. Kobra, and 22% and 23% losses in cvs Roma and Zyta, respectively. Weight of 1000 seeds from infected ears, compared to that from uninfected control, was reduced by 23, 17 and 15% in cvs Kobra, Roma and Zyta, respectively. The content of total proteins was slightly higher in grain from infected tillers than in grain from uninfected ones. No infection with *C. gramineum* was detected in seeds harvested from infected tillers of the winter wheat cultivars under study.

Key words: Cephalosporium stripe, *Cephalosporium gramineum*, winter wheat, grain yield, grain quality

WSTĘP

Grzyb *Cephalosporium gramineum* Nisikado & Ikata (stadium sporodochialne = *Hymenula ceralis* Ellis & Everh.) bytuje w glebie na resztkach wcześniej zainfekowanych zbóż, na których w jesieni tworzy sporodochia z bardzo licznymi zarodnikami konidialnymi stanowiącymi główne źródło infekcji siewek zbóż ozimych z kolejnego zasiewu (Bruehl, 1957; Wiese i Ravenscroft, 1975; Specht i Murray, 1989). Wykazano wprowadzić, że *C. gramineum* może kolonizować tkanki korzeni pszenicy (Douhan i Murray, 2001), ale większość badaczy uważa, że infekcja zbóż następuje głównie na drodze bezpośredniego wnikania konidiów tego grzyba do wiązek naczyniowych korzeni w miejscu ich przerwania przez mróz w okresie zimy lub wczesną wiosną (Bruehl, 1957; Morton i Mathre, 1980; Bailey i in., 1982; Martynik, 1993). Wskazuje na to również fakt, że w warunkach naturalnych *C. gramineum* infekuje tylko zboża ozime (Morton i Mathre, 1980; Martynik, 1993). Po wniknięciu do rośliny omawiany patogen rozwija się we wiązkach naczyniowych powodując ich zaczopowanie, a więc zahamowanie przepływu wody i składników pokarmowych, co objawia się powstawaniem żółtych lub żółto-beżowych pasów na liściach i blaszkach liściowych. Stąd pochodzi nazwa tej choroby — naczyniowa pasiastość liści zbóż (Martynik, 1993). W miarę rozwoju infekcji zwykle dochodzi do całkowitego obumierania liści i przedwczesnego bielenia całych roślin.

Badania porównawcze nad podatnością zbóż ozimych na *C. gramineum* wykazały, że pszenżyto ozime jest najbardziej wrażliwe na tego patogena, żyto mniej, natomiast polskie odmiany pszenicy ozimej charakteryzują się stosunkowo dużą tolerancją na porażenie przez *C. gramineum* (Martynik, 1995; Martyniuk i Stachyra, 1997). Na przykład, w doświadczeniu polowym z pięcioma odmianami pszenicy ozimej na glebie sztucznie zakażonej inokulum *C. gramineum*, kiedy nasilenie choroby wahało się od około 30% do 50% pędów porażonych, straty w plonach ziarna wyniosły tylko 0%–17%, w stosunku do obiektów kontrolnych bez patogena (Martyniuk i Stachyra, 1997). W niniejszej pracy analizowano plony i niektóre cechy jakościowe ziarna ze zdrowych oraz porażonych pędów pszenicy ozimej uprawianej na glebie naturalnie zasiedlonej przez *C. gramineum* w wyniku monokulturowej uprawy tej rośliny.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w oparciu o wieloletnie i wieloobiektowe doświadczenie polowe na glebie płowej o składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego (1,4% próchnicy, $\text{pH}_{(\text{KCl})} = 5,5$), które zlokalizowane jest w Stacji Doświadczalnej IUNG w Osinach, woj. lubelskie. Celem tego doświadczenia jest porównanie różnych systemów (ekologiczny, integrowany, intensywny) produkcji roślinnej, które charakteryzują się odmiennymi płodozmianami oraz technologiami uprawy roślin. Doświadczenie to obejmuje między innymi obiekt, czyli pole o powierzchni około 1 ha (w jednym powtórzeniu), na którym pszenica ozima uprawiana jest w systemie monokulturowym od 1994 roku. Nawożenie i ochrona zasiewu pszenicy w tym systemie prowadzone są według technologii intensywniej (Jończyk, 2002). W sezonie wegetacyjnym 2002–2003 na polu

monokulturowym uprawiano 4 odmiany pszenicy ozimej; Juma, Kobra, Sukces i Zyta, każda na 0,25 ha. Na początku czerwca 2003 oznakowano za pomocą kolorowych taśm po około 30 sztuk zdrowych i 30 sztuk porażonych przez *C. gramineum* pędów kłosonośnych odmian: Juma, Kobra i Zyta. W przypadku pędów chorych oznakowywano tylko te, które znajdowały się w podobnej fazie rozwoju infekcji, tzn. pasiastość występowała już na liściach flagowych. Oznakowane pędy zebrano wraz z kłosami w fazie pełnej dojrzałości. Przed odcięciem kłosów zmierzono w laboratorium wysokość całych pędów, a następnie z każdego kłosa (przed wymłóceniem) wyjmowano za pomocą jałowej pincety po 2 ziarniaki i umieszczano je w jałowych płytkach Petriego. Ziarno to, po zważeniu, poddano analizom mikrobiologicznym, które obejmowały oznaczenia liczebności grzybów zasiedlających ziarniaki oraz wykrywanie obecności *C. gramineum*. W celu oznaczenia liczebności grzybów 10 ziarniaków z kłosów zdrowych i chorych każdej odmiany umieszczono w probówkach zawierających 9 ml jałowej wody. Zawartość probówek wytrząsano przez 5 minut, po czym wykonano dwa kolejne rozcieńczenia zawiesiny wyjściowej (100x i 1000x). Z każdego rozcieńczenia wysiano następnie po 0,1 ml zawiesiny na powierzchnię pożywki agarowej glukozowo-ziemniaczanej (PDA, Difco) w płytkach Petriego (w 4 powtórzeniach). Przed rozlaniem pożywki PDA do płytek dodano do niej streptomycynę ($40 \mu\text{g ml}^{-1}$) w celu zahamowania wzrostu bakterii. Po 5 dniach inkubacji w temperaturze 25°C liczono wyrosłe kolonie grzybów strzępkowych oraz grzybów drożdżoidalnych. Wyniki podano w przeliczeniu na 1 gram powietrznie suchego ziarna. Ta sama pożywka PDA ze streptomycyną użyta była również do badania obecności *C. gramineum* w ziarniakach pszenicy. W tym celu 50 ziarniaków każdej odmiany pszenicy porażonej przez badanego patogena poddano powierzchniowemu odkażaniu w 0,1% alkoholowym (50%) roztworze HgCl_2 przez 5 min. Odkażone ziarno wypłukano kilkakrotnie w jałowej wodzie destylowanej i osuszono na jałowej bibule. Każde ziarno przekrojono na dwie części używając do tego celu jałowej pincety i skalpela, a następnie wszystkie połówki wyłożono na powierzchnię pożywki w płytkach Petriego (po 10 połówek w jednej płytce). Po 2 tygodniach inkubacji w temp. 20°C sprawdzano obecność grzybn i zarodników konidialnych *C. gramineum* wokół ziarniaków (Martynik, 1993).

Pozostałe ziarno, po wymłóceniu z każdego kłosa i zważeniu, zostało wykorzystane do oznaczenia masy 1000 ziaren (MTZ) oraz zawartości N ogólnego w certyfikowanym Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych IUNG. Zawartość białka ogólnego w ziarnie wyliczono mnożąc $N \text{ ogólny} \times 5,7$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon ziarna z kłosów pędów porażonych przez *C. gramineum* był istotnie niższy niż z kłosów pędów zdrowych w przypadku wszystkich trzech badanych odmian pszenicy ozimej (tab. 1). Największy ubytek plonu ziarna w przeliczeniu na jeden kłos stwierdzono u odmiany Kobra (41%), a u dwu pozostałych odmian Roma i Zyta ubytki były podobne i wynosiły 22%–23%. Spadek masy 1000 ziaren (MTZ) pod wpływem porażenia był również największy w przypadku odmiany Kobra (23%), a w przypadku odmian Roma i Zyta spadek ten wynosił odpowiednio 17% i 15%. Richardson i Rennie (1970) stosując

taką samą metodykę porównywania plonowania zdrowych i porażonych przez *C. gramineum* pędów pszenicy ozimej odm. Cappelle Desprez w uprawie monokulturowej wykazali, że ta bardzo wrażliwa odmiana reagowała na omawianego patogenna aż 70% spadkiem plonów ziarna z kłosa. W naszych wcześniejszych doświadczeniach poletkowych na glebie sztucznie zakażanej inokulum *C. gramineum* odmiana Kobra również wykazywała największą podatność na *C. gramineum* (Martyniuk i Stachyra, 1997). W sezonie 1994/95 wystąpiło bardzo duże nasilenie choroby powodowanej przez *C. gramineum*, które w przypadku odmiany Kobra charakteryzowało się 100% porażeniem roślin oraz 98% porażeniem pędów. W warunkach tak dużej infekcji plon ziarna z m² oraz plon ziarna z kłosa u odmiany Kobra był niższy o odpowiednio 62% i 68% w porównaniu do kontroli bez patogenna. W aktualnych badaniach ubytki plonu ziarna z kłosa na skutek porażenia wyniosły u odmiany Kobra 41% (tab. 1), czyli o ponad 20% mniej niż w sezonie 1994/95. Należy jednak pamiętać, że w doświadczeniach poletkowych zboża uprawiane były po dobrych przedplonach i w związku z tym rośliny kontrolne na poletkach bez patogena plonowały prawdopodobnie znacznie lepiej niż niezainfekowane przez *C. gramineum* rośliny pszenicy uprawianej w monokulturze. We wspomnianych doświadczeniach poletkowych (Martyniuk i Stachyra, 1997), a także w innych badaniach (Martyniuk, 1995) stwierdzano duże zróżnicowanie pomiędzy porównywanymi odmianami pszenicy ozimej, zarówno w procentowym udziale roślin lub pędów ulegających infekcji, jak i pod względem reakcji (ubytków plonów) tych odmian na porażenie przez *C. gramineum*. Wyniki przedstawione w tabeli 1 wyraźnie wskazują, że również w warunkach naturalnej infekcji odmiany Roma i Zyta reagują na porażenie przez *C. gramineum* znacznie mniejszymi stratami plonów ziarna z kłosa i MTZ, niż odmiana Kobra.

Zawartość białka w ziarnie wymłóconym z kłosów chorych była tylko nieznacznie wyższa niż w ziarnie z kłosów zdrowych, a przyrosty te były związane ze spadkiem MTZ ziarna pochodzącego z zainfekowanych przez *C. gramineum* pędów pszenicy ozimej (tab. 1).

Tabela 1

Plon ziarna z kłosa, MTZ i zawartość białka w ziarnie oraz wysokość pędów zdrowych i porażonych przez *Cephalosporium gramineum*
Grain yield per ear, 1000 seed weight, protein content and height of tillers uninfected and infected with *Cephalosporium gramineum*

Odmiana Cultivar	Plon ziarna z kłosa Grain yield per ear (g)	MTZ 1000 seed weight (g)	Białko Protein (%)	Wysokość Height (cm)
Kobra pędy zdrowe — uninfected	2,28 a (100%)	55,2 (100%)	14,88	53,2 a* (100%)
Kobra pędy porażone — infected	1,35 b (59%)	42,2 (77%)	15,96	48,1 b (90%)
Roma pędy zdrowe — uninfected	2,43 a (100%)	58,2 (100%)	14,14	74,9 a (100%)
Roma pędy porażone — infected	1,90 b (78%)	48,4 (83%)	15,79	68,3 a (91%)
Zyta pędy zdrowe — uninfected	2,74 a (100%)	47,9 (100%)	14,71	66,5 a (100%)
Zyta pędy porażone — infected	2,11 b (77%)	40,4 (85%)	15,85	62,6 a (94%)

*Wartości w obrębie odmiany oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$)

*Values within cultivars followed by the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$)

Średnia wysokość porażonych przez *C. gramineum* pędów kłosonośnych badanych odmian pszenicy ozimej była mniejsza niż pędów zdrowych, ale tylko w przypadku odmiany Kobra różnice te były istotne statystycznie (tab. 1).

Generalnie nie stwierdzono wyraźnych różnic w zasiedleniu ziarna badanych odmian pszenicy ozimej przez grzyby (tab. 2), pomimo, że do testów tych użyto ziarniaków wyjmowanych bezpośrednio z kłosów, po to by ograniczyć zakażenie się ziarna zarodnikami różnych grzybów w czasie wymłacania. Tylko w przypadku odmiany Kobra na ziarnie z pędów chorych stwierdzono istotnie mniejsze liczebności grzybów strzępkowych niż na ziarnie zdrowym, natomiast ziarno z pędów chorych dwu pozostałych odmian pszenicy było w mniejszym stopniu zasiedlone przez grzyby drożdżoidalne. Być może różnice te związane były z mniejszym otwieraniem się plewek w związku z drobniejszymi ziarniakami w kłosach pędów porażonych przez *C. gramineum*.

Tabela 2

Liczebność grzybów na ziarnie pszenicy ozimej z pędów zdrowych i porażonych przez *Cephalosporium gramineum*

Numbers of fungi on grain of winter wheat from uninfected and *C. gramineum* infected tillers

Odmiana Cultivar		Liczebność grzybów strzępkowych Numbers of mycelial fungi	Liczebność grzybów drożdżoidalnych Numbers of yeast fungi
Kobra	pędy zdrowe — uninfected	$2,2 \times 10^4$ a	$3,7 \times 10^5$ a*
	pędy porażone — infected	$1,3 \times 10^4$ b	$4,5 \times 10^5$ a
Roma	pędy zdrowe — uninfected	$3,0 \times 10^4$ a	$2,9 \times 10^5$ a
	pędy porażone — infected	$2,5 \times 10^4$ a	$1,8 \times 10^5$ b
Zyta	pędy zdrowe — uninfected	$1,4 \times 10^4$ a	$3,4 \times 10^5$ a
	pędy porażone — infected	$1,6 \times 10^4$ a	$1,2 \times 10^5$ b

*Wartości w obrębie odmiany oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie ($\alpha = 0,05$)

*Values within cultivars followed by the same letter are not significantly different ($\alpha = 0.05$)

W żadnym z analizowanych ziarniaków pochodzących z zainfekowanych pędów wszystkich trzech odmian pszenicy ozimej nie stwierdzono obecności *C. gramineum*, co świadczy, że grzyb ten nie zasiedla nasion zbóż, pomimo że choroba powodowana przez tego patogena ma charakter systemiczny. To ważne stwierdzenie wskazuje również na to, że czynnik sprawczy naczyniowej pasiastości zbóż, grzyb *C. gramineum*, nie rozprzestrzenia się poprzez materiał siewny.

WNIOSKI

1. Kłosa z pędów pszenicy ozimej zainfekowanych przez grzyb *Cephalosporium gramineum* wydają istotnie mniej ziarna niż kłosa z pędów zdrowych. Spadki te w przypadku badanych odmian pszenicy ozimej wynosiły 22%–41%. Obniżki MTZ nas skutek infekcji były mniejsze i wahały się od 15% do 23%.
2. Ziarno pochodzące z kłosów chorych zawierało nieznacznie więcej białka ogółem niż ziarno z kłosów zdrowych.
3. Nie stwierdzono obecności *C. gramineum* w ziarniakach z roślin pszenicy ozimej porażonych przez tego patogena.

LITERATURA

- Bailey J. E., Lockwood J. L., Wiese M. V. 1982. Infection of wheat by *Cephalosporium gramineum* as influenced by freezing of roots. *Phytopathology* 72: 1324 — 1328.
- Bruehl G. W. 1962. *Hymenula cerealis* the sporodochial stage of *Cephalosporium gramineum*. *Phytopathology* 53: 205 — 208.
- Douhan G. W., Murray T. D. 2001. Infection of winter wheat by β -glucuronidase-transformed isolate of *Cephalosporium gramineum*. *Phytopathology* 91: 232 — 239.
- Jończyk K. 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji rolniczej. *Pam. Puł.* 130 (1): 339 — 346.
- Martyniuk S. 1993. Badania nad naczyniową pasiastością zbóż (*Cephalosporium gramineum* Nisikado et Ikata). H (5), IUNG Puławy.
- Martyniuk S. 1995. Podatność zbóż ozimych na naczyniową pasiastść zbóż (*Cephalosporium gramineum* Nisikado et Ikata). *Biul. IHAR* 194: 253 — 257.
- Martyniuk S., Stachyra A. 1997. Podatność pszenicy ozimej na naczyniową pasiastść zbóż (*Cephalosporium gramineum*). *Biul. IHAR* 204: 199 — 204.
- Morton J. B., Mathre D. E. 1980. Physiological effects of *Cephalosporium gramineum* on growth and yield of winter wheat cultivars. *Phytopathology* 70: 807 — 811.
- Richardson M. J., Rennie W. J. 1970. An estimate of the loss of yield caused by *Cephalosporium gramineum* in wheat. *Plant Phytopathology* 19: 138 — 140.
- Specht L. P., Murray T. D. 1989. Sporulation and survival of *Cephalosporium gramineum* as influenced by soil pH, soil matric potential and soil fumigation. *Phytopathology* 79: 787 — 793.
- Wiese M. V., Ravenscroft A. V. 1975. *Cephalosporium gramineum* populations in soil under winter wheat cultivation. *Phytopathology* 65: 1129 — 1133.

ZBIGNIEW BYSTRY¹**ELŻBIETA ADAMSKA**²**WOJCIECH RYBIŃSKI**²¹ Poznańska Hodowla Roślin, SHR Nagradowice² Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu

Ocena rodów jęczmienia browarnego na podstawie wyników doświadczenia wstępnego Komunikat

Evaluation of breeding lines of malting barley based on the results of a pre- registration trial Short communication

W badaniach wstępnych oceniano 42 rody jęczmienia browarnego. W przeprowadzonych doświadczeniach polowych wzorzec stanowiły trzy odmiany Stratus, Blask i Scarlett. Badano następujące cechy: plon ziarna, masę 1000 ziaren i wysokość roślin. Uzyskane wyniki opracowano, wykorzystując jedno i wielowymiarowe metody statystyczne. W porównaniu z wzorcami wykazano szeroki zakres zmienności rodów pod względem analizowanych cech. Dokonano wyboru obiektów istotnie przewyższających plonowaniem średnią wzorców oraz wyodrębniono grupy pochodzeniowe rodów (miejsce hodowli). Na podstawie porównania trzech najlepszych rodów z każdej grupy pochodzeniowej stwierdzono, że rody z trzech firm hodowlanych plonowały na poziomie wzorców a plon rodów z pozostałych grup pochodzeniowych był istotnie niższy.

Słowa kluczowe: doświadczenia wstępne, jęczmień browarny, ocena statystyczna, plonowanie, rody

The study material comprised 42 breeding lines of malting barley and three standard cultivars: Startus, Blask and Scarlett. The lines were evaluated in field trials for kernels yield, weight of 1000 kernels and plant height. The results obtained in the experiment were analysed using uni- and multivariate methods. As compared to the standard cultivars, the breeding lines were characterized by a great variability of the estimated traits. The analysis allowed to select strains that significantly exceeded the standards in yielding ability. It was also possible to group the lines depending on the place of their origin. It was found based on the comparison of three best lines from each group that lines from three breeding stations yielded at the level comparable to that of the standard cultivars, whereas yields of the other lines were significantly lower.

Key words: breeding lines, malting barley, pre-registration trial, statistic analysis, yielding

WSTĘP

Ostatnie lata charakteryzują się coraz prężniej rozwijającym się przemysłem browarnym, czego dowodem są ostatnie doniesienia o wrastającym popycie krajowym w spożyciu piwa oraz roli Polski jako jednego z czołowych eksporterów piwa w Europie. W roku 1993 w przeliczeniu na 1 mieszkańca Polski spożycie piwa wynosiło 33 litry, w roku 2000 — 64 litry, a w 2004 — 75 litrów. Wpływy do budżetu państwa tylko z tytułu akcyzy wzrosły z 1,77 mld zł w roku 2000 do 2,43 mld zł w roku 2004, a łącznie z podatkiem VAT do skarbu państwa trafiło 6 mld zł. Ta sytuacja stwarza korzystne warunki do uprawy w kraju odmian browarnych jęczmienia. Niewątpliwie istotną rolę odgrywa tu uzyskiwana jakość surowca jako głównego kryterium, którym kierują się zarówno producenci jak i przemysł. Dla zwiększenia opłacalności produkcji jęczmion browarnych istotnym jest obok jakości, wysoki poziom plonowania. Wynika stąd potrzeba systematycznego poszukiwania nowych form jęczmienia browarnego oraz oceny ich wartości użytkowych (Węgrzyn i Bichoński, 2000), co umożliwi współczesnej hodowli twórczej wytwarzanie wysokoplennych odmian browarnych charakteryzujących się oprócz plonu wysokimi wskaźnikami wartości browarnej i odpowiednio wysoką odpornością na choroby (Grzywa i in., 2000). O intensywności prac w tym kierunku wskazuje fakt, że tylko w latach 1996–1998 oceniano wartość browarną 511 odmian i rodów hodowli krajowej (Węgrzyn i Bichoński, 2000), a także 490 rodów, których wyniki przedstawiono w roku 2003 (Węgrzyn i Bichoński, 2003). Przeprowadzone doświadczenia wstępne z rodami jęczmienia umożliwiają nie tylko dokonanie oceny wartości hodowlanej form, lecz pozwalają również na porównanie efektów hodowli prowadzonych w różnych ośrodkach hodowlanych.

Celem badań było porównanie rodów jęczmienia browarnego pochodzących z różnych firm hodowlanych pod względem plonu z poletka, masy 1000 ziaren i wysokości roślin przy wykorzystaniu jedno- i wielowymiarowych metod statystycznych.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań był jęczmień jary browarny a jego obiektami 42 rody oraz trzy wzorce (Stratus, Blask i Scarlett) biorące udział w doświadczeniu wstępnym z rodami browarnymi. Doświadczenie założono w układzie losowanych bloków na poletkach o powierzchni 10 m² w trzech powtórzeniach, 28 marca 2003 roku na glebie klasy III b kompleksu pszennego dobrego. Zbiór dokonano 21 lipca. Przedplon stanowiła pszenica ozima a nawożenie było na poziomie 70 kg N, 60 kg P₂O₃ i 90 kg K₂O. W okresie wegetacji wschody były bardzo dobre, krzewienie dobre przy braku wylegania roślin. Nie zaobserwowano istotnego wystąpienia chorób a jedynym zabiegiem ochronnym było zastosowanie Caratu w dawce 0,5 l/ha. Wzrostowi i rozwojowi roślin towarzyszyła natomiast silna susza przy wysokich dziennych temperaturach powietrza.

Dokonano pomiarów następujących cech: wysokości roślin, masy 1000 nasion (MTN) oraz plonu z poletka. Obliczenia statystyczne wykonano stosując wielozmienną analizę wariancji dla układu losowanych bloków (Ceranka i in., 1976). Przeprowadzono

testowanie hipotezy ogólnej o braku różnic pod względem wszystkich obserwowanych cech oraz hipotez szczegółowych dotyczących porównań poszczególnych rodów ze średnią wzorców pod względem poszczególnych cech oraz wszystkich cech łącznie. Dokonano także oceny porównań między średnimi rodów z 6 grup pochodzeniowych oraz przeprowadzono testowanie istotności tych porównań (Caliński i in., 1976).

WYNIKI I DYSKUSJA

Stosując wielozmienne metody statystyczne przeprowadzono dla poszczególnych rodów i grup rodów porównanie średnich wartości badanych cech ze średnią wzorców. W tabelach od 1–4 podano oceny tych porównań oraz przedstawiono wyniki testowania ich istotności.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki testowania porównań między rodami jęczmienia a średnią wzorców dla trzech cech. Tylko jeden ród STH 38 przewyższał istotnie plonem (na poziomie $\forall = 0,05$) średnią plonu trzech wzorców. 24 rody plonowały na poziomie wzorców (nie było istotnych różnic), a 17 rodów jęczmienia browarnego charakteryzowało się istotnie niższym plonem. W badaniach Węgrzyna i Bichońskiego (2000) plon ziarna wykazywał znaczne zróżnicowanie wyrażone wartością współczynnika odziedziczalności i zmienności a wartości dla obu współczynników były niższe w doświadczeniach przedwstępnych aniżeli we wstępnych. O dużym udziale zmienności genetycznej plonu w zmienności ogólnej donosi Nadziak i wsp. (1994). Oceniając plon ziaren u około 1000 rodów browarnych uzyskanych z krzyżowania 15 testerów z 77 odmianami obserwowano zróżnicowanie plonu wyrażone wartością współczynnika zmienności (Grzywa i in., 2000)

Masa 1000 ziaren jest cechą szczególnie istotną u jęczmienia browarnego z uwagi na jej związek między innymi z takimi parametrami wartości browarnej jak celność ziaren, zawartość białka w słodzie oraz siła diastatyczna. Stwierdzono, że trzy rody (MOB 8305, NAD 3548 i STH 6557) miały istotnie wyższą masę tysiąca ziaren niż wzorce, 17 nie różniło się od średniej wzorców a u 22 rodów obserwowano istotnie niższą masę 1000 nasion w porównaniu do średniej wzorców. Dla 511 odmian i rodów browarnych hodowli krajowej pochodzących z doświadczeń przedwstępnych, wstępnych oraz kolekcji roboczych wykazano, że masa 1000 ziaren charakteryzowała się najwyższymi współczynnikami odziedziczalności powtarzającymi się we wszystkich doświadczeniach (Węgrzyn i Bichoński, 2000). Zbliżone, lecz nieco niższe wartości uzyskali Nadziak i wsp. (1996), którzy uzyskali także dla tych cech zbliżone wartości współczynnika zmienności wynoszące od 7,51%–8,53%. Ponadto, masa 1000 ziaren wykazywała ujemną korelację fenotypową i genotypową z zawartością białka w słodzie, a niekorzystna korelacja z siłą diastatyczną (Węgrzyn i Bichoński, 2000) stwarza niebezpieczeństwo pogorszenia wartości browarnej. Dość wysokie, dodatnie, przeważnie istotne współczynniki korelacji dla plonu ziarna i masy 1000 ziaren oraz plonu i celności ziaren obserwowali także wyżej cytowani autorzy. Wykorzystanie tych zależności w podnoszeniu plonu może być powodem pogorszenia wartości browarnej.

Tabela 1

Oceny i wyniki testowania kontrastów między rodami jęczmienia browarnego a średnią wzorców dla trzech cech

Estimates for three traits and results of contrasts testing for malting barley breeding lines compared to the means for standards

Kontrast Contrast	Wzorzec Standard	Ocena kontrastu dla: Estimate of contrast for:			wartość stat. F łącznie dla 3 cech F stat. value for 3 traits jointly
		wysokość roślin plant height (cm)	masa 1000 ziaren (g) 1000 seeds weight	plon z poletka dt/ha seed yield per plot	
STH 38		-1,89	-3,66**	3,16*	6,48
STH 291		1,44	-2,42*	-1,28	2,68
STH 1563		-1,89	-3,09**	-1,44	2,83
STH 48		4,44*	-0,26*	-1,28	2,33
STH 6557		7,78**	3,31**	-3,31*	9,40
STH 293		-3,22	-4,42**	-0,84	5,58
STH 983		0,78	-0,86	-4,71**	4,15
STH 263		7,78**	-1,22	-3,41*	9,54
STH 1808		3,11	0,58	-3,88**	9,91
STH 181		4,44*	0,61,	-2,04	3,25
STH 160		-0,22	-2,69*	-3,11*	3,53
BKH 178/2001		1,11	-3,46**	-2,54	5,21
BKH 23/2001		1,11	-3,56**	-2,01	5,10
BKH 399/2001		1,44	-1,09**	-2,38	1,71
BKH 57/2001		3,78	-4,16**	-4,51**	11,79
BKH 281/2001		6,11**	-2,39*	-3,31*	8,94
BKH 186/2001		4,78*	-1,92	-4,94**	8,79
BKH 7/2001		6,44**	-2,62*	-5,78**	14,05
BKH 431/2001		7,78**	1,54	-4,81**	10,45
MOB 8305/99		-0,22	3,01**	-1,18	3,47
MOB 8635/99		7,44**	-0,59	-3,78**	8,77
MOB 4173/00		-0,22	-0,52	-1,68	0,51
MOB 4243/00		3,78	-0,02	-4,08**	4,68
NAD 9129/02		5,11*	1,08	-1,11	2,52
NAD 3583/02		2,44	0,88	-0,61	0,68
NAD 3548/02		3,44	3,64**	0,06	3,98
NAD 3578/02		3,11	1,08	-1,91	1,80
NAD 3438/02		4,78*	-3,19**	-2,14	7,81
NAD 8974/02		7,78**	-2,26*	-3,98**	12,24
NAD 3486/02		4,78*	-2,99**	-3,41*	8,55
NAD 13.1851		3,78	-3,39**	-7,88**	16,86
POA 4339/96		-0,22	-4,12**	-3,41*	6,73
POA 4615/96/2		0,78	-3,32**	0,69	4,14
POA 4314/96		3,78	-2,46*	-0,88	4,38
POA 4602/96		-2,22	-2,82**	-3,98**	4,21
POA 4604/96		-2,89	-2,86**	-3,84**	4,10
POA 4615/96/1		-0,22	-1,59	-1,81	1,20
POA 4615/96		-1,56	-1,66	-1,48	1,00
RAH 529/00		1,11	0,44	-0,31	0,15
RAH 658/00		2,11	-1,86	-3,71**	4,26
RAH 503/00		1,11	-3,09**	-1,34	3,76
RAH 636/00		1,78	2,91**	-1,11	2,94
Wzorzec (śr. 3 wzorców)					
Standard (mean for 3 standards)		75,21	50,95	83,04	
Wartości krytyczne $F_{0,05} = 2,71$; $F_{0,01} = 4,02$					
Critical values $F_{0,05} = 2,71$; $F_{0,01} = 4,02$					

* Istotność na poziomie = 0,05 **; Istotność na poziomie = 0,01

* Significance at P = 0.05 **; Significance at P = 0.01

W ocenianym przez nas materiale tylko trzy rody charakteryzowały się istotnie wyższą masą 1000 ziaren, a 22 istotnie niższą. Wyniki te pozostają w określonym związku z wynikami Kowalskiej i wsp. (1998), wskazując na niebezpieczeństwo pogorszenia wartości technologicznej przy wyborze do dalszej hodowli rodów o dużej masie 1000 ziaren, bez jednoczesnej kontroli wartości browarnej.

Cecha wysokości roślin ma związek z odpornością na wyleganie, przy czym istotny jest tutaj związek tej cechy z średnicą żdźbła, grubością jego ścianki oraz elastycznością żdźbła mierzoną wartością współczynnika Younga (Jeżowski i in., 1996; Rybiński i in., 1998). Najmniejsze różnice między rodami a wzorcami wystąpiły właśnie dla wysokości roślin. Większość rodów nie różniła się istotnie pod względem tej cechy od wzorca. Tylko kilka rodów istotnie charakteryzowało się większą od wzorców wysokością roślin. Natomiast nie zaobserwowano u żadnego z badanych rodów istotnie mniejszej wysokości roślin w porównaniu do wzorców. Z uwagi na istotne obniżenie wartości browarnej podatnych na wyleganie genotypów, według Grzywy i wsp. (2000) koniecznym jest uzyskanie rodów o poprawionej odporności na wyleganie, co autorzy wykazali poprzez wybór pięciu testerów, które zwiększały stopień odporności na wyleganie swojego potomstwa. W ocenianym przez nas materiale tylko kilka rodów charakteryzowało się większą od wzorców wysokością roślin a u żadnego z rodów nie była ona istotnie mniejsza w porównaniu do wzorców. Może to wskazywać, że wysokość roślin rodów mieści się w optymalnych granicach bez potrzeby prowadzenia selekcji w kierunku obniżenia ich wysokości.

Tabela 2

Oceny i wyniki testowania porównań 6 grup jęczmienia browarnego ze średnią wzorców dla trzech cech
Estimates for three traits and results of contrasts testing for six groups of malting barley compared to the means for standards

Kontrast Contrast	Wzorzec Standard	Ocena kontrastów dla: Estimate of contrast for:			Wartość stat. F łącznie dla 3 cech F stat. value for 3 traits jointly
		plon z poletka dt/ha seed yield per plot	masa 1000 nasion 1000 seeds weight (g)	wysokość roślin (cm) plant height	
STH		-2,07*	-1,28*	2,05	6,13
BKH		-3,78**	-2,20**	4,07**	19,26
NAD		-2,62**	-0,64	4,40**	10,62
POA		-2,10*	-2,69**	-0,36	7,61
RAH		-1,62	-0,40	1,5	1,90
MOB		-2,68**	0,46	2,69	4,87

Wartości krytyczne $F_{0,05} = 2,71$; $F_{0,01} = 4,02$

Critical values $F_{0,05} = 2,71$; $F_{0,01} = 4,02$

* Istotność na poziomie = 0,05; ** Istotność na poziomie = 0,01

* Significance at $P = 0.05$; ** Significance at $P = 0.01$

W tabeli 2 przedstawiono oceny testowania porównań 6 grup pochodzeniowych rodów jęczmienia ze średnią wzorców. Wykazano, że grupa rodów RAH pod względem wszystkich badanych cech nie różniła się od wzorców. Rody z pozostałych grup pochodzeniowych plonowały poniżej średniej wzorca. Stąd też w tabeli 3 porównano trzy najlepsze rody z każdej grupy pochodzeniowej ze średnią wzorców i okazało się, że przy

dokonaniu tego porównania aż 3 grupy: STH, NAD i RAH plonowały na poziomie wzorców. Rody pochodzeniowe BKH, POA i MOB plonowały istotnie niżej (na poziomie $\forall = 0,05$) od średniego plonu wzorców.

Tabela 3

Porównanie 3 najlepszych rodów z każdej grupy pochodzeniowej jęczmienia browarnego ze średnią wzorców dla trzech cech
Comparison of three best breeding lines of malting barley with standard cultivars as regards three traits

Kontrast Contrast	Wzorzec Standard	Ocena porównań dla: Estimate of contrast for:			Wartość stat. F łącznie dla 3 cech F stat. value for 3 traits jointly
		plon z poletka (dt/ha) seed yield per plot	masa 1000 nasion (g) 1000 seeds weight	wysokość roślin (cm) plant height	
STH		-1,33	-1,92*	1,33	3,77
BKH		-2,31*	-2,70**	1,22	7,17
NAD		-1,21	1,01	3,56*	3,02
POA		-2,38*	-2,03**	-1,56	3,64
RAH		-0,92	0,09	1,33	0,68
MOB		-2,31*	0,82	1,11	2,78

Wartości krytyczne $F_{0,05} = 2,71$; $F_{0,01} = 4,02$

Critical values $F_{0,05} = 2.71$; $F_{0,01} = 4.02$

* Istotność na poziomie = 0,05; ** Istotność na poziomie = 0,01

* Significance at P = 0.05; ** Significance at P = 0.01

Tabela 4

Porównanie średniej rodów jęczmienia browarnego STH ze średnimi z pozostałych grup pochodzeniowych
Comparison of the mean for STH breeding lines of malting barley with the means for other groups of origin

Kontrast Contrast	Ocena porównań dla: Estimate of contrast for:			Wartość stat. F łącznie dla 3 cech F stat. value for 3 traits jointly
	plon z poletka (dt/ha) seed yield per plot	masa 1000 nasion (g) 1000 seeds weight	wysokość roślin (cm) plant height	
STH — BKH	1,72**	0,93*	-2,02*	8,59
STH — NAD	0,55	-0,64	-2,35**	3,51
STH — POA	0,03	1,40**	2,41**	4,43
STH — RAH	-0,45	-0,88	0,52	1,39
STH — MOB	0,60	-1,75**	-0,64	4,12

Wartości krytyczne $F_{0,05} = 2,71$; $F_{0,01} = 4,02$

Critical values $F_{0,05} = 2.71$; $F_{0,01} = 4.02$

* Istotność na poziomie = 0,05; ** Istotność na poziomie = 0,01

* Significance at P = 0.05; ** Significance at P = 0.01

W tabeli 4 przedstawiono porównanie rodów z poszczególnych grup pochodzeniowych między sobą. Największe różnice zaobserwowano pomiędzy grupami rodów STH-BKH (wartość stat. F dla 3 cech łącznie = 8,59) Nie różniły się natomiast pod względem żadnej badanej cechy rody pochodzące z STH i RAH gdzie wartość statystyki F dla 3 cech łącznie nie przekroczyła wartości kryt. $F_{0,05} = 2,71$.

WNIOSKI

1. Spośród wszystkich analizowanych obiektów tylko ród STH 38 dawał plony istotnie wyższe niż odmiany wzorcowe.
2. Wykazano, że pod względem wszystkich badanych cech tylko grupa pochodzeniowa rodów RAH nie różniła się istotnie od wzorców.
3. Na podstawie porównania 3 najlepszych rodów z każdej grupy pochodzeniowej stwierdzono, że rody z trzech grup (STH, NAD i RAH) plonowały na poziomie wzorców, natomiast plon rodów z pozostałych grup pochodzeniowych był istotnie niższy.

LITERATURA

- Caliński T., Dyczkowska A., Kaczmarek Z. 1976. Testowanie hipotez w wielozmiennej analizie wariancji i kowariancji. Algorytmy Biometryczne i Statystyczne. Zeszyt 5: 77 — 113.
- Ceranka B., Chudzik H., Czajka S., Kaczmarek Z. 1976. Wielozmienna analiza wariancji dla układu bloków zrandomizowanych kompletnych. Algorytmy Biometryczne i Statystyczne. Zeszyt 5: 23 — 37.
- Grzywa M., Węgrzyn S., Kłodnicka M. 2000. Wartość kombinacyjna odmian i rodów jęczmienia jarego dla wybranych cech. Biul. IHAR 216: 173 — 181.
- Jeżowski S., Adamski T., Krajewski P., Surma M. 1996. Analiza genetyczna cech warunkujących odporność na wyleganie dwu- i sześciorzędowych linii DH jęczmienia. Biul. IHAR 200: 169 — 173.
- Kowalska M., Winiarski J., Burek J. 1998. Wartość browarna i rolnicza zagranicznych odmian jęczmienia ozimego w warunkach Polski. Biul. IHAR 207: 51 — 62.
- Nadziak J., Kudła M., Małysa M. 1994. Ocena odmian jęczmienia ozimego zgromadzonych w Polskim Banku Genów. Biul. IHAR 192: 39 — 57.
- Nadziak J., Małysa M., Kudła M. 1996. Ocena odmian jęczmienia ozimego zgromadzonych w Banku Genów. Biul. IHAR 197: 97 — 111.
- Rybiński W., Jeżowski S., Krajewski P. 1998. Variability of yield structure and physical traits determining resistance in barley mutants. Int. Agrophysics 12: 221 — 225.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2000. Współzależności pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia. Biul. IHAR 216: 165 — 171.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2003. Ocena przydatności form jęczmienia jarego jako komponentów rodzicielskich w hodowli. Biul. IHAR 226/227: 217 — 225.

KATARZYNA KASZTELOWICZ**DANUTA BOROS**Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Wstępne badania nad zastosowaniem testu lepkości jako prostego kryterium selekcji jakościowej jęczmienia browarnego i pastewnego

Preliminary attempts to use a viscosity assay as a simple criterion for selecting malting and feed barley towards quality traits

Celem badań jest opracowanie nowych warunków ekstrakcji ziarna w teście lepkości, które odzwierciedlają podobieństwo i kompleksowość cech determinujących wartość browarną i pastewną jęczmienia, na podstawie dalszego rozpoznania zależności między zawartością polisacharydów nieskrobiowych, aktywnością *endo*-enzymów ziarna a jego wartością użytkową. Badania metodyczne rozpoczęto od wyboru 7 odmian testowych o zróżnicowanej wartości browarnej, ustalenia rodzaju solwentu oraz stopnia jego rozcieńczenia w stosunku do ziarna. Odmiany testowe pochodzące z tych samych warunków glebowo-klimatycznych poddano pełnej ocenie wartości browarnej i żywieniowej. Badania żywieniowe przeprowadzono na kurczętach brojlerach, które są dobrym zwierzęciem testowym z uwagi na wysoką wrażliwość na obecność w pożywieniu lepkich substancji. Wyniki badań jakościowych dowiodły najwyższą wartość browarną oraz pastewną ziarna odmiany Rudzik, Blask i Binal charakteryzujących się jednocześnie najniższymi wartościami lepkości ekstraktu, niezależnie od stopnia rozcieńczenia, i zawartości rozpuszczalnych polisacharydów nieskrobiowych. Wstępne wyniki wskazują, że lepkość ekstraktu ziarna może być pomocnym narzędziem w selekcji ziarna jęczmienia na wysoką wartość browarną jak i pastewną. Planowane są dalsze badania na szerszym materiale testowym.

Słowa kluczowe: jęczmień, selekcja jakościowa, lepkość ekstraktu, wartość browarna, wartość pastewna

The aim of the study was to determine new extraction conditions to be applied in the assay of grain extract viscosity, which would reflect similarity and complexity of traits determining the malting and feeding values of barley. The methodological studies were initiated by selection of seven testing varieties of variable malting quality, then establishing a most appropriate kind of solvent and its degree of dilution in relation to the grain. The varieties, all originating from the same environmental conditions, were evaluated for malting and feeding values. In a feeding trial broiler chickens, known to be very susceptible to the viscous components of the diet, were used. The results showed that varieties Rudzik,

Binal and Blask, which characterised with the highest malting and feeding values, had also the lowest extract viscosity, regardless of a solvent used, and the lowest content of soluble nonstarch polysaccharides. Preliminary results indicate that the assay of extract viscosity can be a handy tool in selection of barley for high brewing and feeding values. Further studies, involving larger testing material, have been planned.

Key words: barley, qualitative selection, extract viscosity, malting quality, feeding value

WSTĘP

Ziarno jęczmienia jest podstawowym składnikiem mieszanek paszowych i jednocześnie głównym surowcem do produkcji słodu. O jego wartości w obu sposobach użytkowania w dużym stopniu decyduje poziom polisacharydów ścian komórkowych ziarniaka (Jadhav i in., 1998). Przez wiele lat uważano, że tylko zawartość rozpuszczalnych frakcji β -glukanów w ziarnie ma istotne znaczenie dla jakości brzezki i dla otrzymanego z niej w dalszym etapie procesu przetwórczego piwa, jednakże w ostatnim okresie zwrócono uwagę także na arabinoksylany (Han i Schwarz, 1996; Debyser i in., 1997). Polisacharydy te podobnie jak β -glukany mają zdolność tworzenia w wodzie roztworów o dużej lepkości, zwiększającej się dodatkowo na skutek powstawania agregatów arabinoksylanów, szczególnie w obecności β -glukanów. Powoduje to znaczne problemy z filtrowaniem brzezki i wytrącaniem się osadów w czasie leżakowania piwa. Lepkie właściwości β -glukanów uważa się również za główną przyczynę obniżonej wartości paszowej ziarna jęczmienia dla zwierząt monogastrycznych, szczególnie dla drobiu (Campbell i in., 1989; Koreleski, 1993; Rutkowski, 1996). Na podstawie powyższych faktów postulowano celowość zastosowania jednakowych kryteriów selekcyjnych w hodowli jęczmienia browarnego i pastewnego (Molina-Cano, 1991; Munck, 1991).

W świetle ostatnich badań wykazano, że nie tylko poziom rozpuszczalnych polisacharydów wpływa na lepkość brzezki, lecz także ich struktura, ciężar molekularny i powiązania z innymi składnikami ziarna (Izydorczyk i MacGregor, 2000; Cyran i in., 2002). Czynniki te w znacznym stopniu determinują ich rozpuszczalność, a także podatność na hydrolizę do monocukrów pod wpływem endogennych enzymów ziarna, takich jak: *endo* 1,3(4)- β -D-glukanazy, celulazy czy *endo*-proteaz w procesie słodowania i warzenia (Bamforth, 1994). Należy nadmienić, iż aktywność natywnych enzymów jest stosunkowo wysoka w ziarnie jęczmienia, a jeszcze znacznie wzrasta podczas procesu słodowania.

Ponad 30 lat temu opracowano dla potrzeb browarnictwa i hodowli jęczmienia pośrednią metodę oznaczania całkowitej ilości rozpuszczalnych β -glukanów w ziarnie na podstawie pomiaru lepkości kwaśnego ekstraktu ziarna (Greenberg i Whitmore, 1974; Morgan i Gothard, 1977; Aastrup, 1979; Smith i in., 1980; Bhatti, 1987). Zawartość rozpuszczalnych β -glukanów w ziarnie oraz lepkość kwaśnego ekstraktu ziarna rzadko była jednakże skorelowana z parametrami jakościowymi jęczmienia browarnego (Ullrich i in., 1991; Molina-Cano i in., 1997).

Mając na uwadze podobny i przede wszystkim kompleksowy charakter cech determinujących wartość użytkową jęczmienia podjęliśmy się opracowania nowych warunków

ekstrakcji ziarna dla pomiaru jego lepkości, które odzwierciedlałyby w największym stopniu rzeczywistą wartość browarną i pastewną jęczmienia oznaczoną zgodnie z PN i w oparciu o badania biologiczne na zwierzętach. Zakładamy, że zmodyfikowana metoda pomiaru lepkości ekstraktu ziarna będzie mogła być stosowana jako metoda przesiewowa w selekcji materiałów hodowlanych jęczmienia browarnego i pastewnego.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem testowym było 7 odmian jęczmienia jarego o zróżnicowanej wartości browarnej pochodzących z tych samych warunków glebowo-klimatycznych ze zbioru w 2002 roku.

Badania metodyczne rozpoczęto od porównania lepkości ekstraktów uzyskanych w czasie 1 godzinnej wytrząsania ziarna w wodzie destylowanej (WE) lub buforze o pH 1,5 (AE), w temperaturze 30°C, różniących się stopniem rozcieńczenia ziarna do solwentu. Zastosowano następujące rozcieńczenia: 1:5; 1:10; 1:15 i 1:20 wagi do objętości (w/v). Pomiaru lepkości dokonano na aparacie Brookfielda, model LVDV-II+ (Stoughton, MA) w takiej samej temperaturze, w której odbywała się ekstrakcja.

W ziarnie oznaczono masę tysiąca ziarniaków (MTZ) i masę objętościową (MHL) oraz wykonano analizy białka, popiołu i skrobi metodami standardowymi wg AOAC (1990). Nieskrobiowe polisacharydy (NSP) oznaczono metodą chromatografii gazowej, zgodnie z metodyką opisaną przez Englysta i Cummingsa (1994), podczas gdy β -glukanów enzymatyczną metodą Megazyme wg procedury McCleary i Glemnie-Holmesa (1985).

Ocena wartości browarnej została wykonana w Laboratorium Chemiczno-Technologicznym COBORU zgodnie z PN.

Badania żywieniowe przeprowadzono dziesięciodniowym testem wzrostowym na młodych kurczętach (Boros i in., 1997). Kurczęta jako bardzo wrażliwe na obecność lepkich składników w diecie są dobrym testerem wartości pokarmowej ziarna. Oznaczono: spożycie diety, przyrost masy ciała (BWG) oraz wyliczono współczynnik wykorzystania paszy (FCR).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wybrane odmiany testowe pod względem składu chemicznego i wielkości ziarniaka były dość wyrównane ($CV > 10$), jedynie odmiana Rudzik charakteryzowała się niższą o 2 jednostki zawartością białka i o 6 jednostek MTZ, a odmiana Stratus przewyższała znacznie pod względem tej cechy pozostałe odmiany przy jednocześnie najniższej zawartości skrobi (tab. 1). Stwierdzono znaczne zróżnicowanie ($CV = 15\%$ i 19%) zawartości rozpuszczalnych frakcji NSP (4%–6%) oraz β -glukanów (3%–5%), podczas gdy zawartość nierozpuszczalnych frakcji była we wszystkich odmianach bardzo zbliżona (średnio 8,4%; tab. 2). Najwyższą zawartość rozpuszczalnych NSP odnotowano w odmianie Scarlett (6%), natomiast β -glukanów w odmianach pastewnych, Stratus i Orthega (5%).

Tabela 1

Skład chemiczny i charakterystyka cech fizycznych ziarna jęczmienia (w s.m.)
Chemical composition and physical characteristics of barley (on DM basis)

Odmiana Variety	MTZ TKW (g)	MHL Vol. weight (kg)	Białko Protein (%)	Popiół Ash (%)	Skrobia Starch (%)
Annabell	44,3	69,0	12,1	2,4	68,4
Binal	49,2	71,0	12,6	2,4	72,5
Rudzik	41,5	68,2	10,1	2,6	70,2
Blask	47,8	70,7	12,0	2,4	64,8
Scarlett	46,4	70,5	12,1	2,3	65,1
Stratus	54,5	73,0	12,1	2,4	61,3
Orthega	48,5	69,4	12,6	2,4	63,2

Tabela 2

Zawartość polisacharydów nieskrobiowych i ich charakterystyka (% s.m.)
Content of nonstarch polysaccharides and their characteristics (DM %)

Odmiana Variety	Nieskrobiowe polisacharydy Nonstarch polysaccharides			Ogólne β -glukan Total β -glucans	Rozpuszczalne β -glukan Soluble β -glucans
	rozpuszczalne soluble	nierozpuszczalne insoluble	ogółem total		
Annabell	4,4	8,5	12,9	4,7	3,4
Binal	4,1	8,4	12,5	4,5	3,4
Rudzik	4,2	8,6	12,8	5,4	4,2
Blask	4,3	8,4	12,8	4,7	3,6
Scarlett	6,0	8,1	14,1	5,3	3,9
Stratus	4,8	8,3	13,1	6,1	5,1
Orthega	5,4	8,8	14,3	7,3	5,3

Tabela 3

Wartość browarna jęczmienia (w s.m.)
Malting value of barley (on DM basis)

Odmiana Variety	Białko rozpuszczalne Soluble protein (%)	Liczba Kolbacha Kolbach number (%)	Ekstraktywność słodu Malt extractability (%)	Lepkość brzeczki Wort viscosity (mPa·s)	β -glukan w brzeczce Wort β -glucans (mg/L)	Odfermen- towanie Fermenta- bility (%)	Siła diastatyczna Diastatic power (W-K)
Annabell	4,65	38,4	80,8	1,52	294	80,2	230
Binal	4,68	37,1	80,5	1,65	432	80,5	315
Rudzik	4,10	40,6	82,6	1,57	786	79,2	255
Blask	4,77	39,6	81,8	1,72	941	79,7	315
Scarlett	4,59	38,1	81,6	1,76	295	79,5	320
Stratus	4,82	39,7	80,8	1,78	328	78,7	310
Orthega	3,60	28,7	77,5	1,93	295	74,4	270

Całkowita wartość browarna odmian testowych mierzona wskaźnikiem Q (tab. 3) była ogólnie dość niska (4,8) niemniej znacznie zróżnicowana (CV-36%). Największe zróżnicowanie wykazano dla zawartości β -glukanów w brzeczce (CV-56%), siły diastatycznej (CV-12%), Liczby Kolbacha (CV-11%) i zawartości białka (CV-10%). Najwyższą wartością browarną, wyrażoną wskaźnikiem Q, charakteryzowała się odmiana

Rudzik, dalej Blask, Annabell, Binal i Scarlett (6,5–5,2), a najniższą odmiany pastewne Stratus i Orthega (4 i 1,25).

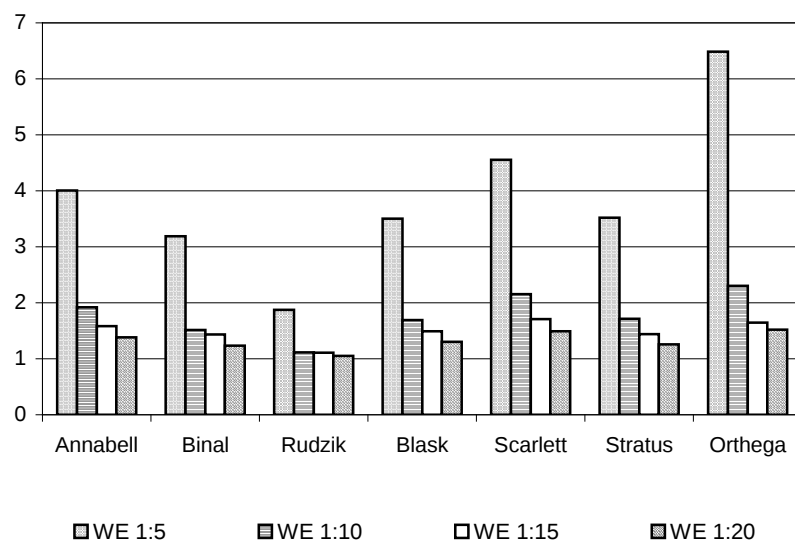
Najwyższe parametry produkcyjne uzyskano u kurcząt, którym podawano dietę opartą na ziarnie odpowiednio odmiany Rudzik i Blask. Kurczęta karmione dietą przygotowaną z odmiany Scarlett odznaczały się najniższym BWG i najwyższą wartością FGR (tab. 4).

Tabela 4

Wartość pokarmowa ziarna jęczmienia
Feeding value of barley

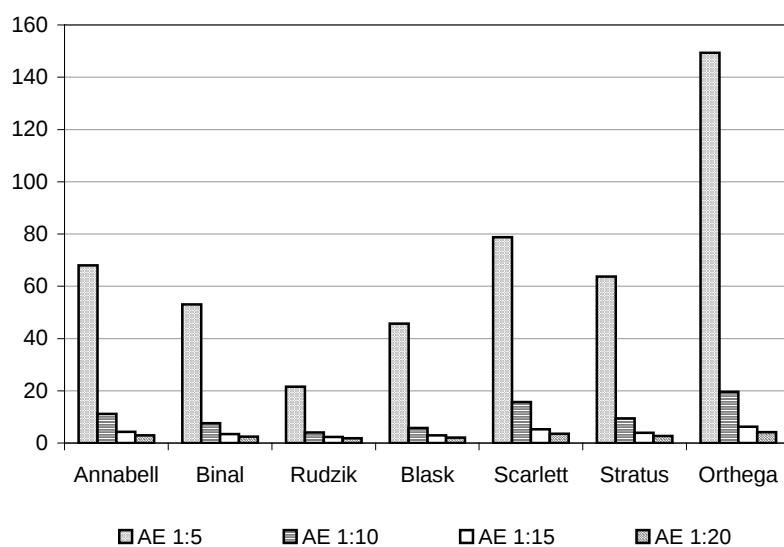
Odmiana Variety	Spożycie diety Diet intake (g/ptaka/10 dni) / (g/bird/10 days)	Przyrost masy ciała Body mass weight (g/bird/10 days)	Zużycie paszy F/G ratio
Kukurydza — kontrola Maize — control	245 ± 29,2	174 ± 25,8	1,415 ± 0,05
Annabell	262 ± 21,6	178 ± 18,4	1,473 ± 0,08
Binal	275 ± 31,3	189 ± 29,3	1,469 ± 0,11
Rudzik	275 ± 29,1	195 ± 24,0	1,411 ± 0,07
Blask	261 ± 30,9	188 ± 25,3	1,395 ± 0,05
Scarlett	252 ± 24,4	165 ± 22,7	1,533 ± 0,08
Stratus	260 ± 37,8	183 ± 19,6	1,419 ± 0,06
Orthega	262 ± 21,6	178 ± 29,9	1,469 ± 0,09
SEM	8,86	7,71	0,025

Niezależnie od stopnia rozcieńczenia lepkość AE była znacznie wyższa, aniżeli odpowiednia lepkość WE, co prawdopodobnie jest wynikiem inaktywacji natywnej β -glukanazy ziarna jęczmienia w warunkach niskiego pH użytego do ekstrakcji tych polisacharydów (rys. 1 i 2). W takich warunkach z całą pewnością nie następowała hydroliza β -glukanów i lepkość ekstraktu jest prawie w całości zależna od ich koncentracji w roztworze. Wykazano również, że lepkość ekstraktu ziarna niezależnie od użytej metody ekstrakcji zależała od sumy wszystkich rozpuszczalnych polisacharydów nieskrobiowych w jęczmieniu. Wstępne badania dotyczące doboru najodpowiedniejszych warunków ekstrakcji do pomiaru lepkości ekstraktu ziarna jęczmienia jako wskaźnika jego wartości użytkowej wykazały wpływ zarówno użytego solwentu jak i stopnia rozcieńczenia. Lepkość AE wszystkich 4 zastosowanych rozcieńczeń była ujemnie skorelowana ($P < 0,01$) z liczbą Kolbacha, ekstraktywnością słoju i wskaźnikiem Q, podczas gdy w przypadku WE tylko dla ekstraktu 1:5 w/v (tab. 5). Lepkości kwaśnych ekstraktów charakteryzowały się jednocześnie najwyższymi współczynnikami zmienności (CV 30%–58%). Lepkość ekstraktu ziarna niezależnie od metody ekstrakcji, z wyjątkiem rozcieńczenia 1:5 w/v, była ujemnie skorelowana ($P < 0,01$) z przyrostem masy ciała ptaków.



Rys. 1. Lepkość WE ziarna w zależności od stopnia rozcieńczenia ekstraktu (mPa·s)

Fig. 1. Viscosity of water extract in relation to a degree of dilution (mPa·s)



Rys. 2. Lepkość AE ziarna w zależności od stopnia rozcieńczenia ekstraktu (mPa·s)

Fig. 2. Acid extract viscosity in relation to a degree of dilution (mPa·s)

Tabela 5

Korelacje między lepkością wodnego i kwaśnego ekstraktu, stopniem rozcieńczenia ekstraktu a cechami jakościowymi wartości browarnej i pokarmowej jęczmienia

Relationships between viscosity of water and acid extract, degree of extract dilution and quality features of malting and feeding values of barley

Cecha Feature	Ekstrakt wodny (w/v) Water extract				Ekstrakt kwaśny (w/v) Acid extract			
	1:5	1:10	1:15	1:20	1:5	1:10	1:15	1:20
Ziarno — Grain								
T-NSP	0,827	0,816	0,043	0,178	0,571	0,466	0,438	0,442
S-NSP	0,694	0,782	0,705	0,759	0,652	0,835	0,825	0,797
S-β-glukan	0,259	0,294	0,043	0,178	0,571	0,466	0,438	0,442
S-β-glukan								
Słód — Malt								
Białko rozpuszczalne Soluble protein	-0,476	-0,232	0,026	-0,196	-0,593	-0,487	-0,421	-0,469
Liczba Kolbach Kolbach index	-0,873	-0,677	-0,516	-0,657	-0,932	-0,804	-0,785	-0,814
Ekstrakt Extract	-0,856	-0,675	-0,530	-0,637	-0,924	-0,766	-0,766	-0,792
Siła diastatyczna Diastatic power	-0,011	0,057	0,206	0,077	-0,080	-0,037	-0,012	-0,067
Brzeczka — Wort								
Lepkość Viscosity	0,745	0,632	0,503	0,576	0,761	0,678	0,670	0,652
β-glukany β-glucans	-0,581	-0,639	-0,607	-0,614	-0,621	-0,737	-0,758	-0,760
Odfermentowanie Fermentability	-0,746	-0,533	-0,275	-0,458	-0,834	-0,689	-0,653	-0,676
Q	-0,864	-0,698	-0,514	-0,631	-0,930	-0,791	-0,784	-0,795
Kurczęta — Chickens								
BMG	-0,672	-0,856	-0,877	-0,865	-0,576	-0,801	-0,821	-0,790
FGR	0,508	0,632	0,687	0,681	0,465	0,700	0,705	0,698

Wytuszczonym drukiem zaznaczono korelacje istotne ($P \geq 0,05 = 0,7545$; $P \geq 0,01 = 0,8745$)

Significant correlations are distinguished by bold printing

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki wskazują, że lepkość ekstraktu ziarna może być pomocnym narzędziem w selekcji ziarna jęczmienia zarówno dla celów browarnych, jak i pastewnych. Badania na znacznie większej liczbie prób ziarna jęczmienia, planowane w najbliższej przyszłości, pozwolą na wyciągnięcie bardziej konstruktywnych wniosków.

LITERATURA

- Aastrup S. 1979. The relationship between the viscosity of an acid flour extract of barley and its β-glucan content. Carlsberg Res. Commun. 44: 289 — 304.
- Bamforth C. W. 1994. β-glucan and β-glucanases in malting and brewing: practical aspects. Brewers Digest. 5: 12 — 17.
- Bhatty R. S. 1987. Relationship between acid extract viscosity and total soluble and insoluble β-glucan contents of hulled and hullless barley. Can. J. Plant Sci. 67: 997 — 1008.

- Boros D., Madej L., Jagodzinski J. 1997. Perspectives of selection for better nutritive quality of rye I. Viscosity of grain water extract as an index of nutritive value of rye for broiler chicks. *Plant Breed. Seed Sci.* 41: 81 — 89.
- Campbell G. L., Rossnagel B. G., Classen H. L., Thacker P. A. 1989. Genotypic and environmental differences in extract viscosity of barley and their relationship to its nutritive value for broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 26: 221 — 230.
- Cyran M., Izydorczyk M. S., MacGregor A. W. 2002. Structural characteristics of water-extractable nonstarch polysaccharides from barley malt. *Cereal Chem.* 79: 359 — 366.
- Debysier W., Derdelinckx G., Delcour J. A. 1997. Arabinoxylan and arabinoxylan hydrolysing activities in barley malts and warts derived from them. *J. Cereal Sci.* 26: 67 — 74.
- Englyst H. N., Cummings J. H. 1984. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. *Analyst* 109: 937 — 942.
- Greenberg D. C., Whitmore E. T. 1974. A rapid method for estimating the viscosity of barley extracts. *J. Inst. Brew.* 80: 31 — 33.
- Han J. Y., Schwarz P. B. 1996. Arabinoxylan composition in barley, malt and beer. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 54: 216 — 220.
- Izydorczyk M. S., MacGregor A. W. 2000. Evidence of intermolecular interactions of β -glucans and arabinoxylans. *Carbohydr. Polym.* 41: 417 — 420.
- Jadhav S. J., Lutz S. E., Ghorpade V. M., Salunkhe D. K. 1998. Barley: Chemistry and value added processing. *Crit. Rev. Food Sci.* 38: 123 — 171.
- Koreleski J. 1993. Wartość jęczmienia oplewionego i nie oplewionego w żywieniu kurcząt oraz skuteczność dodatku enzymów. *Rocz. Nauk Zootech.* 20: 207 — 224.
- MacGregor A. W., Fincher G. B. 1993. Carbohydrates of the barley grain. In: *Barley: chemistry and technology* (ed. MacGregor i Batty). Am. Ass. Cereal Chem. St. Paul, MN: 73 — 110.
- McCleary B. V., Glennie-Holmes M. 1985. Enzymatic quantification of (1 $\rightarrow$ 3, 1 $\rightarrow$ 4)- β -D-glucan in barley and malt. *J. Inst. Brew.* 91: 285 — 295.
- Mollina-Cano J. L. 1991. Breeding barley for malting and feeding quality. *Ciheim Options Mediterranennes*. 20: 34 — 44.
- Molina-Cano J. M., Francesch M., Perez-Vendrell A. M., Ramo T., Voltas J., Brufau. J. 1997. Genetic and environmental variation in malting and feed quality of barley. *J. Cereal Sci.* 25: 37 — 47.
- Morgan A. H., Gothard P. G. 1977. A rapid simple viscometric technique for indirect estimation of soluble β -glucan content of raw barley. *J. Inst. Brew. Vol.* 83: 37 — 38.
- Munck L. 1991. Advances in barley quality. Experiences and perspectives. *Ciheim Options Mediterranennes*. 20: 9 — 18.
- Rutkowski A. 1996. Wartość pokarmowa zbóż dla kurcząt brojlerów. *Rocz. AR Poznań. Rozprawy naukowe* z. 267.
- Smith D. B., Morgan A. G., Aastrup S. 1980. Variation in the biochemical composition of acid extract from barleys of contrasting malting quality. *J. Inst. Brew.* 86: 113 — 119.
- Ullrich S. E., Clancy J. A., Cuti J. G., Tompkins C. M. 1991. Analysis of β -glucans in barley and malt: A comparison of four methods. *Amer. Soc. Brew. Chem. J.* 49: 110 — 115.

MAGDALENA PLOCH¹**MAŁGORZATA CYRAN**¹**KATARZYNA KASZTELOWICZ**¹**DANUTA BOROS**¹**JANUSZ BUREK**²¹ Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików² Zakład Roślin Zbożowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku Komunikat

Variation and relationships between quality parameters in malting barley harvested in 2004

Short communication

W 2004 roku oceniono wartość browarną 60 rodów jęczmienia browarnego i 3 odmian wzorcowych, uprawianych w: ZD HAR Strzelce, SHR Modzurów i ZD HAR Radzików. Oceniane ziarno pochodziło z doświadczeń wstępnych i przedwstępnych z każdej z trzech miejscowości. Wartość technologiczną oceniono na podstawie następujących parametrów jakościowych: masy 1000 ziaren, celności, zawartości białka ogółem i białka rozpuszczalnego słodu, liczby Kolbach, kruchości, ekstraktywności, lepkości brzezki, siły diastatycznej, zawartości β -glukanów i końcowego stopnia odfermentowania. Dla badanych cech jakościowych oszacowano współczynniki zmienności (CV%) i korelacji (r). Najwyższy efekt interakcji między badanymi obiektami a miejscem uprawy, uzyskano dla: zawartości białka słodu, kruchość słodu oraz zawartości β -glukanów.

Słowa kluczowe: β -glukan, jęczmień jary, sód, wartość browarna, zmienność

The malting quality of spring barley harvested in 2004 was evaluated for 60 breeding lines and 3 standard cultivars grown in preliminary and pre-preliminary field trials at ZD HAR Strzelce, SHR Modzurów and ZD HAR Radzików. The malting quality was estimated on the basis of the following parameters: 1000 grains weight, grain plumpness, total grain protein, total and soluble malt protein, Kolbach index, malt friability, extractability, wort viscosity, diastatic power, content of β -glucan and final fermentation degree. Coefficients of variation (CV%) and correlation were estimated for the investigated traits. The influence of environment was the highest for malt friability, protein and β -glucan content.

Key words: β -glucan, malt, malting quality, spring barley, variability

WSTĘP

Jęczmień jary jest podstawowym surowcem w przemyśle browarnym. Jest to zboże wymagające łagodnego klimatu, który warunkuje jego miejsce uprawy. Jakość browarną jęczmienia, która przekłada się na jakość produktu końcowego — piwa, kształtuje genotyp oraz czynniki środowiska. Wzajemne relacje, pomiędzy cechami jakościowymi a środowiskiem, to temat wielu prac badawczych (Aufhammer, Fischbeck, 1971; Aufhammer i in., 1970; Schilbdach, 1969, 1972, 1973, 1974; Ulonska, Baumer, 1975; Brandenburger, 1973), w tym także polskich (Ruśniak, 1968; Kowalska, Ruśniak, 1970; Kowalska, 1973). W pracach tych wykazano, że większy wpływ na ekstraktywność słoðu ma środowisko, niż sama pula genowa. Zaobserwowano również, że inne parametry wartości browarnej, takie jak: zawartość białka w ziarnie, rozluźnienie słoðu, liczba Kolbacha oraz aktywność enzymatyczna, są również w znacznym stopniu modyfikowane przez środowisko. Wieloletnie badania i obserwacje pozwoliły ustalić, iż warunki środowiskowe, sprzyjające produkcji jęczmienia o wysokiej wartości browarnej, to: umiarkowana wilgotność powietrza, dostateczna ilość wiosennej wilgoci w glebie, równomierna temperatura i niewielka ilość opadów latem (Janicki, 1949). Ze względu na krótki okres wegetacji (około 100 dni) jęczmień jary jest bardzo wrażliwy nawet na krótkotrwały brak lub nadmiar wody. Susza przyczynia się do podwyższenia poziomu białka, jednocześnie obniżając zawartość skrobi w ziarnie, w wyniku czego zmniejsza się ekstraktywność słoðu (Gąsiorowski i in., 1997). Zabiegi agrotechniczne to kolejny czynnik, który w znacznym stopniu wpływa na skład chemiczny ziarna, a szczególnie na zawartość białka w ziarnie i słoðzie. Wielkość plonu jęczmienia kształtują trzy podstawowe składniki nawozowe: potas, fosfor i azot. Pierwszy z nich wpływa na poprawę wypełnienia ziarna, zmniejsza podatność na choroby, obniża poziom białka, równocześnie zwiększając zawartość węglowodanów w ziarnie. Natomiast fosfor zapobiega wyleganiu roślin, przyspiesza ich rozwój, a także w znacznym stopniu wpływa dodatnio na wartość browarną, szczególnie na wydajność ekstraktu (Słaboński, 1976). Przy zwiększonym poziomie nawożenia azotem obserwowany jest wzrost zawartości białka w ziarnie. Wymienione na początku czynniki, czyli genotyp, środowisko i agrotechnika warunkują jakość jęczmienia, a co za tym idzie decydują o możliwości wykorzystania danej odmiany w przemyśle browarnym.

Celem badań było wykazanie zmienności i zależności pomiędzy badanymi parametrami jakościowymi linii hodowlanych i odmian wzorcowych jęczmienia browarnego, pochodzących z doświadczeń wstępnych i przedwstępnych ze zbioru w 2004 roku.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno 60 rodów jarego jęczmienia browarnego oraz 3 odmiany wzorcowe: Blask, Scarlett i Stratus, które pochodziły z trzech miejscowości: Strzelc, Modzurowa i Radzikowa, z upraw w 2004 roku. Badania prowadzono w ramach doświadczeń wstępnych i przedwstępnych. Doświadczenia wstępne obejmowały 24 rody jęczmienia jarego oraz 3 odmiany wzorcowe. W ramach doświadczeń przedwstępnych,

analizie poddano 36 rodów jęczmienia jarego oraz 2 odmiany wzorcowe: Blask i Scarlett. Miejscowości, z których pochodził materiał badawczy, zostały wytypowane spośród 6-ciu innych na podstawie zawartości białka w odmianach wzorcowych.

Proces słodowania, jak również oznaczenia dotyczące: zawartości białka ogólnego w ziarnie, celności, masy 1000 ziaren i kruchości słodu, przeprowadzono w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie. Pozostałe analizy dotyczące wartości browarnej rodów jęczmienia jarego wykonano w Pracowni Oceny Jakości Produktów Roślinnych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Słodowaniu poddano 500 gramowe próby ziarna o grubości powyżej 2,5mm. Proces prowadzono w temperaturze 12°C, po doprowadzeniu ziaren do 45% wilgotności, w czasie 7 dni łącznie z pochłanianiem wody przez ziarno.

Ocenę jakości browarnej wykonano obowiązującymi metodami standardowymi zgodnie z Polską Normą oraz metodyką EBC.

Kryteriami oceny jakościowej były następujące cechy:

- w ziarnie — masa 1000 ziarniaków, celność, zawartość białka ogólnego
- w słodzie — kruchość, zawartość białka ogólnego i rozpuszczalnego, liczba Kolbacha, siła diastatyczna
- w brzeczce kongresowej — ekstraktywność, lepkość, stopień ostatecznego odfermentowania, zawartość β -glukanów.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przy interpretacji wyników wzięto pod uwagę głównie cechy, których wartości posłużyły do obliczenia kompleksowej wartości browarnej „Q”. Wskaźnik kompleksowej wartości „Q” został wprowadzony w celu ułatwienia interpretacji danych, mówiących o sumarycznej wartości browarnej jęczmienia (Molina-Cano, 1987). Osiąga on wartości od 0 dla jęczmienia pastewnego do 9 dla jęczmienia o najwyższej wartości browarnej. Obecnie wskaźnik ten obejmuje pięć podstawowych cech: ekstraktywność słodu przy przemiale na mąkę, lepkość brzeczki, końcowy stopień odfermentowania, liczbę Kolbacha, siłę diastatyczną oraz cztery dodatkowe parametry: zawartość β -glukanów, białka w ziarnie, energię kiełkowania i kruchość.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wariancji obliczono współczynniki zmienności oraz współczynniki korelacji cech jakościowych. Wartości średnie, zakres i współczynniki zmienności dla parametrów jakościowych jęczmienia zestawiono w tabelach 1, 2 i 3, odpowiednio dla doświadczenia wstępnego, przedwstępnego I i przedwstępnego II. W ramach prowadzonych badań zaobserwowano istotne zróżnicowanie analizowanego materiału w obrębie cech jakościowych. Najsilniejsze zróżnicowanie dotyczyło: zawartości β -glukanów, kruchości słodu oraz siły diastatycznej. Zawartość β -glukanów wyróżniała się najwyższym współczynnikiem zmienności, który wyniósł 42,2%, 48,1%, 48,3%, odpowiednio dla doświadczenia wstępnego oraz przedwstępnego I i II. Aktywność enzymów amylolitycznych słodów wykazywała również wysoką zmiennością, odpowiednio dla doświadczeń, na poziomie: 9,4%, 11,2%, 14,7%.

Tabela 1

Wartość średnia, zakres i współczynnik zmienności cech jakościowych jęczmienia — doświadczenie wstępne

Mean, range and coefficient of variation of barley quality parameters — preliminary experiment

Cecha Trait	Wartość średnia Mean	Zakres Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV%)
		min.	max.	
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	45,6	41,7	50,4	4,7
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	97,9	95,4	99,1	0,8
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	10,1	9,3	10,6	3,5
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	4,8	4,3	5,3	6,1
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	48,3	44,9	52,1	4,5
Kruchość słodu — Malt friability (%)	70,4	54,7	82,6	8,8
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	82,7	81,8	84,6	0,7
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	320	236	370	9,4
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	81,0	80,6	82,6	0,6
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,54	1,50	1,60	1,40
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	109	36	271	42,2

Tabela 2

Wartość średnia, zakres i współczynnik zmienności cech jakościowych jęczmienia — doświadczenie przedwstępne I

Mean, range and coefficient of variation of barley quality parameters — first pre-preliminary experiment

Cecha Trait	Wartość średnia Mean	Zakres Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV%)
		min.	max.	
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	45,6	42,6	51,8	5,7
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	97,3	94,0	98,7	1,2
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	10,6	9,8	11,3	3,5
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	4,8	4,3	5,3	4,1
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	45,6	41,6	50,5	5,0
Kruchość słodu — Malt friability (%)	78,5	70,9	88,5	6,2
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	82,5	81,3	83,7	0,9
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	341	258	405	11,2
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	83,2	81,8	84,7	1,0
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,54	1,50	1,59	1,4
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	79,7	28,4	180,6	48,1

Wysoki poziom zmienności tej cechy uzyskali w swoich pracach również Bichoński i Burek (2000), Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz Bichoński (2003). Silne zróżnicowanie charakteryzowało również kruchość słodu. Współczynnik zmienności dla tego parametru, odpowiednio dla doświadczeń wynosił: 8,8%, 6,2%, 6,7%. Zbliżone wyniki uzyskali Węgrzyn i Bichoński (2001) oraz Bichoński (2003). Najniższym współczynnikiem zmienności charakteryzowała się ekstraktywność słodu, gdzie obliczone współczynniki wynosiły odpowiednio: 0,7%, 0,9%, 1,1%. Podobne wyniki w swoich badaniach prezentowali Vargas i wsp. (1983), Węgrzyn i Bichoński (2001). Uzyskane wyniki potwierdzają znaczne uwarunkowanie tej cechy genotypem (Kowalska, 1973; Molina-Cano, 1987; Garcera i in., 1991). Równie niskim poziomem zróżnicowania charakteryzowała się lepkość brzezki 1,4%, 1,4%, 1,2% oraz stopień ostatecznego odfermentowania 0,6%,

1,0%, 1,3%. Zbliżone wartości, współczynnika zmienności, dla omawianych parametrów, uzyskali w swoich pracach Węgrzyn i Bichoński (2001).

Tabela 3

Wartość średnia, zakres i współczynnik zmienności cech jakościowych jęczmienia-doświadczenie przedwstępne II
Mean, range and coefficient of variation of barley quality parameters — second pre-preliminary experiment

Cecha Trait	Wartość średnia Mean	Zakres Range		Współczynnik zmienności Coefficient of variation (CV%)
		min.	max.	
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	45,6	42,3	48,4	3,6
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	97,6	95,1	98,8	1,1
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	10,3	9,4	11,0	3,8
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	4,8	4,3	5,3	4,4
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	47,1	42,3	51,6	5,0
Kruchość słodu — Malt friability (%)	79,1	65,3	90,9	6,7
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	82,6	80,5	84,0	1,1
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	323	212	392	14,7
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	83,7	81,4	85,2	1,3
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,53	1,49	1,56	1,2
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	84,2	33,9	194,2	48,3

Wpływ miejsca uprawy na wartość poszczególnych cech obrazują wyniki zestawione w tabeli 4. Najwyższą zmienność w obrębie miejscowości zaobserwowano dla następujących cech: białka słodu, kruchości słodu oraz zawartości β-glukanów. Wszystkie trzy cechy są uwarunkowane genotypem, ale nie pozostają obojętne na działanie czynników środowiska. Analizując wpływ miejsca uprawy na zmienność cech jakościowych stwierdzono, iż w większości przypadków kierunek zmian był podobny.

Tabela 4

Średnie wartości parametrów jakościowych dla trzech miejscowości
Mean values for quality parameters at three locations

Cecha Trait	Strzelce	Modzurów	Radzików	Wartość średnia Mean
Masa 1000 ziaren — Thousand grains weight (g s.s.)	47,6	45,1	44,2	45,6
Celność ziarna — Grain plumpness (%)	99,3	96,0	97,6	97,6
Białko słodu — Malt protein (% s.s.)	12,2	9,7	8,9	10,3
Białko rozpuszczalne słodu — Malt soluble protein (%)	5,3	4,6	4,5	4,8
Liczba Kolbacha — Kolbach index (%)	43,3	47,4	50,8	47,2
Kruchość słodu — Malt friability (%)	59,5	79,7	87,1	75,4
Ekstrakt mąki — Fine grain extract (% s.s.)	81,0	82,9	83,8	82,6
Siła diastatyczna — Diastatic power (°WK)	351	326	303	327
Odfermentowanie brzezki — Fermentability (%)	82,2	82,7	83,1	82,7
Lepkość brzezki — Wort viscosity (mPa·s)	1,55	1,53	1,54	1,54
β-glukan — Wort β-glucan (mg/l)	131	88	59,7	92,9

Potwierdziły to istotne korelacje pomiędzy trzema miejscowościami, przeprowadzone dla każdej cechy. W przypadku doświadczeń wstępnych najwyższe wartości korelacji uzyskano dla zawartości β-glukanów i kruchości słodu. W doświadczeniach przed-

wstępnych, tak pierwszych jak i drugich, najwyższe wartości korelacji uzyskano dla: zawartości β -glukanów, kruchości słodu, ekstraktu mąki, siły diastatycznej oraz lepkości brzezki.

Współczynniki korelacji (r) między parametrami oceny jakościowej jęczmienia uzyskane dla całego badanego materiału ($n = 67$), zestawiono w tabeli 5. Wśród otrzymanych wartości uwagę zwraca istotna dodatnia zależność między lepkością brzezki a zawartością β -glukanów ($r = 0,50$). Tak wysoka korelacja wyraźnie wskazuje, iż zawarte w brzezce β -glukany są w najwyższym stopniu odpowiedzialne za jej lepkość. Istnieje opinia, iż lepkość brzezki zależy również od zawartych w niej arabinoksylianów.

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy badanymi cechami jakościowymi
Coefficients of correlation between the analyzed traits

Cecha Trait	Masa 1000 ziaren	Celność ziarna	Białko słodu	Białko rozpusz- czalne słodu	Liczba Kolbacha	Kruchość słodu	Ekstrakt mąki	Siła diasta- tyczna	Odfer- mento- wanie	Lepkość brzezki	β -glukan
Masa 1000 ziaren Thousand grains weight (g s.s.)	1,00	0,31	-0,06	-0,29	-0,23	-0,26	-0,04	0,06	-0,18	0,21	0,28
Celność ziarna Grain plumpness (%)	0,31*	1,00	0,20	0,38	0,21	-0,19	0,43	0,34	-0,13	0,02	0,16
Białko słodu Malt protein (% s.s.)	-0,06	0,20	1,00	0,34	-0,43	0,16	-0,10	0,28	0,23	-0,14	-0,08
Białko rozpuszczalne słodu Malt soluble protein (%)	-0,29*	0,38**	0,34**	1,00	0,70	0,22	0,46	0,12	0,16	-0,42	-0,10
Liczba Kolbacha Kolbach index (%)	-0,23	0,21	-0,43**	0,70**	1,00	0,06	0,51	-0,10	-0,05	-0,29	-0,02
Kruchość słodu Malt friability (%)	-0,26*	-0,19	0,16	0,22	0,06	1,00	0,19	0,07	0,53	-0,51	-0,72
Ekstrakt mąki Fine grain extract (% s.s.)	-0,04	0,43**	-0,10	0,46**	0,51**	0,19	1,00	0,22	0,06	-0,20	0,01
Siła diastatyczna Diastatic power (°WK)	0,06	0,34**	0,28*	0,12	-0,10	0,07	0,22	1,00	0,13	0,06	-0,02
Odfermentowanie brzezki Fermentability (%)	-0,18	-0,13	0,23	0,16	-0,05	0,53**	0,06	0,13	1,00	-0,19	-0,27
Lepkość brzezki Wort viscosity (mPa·s)	0,21	0,02	-0,14	-0,42**	-0,29*	-0,51**	-0,20	0,06	-0,19	1,00	0,50
β -glukan Wort β -glucan (mg/l)	0,28*	0,16	-0,08	-0,10	-0,02	-0,72**	0,01	-0,02	-0,27*	0,50**	1,00

Istotne odpowiednio dla poziomu $P = 0,05^*$ lub $P = 0,01^{**}$;
 Significant at levels $P = 0.05^*$ and $P = 0.01^{**}$, respectively

W przyszłości należałoby więc zbadać ich wpływ na wartość tego ważnego parametru jakościowego. Istotne dodatnie korelacje stwierdzono także pomiędzy następującymi cechami: masą 1000 ziaren a celnością ($r = 0,31$) i zawartością β -glukanów ($r = 0,28$), celnością a ekstraktem mąki ($r = 0,43$) oraz białkiem rozpuszczalnym a liczbą Kolbacha ($r = 0,70$) i ekstraktem mąki ($r = 0,46$), jak również pomiędzy tymi dwoma ostatnimi parametrami ($r = 0,51$). Równie interesujące są zależności obserwowane pomiędzy: kruchością słoðu a końcowym stopniem odfermentowania brzezki ($r = 0,53$). Podobne korelacje obserwowali Węgrzyn, Bichoński (2000) oraz Bichoński (2003).

Ujemne istotne korelacje zaobserwowano pomiędzy: kruchością słoðu a lepkością brzezki, masą 1000 ziaren oraz zawartością β -glukanów, wyniosły one odpowiednio $r = -0,51$, $r = -0,26$ i $r = -0,72$. β -glukany, obecne w brzezce, wpływają negatywnie nie tylko na lepkość brzezki, ale również na stopień ostatecznego odfermentowania ($r = -0,27$). Silne ujemne korelacje zaobserwowano także pomiędzy białkiem rozpuszczalnym słoðu a masą 1000 ziaren ($r = -0,29$) oraz lepkością brzezki ($r = -0,42$). Ujemną korelację obserwowano również pomiędzy liczbą Kolbacha a lepkością brzezki ($r = -0,29$). Węgrzyn i Bichoński w swoich pracach (2001) także uzyskali ujemne korelacje pomiędzy: liczbą Kolbacha a białkiem słoðu, lepkością brzezki a kruchością słoðu oraz dodatnie zależności pomiędzy: masą 1000 ziaren a celnością, białkiem słoðu a białkiem rozpuszczalnym oraz liczbą Kolbacha a ekstraktywnością. Tę ostatnią zależność stwierdzili wcześniej w swoich badaniach Swanston i wsp. (1995).

WNIOSKI

1. Najsilniejsze zróżnicowanie cech, obserwowane w obrębie badanych rodów jęczmienia, dotyczyło: zawartości β -glukanów, siły diastatycznej i kruchości słoðu. Możliwe jest więc poszukiwanie nowych odmian charakteryzujących się lepszymi właściwościami.
2. Najwyższym poziomem zmienności, w zależności od miejsca uprawy, charakteryzowały się następujące parametry: zawartość białka słoðu, kruchość słoðu oraz zawartość β -glukanów. W większości przypadków kierunek zmian był podobny. Potwierdziły to istotne korelacje poszczególnych cech wykonane pomiędzy trzema miejscowościami.
3. Korzystne dla pracy hodowlanej współzależności zaobserwowano dla masy 1000 ziaren i celności, a niekorzystne dla zawartości β -glukanów i końcowego stopnia odfermentowania oraz lepkości brzezki i zawartych w niej β -glukanów.

LITERATURA

- Aufhammer G., Fischbeck G. 1971. Location differences in grain yield, yield structure and grain quality of two-rowed and multi-rowed winter and spring barley. *Z. Acker.-u. Pfl. Bau.*, 133, 3: 169 — 181.
- Aufhammer G., Mandl B., Molitoris K., Piendl A. 1970. Influence of fertilizer application on the composition of malt of various barley varieties. *Brauwelt.* 110: 1125 — 1130.
- Bichoński A. 2003. Zmienność i współzależność wybranych cech technologicznych jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 228: 105 — 110.

- Bichoński A., Burek J. 2000. Zmienność i współzależność pomiędzy wybranymi cechami jakościowymi jęczmienia ozimego browarnego. *Biul. IHAR* 215: 161 — 166.
- Brandenburger V. 1973. The influence of environment on yield and quality of malting barley. *Monats. Brau.*, 15: 1 — 9.
- Garcera L., Sarraft A., Jestin L., Ecochard R. 1991. Variabilite genetque de certains parametres de la qualite Brassicole de l'Orge. *Plant Breeding* 106: 235 — 241.
- Gąsiorowski H. 1997. Jęczmień-Chemia i Technologia. PWR i L, Poznań.
- Janicki J. 1949. Jęczmień browarny. PZZ, Warszawa.
- Kowalska M. 1973. Wpływ odmiany i środowiska na wartość browarną jęczmienia na podstawie literatury. *Biul. IHAR* 114/115: 53 — 58.
- Kowalska M., Ruśniak L. 1970. Wpływ zwiększonego nawożenia mineralnego na plon i wartość technologiczną odmian jęczmienia browarnego. *Biul. IHAR* 96/97: 33 — 39.
- Molina-Cano J. L. 1987. The EBC Barley and Malt Committee Index for the evaluation of malting quality in barley and its use in breeding. *Plant Breeding* 98: 249 — 256.
- Ruśniak L. 1968. Wpływ warunków wzrostu i rozwoju na plon i wartość browarną jęczmienia. *Hod. Rośl. Aklim.* 12/3: 237 — 267.
- Schildbach R. 1696. The influence of growing location and nitrogen fertilization on the quality of barley, wheat and malt. *Monats. Brau.* 22: 361 — 369.
- Schildbach R. 1972. Vorhersage der Qualität von Malz und Bier aus den Analysen von Gerste und Malz. *Monats. Brau.* 25: 309 — 319.
- Schildbach R. 1973. Yield versus quality malting barley? *Monats. Brau.* 26: 73 — 83.
- Schildbach R. 1974. Reason for variation in the protein content of malting barley. *Monats. Brau.* 27: 204 — 217.
- Słaboński A. 1976. Jęczmień jary i ozimy. PWR i L Warszawa.
- Swanston J. S., Eblis R. P., Rubio A., Perezvendrell A., Molina-Cano J. L. 1995. Differences in malting performance between barleys grown in Spain and Scotland. *Journal of the Institute of Brewing.* 101 (4): 261 — 265.
- Ułonska E., Baumer M. 1975. Studies on the influence of different selection conditions on the selection success as regards protein quantity and quality. *Proc. 3rd Int. Barley Genet. Symp.*: 125 — 126.
- Vargas L., Molina-Cano J. L., Hassan S. 1983. A quality index for the assessment of barley varieties. *Monatsschr. Brauwissen.* 12:481 — 485.
- Węgrzyn S., Bichoński A. 2001. Zróżnicowanie i genetyczne uwarunkowanie cech wartości technologicznej jęczmienia jarego browarnego. *Biul. IHAR* 220: 153 — 159.

ANNA TRATWAL

Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu

Wpływ uprawy mieszanek odmian jęczmienia ozimego na ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

The effect of growing of winter variety mixtures upon reduction of the incidence of powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*)

W Polsce zasiewy jednoodmianowe są najbardziej popularną metodą uprawy głównie ze względów technicznych i organizacyjnych. Jednakże w warunkach intensywnej uprawy zbóż obserwuje się ich zwiększoną wrażliwość na choroby i zmienność środowiska. Na dużych arealach jednoodmianowych zasiewów obserwuje się częstsze i większe nasilenie porażenia roślin przez choroby. W doświadczeniach i praktyce udowodniono, że mieszanki odmian mogą stanowić alternatywę dla uprawy monokultur odmianowych. Badania wykazały, że w mieszkach odmian funkcjonują epidemiologiczne i ekologiczne czynniki powodujące redukcję chorób, a co za tym idzie zwiększenie i poprawienie stabilności plonu. Wyniki prac obejmują doświadczenia ścisłe z mieszkami odmian jęczmienia ozimego zarówno z fungicydową ochroną chemiczną, jak i bez zastosowania preparatów chemicznych. Doświadczenia przeprowadzono w latach 1993–1997 (trzy odmiany jęczmienia ozimego i cztery mieszanki) i 1998–2001 (pięć odmian i dwanaście mieszanek) — bez stosowania ochrony chemicznej. W latach 2001–2004 (cztery odmiany i trzy mieszanki) — ze sterowanym stosowaniem fungicydów (różne terminy i dawki preparatów chemicznych). Na podstawie uzyskanych wyników określono poziom redukcji mączniaka prawdziwego w mieszkach w porównaniu do odmian wysianych w siewie czystym. Najwyższe redukcje nasilenia występowania mączniaka prawdziwego w mieszkach odmian występowały do fazy końca kłoszenia (doświadczenia bez ochrony chemicznej). Wyniki doświadczeń wskazują, że integracja metody biologicznej (mieszanki odmian) z chemiczną (sterowane stosowanie fungicydów) może być polecana jako metoda ochrony jęczmienia ozimego przyjazna środowisku i korzystna ekonomicznie.

Słowa kluczowe: jęczmień ozimy, mączniak prawdziwy, mieszanki odmian

In Poland, growing of the same variety within the crop is most commonly performed, mainly for technical and organisational reasons. However, genetically uniform crops are especially susceptible to unfavourable biotic and abiotic factors. They are, among others, affected at the higher rate by fungal diseases. It has been demonstrated, both experimentally and in agricultural practice that mixtures of varieties can be a promising alternative to crops grown in pure stands. It was found that environmental factors acting within a mixed culture inhibit the disease development, which in consequence results in a higher and more stable yield of grain, as compared to that obtained with varieties grown in pure

stands. In the paper, the results of three experiments performed on mixtures of winter barley varieties with or without chemical control, are presented. First experiment was carried out in the years 1993–1997. It comprised three winter barley varieties and four mixtures. Second experiment (1998–2001) included five varieties and twelve mixtures, and in third experiment (2001–2004) four varieties and three mixtures were evaluated. The first and the second experiments were done without chemical control, whereas in the third experiment fungicides were applied in different doses and at different times during the vegetation period. The incidence of powdery mildew in variety mixtures was compared to that in varieties grown in pure stands. In the experiments in which plants were grown without chemical control the highest rates of reduction of powdery mildew infestation in variety mixtures were recorded till the end of heading. The results of experiment in which chemical control was applied show that growing of variety mixtures, combined with the reduced using of fungicides, can be recommended as a low-input and environment-friendly method of winter barley cultivation.

Key words: powdery mildew, variety mixtures, winter barley

WSTĘP

Zasiewy jednoodmianowe są najbardziej rozpowszechnioną metodą uprawy w Polsce, głównie ze względów technicznych i organizacyjnych. Jednakże w warunkach intensywnej uprawy obserwuje się zwiększoną wrażliwość zbóż na choroby i zmienność środowiska. Duże areale zasiewów jednoodmianowych z identycznymi, bądź pokrewnymi typami genetycznej odporności na choroby sprzyjają szybkiemu rozprzestrzenianiu się ras fizjologicznych porażających je patogenów (Czembor i Gacek, 1995; Wolfe, 1985). Proces adaptacji patogena *Blumeria graminis* do odmian uprawnych przebiega tym szybciej, im większy areal zajmują one w produkcji (Gacek i Nadziak, 1988).

W ramach współczesnych systemów uprawy, a zwłaszcza w kontekście racjonalnego i przyjaznego dla środowiska stosowania środków ochrony roślin należy brać pod uwagę wszystkie czynniki podnoszące wielkość, stabilność i jakość plonu (Gacek, 2000). Takimi czynnikami oprócz właściwego zmianowania, doboru odpowiednich odmian, właściwej agrotechniki może być uprawa zasiewów mieszanych, gdzie bardzo dużą rolę odgrywa naturalna genetyczna odporność odmian na choroby.

Celem uprawy zbóż w zasiewach mieszanych jest zwiększenie różnorodności genetycznej w obrębie łanu, a w szczególności pod względem ich odporności na choroby (Rudnicki, 1994; Finckh i Mundt, 1992). Zasiewy mieszane umożliwiają szersze wykorzystanie zmienności genetycznej odmian uprawnych w zakresie właściwości morfologicznych i rozwojowych odmian oraz ich odporności na stresy biotyczne i abiotyczne (Gacek i in., 1996 a).

Problematyka zasiewów mieszanych jęczmienia ozimego przedstawiona w niniejszej pracy jest kontynuacją badań wcześniej opublikowanych (Tratwal i in., 2002). Celem badań było poznanie możliwości redukcji nasilenia mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) na podstawie cyklu doświadczeń nad gospodarczymi i środowiskowymi efektami uprawy mieszanek odmian.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono trzy doświadczenia ściśle z mieszankami odmian jęczmienia ozimego. W pierwszym i drugim doświadczeniu — z różnym doбором odmian bez stosowania w okresie wegetacji fungicydów (metoda biologiczna). W trzecim doświadczeniu zastosowano sterowane stosowanie fungicydów, tj. zabiegi w różnych terminach i dawkach preparatów — integracja metody biologicznej z chemiczną.

W latach 1993–1997 przeprowadzono pierwsze doświadczenie w ZD IHAR Bąków (woj. opolskie). W doświadczeniu wzięły udział trzy odmiany jęczmienia ozimego zróżnicowane pod względem odporności genetycznej na choroby (głównie mączniak prawdziwy) — Gil, Marinka, Siga oraz ich cztery mieszanki — Gil/Siga, Gil/Marinka, Marinka/Siga, Gil/Marinka/Siga.

Drugie doświadczenie przeprowadzono w latach 1998–2001 w HR Smolice O/Bąków. Badania obejmowały pięć odmian – Gil, Gregor, Kos, Marinka, Siga oraz ich dwanaście mieszanek (osiem dwuskładnikowych i cztery trójskładnikowe).

Trzecie doświadczenie przeprowadzono w latach 2001–2004 w dwóch miejscowościach — HR Smolice O/Bąków i SDOO Słupia Wlk. (woj. wielkopolskie). W doświadczeniu wzięły udział cztery odmiany jęczmienia ozimego: Bombay, Gil, Gregor, Bażant oraz ich wybrane mieszanki: Bombay/Gil, Bombay/Gregor i Gil/Gregor/Bażant.

We wszystkich trzech doświadczeniach stosowano przedsiewne zaprawianie nasion (Premis Universal 275 FS).

Odmiany w siewie czystym i sporządzone z nich mieszanki badano w ścisłych doświadczeniach polowych na poletkach o powierzchni 10 m² w układzie split-plot w czterech powtórzeniach.

W trzecim doświadczeniu zastosowano następujące kombinacje ochrony chemicznej roślin:

- dwa zabiegi chemiczne (początek strzelania w źdźbło i pełnia/ koniec strzelania w źdźbło) w dawkach ¼, ½ i pełna dawka preparatu,
- jeden zabieg chemiczny (pełnia/ koniec strzelania w źdźbło) w dawkach ¼, ½ i pełna dawka preparatu,
- kontrola (bez zabiegów).

W okresie wegetacji pięciokrotnie wykonano oceny porażenia mączniakiem w skali 9-stopniowej (9 — pełna odporność, 1 — pełna podatność) w równych odstępach czasu. Na podstawie uzyskanych ocen wyliczono procent porażenia poszczególnych odmian i mieszanek przez chorobę, a następnie wyliczono procent redukcji nasilenia mączniaka prawdziwego w mieszankach w porównaniu do odmian, komponentów wysianych w siewie czystym wg wzorów:

$$F = x \times (-1) + 10$$

gdzie:

F — stopień polowej odporności (po transformacji skali)

x — ocena uzyskana podczas obserwacji.

$$P = \frac{b}{(1+b)} \times 100$$

gdzie:

P — procent porażenia przez chorobę; b — współczynnik

$$b = EXP(-5,09 + 0,94 \times F)$$

EXP — funkcja matematyczna

$$W0_{A/B} = \frac{(P_A + P_B)}{2}$$

gdzie:

$W0_{A/B}$ — wartość oczekiwana dla mieszanki A/B,

P_A — procent porażenia odmiany A w siewie czystym,

P_B — procent porażenia odmiany B w siewie czystym.

$$\%Red_{A/B} = \left(\frac{1 - P_{A/B}}{W0_{A/B}} \right) \times 100$$

gdzie:

$\%Red_{A/B}$ — procent cząstkowej redukcji porażenia przez chorobę mieszanki A/B w porównaniu do odmian A i B wysianych w siewie czystym podczas danej obserwacji,

$P_{A/B}$ = -% porażenia mieszanki A/B.

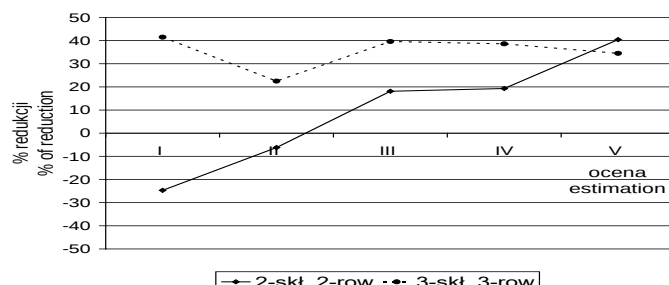
WYNIKI I DYSKUSJA

Istotą stosowania mieszanek międzyodmianowych jest pełne wykorzystanie genetycznej odporności w celu ograniczenia występowania najważniejszych chorób jęczmienia ozimego, głównie mączniaka prawdziwego. Badania epidemiologiczne wykazały, że ograniczenie chorób w mieszkach wynika ze zróżnicowania ich genetycznej odporności na choroby (Gacek i in., 1996 a; Wolfe, 1985). W mieszkach o genetycznie zróżnicowanej odporności funkcjonują różne mechanizmy redukcji chorób, do których zaliczyć można m.in. zmniejszoną efektywność inokulum, zjawisko indukowanej odporności i zmniejszoną ilość dostępnej tkanki podatnej na choroby (Czembor i Gacek, 1995; Gacek, 2000).

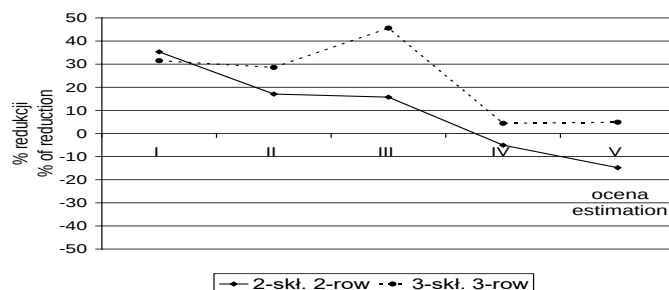
W mieszkach odmian jęczmienia ozimego w porównaniu do odmian wysianych w siewie czystym wystąpiło znaczne obniżenie nasilenia chorób, głównie mączniaka prawdziwego (od kilku do nawet 50%). Odnotowano również spadek nasilenia występowania rdzy karłowej i rynchosporiozy (od kilku do kilkunastu procent). Podobne wyniki uzyskali w doświadczeniach inni autorzy (Gacek, 1986; Gacek i in., 1996, 2000; Gacek i Nadziak, 1988, 2000). Wyniki doświadczeń w poszczególnych latach są zróżnicowane, przede wszystkim ze względu na przebieg warunków meteorologicznych, a co za tym idzie różne nasilenie występowania chorób w łanie.

W doświadczeniu pierwszym (rys. 1–3) i drugim (rys. 4–6) wyższe redukcje uzyskano w przypadku mieszanek trójskładnikowych, najbardziej zróżnicowanych genetycznie,

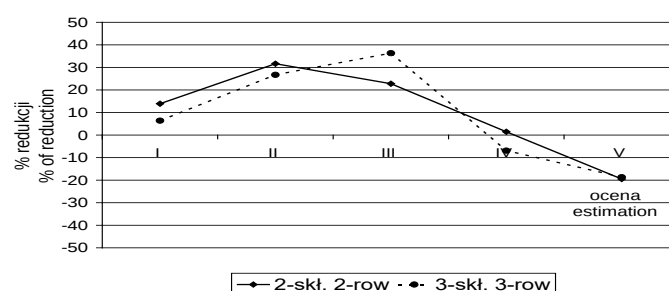
zwłaszcza w sezonach 1993/94 i 2000/01. Ponadto stwierdzono, że redukcje mączniaka prawdziwego w zasiewach mieszanych występowały zwykle do końca fazy kłoszenia, jednak w latach słabszego nasilenia chorób redukcja występowała jeszcze w fazie dojrzałości mleczonej (sezony 1998/99 i 2000/01).



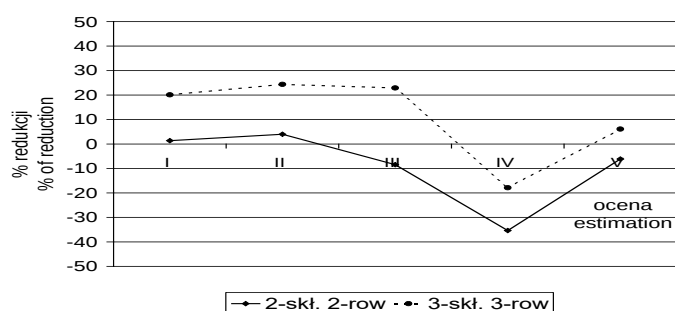
Rys. 1. Ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego w mieszaninach odmian jęczmienia ozimego w stosunku do siewów czystych w sezonie wegetacyjnym 1993/1994
Fig. 1 Powdery mildew incidence reduction in winter barley mixtures compared to that in pure stands in the 1993/1994 vegetation season



Rys. 2. Ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego w mieszaninach odmian jęczmienia ozimego w stosunku do siewów czystych w sezonie wegetacyjnym 1994/1995
Fig. 2. Powdery mildew incidence reduction in winter barley mixtures compared to that in pure stands in the 1994/1995 vegetation season

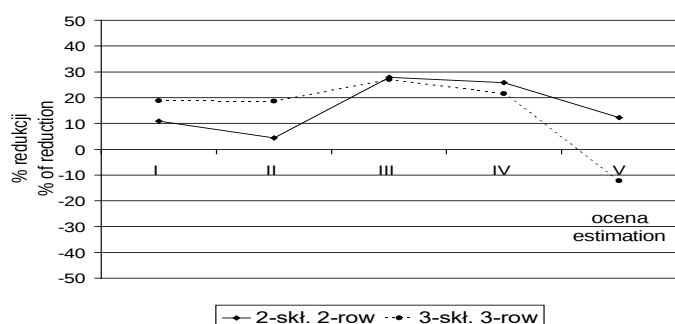


Rys. 3. Ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego w mieszaninach odmian jęczmienia ozimego w stosunku do siewów czystych w sezonie wegetacyjnym 1995/1996
Fig. 3 Powdery mildew incidence reduction in winter barley mixtures compared to that in pure stands in the 1995/1996 vegetation season



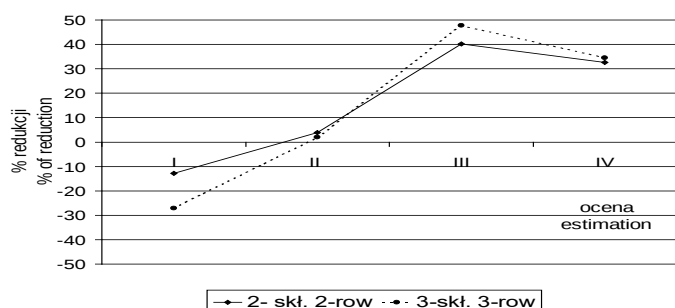
Rys. 4. Ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego w mieszaninach odmian jęczmienia ozimego w stosunku do siewów czystych w sezonie wegetacyjnym 1998/1999

Fig. 4. Powdery mildew incidence reduction in winter barley mixtures compared to that in pure stands in the 1998/1999 vegetation season



Rys. 5. Ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego w mieszaninach odmian jęczmienia ozimego w stosunku do siewów czystych w sezonie wegetacyjnym 1999/2000

Fig. 5. Powdery mildew incidence reduction in winter barley mixtures compared to that in pure stands in the 1999/2000 vegetation season



Rys. 6. Ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego w mieszaninach odmian jęczmienia ozimego w stosunku do siewów czystych w sezonie wegetacyjnym 2000/2001

Fig. 6. Powdery mildew incidence reduction in winter barley mixtures compared to that in pure stands in the 2000/2001 vegetation season

W doświadczeniu trzecim (tab. 1), z zabiegami chemicznymi, większe redukcje nasilenia notowano w przypadku mieszanek dwuskładnikowych. Natomiast nie odnoto-

wano znacznych różnic pomiędzy kombinacjami ze zredukowanymi i pełnymi dawkami, co wskazuje że redukcja dawek nie powoduje istotnego zwiększenia się nasilenia mączniaka, a jest korzystna z ekonomicznego i środowiskowego punktu widzenia.

Tabela 1

Ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego w mieszankach odmian jęczmienia ozimego w stosunku do siewów czystych przy różnych kombinacjach ochrony w latach 2001–2004
Reduction of powdery mildew incidence in winter barley mixtures compared to that in pure stands at different combinations of chemical control (mean for 2001–2004)

Kombinacja ochrony Chemical protection	Rodzaj mieszanki Variety mixture	Średni procent redukcji mączniaka prawdziwego w ocenie: Mean percentage of powdery mildew reduction				
		I	II	III	IV	V
Kontrola	2	5,14	27,32	3,15	22,12	2,39
Control	3	-25,20	-12,64	-38,24	-20,81	-22,57
1 zabieg ¼ dawki	2	8,67	13,52	-8,07	6,72	5,40
1 treatment ¼ dose	3	-0,83	8,53	-27,43	-33,64	8,65
1 zabieg ½ dawki	2	15,79	27,99	16,33	11,97	21,14
1 treatment ½ dose	3	7,50	-22,04	-4,26	-48,91	7,06
1 zabieg pełna dawka	2	15,24	17,47	-12,25	7,78	-6,48
1 treatment full dose	3	-5,00	-12,34	-4,92	-49,84	3,45
2 zabiegi ¼ dawki	2	14,19	16,20	5,11	-13,81	29,09
2 treatment ¼ dose	3	-2,83	4,60	-0,92	-7,84	38,00
2 zabiegi ½ dawki	2	16,90	15,38	-2,66	-5,50	20,42
2 treatment ½ dose	3	7,50	-0,30	-6,39	-16,01	11,21
2 zabiegi pełna dawka	2	-0,07	22,29	10,46	17,20	21,50
2 treatment full dose	3	0,46	21,01	-12,89	-6,58	9,02

2 = 2-składnikowa; 2 components

3 = 3-składnikowa; 3 components

WNIOSKI

1. Najwyższe redukcje nasilenia występowania mączniaka prawdziwego w mieszankach odmian jęczmienia ozimego występowały do końca fazy kłoszenia.
2. Funkcjonujące w mieszankach odmian mechanizmy epidemiologiczne i selekcyjne w większym stopniu przyczyniają się do redukcji objawów choroby w latach dużego nasilenia występowania.
3. Wyniki doświadczeń wskazują, że integracja metody biologicznej (mieszanki odmian) z chemiczną (sterowane stosowanie fungicydów) może być polecana jako przyjazna środowisku i korzystna ekonomicznie metoda ochrony jęczmienia ozimego.

LITERATURA

- Czembor H., Gacek E. 1995. Systemy zwiększania trwałości odporności odmian na choroby w hodowli i uprawie zbóż. Materiały 2. Krajowego Sympozjum „Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki, i Niesprzyjające Czynniki Środowiska”. IHAR Radzików: 39 — 48.
- Finckh M. R., Mundt C. C. 1992. Stripe rust, yield and plant competition in wheat cultivar mixtures. The American Phytopathological Society 82 (9): 905 — 913.

- Gacek E. 1986. Zastosowanie mieszanin odmian do zwalczania mączniaka prawdziwego jęczmienia. Rocz. Nauk Rol. Seria E, T. 16, Z 2: 95 — 103.
- Gacek E. 2000. Wykorzystanie różnorodności genetycznej roślin w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. Post. Nauk Rol. 5: 17 — 25.
- Gacek E., Nadziak J. 1988. Plenność i wrażliwość na mączniak prawdziwy (*Erysiphe graminis* f. sp. *hordei*) mieszanin odmian jęczmienia ozimego. Biul. IHAR 165: 5 — 14.
- Gacek E., Czembor H., Nadziak J. 1996 a. Disease restriction, grain yield and its stability in winter barley cultivar mixtures. In: Proceedings of the Third Workshop on Integrate Control of Cereal Mildews Across Europe. Kappel a Albis, Switzerland, 5–9 Nov. 1994. Limpert E., Finckh M. R., Wolfe M. S. Office for Official Publications of The EC, Brussels: 185 — 190.
- Gacek E., Czembor H., Nadziak J. 1996 b. Wpływ zróżnicowania genetycznego w mieszaninach i mieszankach zbożowych na rozwój i chorób i plonowanie. Biul. IHAR 200: 203 — 209.
- Gacek E., Nadziak J. 2000. Zastosowanie mieszanek odmian do poprawy zdrowotności oraz plonowania jęczmienia jarego. Biul. IHAR 214: 143 — 158.
- Gacek E., Nadziak J., Biliński Z. R. 2000. Ograniczanie występowania chorób w zasiewach mieszanych zbóż. Roczniki AR w Poznaniu CCCXXV, Roln. 58: 31 — 38.
- Rudnicki F. 1994. Biologiczne aspekty uprawy zbóż w mieszankach. Materiały Ogólnopolskiej Konf. Nauk. „Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych”. Wyd. AR Poznań: 7 — 15.
- Tratwal A., Nadziak J., Gacek E. 2002. Redukcja mączniaka prawdziwego w mieszankach jęczmienia ozimego. Progress in Plant Protection/ Postępy w Ochronie Roślin 42 (2): 777 — 779.
- Wolfe M. S. 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. Ann. Rev. Phytopath. 23: 251 — 273.

JANUSZ SMAGACZ

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

Wpływ częstotliwości przyorywania słomy na występowanie patogenów podstawy źdźbła i plonowanie odmian jęczmienia jarego

The influence of a frequency of ploughing the straw upon the incidence of stem-base pathogens and yielding of spring barley varieties

W statycznym doświadczeniu płodozmianowym prowadzonym w latach 1998–2001 na glebie kompleksu żyniego dobrego oceniono występowanie chorób podstawy źdźbła oraz plonowanie jęczmienia jarego (odmiany: Rodos, Bryl, Stratus) w zależności od częstotliwości przyorywania słomy. Porównywano następujące warianty stosowania słomy: 1) obiekt kontrolny — bez słomy; 2) słoma przyorywana jeden raz w rotacji (słoma rzepaku); 3) słoma przyorywana dwa razy w rotacji (słoma rzepaku i pszenicy); 4) słoma przyorywana trzy razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia); 5) słoma przyorywana trzy razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia) bez dodatkowego nawożenia „N” na słomę. Doświadczenie przeprowadzono w układzie bloków losowanych w 4 powtórzeniach, a wielkość poletek do zbioru wynosiła 45 m². Nie udowodniono istotnego wpływu przyorywania słomy na plonowanie jęczmienia jarego, stwierdzono jednak pewne różnice odmianowe w tym względzie, co można wiązać z porażeniem roślin przez patogeny podstawy źdźbła. Przyżyciowa ocena stanu zaopatrzenia roślin w azot nie wykazała gorszego zaopatrzenia jęczmienia jarego w ten składnik w zależności od częstotliwości stosowania słomy. Przyorywanie słomy zwiększyło w warstwie ornej gleby zawartość przyswajalnych składników pokarmowych oraz próchnicy.

Słowa kluczowe: choroby podstawy źdźbła, jęczmień jary, nawożenie słomą, odmiany

Incidence of stem-base diseases and yielding of spring barley varieties Rodos, Bryl, Stratus depending on a frequency of ploughing the straw were evaluated in the long-term crop rotation experiment conducted on a good rye soil complex in 1998–2001. The following variants of straw ploughing were compared: 1) control treatment (without straw); 2) straw ploughing once in a rotation (rape straw); 3) straw ploughing twice in a rotation (rape and wheat straw); 4) straw ploughing three times in a rotation (rape, wheat and barley straw); 5) straw ploughing three times in a rotation, without additional application of nitrogen on straw (rape, wheat and barley straw). The experiment was established in the random blocks in four replications. The area of each plots was 45 m². No significant effect of straw ploughing on spring barley yielding was found in this experiment, although some differences between varieties were observed. These might be a consequence of barley infection with stem-base diseases. No significant differences between variants of straw ploughing on nitrogen nutrient status in spring barley were found. The increase in available nutrients and humus content of soil after fertilization with straw was observed.

Key words: spring barley, stem base diseases, straw ploughing, varieties

WSTĘP

Duży udział zbóż w strukturze zasiewów i bardzo często spotykany bezinwentarzowy system produkcji rolniczej w wielu gospodarstwach, a nawet niektórych rejonach kraju rodzi problem wykorzystania powstających nadwyżek słomy. Jednym ze sposobów alternatywnego jej zagospodarowania jest możliwość wykorzystania słomy jako odnawialne źródło energii (Smagacz, 2003). Jednak ze względu na spadek pogłowia zwierząt gospodarskich, w tym głównie bydła, a co się z tym wiąże - brak produkcji obornika, w wielu gospodarstwach dla utrzymania zrównoważonego bilansu próchnicy w glebie konieczne jest przyorywanie pewnej ilości słomy. Wielkość ta jest zróżnicowana regionalnie, a w skali kraju powinno się w ten sposób zagospodarować około 3,5 mln ton (Kuś, Smagacz, 2001). Jednak taki sposób gospodarowania (uprawa zbóż po sobie, nawożenie słomą) może sprzyjać nasilonemu występowaniu chorób grzybowych, ponieważ wiele patogenów przeżywa na resztkach poźniwnych uprawianych roślin bądź jest zdolnych do saprofitycznego rozwoju w glebie (Bockmann, Knoth, 1971; Mikołajska, 1993). Małe jest również rozeznanie odnośnie reakcji odmian jęczmienia jarego na taki sposób uprawy.

Celem badań jest ocena wpływu różnej częstotliwości stosowania słomy w zmianowaniu na występowanie chorób podstawy źdźbła oraz produkcyjność odmian jęczmienia jarego uprawianego po zbożach.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe, statyczne doświadczenie polowe przeprowadzono w RZD Grabów w latach 1998-2001 na glebie płowej zaliczonej do kompleksu żytniego dobrego. Założono je na bazie istniejącego od 1987 roku statycznego doświadczenia płodozmianowego (Siuta, 1999) w stanowisku po jęczmieniu jarym w układzie bloków losowanych w 4 powtórzeniach, a wielkość poletek do zbioru wynosiła 45 m². W zmianowaniu: rzepak ozimy — pszenica ozima — jęczmień jary stosowano różną częstotliwość przyorywania słomy. Porównywano następujące warianty:

- 1. kontrola – bez stosowania słomy;
- 2. słoma stosowana 1 raz w rotacji (słoma rzepaku);
- 3. słoma stosowana 2 razy w rotacji (słoma rzepaku i pszenicy);
- 4. słoma stosowana 3 razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia)
- 5. słoma stosowana 3 razy w rotacji (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia) bez dodatkowego nawożenia N na słomę. Słomę rzepaku i jęczmienia stosowano w ilości 3 t/ha, natomiast pszenicy 5 t/ha. Dodatkowo, w celu wyrównania stosunku C:N w przyorywanej słomie, w obiektach 3 oraz 4 stosowano azot w formie saletry amonowej w dawce 30 kg N/ha.

Nawożenie fosforowo-potasowe w ilości 70 kg P₂O₅ i 100 kg K₂O średniorocznie wnoszono na całe doświadczenie przed wykonaniem orki siewnej pod oziminy. Poglówne nawożenie jęczmienia jarego azotem (wielkość dawki i jej podział, termin stosowania)

było dostosowane do zaleceń agrotechnicznych IUNG, natomiast ochrona roślin przed chwastami, chorobami liści i kłosów oraz szkodnikami była zgodna z zaleceniami IOR.

W latach 2000–2001 dwukrotnie w okresie wegetacji, tj. w fazie strzelania w źdźbło (F_7) oraz w dojrzałości mleczno-woskowej (F_{17-18}) oceniono porażenie roślin jęczmienia jarego przez patogeny podstawy źdźbła (kompleks chorób). Ocenie podlegała część nadziemna roślin (dolne międzywęźla) oraz system korzeniowy. We wcześniejszym okresie badań (lata 1998 i 1999) ocenę przeprowadzono jedynie na pędach w fazie dojrzałości mleczno-woskowej. Występowanie nekroz na korzeniach wiązano z ich zainfekowaniem głównie przez *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier, natomiast porażenie pędów z występowaniem *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton oraz grzybów z rodzaju *Fusarium*.

W fazie strzelania w źdźbło wykopywano około 50 roślin z 4–5 miejsc każdego poletka, co dawało łącznie około 200 roślin z obiektu. Po wypłukaniu resztek gleby wydzielono rośliny z nekrozami na korzeniach oraz rośliny bez objawów chorobowych. Podobnej ocenie poddano część nadziemną roślin, wydzielając w badanej próbie rośliny zdrowe oraz z objawami chorobowymi na dolnych międzywęźlach. Stopień porażenia podawano w procentach porażonych roślin w stosunku do całkowitej liczby analizowanych roślin.

W dojrzałości mleczno-woskowej z każdego poletka wykopywano losowo 20–25 roślin, co stanowiło próbę 70–80 pędów kłosonośnych (około 300 źdźbeł z obiektu), na których oznaczono porażenie pędów i systemu korzeniowego. Wydzielono 4 klasy porażenia pędów, posługując się skalą opisaną przez Bojarczuków (1974) oraz 4 klasy porażenia korzeni, wykorzystując skalę przyjętą przez Mazurka i wsp. (1990). Indeksy porażenia wyliczono opierając się na wzorze podanym przez Nilssona (za: Herman i Dovrtel, 1986).

W trakcie wegetacji wykonano również pomiary zawartości chlorofilu (SPAD), przy czym uzyskane wyniki dotyczą lat 1999 i 2000. Zawartość oceniono w najmłodszych liściach roślin we wszystkich obiektach doświadczenia w fazie strzelania w źdźbło (tuż przed podaniem 2 dawki azotu) oraz w dojrzałości mleczno-woskowej na liściu flagowym, 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 oceniono plon ziarna oraz wybrane podstawowe elementy plonowania (obsada kłosów, masa tysiąca ziaren). Po zbiorze roślin z warstwy ornej gleby każdego poletka pobrano próby w celu oznaczenia niektórych wskaźników żyzności gleby: zawartości próchnicy, przyswajalnych składników pokarmowych: P_2O_5 , K_2O i Mg oraz jej odczynu. Wyniki opracowano statystycznie, oceniając najmniejszą istotną różnicę za pomocą testu Tukeya dla $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Analiza wariacji w syntezie za 4 lata badań nie wykazała istotnego zróżnicowania plonu ziarna jęczmienia jarego w zależności od częstotliwości przyorywania słomy w płodozmianie. Przeciętna wydajność tego zboża ukształtowała się na poziomie 3,54 t z ha wykazując nieznaczną tendencję wzrostową na poszczególnych obiektach

doświadczenia w miarę zwiększania częstotliwości stosowania słomy w zmianowaniu (tab. 1).

Tabela 1

Plon ziarna i elementy plonowania jęczmienia jarego w zależności od częstotliwości stosowania słomy
Grain yield of spring barley and its components depending on a frequency of fertilization with straw

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD (0.05)
	1	2	3	4	5		
plon ziarna (t/ha) — grain yield (t/ha)							
1998 (Rodos)	4,01	4,04	4,25	4,24	4,10	4,13	ni
1999 (Rodos)	3,33	3,46	3,56	3,50	3,44	3,46	ni
2000 (Bryl)	3,23	3,31	3,32	3,43	3,21	3,30	ni
2001 (Stratus)	3,42	3,32	3,28	3,12	3,21	3,27	ni
Średnia Mean	3,50	3,53	3,60	3,57	3,49	3,54	ni
masa 1000 ziaren (g) — weight of 1000 kernels (g)							
1998 (Rodos)	45,6	45,0	44,5	44,1	45,0	44,8	ni
1999 (Rodos)	47,5	47,8	47,5	45,8	47,3	47,2	ni
2000 (Bryl)	47,8	48,4	44,9	48,5	48,2	47,6	ni
2001 (Stratus)	43,8	43,0	41,6	41,6	41,0	42,2	ni
Średnia Mean	46,2	46,1	44,6	45,0	45,4	45,5	ni
liczba kłosów (szt./m ²) — number of ears per m ²							
1998 (Rodos)	596	618	560	588	600	594	ni
1999 (Rodos)	418	420	452	480	458	446	ni
2000 (Bryl)	445	450	454	438	472	452	ni
2001 (Stratus)	500	536	468	528	579	522	ni
Średnia Mean	490	506	484	509	527	504	ni

1 — Obiekt kontrolny (bez słomy) — Control treatment (without straw); 2) Słoma przyorywana jeden raz w rotacji — Straw ploughing once in a rotation; 3) Słoma przyorywana dwa razy w rotacji — Straw ploughing twice in a rotation; 4) Słoma przyorywana trzy razy w rotacji — Straw ploughing three times in a rotation; 5) Słoma przyorywana trzy razy w rotacji, bez dodatkowego „N” na słomę — Straw ploughing three times in a rotation, without additional N applied on straw; ni — Brak istotnych różnic — Not significant differences

Interesujących wyników dostarczyła analiza wariancji dla poszczególnych lat badań. W omawianym doświadczeniu wysiewano trzy odmiany jęczmienia jarego: Rodos, Bryl oraz Stratus. Uzyskane plony ziarna odmian na poszczególnych obiektach nawozowych wskazują, pomimo braku potwierdzonych statystycznie różnic, na nieco odmienną ich reakcję względem częstotliwości przyorywania słomy. U odmiany Rodos, którą uprawiano przez dwa kolejne lata, stwierdzono pewien przyrost plonu sięgający 5%–7% w obiektach 3 i 4, tj. tam, gdzie słomę przyorywano dwa lub trzy razy w rotacji zmianowania wraz z dodatkową dawką azotu na jej rozkład (tab. 1). Podobne zależności zaobserwowano u odmiany Bryl. Odmiennie na zastosowanie słomy jako nawozu organicznego zareagowała odmiana Stratus, w przypadku której odnotowano 3%–9% spadki plonu ziarna, mieszczące się jednak w granicach błędu eksperymentalnego. Większe obniżki zanotowano w obiektach, gdzie słomę przyorywano każdego roku po sprzęcie roślin, tj. rzepaku, pszenicy i jęczmienia. Znalazło to potwierdzenie w analizie wariancji dla wybranych elementów plonowania. U odmiany Stratus zauważono, bowiem pogorszenie

się dorodności ziarna (2%–6% mniejsza masa 1000 ziaren) szczególnie w obiektach 3, 4 i 5 (słoma przyorywana dwu- lub trzykrotnie w rotacji) w porównaniu z obiektem kontrolnym — bez stosowania słomy jako nawozu organicznego. U odmiany Rodos i Bryl takich zależności nie zanotowano (tab. 1). Obsada kłosów w poszczególnych latach badań nie była istotnie zróżnicowana w zależności od częstotliwości przyorywania słomy, chociaż na obiektach nawożonych słomą notowano zwykle wyższe wartości tej cechy w porównaniu z obiektem kontrolnym, bez takiego nawożenia (tab. 1).

Porażenie roślin przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła w fazie strzelania w źdźbło wykonano na dwóch odmianach jęczmienia jarego (Bryl oraz Stratus). Wykazano brak istotnych zależności w porażeniu systemu korzeniowego i pędów od częstotliwości przyorywania słomy. Jednocześnie stwierdzono niski odsetek roślin z porażeniem części nadziemnej (średnio około 6%), natomiast w przypadku korzeni średnio ponad połowa roślin odmiany Stratus (56,7%) oraz około 25% roślin odmiany Bryl wykazywało nekrotyczne plamy wskazujące na zainfekowanie (tab. 2).

Tabela 2

Porażenie jęczmienia jarego (% roślin) przez patogeny podstawy źdźbła w fazie strzelania w źdźbło w zależności od częstotliwości stosowania słomy
Infestation with stem-base diseases (% of plants) of spring barley at the shooting stage depending on a frequency of fertilization with straw

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD (0,05)
	1	2	3	4	5		
porażenie pędów — shoot infestation							
2000 (Bryl)	10,2	12,5	7,0	8,8	10,8	9,9	ni
2001 (Stratus)	3,0	0,0	0,0	3,0	2,0	1,6	ni
Średnia Mean	6,6	6,2	3,5	5,9	6,4	5,8	ni
porażenie korzeni — root infestation							
2000 (Bryl)	27,5	23,0	23,2	25,2	28,2	25,4	ni
2001 (Stratus)	57,0	47,5	57,0	62,0	59,8	56,7	ni
Średnia Mean	42,3	35,3	40,1	43,6	44,0	41,1	ni

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

W późniejszym terminie obserwacji, tj. w dojrzałości mleczno-woskowej analiza wariancji za 4 lata odnośnie porażenia dolnych międzywęźli oraz za 2 lata odnośnie porażenia systemu korzeniowego również nie wykazała ścisłego związku pomiędzy częstotliwością stosowania słomy w zmianowaniu a występowaniem chorób podstawy źdźbła. Oceniając porażenie odmian w poszczególnych latach badań można zauważyć, że odmiana Stratus, u której stwierdzono tendencję do słabszego plonowania pod wpływem zwiększania częstotliwości stosowania słomy, wykazywała nieco silniejsze porażenie systemu korzeniowego i podstawy źdźbła w tych obiektach. U odmiany Bryl oraz Rodos natomiast takich zależności nie zanotowano (tab. 3).

Tabela 3

Indeksy porażenia pędów i korzeni (%) przez patogeny podstawy źdźbła jęczmienia jarego w fazie dojrzałości mleczno-woskowej w zależności od częstotliwości stosowania słomy
Eye-spot and take-all indexes (%) for spring barley at the milk-dough stage depending on a frequency of fertilization with straw

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD (0.05)
	1	2	3	4	5		
indeks porażenia pędów — eye-spot index							
1998 (Rodos)	16,0	16,4	15,8	15,3	16,2	15,9	ni
1999 (Rodos)	45,1	45,0	45,4	46,3	45,2	45,4	ni
2000 (Bryl)	29,6	28,5	30,2	29,3	32,2	30,0	ni
2001 (Stratus)	10,5	11,7	15,2	13,5	17,6	13,7	ni
Średnia Mean	27,8	25,4	26,7	26,1	27,8	26,8	ni
indeks porażenia korzeni — take-all index							
2000 (Bryl)	17,8	13,7	16,9	17,5	21,5	17,5	ni
2001 (Stratus)	13,2	14,5	14,4	14,3	20,4	15,4	ni
Średnia Mean	15,5	14,1	15,7	15,9	21,0	16,4	ni

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

Tabela 4

Wartości SPAD dla jęczmienia jarego w zależności od częstotliwości stosowania słomy
SPAD values for spring barley depending on a frequency of fertilization with straw

Rok / odmiana Year / variety	Obiekt Treatment					Średnia Mean	NIR (0,05) LSD (0.05)
	1	2	3	4	5		
strzelanie w źdźbło — shooting							
1999 (Rodos)	463	472	489	480	469	475	ni
2000 (Bryl)	502	502	470	467	487	486	ni
Średnia Mean	483	487	480	474	478	481	ni
dojrzałość mleczno-woskowa — milk-dough stage							
1999 (Rodos)	398	380	389	356	393	383	ni
2000 (Bryl)	489	460	471	486	498	481	ni
Średnia Mean	444	420	430	421	446	432	ni

Opis jak w tabeli 1; For explanation see table 1

W trakcie wegetacji, oprócz analizy występowania chorób podstawy źdźbła, oceniono również w tych samych fazach rozwojowych jęczmienia jarego stan odżywienia roślin azotem metodą przyżyciową, przy czym wyniki dotyczą jedynie dwóch odmian: Rodos oraz Bryl. Przeprowadzone pomiary nie wykazują potwierdzonego statystycznie zróżnicowania odczytywanych jednostek SPAD, zarówno w fazie strzelania w źdźbło, jak też w dojrzałości mleczno-woskowej (tab. 4). Wskazuje to na podobną dostępność i wykorzystanie azotu przez rośliny, niezależnie od częstotliwości przyorywania słomy w zmianowaniu.

W doświadczeniu oceniono także niektóre chemiczne właściwości gleby po sprzęcie jęczmienia jarego. Stwierdzono, że przyorywanie słomy zwiększało w warstwie ornej

gleby zawartość przyswajalnych składników pokarmowych (istotnie tylko w przypadku fosforu) oraz próchnicy w porównaniu z obiektem kontrolnym, bez takiego nawożenia. Wyższe wartości tych wskaźników po 4 latach badań stwierdzono w obiekcie, gdzie słomę przyorywano każdego roku (słoma rzepaku, pszenicy i jęczmienia) bez dodatkowej dawki azotu wyrównującej stosunek C:N w przyorywanej słomie (tab. 5).

Tabela 5

**Wybrane chemiczne właściwości gleby w zależności od częstotliwości stosowania słomy
(po 4 latach badań)**

**Chemical properties of soil depending on a frequency of fertilization with straw
(after 4 study years)**

Obiekt Object	Próchnica Humus (%)	pH (KCl)	mg/100g		
			P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Kontrola Control treatment	1,33	6,3	15,7	12,7	4,3
Słoma 1× w zmianowaniu Straw 1× in a crop rotation	1,40	6,2	15,2	13,8	4,2
Słoma 2× w zmianowaniu Straw 2× in a crop rotation	1,42	6,3	15,1	14,4	4,4
Słoma 3× w zmianowaniu Straw 3× in a crop rotation	1,43	6,1	14,2	14,4	4,4
Słoma 3× w zmianowaniu bez N Straw 3× in a crop rotation without N	1,39	6,5	18,8	15,3	4,8
NIR — LSD _{0,05}	ni	ni	4,2	ni	ni

ni — Brak istotnych różnic; Not significant differences

DYSKUSJA

Dotychczas brak jest jednoznacznych poglądów dotyczących wpływu przyorywania słomy na wydajność poszczególnych gatunków zbóż. Brak jest również rozeznania odnośnie reakcji odmian na taką uprawę. W literaturze dominują bowiem prace dotyczące powiązań plonowania zbóż z poziomem nawożenia słomą, natomiast skromna jest wiedza odnośnie następczego wpływu różnej częstotliwości stosowania słomy w zmianowaniu na porażenie roślin przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła oraz wydajność odmian. Prezentowane w niniejszym opracowaniu wyniki badań nad różną częstotliwością przyorywania słomy w zmianowaniu potwierdziły częściowo pogląd o korzystnym oddziaływaniu takiego nawożenia na wydajność jęczmienia jarego. W podobnych badaniach przeprowadzonych przez Siutę (1999) wraz ze zwiększeniem ilości zabiegów nawożenia słomą w rotacji notowano niewielki i również nieistotny przyrost plonu ziarna tego zboża wynoszący 5-7%. Asmus i Völker (1984) w swoich pracach wskazują na podobną wielkość przyrostu plonu ziarna, natomiast w badaniach Pawłowskiego i Wesołowskiego (1991) korzystne oddziaływanie stosowania słomy jako nawozu organicznego wraz z uzupełniającą dawką azotu na jej rozkład uzyskano na poziomie jedynie 3%. Korzystniejsze efekty nawożenia słomą w uprawie jęczmienia jarego można uzyskać poprzez pozostawienie słomy na powierzchni gleby w formie mulczu (Kotwica,

2004) lub wykorzystanie biomasy poplonowej z roślin krzyżowych i strączkowych (Duer, 1996).

Steinbrenner i Höflich (1984) w badaniach nad porównaniem wpływu różnego nawożenia organicznego na porażenie przez patogeny podstawy źdźbła (*Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton i *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier) oraz produkcyjność jęczmienia jarego nie stwierdzili w warunkach Niemiec istotnych różnic tak w porażeniu jak i w plonowaniu tego zboża w zależności od stosowania słomy. Do podobnych wniosków dochodzą również w swoich pracach Schönmeier i Rehbein (1988). Penn i Lynch (1982) natomiast w swoich badaniach nad występowaniem grzybów z rodzaju *Fusarium* donoszą o zwiększonym ryzyku porażenia roślin przez te patogeny w związku z obecnością produktów fermentacji słomy. Wyniki badań własnych wskazują jednak, że w naszych warunkach klimatycznych, zbliżonych znacznie do niemieckich, presja ze strony patogenów roślin wywołujących choroby podsuszkowe może być podobna jak w Niemczech. Wymaga to jednak szerszych badań uzupełniających.

Są również wyniki prac wskazujące na niekorzystne oddziaływanie przyorywania słomy na wydajność zbóż (Duer, 1996; Kotecki i in., 2003; Spiak i in., 2002), co można wiązać m.in. z biologicznym uwstecznieniem przyswajalnego azotu. Wynika z nich również, że zastosowanie dodatkowej dawki azotu na rozkład słomy nie kompensuje całkowicie obniżki plonów, jednak w znacznym stopniu je ogranicza. Przeczą temu uzyskane wyniki badań własnych. Wskazują one bowiem, że zastosowana 3-krotnie w rotacji zmianowania słoma nie powodowała gorszego zaopatrzenia roślin w azot nawet tam, gdzie nie został on podany dodatkowo na jej rozkład w glebie. Badania te potwierdzają także korzystny wpływ przyorywania słomy na zawartość próchnicy i przyswajalnych składników pokarmowych w warstwie ornej gleby, co wykazali również w swoich badaniach m.in. Schönmeier i Rehbein (1988) oraz Siuta (1999).

Literatura wskazuje także, iż dobór i zmianowanie odmian może być czynnikiem kompensującym wartość stanowiska dla zbóż (Kuś i in., 1993). Potwierdzają to częściowo wyniki badań własnych, gdzie uprawiając różne odmiany jęczmienia jarego stwierdzono pewne różnice odmianowe, niepotwierdzone statystycznie, w ich porażeniu i produkcyjności w zależności od częstotliwości przyorywania słomy w zmianowaniu.

WNIOSKI

1. Nawożenie słomą, pomimo różnej częstotliwości jej stosowania w płodozmianie, nie powodowało istotnego zróżnicowania plonu ziarna jęczmienia jarego. Uzyskane wyniki sugerują jednak, że mogą istnieć w tym względzie pewne różnice odmianowe wynikające z silniejszego porażenia systemu korzeniowego lub dolnych międzywęźli przez patogeny wywołujące choroby podstawy źdźbła.
2. Przyżyciowa ocena stanu zaopatrzenia roślin w azot nie wykazuje gorszego zaopatrzenia jęczmienia jarego w ten składnik w zależności od częstotliwości stosowania słomy.

3. Przyorywanie słomy zwiększało w warstwie ornej gleby zawartość przyswajalnych składników pokarmowych oraz próchnicy. Wyższe wartości tych wskaźników po 4 latach badań stwierdzono w obiekcie, gdzie słomę przyorywano corocznie bez dodatkowej dawki azotu wyrównującej stosunek C:N w przyorywanej słomie.

LITERATURA

- Asmus F., Völker U. 1984. Einfluß von Strohdüngung auf Ertrag und Bodeneigenschaften in Fruchtfolgen mit unterschiedlichem Getreideanteil. Arch. Acker-Pflanzenbau Bodenk. 28 (7): 411 — 417.
- Bojarczuk J., Bojarczuk M. 1974. Współdziałanie odmian pszenicy ze szczepami grzyba *Cercospora herpotrichoides* Fron. Hod. Rośl. Aklim. 18 (5): 313 — 325.
- Bockmann H., Knoth K. E. 1971. Der verstärkte Getreidebau aus pflanzenpathologischer und pflanzenhygienischen Sicht. Z. Pflsch. u. Pflkrankh. 78 (1): 1 — 33.
- Duer I. 1996. Mulczujący wpływ międzyplonu na plonowanie jęczmienia jarego oraz zawartość wody i azotanów w glebie. Fragm. Agron. 1 (49): 29 — 43.
- Fotyma E. 2002. Zróżnicowanie odmianowe zawartości chlorofilu w liściach zbóż ozimych. Pam. Puł. 130: 171 — 178.
- Herman M., Dovrtel J. 1986. Vztahy mezi vynosem pšenice a napadením houbov *Pseudocercospora herpotrichoides*. Sborník UVTIZ. Ochrana Rostlin 22 (3): 207 — 216.
- Kotecki A., Kozak M., Malarz W. 2003. Wpływ nawożenia resztkami pozbiorowymi rzepaku ozimego i azotem na rozwój, plonowanie oraz skład chemiczny ziarna pszenicy. Acta Sci. Pol., Agricultura 2 (1): 31 — 40.
- Kotwica K. 2004. Skutki różnego zagospodarowania słomy pszennej w trakcie uprawy późniejszej pod jęczmień jary w warunkach monokultury zbożowej. Fragm. Agron. 3 (83): 95 — 106.
- Kuś J., Siuta A., Mróz A., Kamińska M. 1993. Możliwość kompensacji ujemnego wpływu stanowiska na plonowanie jęczmienia jarego. Pam. Puł. 103: 133 — 143.
- Kuś J., Smagacz J. 2001. Regionalne zróżnicowanie bilansu słomy. Pam. Puł. 124: 289 — 295.
- Mazurek J., Kuś J., Kuś J., Mróz A. 1990. Porównanie plonowania pszenicy z innymi zbożami ozimymi na glebie pobranej z różnych zmianowań. Biul. IHAR 175: 39 — 46.
- Mikołajska J. 1993. Płodzmian a zdrowotność roślin. W: Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin. Mat. Symp., Olsztyn, 7–9 września 1993: 25 — 33.
- Pawłowski F., Wesołowski M. 1991. Sposoby regeneracji stanowiska w monokulturze a plonowanie jęczmienia jarego i pszenicy ozimej. Synteza i perspektywa nauki o płodzmianach. V seminarium płodzmianowe. ART Olsztyn — VSZ Brno. Cz. III: 183 — 188.
- Penn S. J., Lynch J. M. 1982. The effect of bacterial fermentation of couch grass rhizomes and *Fusarium culmorum* on the growth of barley seedlings. Plant Pathol. 31: 39 — 43.
- Schönmeier H., Rehbein G. 1988. Zur Strohdüngung bei unterschiedlicher Getreidekonzentration auf Sandlöß-Braunschwarzerde. Arch. Acker- Pflanzenbau Bodenk. 32 (10): 659 — 665.
- Siuta A. 1999. Wpływ nawożenia słomą i biomasą międzyplonu ścierniskowego na plonowanie zbóż i wybrane wskaźniki żyzności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 467: 245 — 251.
- Smagacz J. 2003. Możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Pam. Puł. 132: 395 — 402.
- Spiak Z., Piszcz Z., Kotecki A. 2002. Wpływ przyorywania słomy z dodatkiem azotu mineralnego na zawartość azotu w glebie. Nawozy i Nawożenie. 1 (10): 247 — 255.
- Steinbrenner K., Höflich G. 1984. Einfluss acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen auf den Befall des Getreides durch *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton und *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier. Arch. Phytopathol. u. Pflanzenschutz 20 (6): 469 — 486.

HENRYK J. CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Odporność odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2003 roku na mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) Komunikat

**Resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) in barley cultivars
included in 2003 to registration trials in Poland
Short communication**

Określono genetyczne uwarunkowania odporności na mączniaka (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) dla 10 odmian jęczmienia ozimego i 12 odmian jęczmienia jarego włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2003 roku. Badane odmiany ozime mają jeden lub więcej genów odporności związanych z locus *Mlra*, *Mla6*, *Mla14* i *MI(St)*. U odmian jarych stwierdzono obecność genów *Mla1*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *Mlg*, *MI(Ab)*, *MI(IM9)*, *Mlk*, *MI(St)* i *mlo* oraz dwa geny bliżej nieokreślone. Na populację mączniaka występującą w Polsce odporne są tylko odmiany z genem *mlo*.

Słowa kluczowe: jęczmień, mączniak prawdziwy, odporność odmian

Genetic resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) of 10 winter barley cultivars and 12 spring barley cultivars from Polish Registration trials 2003 is presented. All winter cultivars have one or more genes for resistance in loci *Mlra*, *Mla6*, *Mla14*, and *MI(St)*. Ten different resistance genes: *Mla1*, *Mla9*, *Mla12*, *Mla13*, *Mlg*, *MI(Ab)*, *MI(IM9)*, *Mlk*, *MI(St)* and *mlo*, as well as two unknown genes were detected in spring cultivars. Only cultivars with gene *mlo* show 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. Choroba występuje z różnym nasileniem 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% (Zwatz, 1987; Atzema, 1998). Silniejsze porażenie mączniakiem plantacji jęczmienia browarnego prowadzi do pogorszenia wartości technologicznej ziarna jako surowca dla przemysłu piwowarskiego, głównie z powodu podwyższenia zawartości białka (Pecio i Bichoński, 2003). 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; Nieróbca i in., 2003).

Odporność uprawianych odmian na patogeny i możliwe ich zróżnicowanie pod względem genetycznego 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; 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 na 2003 rok, tak aby w momencie wprowadzania ich do produkcji nowo zarejestrowanych odmian znane było ich spektrum odporności na mączniaka.

MATERIAŁ I METODY

Odmiany jęczmienia

Do badań wzięto 10 odmian jęczmienia ozimego (tab. 1) i 12 jarego (tab. 2) przyjętych do badań rejestrowych w 2003 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 włączona do badań COBORU w 2003 roku (Najewski, 2004)
List of winter barley cultivars included in 2003 to COBORU registration trials (Najewski, 2004)

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country of origin	Hodowca Breeder
BKH 2702	PL	HR Smolice
BKH 2802	PL	HR Smolice
KRC 402	PL	PHR Tulce
POA 2502	PL	HR Szelejewo
CE 4-13903.97	DE	Erhard Eger, Carsten
LEU 0036	DE	Deutsche Saatveredelung
LP 6-054	DE	Lochow-Petkus
NORD 96505/25	DE	Nordsaat Saatzeitgesellschaft
CWB 00/10	GB	Monsanto
CWB 00/21	GB	Monsanto

Tabela 2

Lista odmian jęczmienia jarego włączona do badań COBORU w 2003 roku (Najewski, 2003)
List of spring barley cultivars included in 2003 to COBORU registration trials (Najewski, 2003)

Odmiana Cultivar	Kraj pochodzenia Country of origin	Hodowca Breeder
BKH 4502	PL	HR Smolice
NAD 3302	PL	HR Szelejewo
NAD 3402	PL	PHR Tulce
RAH 3602	PL	HR Smolice
STH 4402	PL	HR Strzelce
STH 4502	PL	HR Strzelce
STH 4602	PL	HR Strzelce
STH 4702	PL	HR Strzelce
SJ 997195 (Sebastian)	DK	Sejet
CSBC 1838-44	GB	Monsanto
CSBC 1838-12-18-2	GB	Monsanto
LP 813.6.98	DE	Lochow-Petkus

Izolaty różnicujące

W badaniach wykorzystano 21 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 9 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 2003 do kwietnia 2004. 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 inokulacji oceniano porażenie roślin w pięciostopniowej 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, gdy 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.

Tabela 3

Reakcja różnicujących odmian jęczmienia na zakażenie 22 izolatami *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*
Reaction of differential set of barley cultivars after inoculation with 22 isolates of *Blumeria graminis* f.sp. *hordei*

Odmiana Cultivar	Geny Genes	Izolat — Isolates																					
		1	2	3	4	8	9	11	13	14	24	27	28	29	31	36	38	39	40	48	51	57	63
Pall	<i>Mla8</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P01	<i>Mla1</i>	0	0	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0
P02	<i>Mla3</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0	1	0	4	0	0	0	0
P03	<i>Mla6, Mla14</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	4	4	4	4	4
P04	<i>Mla7, Mllk</i>	4	4	4	0	0	2	0	4	4	0	0	0	4	4	4	0	4	2	0	2	4	4
P04	<i>Mla7, ?</i>	4	4	4	0	0	2	1	4	4	0	2	0	4	4	4	1	4	2	0	2	4	4
P06	<i>Mla7, MILG2</i>	4	4	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	2	4	4	0	4	0	0	1	4	4
P07	<i>Mla9, Mllk</i>	4	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0
P08	<i>Mla9, Mllk</i>	4	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0
P08	<i>Mla9</i>	4	0	4	0	0	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0
P09	<i>Mla10, MIDu2</i>	4	4	4	0	0	4	0	4	0	0	4	0	4	4	4	0	4	0	0	4	4	4
P10	<i>Mla12</i>	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	0	4	4	4	0	0	4	0	4	0	4
P11	<i>Mla13, MlRu3</i>	4	0	4	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0	4
P12	<i>Mla22</i>	4	4	0	4	4	0	4	0	4	4	0	4	4	4	0	4	4	4	4	4	0	0
P13	<i>Mla23</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
P14	<i>Mlra</i>	4	4	4	0	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P15	<i>MlRu2</i>	2	2	4	2	2	4	2	2	2	2	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2
P17	<i>Mllk</i>	4	4	4	2	0	2	2	4	2	2	1	1	4	4	4	0	4	2	2	4	4	4
P18	<i>Mlnn</i>	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P19	<i>Mlp</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
P20	<i>Mlat</i>	2	2	2	4	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	2	4	2	2
P21	<i>Mlg</i>	4	4	4	0	0	0	4	0	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	0	4
P22	<i>mlo5</i>	0(4)	0(4)	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)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)	0(4)
P23	<i>MILa</i>	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4
P24	<i>Mlh</i>	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	0	4	4	4	4	4	4
Benedicte	<i>Mla9, MIIM9</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	4	4	0	0	4	0	4	0	4
Lenka	<i>Mla13, MlAb</i>	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	4
Gunar	<i>Mla3, MITu2</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0
Steffi	<i>MlSt1</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	2	0	4
Kredit	<i>MlKr</i>	4	2	0	0	0	1	0	1	4	1	0	0	2	4	2	2	2	2	0	4	1	4
Jarek	<i>Ml1192, ?</i>	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	2	4	4	4	4	3	4
Trumph	<i>Mla7, MlAb</i>	4	4	0	4	4	0	4	0	2	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Borwina	<i>MlBw</i>	2	3	3	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	4	4	2	3	4	4	4	4	3
Peggy	<i>MlSl-1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0

Natomiast w przypadku niezgodnej reakcji (ocena 0–2) na zakażenie izolatami mającym tylko jeden gen awirulencji w stosunku do pozostałych możliwych genów odporności oznaczało 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 trzy z 10 ocenianych odmian jęczmienia ozimego ma co najmniej po jednym genie odporności, sześć po dwa, a jedna jest podatna na wszystkie znane patotypy *B. graminis* f.sp. *hordei* występujące w Polsce (Gacek i in., 2004; Czembor i Czembor, 2004) (tab. 4).

Tabela 4

Reakcja odmian jęczmienia ozimego na zakażenie 21 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of winter barley cultivars after inoculation with 21 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiany Cultivars	Izotaty Isolates																						Postulowane geny Postulated genes
	1	2	3	4	8	9	11	13	14	24	27	28	29	31	36	39	40	48	51	57	63		
BKH 2702	4	4	4	0	4	4	4	4	0	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mlra</i>	
BKH 2802	4	4	4	0	4	4	4	4	0	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	<i>Mlra</i>	
KRC 402	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	brak , none	
POA 2502	0	0	0	0	0	0	4	0	4	2	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14</i>	
CE 4-13903.97	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14</i>	
LEU 0036	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14</i>	
LP 6-054	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14</i>	
NORD 96505/25	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	2	0	4	<i>MI(St)</i>	
CWB 0/10	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4	0	0	0	4	<i>Mla6, MI?</i>	
CWB 00/21	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	4	0	0	4	0	4	4	4	4	4	<i>Mla6, Mla14</i>	

Z porównania wyników oceny porażenia odmian różnicujących (tab. 3) z ocenami badanych odmian (tab. 4) można wnioskować, że: odmiany BKH 2702 i POA 2802 mają gen *Mlra*; NORD 96505/25 ma gen *MI(St)*, POA 2502, CE 4-13903.97, LEU 0036, LP 6-054 i CWB mają te same geny *Mla6* i *Mla14*; odmiana CWB 0/10 ma gen *Mla6* i drugi bliżej nieokreślony; odmiana KRC 402 jest podatna na wszystkie użyte w badaniach izolaty.

Wśród 12 badanych odmian jęczmienia jarego, 2 mają co najmniej jeden gen, 6 ma dwa, a 4 mają trzy geny odporności na porażenie przez użyte w badaniach izolaty *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (tab. 5). Stwierdzono funkcjonowanie w badanych 12 odmianach jedenastu różnych genów, które są obecne pojedynczo lub w różnych kombinacjach dwóch i trzech genów (tab. 5). Gen *mlo* jest w sześciu odmianach, *Mla13*, *MI?* w trzech, *Mla1*, *Mla9*, *Mla12*, *MI(St)* w dwóch, a *MIg*, *MIk*, *MI Ru3* i *MIIM9* w jednej.

Tabela 5

Reakcja odmian jęczmienia jarego na zakażenie 21 izolatami *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*
Reaction of spring barley cultivars after inoculation with 21 isolates of *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*

Odmiany Cultivars	Izolaty Isolates																					Postulo- wane geny Postulated genes
	1	2	3	4	8	9	11	13	14	24	27	28	29	31	36	39	40	48	51	57	63	
BKH 4502	0(4)	0	0(4)	0	0	0	0	0(4)	0	0	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	<i>mlo</i> , <i>Mla9</i> , <i>MIrk</i>
NAD 3302	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	4	<i>MI(St)</i>
NAD 3402	0(4)	0	0(4)	0	0	0	0	0(4)	0	0	0	0	0(4)	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	0	<i>mlo</i> , <i>Mla13</i> , <i>MIr3</i>
RAH 3602	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	4	4	4	0	4	0	4	0	4	<i>MIg</i> , <i>Mla9</i> , <i>IM9</i>
STH 4402	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i> , <i>MI(St)</i>
STH 4502	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	<i>mlo</i> , <i>MI(St)</i>
STH 4602	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	4	0	0	<i>Mla1</i> , <i>MI?</i>
STH 4702	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	0	0	0	0	0	<i>Mla1</i> , <i>MIg</i>
SJ 997195	0	0	4	0	0	4	0	0	4	0	0	0	4	4	4	0	4	0	4	0	4	<i>Mla12</i>
CSBC 1838-44	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0(4)	0	<i>mlo</i> , <i>Mla13</i> , <i>MIAb</i>
CSBC 1838-12- 18	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0(4)	0	0	0	0	0	0	0	0	<i>mlo</i> , <i>MI?</i>
LP 813..6..98	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4	4	4	0	4	0	4	0	0	<i>Mla12</i> , <i>MI?</i>

DYSKUSJA

W nowoczesnym rolnictwie, wśród wielu osiągnięć w technologii produkcji uprawia się na dużą skalę ujednolicone pod względem genetycznym odmiany i wciąż w praktyce stosuje się wysokie nawożenie azotem by uzyskać wysokie plony (Wolfe, 1984; Nieróbcia i in., 2003). Uprawa mało zróżnicowanych genetycznie odmian sprzyja 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 uprawy jęczmienia będą musiały uwzględniać w większym stopniu wymogi ograniczonego stosowania pestycydów i nawozów mineralnych. Istotnym elementem strategii rozwoju proekologicznego 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 genów z serii alleli *Mla*, stwierdzono ich obecność w prawie 64% 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 tych genów (Czembor, 1976; Wolfe i Schwarzbach, 1978; Czembor, 1981; Gacek i Czembor, 1988; Czembor i Czembor, 1998; Hovmoller i in., 2000; Czembor i Czembor, 2004). W celu zwiększenia trwałości odporności hodowcy dążą do większego zróżnicowania materiałów wyjściowych do hodowli, wprowadzania większej liczby genów odporności do tworzonych odmian oraz wykorzystania genów warunkujących częściową odporność. Rolnicy również mogą w znacznym stopniu zwiększyć stabilność odporności przez właściwy z punktu widzenia zdrowotności dobór odmian, przestrzenne zróżnicowanie 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 populacji mączniaka w Polsce występują z różnym nasileniem patotypy wirulentne w stosunku do wszystkich genów obecnych w zarejestrowanych w Polsce odmianach, z wyjątkiem genu *mlo* (Czembor i Czembor, 2004; Gacek i in., 2004). W sześciu odmianach jęczmienia jarego 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; Anonim, 2003, 2003 a).

WNIOSKI

1. 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

- Anonim. 2003. Bundessortenamt, Beschreibende Sortenliste 2003, Getreide, Mais, Ölfruchte, Leguminosen, Hackfruchte. Deutscher Landwirtschaft. GmbH: 40 — 42.
- Anonim. 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, Zürich, Switzerland.

- Brown J. K. M., Jorgensen J. H. 1991. A catalogue of mildew resistance genes in European barley varieties. In: Jorgensen J. H. ed., Integrated Control of Cereal Mildews: Virulence Patterns and Their Change, 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 Breeding and Seed Science 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 Polish registration trials. Plant Breed. Seed Sci. 45 (1): 21 — 41.
- Czembor H. J., Czembor J. H. 2004. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce w roku 2000. Biul. IHAR 233: 107 — 115.
- 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: Plant resistance to diseases, pests and unfavourable environmental conditions. Arseniuk E., Góral T., Czembor P. C. (eds). IHAR Radzików, Poland: 39 — 48.
- 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.
- Flor H. H. 1956. The complementary genic systems in flaxs and flaxs rust. Adv. Genet. 8: 29 — 54.
- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* D.C. f.sp. *hordei* Marchal). Hod. Rośl. Aklim. 34, 5/6: 3 — 48.
- Gacek E., Biliński Z. R., Czembor H. J., Czembor J. H. 2004. Chorobotwórczość mączniaka prawdziwego jęczmienia (*Blumeria graminis* f.sp. *hordei*) w Polsce w latach 1993–1996. Biul. IHAR 231: 365 — 376.
- 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., Heinrichs F., Jonsson R., Limpert E., Mercer P., Plesnik S., Rashal I., Skinnies H., Slater S., Wronska 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. 2004. Jęczmień ozimy. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża ozime, 2002. COBORU. Z. 26: 51 — 61.
- Najewski A. 2003. Jęczmień jary. Synteza wyników doświadczeń rejestrowych. Zboża jare, 2002. COBORU. Z. 25: 19 — 36.
- Nieróbca A., Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J. H. 2003. Ochrona roślin — ważny element technologii uprawy zbóż w UE. Pamiętnik Puławski 132: 311 — 320.
- Pecio A., Bichoński A. 2003. Plon i jakość browarna ziarna jęczmienia jarego w zależności od sposobu ochrony roślin przed chorobami. Biul. IHAR 230: 317 — 326.

- 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, San Francisco: 129 — 157.
- Zwatz B. 1987. Analyse der Resistenzfaktoren und Virulenzfaktoren im Wirt-Parasit-System Sommergerst-Sorten und Mehltau (*Erysiphe graminis* D.C. f.sp. *hordei*) in Österreich. *Die Bodenkultur.* 38: 341 — 349.

ZOFIA BANASZAK
ZYGMUNT KACZMAREK ¹
MIROSLAW S. POJMAJ
ARKADIUSZ TRĄBKA
PIOTR KAŻMIERCZAK
EWA CZERWIŃSKA
DANUTA KURLETO

Zakład Hodowli Roślin, DANKO Hodowla Roślin Sp. o.o. z/s w Choryni

¹ Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Wpływ zróżnicowanych warunków środowiska na plonowanie pszenżyta ozimego w latach 2003 i 2004

The influence of different environmental conditions on yielding of triticales in 2003 and 2004

W dwóch kolejnych sezonach wegetacyjnych 2003 i 2004 badano rody pszenżyta w doświadczeniu przedwstępnym, założonym w 5 miejscowościach. Analizowano wpływ poszczególnych cech rolniczych na plon. W 2003 roku największy wpływ na plon ziarna miało przetrzymywanie, nieco mniejszy — odporność na wylęganie roślin. W następnym roku największe znaczenie miały choroby liści: mączniak i choroby typu septoryjnego.

Słowo kluczowe: pszenżyto, plon, regresja

The preliminary trials with triticales strains were conducted at 5 locations in 2003 and 2004. In 2003, winterhardiness had the greatest effect on yield formation, whereas the lodging resistance was of lesser importance. In 2004 the most important was resistance: mainly mildew and septoria — like diseases.

Key words: triticales, yield, regression

WSTĘP

Warunkiem zgłoszenia odmiany do badań rejestrowych w Polsce było (do 2004 roku) przedstawienie wyników 2-letnich doświadczeń, przeprowadzonych co najmniej w 5 miejscowościach i w 3–4 powtórzeniach. Spowodowało to konieczność odpowiedniej organizacji doświadczeń: były to doświadczenia przedwstępne i wstępne. W skład doświadczeń przedwstępnych wchodziły rody własnej hodowli. Analiza wyników tych

doświadczeń umożliwiła podjęcie decyzji odnośnie kontynuacji badań najlepszych rodów w doświadczeniach wstępnych, zakładanych wspólnie z innymi polskimi hodowcami.

W roku 2004 obserwowano po raz pierwszy w Polsce duże nasilenie objawów mączniaka prawdziwego na pszenżycie. Intensywność tych objawów była zróżnicowana w zależności od środowiska. Z doniesień literaturowych wynika, że brak odporności pszenżyta na patogeny może spowodować obniżenie plonu ziarna (Kronberga, 2002). Według Wosia i Maćkowiaka (1995) oraz Kociuby (1998) największe zagrożenie dla liści pszenżyta ozimego z grupy grzybów nekrotroficznych stanowi patogen *Stagonospora nodorum* (Berk.). Zamorski i Schollenberger (1995) uznali rynchosporiozę za najgroźniejszą chorobę pszenżyta, natomiast objawy mączniaka notowano sporadycznie.

Wielkość plonu, poza uwarunkowaniami genetycznymi, zależy od czasu trwania poszczególnych faz rozwojowych, na które zasadniczy wpływ mają warunki pogodowe (Kalbarczyk, 2002). Rozkład opadów i wartości temperatury w okresie wegetacji modyfikują wielkość plonu ziarna (Starczewski i in., 2002). Niedobór wilgoci w fazach od strzelania w źdźbło do dojrzałości mleczej obniżał plon ziarna pszenżyta jarego (Szymczyk, Szperek, 2002).

Celem pracy była ocena plonu ziarna i wybranych cech rolniczych (czynników środowiska) w zróżnicowanych warunkach rolniczo-meteorologicznych w latach 2003 i 2004 oraz określenie wpływu poszczególnych cech na plonowanie. Poszukiwano również odpowiedzi na pytanie czy wysokość plonu była zależna od stopnia porażenia mączniakiem (*Blumeria graminis f. tritici*).

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny pochodził z programu hodowli pszenżyta ozimego, realizowanego w Zakładzie Hodowli Roślin firmy Danko w Choryni i obejmował wyniki doświadczeń przedwstępnych serii 1 i 2 w latach 2003 i 2004, oznaczonych odpowiednio PWST1-03, PWST2-03, PWST1-04 i PWST2-04. W doświadczeniach PWST1-03, PWST2-03, PWST1-04 badano 30 rodów, natomiast w PWST2-04 — 36 rodów.

Doświadczenia założone były w układzie bloków niekompletnych, w 4 powtórzeniach w 2003 roku oraz w 3 powtórzeniach w 2004 roku. Odmianami wzorcowymi, do których porównywano badane rody były Lamberto i Woltario, które były zalecane przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej.

Analizie poddano wyniki plonowania oraz cech agronomicznych takich, jak: przezimowanie, wysokość roślin, odporność na choroby liści, odporność na rdzę brunatną i mączniaka właściwego. Jednakże plony ziarna z poletka przeliczone na 1 ha miały zasadniczy wpływ na dalsze decyzje w procesie hodowli.

Zastosowano następujące metody oceny:

- analizę wariancji dla plonu ziarna,
- analizę regresji wielokrotnej dla plonu ziarna i innych cech agronomicznych, która umożliwiła dokonanie oceny bezpośredniego wpływu każdej z cech rolniczych na plonowanie i określenie znaczenia tego wpływu poprzez statystykę t.

W tabeli 1 przedstawiono wykaz analizowanych doświadczeń wraz z warunkami przyrodniczo-rolniczymi.

Tabela 1

Wykaz doświadczeń oraz warunki przyrodniczo-rolnicze
The list of trials and agricultural conditions

Rok Year	Miejscowość Site	Kompleks glebowy Type of soil	Przedplon Forecrop	N	P i K	Siew Planting date	Zbiór Date of harvest	Metoda* Method	Liczba objektów No. of entries		Liczba powtórzeń No. of replications	Pow. pola Size of plot (m ²)
									s1	s2		
2003	CHD	żytni dobry	rzepak	90	192	19 IX	17 VII	bn	30	30	4	10
2004		good rye soil	ozimy winter rape					bn	30	36	3	10
2003	DED	pszenno-żytni	rzepak oz.	155	397	10 X	11 VIII	bn	30	30	4	10
2004		good wheat soil	rzepak j. spring rape					bn	30	36	3	10
2003	KOC	szare ziemie	groch na ziarno	82	214	7 X	7 VIII	bn	30	30	4	10
2004		grey soil	pea					bn	30	36	3	10
2003	LAD	żytni dobry	Gorczyca	92	225	20 IX	24 VII	bn	30	30	4	10
2004		good rye soil	mustard					bn	30	36	3	10
2003	SOA	szczyt pod. glin	rzepak oz.	107	249	30 IX	21 VII	bn	30	30	4	10
2004		loamy sand	jęczmień j. spring barley					bn	30	36	3	10

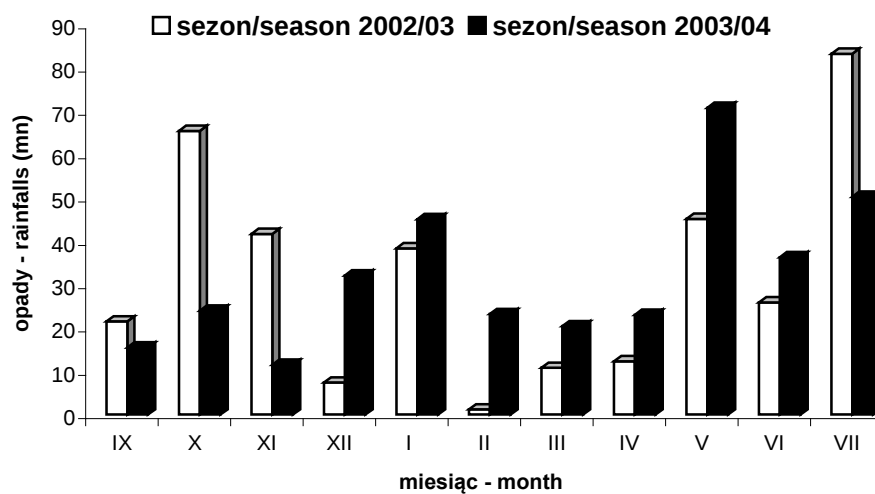
*bn — Bloki niekompletne — Incomplete blocks

WYNIKI

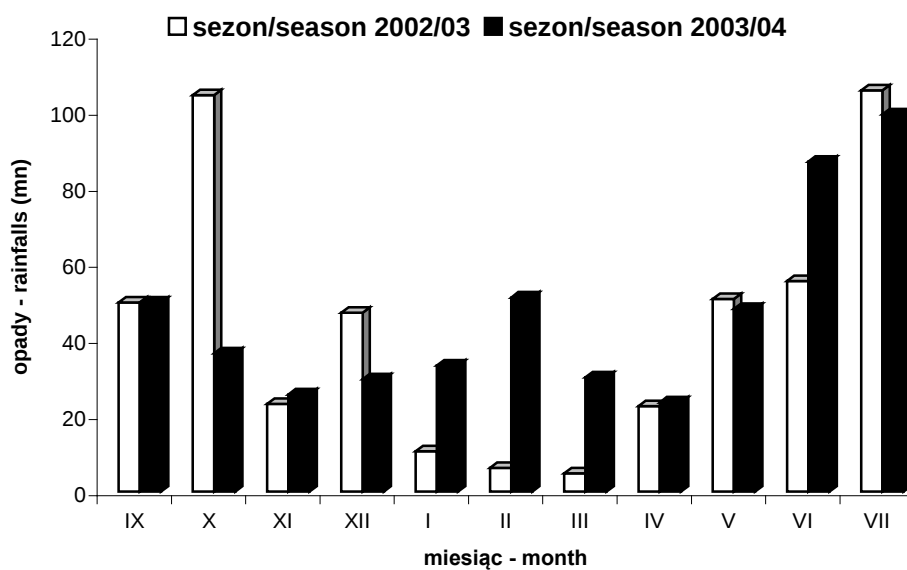
Warunki meteorologiczne

Przebieg warunków pogodowych w sezonie 2003/2004 roku (w stosunku do sezonu poprzedniego) był bardziej sprzyjający dla rozwoju roślin ze względu na korzystniejszy rozkład opadów w poszczególnych miesiącach oraz łagodną zimę. W sezonie 2002/2003 w miesiącach od grudnia do lutego we wszystkich miejscowościach wystąpiły temperatury ujemne, które miały wpływ na uszkodzenia roślin po zimie.

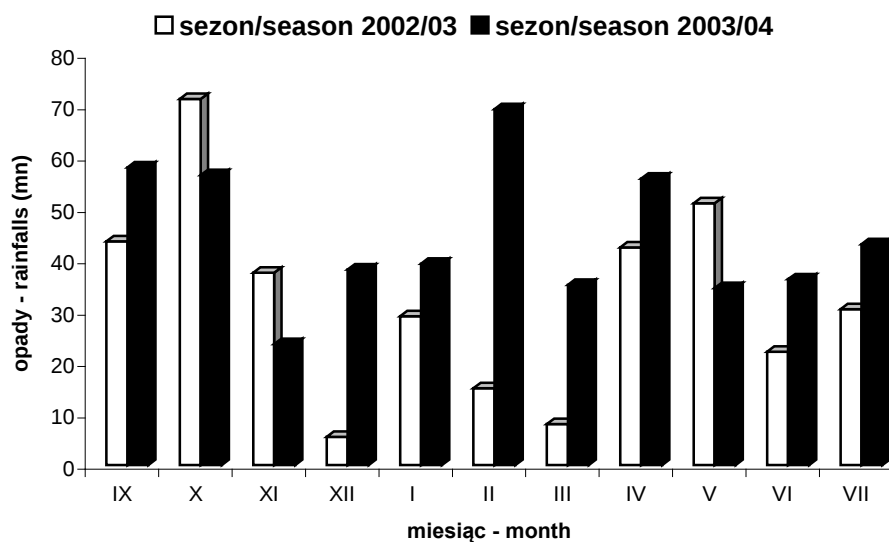
Całkowita suma opadów w ciągu okresu wegetacyjnego 2003/2004 była wyraźnie wyższa w stosunku do sezonu 2002/2003 o 134 mm w Laskach, natomiast w pozostałych miejscowościach różnice były mniejsze od 0 do 43 mm. Sumy miesięcznych opadów (rys. 1–5) różniły się dla poszczególnych miejscowości. Opady jesienne (wrzesień-listopad) były mniej obfite we wszystkich miejscowościach w sezonie 2003/2004, natomiast zdecydowanie więcej opadów było na przedwiośniu (styczeń, luty, marzec). W niektórych miejscowościach (Choryń, Laski, Sobiejuchy) również kwiecień i maj były bardziej obfite w opady.



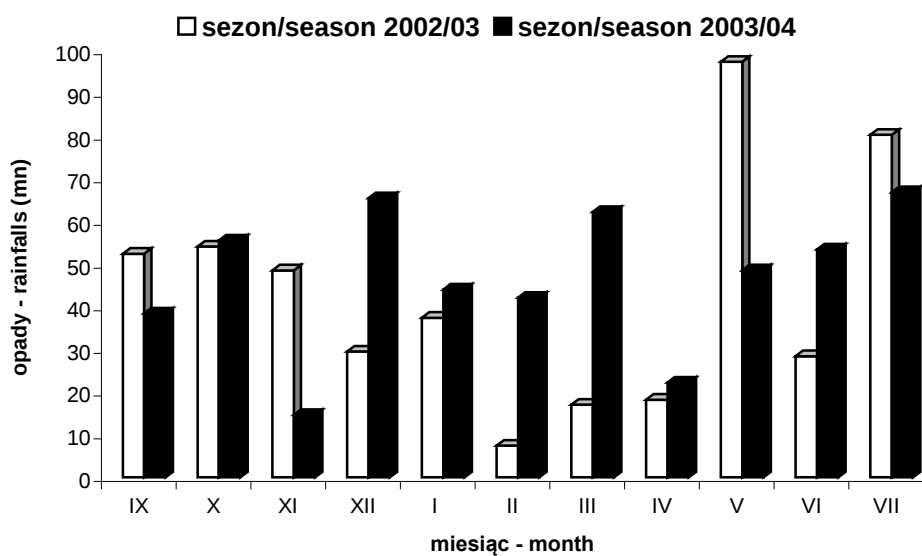
Rys. 1. Średnie opady w sezonie 2002/03 i 2003/04 w miejscowości Choryń
Fig. 1. Average monthly precipitation in Choryń



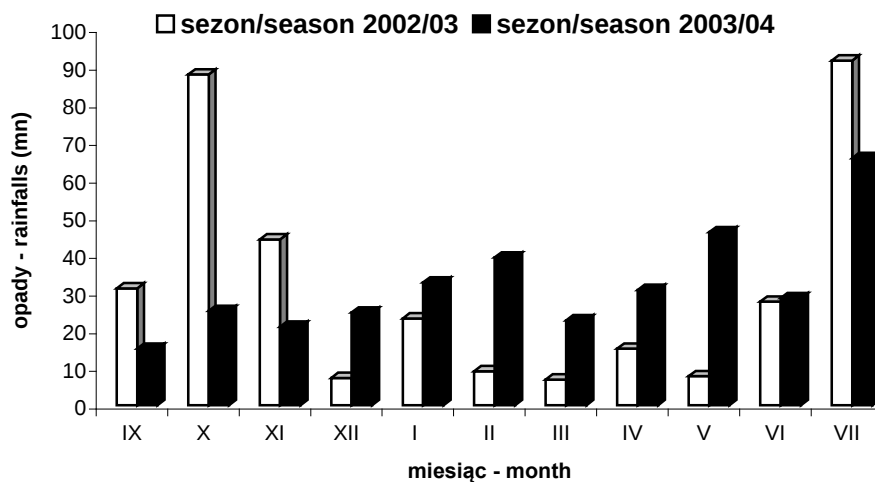
Rys. 2. Średnie opady w sezonie 2002/03 i 2003/04 w miejscowości Dębina
Fig. 2. Average monthly precipitation in Debina



Rys. 3. Średnie opady w sezonie 2002/03 i 2003/04 w miejscowości Laski
Fig. 3. Average monthly precipitation in Laski



Rys. 4. Średnie opady w sezonie 2002/03 i 2003/04 w miejscowości Pustków Żurawski
Fig. 4. Average monthly precipitation in Pustków Żurawski



Rys. 5. Średnie opady w sezonie 2002/03 i 2003/04 w miejscowości Sobiejuchy
Fig. 5. Average monthly precipitation in Sobiejuchy

W Choryni temperatury poniżej -15°C notowano w pierwszej dekadzie stycznia 2003, gdzie w ciągu 3 kolejnych dni temperatura obniżała się od $-15,0^{\circ}$ do $-23,0^{\circ}\text{C}$. Również w lutym zanotowano 2 dni z temperaturą -15°C i 1 dzień z temperaturą $-17,5^{\circ}\text{C}$.

W Dębinie i w Laskach zima była bardziej surowa. W Dębinie w pierwszej dekadzie grudnia 2002 w ciągu jednego dnia temperatura obniżyła się do $-18,0^{\circ}\text{C}$, a po 23 grudnia przez 4 kolejne dni do $-18,0^{\circ}\text{C}$. W styczniu 2003 przez 3 dni notowano temperaturę od $-17,0^{\circ}$ do $-18,0^{\circ}\text{C}$, a w dniu 7 stycznia temperatura obniżyła się nawet do $-29,0^{\circ}\text{C}$. W połowie lutego również 3 dni notowano z temperaturą od $-15,0^{\circ}$ do $-16,0^{\circ}\text{C}$.

W miejscowości Laski przez 6 dni grudnia notowano temperaturę $-15,0^{\circ}\text{C}$, przy czym największe obniżenie nastąpiło w dniu 24 grudnia ($-21,8^{\circ}\text{C}$). W styczniu 2003 od 3 do 9 dnia temperatura obniżyła się do $-23,8^{\circ}\text{C}$. W następnym miesiącu notowano 3 dni z obniżoną temperaturą (od $-17,0^{\circ}$ do $-18,6^{\circ}\text{C}$).

Na południu Polski w Pustkowie obniżenie temperatury poniżej $-15,0^{\circ}\text{C}$ zanotowano tylko w styczniu (4 dni z minimalną temperaturą do $-18,5^{\circ}\text{C}$) i w lutym (3 dni z temperaturą $-16,0^{\circ}$ do $-17,0^{\circ}\text{C}$).

W Sobiejuchach tylko w ciągu 2 dni w grudniu temperatura obniżyła się do $-16,8^{\circ}\text{C}$, natomiast w styczniu w ciągu 2 kolejnych dni zanotowano temperaturę od $-19,4^{\circ}$ do $-20,2^{\circ}\text{C}$.

Plon

W roku 2003 średni poziom plonowania rodów wynosił $91,1 \text{ dt/ha}$ w doświadczeniu PWST 1-03 i $88,9 \text{ dt/ha}$ w doświadczeniu PWST2-03. W następnym roku plony były wyższe i wynosiły odpowiednio $100,0$ i $104,5 \text{ dt/ha}$ (tab. 2).

Tabela 2

Charakterystyka statystyczna cech agronomicznych w doświadczeniach
Statistical characteristics of agronomical features in the trials

Cecha Feature	Średnia Mean	Odchylenie standardowe Standard deviation	Błąd standardowy Standard error	Współczynnik zmienności Coefficient of variation	MIN Min	MAX Max
doświadczenie PWST 1 – 03 — experiment						
Termin kłoszenia (Maj) — Heading	26	1,61	0,29	6,31	23,0	29,0
Wysokość (cm) — Height	107	4,31	0,78	4,04	99,0	117,0
Wyleganie* — Lodging	5,7	1,59	0,29	27,71	3,1	8,6
Rdza br.* — Brown rust	7,1	0,80	0,14	11,37	5,7	8,4
Przezimowanie* — Winterhardiness	7,7	0,98	0,17	12,74	5,1	8,7
Plon (dt/ha) — Yield	91,1	5,84	1,06	6,42	74,9	100,6
doświadczenie PWST 2 – 03 — experiment						
Termin kłoszenia (Maj) — Heading	25	1,35	0,25	5,33	23,0	28,0
Wysokość (cm) — Height	105	5,49	1,00	5,24	94,0	116,0
Wyleganie* — Lodging	6,5	1,49	0,27	22,64	3,6	9,0
Rdza br.* — Brown rust	6,7	0,99	0,18	14,77	3,5	7,9
Przezimowanie* — Winterhardiness	7,8	1,10	0,20	14,22	3,8	9,0
Plon (dt/ha) — Yield	88,9	6,78	1,23	7,62	64,2	100,6
doświadczenie PWST 1 – 04 — experiment						
Termin kłoszenia (Maj) — Heading	23	2,39	0,43	10,38	18,4	27,0
Wysokość (cm) — Height	124	5,31	0,96	4,29	109,4	132,2
Wyleganie* — Lodging	8,6	0,44	0,08	5,14	7,6	9,0
Choroby liści* — Leaf diseases	5,4	1,17	0,21	21,59	2,9	7,5
Rdza br.* — Brown rus	6,6	1,33	0,24	20,06	3,8	8,2
Mączniak* — Mildew	6,9	1,57	0,28	22,76	3,8	9,0
Plon (dt/ha) — Yield	100,0	6,69	1,22	6,7	83,7	111,0
doświadczenie PWST 2 – 04 — experiment						
Termin kłoszenia (Maj) — Heading	24,0	1,54	0,25	6,44	20,0	27,8
Wysokość (cm) — Height	126	6,72	1,12	5,31	106,0	137,2
Wyleganie* — Lodging	8,4	0,28	0,04	3,40	7,8	8,9
Choroby liści* — Leaf diseases	5,7	1,06	0,17	18,39	3,1	7,6
Rdza br.* — Brown rus	6,1	1,04	0,17	17,01	3,9	8,2
Mączniak* — Mildew	7,3	1,62	0,27	22,13	3,3	9,0
Plon (dt/ha) — Yield	104,5	8,99	1,49	8,6	83,1	118,3

* Wartości dla obserwowanej cechy podano w skali 1 – 9, gdzie 9 oznacza stan najkorzystniejszy

* Estimation in a 1–9 scale means the highest level of the feature

W tabeli 3 przedstawiono dla każdego doświadczenia analizę regresji wielokrotnej plonu względem 6–7 cech agronomicznych (terminu kłoszenia, wysokości roślin, wylegania, chorób liści, mączniaka, rdzy brunatnej, przezimowania).

Największy wpływ na plon ziarna w roku 2003 w serii PWST 1-03 miało przezimowanie (najwyższa wartość statystyki t), w mniejszym stopniu wyleganie i wysokość roślin (współczynnik determinacji dla tych cech wyniósł $R^2 = 60,39\%$). Na kształtowanie plonu w serii PWST 2-03 również w największym stopniu miało wpływ przezimowanie, mniejszy — wyleganie ($R^2 = 73,31\%$). W doświadczeniu PWST 1-03 nieco lepiej plonowały rody wyższe, współczynnik korelacji pomiędzy plonem i wysokością roślin wynosił 0,41* podczas gdy w doświadczeniu PWST 2-03, pomimo większego zróżnicowania wysokości roślin niż w doświadczeniu PWST 1-03 cecha ta nie miała istotnego wpływu na plon, współczynnik korelacji był niski (0,18) i statystycznie

nieistotny. Pozostałe cechy takie jak termin kłoszenia i porażenie przez rdzę brunatną nie miały istotnego wpływu na plonowanie rodów pszenżyta, mimo że notowano porażenie rodów od 3,5 do 8,4.

W następnym sezonie wegetacyjnym największe znaczenie w kształtowaniu plonu miały choroby liści i mączniak w serii PWST 1-04 ($R^2 = 59,45\%$) oraz choroby liści i wysokość roślin w serii PWST 2-04 ($R^2 = 82,62\%$). Zróznicowanie rodów pod względem wysokości roślin było większe w tej serii, plonowały lepiej rody wyższe. Współczynnik korelacji dla plonu i wysokości wynosił 0,38*.

Tabela 3

Analiza regresji wielokrotnej dla zależności plonu od wybranych cech agronomicznych (wysokości roślin, wylegania, przezimowania, chorób liści i mączniaka)
The analysis of multiple regressions for the relationship between the grain yield and some agronomical features (plant height, lodging, winterhardiness, leaf diseases and mildew)

Doświadczenie Trial	Współczynnik determinacji R ² (%) Coefficient of determination	Istotna przy p = 0,05 statystyka t t statistic value		Równanie regresji Equation of regresion
		cechy		
PWST 1-03	60,39	2,03	Wys.	Plon = 6,21 + 0,42 Wys. + 1,24 Wyl. + 4,20 Przez.
		2,24	Wyl.	
		5,16	Przez.	
PWST 2-03	73,31	1,64	Wyl.	Plon = 41,98 + 0,76 Wyl. + 5,38 Przez.
		8,60	Przez.	
PWST 1-04	59,45	2,27	Ch.l.	Plon = 73,84 + 1,89 Ch.l. + 2,30 Mącz.
		3,74	Mącz.	
PWST 2-04	82,62	3,17	Wys.	Plon = 23,96 + 0,31 Wys. + 7,08 Ch.l.
		11,35	ch.l.	

Wys. — Wysokość roślin; Plant height

Wyl. — Wyleganie; Lodging

Przez. — Przezimowanie; Winterhardiness

Ch.l. — Choroby liści; Leaf diseases

Mącz. — Mączniak; Mildew

Plon; Yield

Cechy: Traits

W roku 2004 obserwowano objawy porażenia przez mączniaka w różnym nasileniu w poszczególnych miejscowościach. W Choryni w krótkim czasie po zanotowaniu porażenia mączniakiem pojawiły się objawy rdzy brunatnej, w Dębinie z kolei mączniak rozwijał się przez dłuższy okres czasu. W późniejszym okresie na liściach pojawiły się dodatkowo plamistości spowodowane głównie przez grzyb *Staganospora nodorum* Berk.). Nekrotyczne plamy spowodowane przez septoriozy trudno było odróżnić od nekroz spowodowanych mączniakiem, stąd obserwacje „choroby liści” nie tylko odnoszą się do objawów septoriozy, ale również pokrywają się w pewnej części z nekrozami spowodowanymi przez mączniaka. Dlatego też, mimo że w doświadczeniu PWST 2-04 równanie regresji i statystyka t wskazują na choroby liści jako główny czynnik mający wpływ na plon powinno się tutaj także wziąć pod uwagę porażenie mączniakiem.

W 2003 roku najlepiej plonującymi okazały się rody pszenżyta o najlepszej zimotrwałości. Były to: CHD 47/00, CHD 50/00, CHD 2688/98, DAD 956/00, LAD

1112/00 i LAD 3532/99. Natomiast w roku 2004 najlepszymi okazały się rody o bardzo dobrej odporności na choroby: CHD 74/01, CHD 75/01, CHD 261/01, CHD 265/01, LAD 3229/01 i LAD 93/01.

DYSKUSJA

Testowanie genotypów w różnych warunkach środowiskowych umożliwia selekcję odmian o szerokiej adaptacji (Drzazga, Krajewski, 2000, 2003), dlatego w późniejszych pokoleniach bada się rody hodowlane w możliwie dużej liczbie miejscowości. O liczbie punktów doświadczalnych decyduje ilość ziarna danego rodu oraz w dużym stopniu względy ekonomiczne.

W oparciu o takie założenie prowadzone są doświadczenia hodowlane polegające na testowaniu rodów utrwalonych w procesie hodowli, w możliwie dużej liczbie miejscowości.

Warunki pogodowe bywają często bardzo zmienne pomiędzy regionami w kraju, co może wpływać na duże odchylenia wielkości plonów (Górski i in., 1999). Warto podkreślić, że rok 2004 był stosunkowo korzystny pod względem warunków pogodowych we wszystkich badanych regionach. Świadczą o tym uzyskane wartości plonu, w każdej miejscowości przekraczające średnio 100 dt/ha, natomiast rok 2003 był znacznie gorszy pod tym względem, poziom plonowania był o około 10 dt/ha niższy.

W doświadczeniach analizowano wpływ poszczególnych cech rolniczych takich jak: termin kłoszenia, wysokość roślin, odporność na wyleganie, odporność na mączniaka, odporność na rdzę brunatną i choroby liści oraz przezimowania na plonowanie rodów pszenżyta w dwóch kolejnych latach.

W roku 2003 największe znaczenie w kształtowaniu plonu miało przezimowanie oraz odporność na wyleganie. Na skutek wylegania ulega zmniejszeniu potencjalna plenność kłosa (Pokacka i in., 1987).

W doświadczeniu PWST 1-03 stwierdzono wpływ wysokości roślin na plonowanie, lepiej plonowały rody o dłuższym źdźble. Przy doborze rodów do odpowiednich serii doświadczeń bierze się pod uwagę wysokość roślin, jednak nie zawsze różnice pomiędzy rodami potwierdzają się w kolejnych latach. Efekty sąsiedzkie wynikające z różnicy wysokości lub czynnik odmianowy mogły mieć wpływ na gorsze plonowanie rodów o krótszym źdźble.

Wysokość roślin może decydować o podatności na wyleganie. Jak wykazują badania prowadzone w wielu krajach Europy, odmiany o skróconym źdźble (odmiany półkarłowe) charakteryzują się wysokim potencjałem plonowania oraz dobrymi zdolnościami adaptacyjnymi do różnych środowisk glebowo-klimatycznych (Wolski i in., 1998).

W badaniach Szeląga i wsp. (1998) oraz Maćkowiaka i wsp. (1998) wykazano, że jedną z najważniejszych cech pszenżyta ozimego, która decyduje o wierności plonowania jest wysoki poziom zimotrwałości. Niskie temperatury w sezonie 2002/2003 spowodowały uszkodzenia roślin, które miały istotny wpływ na plon ziarna.

W sezonie wegetacyjnym 2003/2004 zaobserwowano większe nasilenie chorób na pszenżycie. Wiosną wystąpiło wyjątkowo duże nasilenie objawów mączniaka, później rdzy

brunatnej i chorób typu septoryjnego. Analiza regresji wykazała, że choroby liści i mączniak miały wpływ na plonowanie rodów w doświadczeniu PWST 1-04 oraz wysokość roślin i choroby liści w doświadczeniu PWST 2-04.

Pszenżyto przez szereg lat uważane było za gatunek wysoce odporny na choroby, a w szczególności na mączniaka i rdze (Maćkowiak i in., 1993). Jednak w miarę zwiększania się arealu uprawy pszenżyta rośnie zagrożenie pojawienia się dużego nasilenia chorób, które mogą spowodować znaczne straty gospodarcze (Strzembicka i in., 1998).

Wyniki obserwacji potwierdzają takie obawy. Dotyczy to przede wszystkim porażenia mączniakiem (*Blumeria graminis f. tritici*), które obserwowano po raz pierwszy w tak dużym nasileniu w roku 2004.

Kilka badanych form pszenżyta okazało się też bardzo podatnym gospodarzem dla rdzy brunatnej powodowanej przez grzyb *Puccinia recondita f. sp. tritici*. Choroba ta wystąpiła w większym nasileniu na zasiewach pszenżyta na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia (Woś i in., 1994).

Termin kłoszenia we wszystkich doświadczeniach nie miał wpływu na plon ziarna, chociaż jak podaje Saulescu i wsp. (1998) cecha ta może mieć wpływ na wielkość plonu.

WNIOSKI

1. W roku 2003 największy wpływ na plonowanie rodów pszenżyta miało przezimowanie, a nieco mniejszy — wyleganie roślin.
2. W 2004 roku cechą, która warunkowała plonowanie były choroby liści typu septoryjnego i porażenie mączniakiem.

LITERATURA

- Drzazga T., Krajewski P. 2000. Charakterystyka środowisk na podstawie wyników doświadczeń hodowlanych z pszenicą jarą w latach 1981–1998. Biul. IHAR 216: 323 — 329.
- Drzazga T., Krajewski P. 2003. Charakterystyka roli środowisk w seriach doświadczeń przedwstępnych z pszenicą ozimą w latach 1999–2001. Biul. IHAR 226/227/1: 97 — 101.
- Górski T., Krasowicz S., Kuś J. 1999. Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. Pam. Puł. 114: 143 — 150.
- Kalbarczyk E. 2002. Wpływ warunków meteorologicznych na rozwój pszenżyta ozimego w Polsce. Folia Univ. Agr. Stetin. 2002, Agricultura 228 (91): 29 — 36.
- Kociuba W., 1998. Wyniki oceny materiałów kolekcyjnych pszenżyta ozimego i jarego w 1996 roku. Biul. IHAR 205/206: 219 — 228.
- Maćkowiak W., Budzianowski G., Cicha A., Cichy H., Mazurkiewicz L., Milewski G., Paizert K., Szeląg B., Szeląg J., Woś H. 1998. Hodowla pszenżyta w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli i Aklimatyzacji Roślin „Małyszyn”. Biul. IHAR 205/206: 303 — 320.
- Maćkowiak W., Paizert K., Mazurkiewicz L., Woś H. 1993. Osiągnięcia i problemy hodowli pszenżyta w Polsce. Biul. IHAR 187: 143 — 166.
- Pokacka Z., Korbias S., Staniszevska A. 1987. Choroby występujące na pszenżycie i ich zwalczanie, Ochrona Roślin 2: 7 — 9.
- Saulescu N. N., Ittu G., Balota M., Ittu M., Mustatea P. 1998. Breeding wheat for lodging resistance, earliness and tolerance to abiotic stresses. Wheat: prospects for global improvement. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht: 181 — 188.

- Starczewski J., Bombik A., Dopka D. 2002. Plonowanie i struktura plonu pszenżyta ozimego w zależności od nawożenia azotem i wybranych retardantów. *Folia Univ. Agr. Stetin.* 2002, *Agricultura* 228 (91): 147 — 153.
- Strzembicka A., Węgrzyn S., Grzesik H. 1998. Ocena rodów hodowlanych pszenżyta pod względem odporności na rdzę brunatną (*Puccinia recondita f. sp. tritici*). *Biul. IHAR* 205/206: 273 — 277.
- Szeląg J., Maćkowiak W., Szeląg B., Woś H. 1998. Mrozoodporność a zimotrwałość pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR* 205/206: 205 — 211.
- Szymczyk S., Szyperek U. 2002. Wpływ wilgotności gleby i nawożenia azotem na pobranie makroelementów przez pszenżyto jare. IV Sympozjum Naukowe: Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta w Kołobrzegu 2002.
- Wolski T., Gryka J., Jarząbek B., Czerwińska E. 1998. Hodowla pszenżyta półkarłowego w DANKO. *Biul. IHAR* 205/206: 299 — 302.
- Woś H., Maćkowiak W., Mazurkiewicz L., Milewski G. 1994. Podatność pszenżyta jarego na rdzę brunatną (*Puccinia recondita*). *Zeszyty Naukowe Akademii rolniczej w Szczecinie*. Nr 162, *Rolnictwo* LVIII: 277 — 280.
- Woś H., Maćkowiak W. 1995. Odporność polskich odmian pszenżyta ozimego na *Stagonospora nodorum*. *Biul. IHAR* 195/196: 183 — 189.
- Zamorski Cz., Schollenberger M. 1995. Występowanie chorób pszenżyta w Polsce. *Biul. IHAR* 195/196: 197 — 207.

DANUTA BOROS¹**MAGDALENA PLOCH**¹**DANIELA GRUSZECKA**²¹ Pracownia Oceny Jakości Produktów Roślinnych, Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

² Instytut Genetyki i Hodowli Roślin, Akademia Rolnicza, Lublin

Charakterystyka jakości dwóch mieszańców pszenżyta z pszenperzem Komunikat

Quality characteristics of hybrids derived from triticale and *Agrotriticum* Short communication

Podjęte badania miały na celu określenie możliwości wykorzystania pszenperzu do poprawy wartości użytkowej ziarna pszenżyta. Materiałem badawczym były dwa mieszańce pszenperzu z pszenżytem Presto i rodem [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] oraz ich formy rodzicielskie. Ziarno oceniano pod względem cech fizyko-chemicznych: masy 1000 ziarniaków, masy objętościowej (MHL), zawartości białka, popiołu, włókna pokarmowego i jego frakcji jak również lepkości wodnego ekstraktu. Określono także ich wartość biologiczną w warunkach laboratoryjnych. Spośród testowanych prób ziarna pszenperz cechował się największą zawartością białka (15%) i MHL (78) oraz najniższą MTZ (42). Pozostałe analizowane cechy były na poziomie zbliżonym do rodzicielskich form pszenżyta. Mieszańcowe rody pszenżyta z pszenperzem charakteryzowały się podwyższoną zawartością włókna pokarmowego i jego frakcji składowych. Największe różnice stwierdzono między ilością NSP i arabinoksylianów w mieszańcu z rodem [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79]. Zawartość białka była natomiast zwiększona w ziarnie mieszańca z odmianą Presto. Nie stwierdzono wyraźnego wpływu pszenperzu na strawność białka i suchej masy badanych rodów mieszańcowych, jednakże istotny na wartość biologiczną zależną prawdopodobnie od koncentracji białka. Uzyskane wstępne wyniki badań wykazały przydatność pszenperzu do poprawy cech użytkowych pszenżyta. Rekombinacja genów pszenżyta z pszenperzem zwiększyła zakres zmienności zawartości białka i włókna pokarmowego.

Słowa kluczowe: pszenperz, pszenżyto, mieszańce, wartość użytkowa, włókno pokarmowe

The study was undertaken to determine the possibility of exploiting *Agrotriticum* for improving end-use quality of triticale. Experimental materials consisted of two hybrids derived from *Agrotriticum* and triticale, variety Presto and line [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79], as well as their parental forms. The following physico-chemical features were analyzed: thousand-kernel weight (TKW), mass of hectoliter (MHL), content of: protein, ash, dietary fibre (TDF) and its constituent polysaccharides and viscosity of water extract. Biological value on a laboratory scale was also examined. *Agrotriticum*

showed the highest content of protein (15%) and MHL (78) but the lowest TKW (42) within tested grains. The remaining features were at a level similar to triticale parental forms. Hybrids of *Agrotriticum* and triticale characterized by increased content of dietary fibre and its fractions as compared to triticale. The greatest differences were found in nonstarch polysaccharides (31%) and arabinoxylans (43%) in the hybrid derived from line [(Lanca $\times$ L506/79) $\times$ CZR 142/79], whereas the content of protein was increased in the highest degree in the hybrid with variety Presto. *Agrotriticum* did not have any impact on digestibility of protein and dry matter in the hybrids but significant one on biological value, which seems to be related to the concentration of protein. The preliminary results indicate usefulness of *Agrotriticum* to improve quality of triticale and possibly other cereals. Recombination of triticale and *Agrotriticum* genes increased the range of variability of protein and dietary fibre contents.

Key words: *Agrotriticum*, triticale, hybrids, end-use quality, dietary fibre

Indeks skrótów użytych w pracy — Index of abbreviations used

MTZ — masa tysiąca ziarniaków; weight of thousand kernels

MHL — masa objętościowa; mass of hectolitre

NSP — nieskrobiowe polisacharydy; nonstarch polysaccharides

TDF — włókno pokarmowe całkowite; total dietary fibre

SAX — rozpuszczalne arabinoksylany; soluble arabinoxylans

TAX — całkowite arabinoksylany; total arabinoxylans

WEV — lepkość wodnego ekstraktu; water extract viscosity

TPD — strawność rzeczywiście białka; true protein digestibility

BV — wartość biologiczna; biological value

NPU — wykorzystanie białka netto; net protein utilization

DMD — strawność suchej masy; dry matter digestibility

BWG — przyrost masy ciała; body mass gain

WSTĘP

Ziarno zbóż jako podstawowy składnik pożywienia jest nie tylko głównym dostarczycielem energii i znaczącym źródłem białka, ale także wielu substancji bioaktywnych o korzystnym wpływie na zdrowie człowieka. Do najważniejszych substancji w tym aspekcie zaliczane jest włókno pokarmowe. Zgodnie z najnowszą definicją terminem tym określa się składniki roślinne nietrawione przez enzymy układu pokarmowego człowieka, częściowo lub całkowicie ulegające fermentacji w jelicie grubym, obejmujące polisacharydy nieskrobiowe, oligosacharydy, ligniny i substancje z nimi powiązane jak: woski, kutyny, saponiny, suberyny fityniany i taniny (AACC Report, 2001). Składniki włókna pokarmowego mają korzystny fizjologiczny wpływ na przewód pokarmowy i nasze zdrowie, które to działanie przejawia się regulacją pasażu treści jelitowej oraz obniżeniem we krwi poziomu cholesterolu i glukozy. W ziarnie pszenżyta podobnie jak w jego formach rodzicielskich — pszenicy i żyta, w grupie polisacharydów nieskrobiowych, głównego składnika włókna pokarmowego, dominują arabinoksylany, spośród których poziom frakcji rozpuszczalnych w wodzie ma decydujące znaczenie dla ich fizjologicznego działania (Chesson, 1990; Boros, 1999), wpływu na hipocholesterolemię i hipoglikemię (Hasik i Bartnikowska, 1987).

Podejmowane są obecnie liczne prace nad poprawą cech użytkowych ziarna zbóż zarówno poprzez wykorzystanie technik hodowlanych jak i procesy przetwórstwa. W odniesieniu do technik hodowlanych jedną z dróg polepszenia cech użytkowych form uprawnych jest krzyżowanie oddalone i selekcja pozytywna w obrębie mieszańcowego potomstwa. W tym celu sięga się między innymi do dzikich gatunków pszenperzu, w których poszukuje się genów warunkujących korzystne cechy i wykazujących jednocześnie ekspresję u mieszańców z pszenżytem. Wyniki badań potomstwa mieszańcowego wskazują na poprawę cech ilościowych i jakościowych pszenżyta, tj. masy 1000 ziaren, ciężaru objętościowego oraz zmniejszenia porażenia przez czynniki chorobotwórcze (Arseniuk i in., 1998; Kowalczyk i Gruszecka, 2000 i 2002; Gruszecka i Czerwińska, 2004).

W poszukiwaniu nowych źródeł cech warunkujących wysoką wartość użytkową ziarna zbóż zapoczątkowaliśmy w naszej pracowni badania zawartości składników bioaktywnych i wartości pokarmowej pszenperzu i rodów mieszańcowych pszenżyta z pszenperzem.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto dwa mieszańcowe rody pszenżyta z pszenperzem, rodzicielskie formy pszenżyta heksaploidalnego, odmianę Presto i ród [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] × (*Triticum aestivum* × *Agropyron* sp.) oraz pszenperz (*Agropyron* sp.).

W ziarnie oznaczono masę 1000 ziarniaków (MTZ), masę objętościową (MHL), zawartość białka, popiołu oraz włókna pokarmowego i jego składowych polisacharydów. Zmierzono także lepkość wodnych ekstraktów ziarna (Boros i in., 1993). Analizy białka, popiołu i lignin wykonano metodami standardowymi (AOAC, 1999), podczas gdy zawartość nieskrobiowych polisacharydów (NSP) metodą Englysta i Cummingsa (1984). Włókno pokarmowe (TDF) wyliczono jako sumę zawartości NSP i lignin (Theander i in., 1995).

Doświadczenie żywieniowe wykonano testem bilansowym na szczurach wg metodyki Egguma (1973). Kryteriami jakościowymi były strawność rzeczywista białka (TPD), jego wartość biologiczna (BV) i wykorzystanie netto (NPU) oraz strawność suchej masy (DMD) jako prosty wskaźnik wykorzystania energii i przyrost masy ciała (BWG).

Wyniki przedstawiono w tabelach 1–3.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ziarno pszenperzu cechowało się wysoką zawartością białka i MHL oraz najniższą MTZ w porównaniu do ziarna pszenżyta (tab. 1). Mieszańcowe rody pszenżyta pod względem cech fizyko-chemicznych z pszenperzem charakteryzowały się natomiast zbliżonymi do rodzicielskiej formy pszenżyta MTZ i MHL i wyższą zawartością białka, średnio o 7%, przy czym w tym przypadku 2 badanych pszenżyty reakcja na dodane geny pszenperzu była całkowicie odmienna. Poziom białka w mieszańcu pszenperzu z odmianą Presto był aż o 19% wyższy niż w formie rodzicielskiej pszenżyta, podczas gdy w mieszańcu z rodem [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] o 4% niższy. Tak odmienna reakcja pszenżyta na

dodane geny pszenperzu w odniesieniu do zawartości białka mogła być efektem odmiennego tła genetycznego odmiany Presto i rodu [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] jak również rekombinacji genów, jednakże mała liczba testowanych mieszańców pszenżyta z pszenperzem nie pozwala na wyciągnięcie jednoznacznych wniosków.

Mieszańcowe rody pszenżyta z pszenperzem odznaczały się podwyższoną zawartością włókna pokarmowego, średnio o 21%, w porównaniu do form rodzicielskich pszenżyta (tab. 2).

Tabela 1

Charakterystyka fizyko-chemiczna mieszańców pszenżyta z pszenperzem w porównaniu z formami rodzicielskimi (w % sm)

Physico-chemical characteristics of hybrids between triticale and *Agrotriticum* (% of DM)

Zboże Cereal	MTZ TKW	MHL Vol. mass	Białko Protein	Popiół Ash
Pszenperz — (<i>Triticum aestivum</i> × <i>Agropyron</i> 1)	41,6	77,8	15,4	2,0
Presto	46,3	73,9	12,4	2,0
Presto × pszenperz	47,8	73,6	14,7	1,9
[(Lanca × L506/79) × CZR 142/79]	44,6	67,9	13,3	1,9
[(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] × pszenperz	46,4	70,7	12,8	2,1
Pszenżyto; Triticale	45,5	70,9	12,9	2,0
<i>sd</i>	1,2	4,2	0,6	0,1
Mieszańce z pszenperzem; Hybrids	47,1	72,2	13,8	2,0
<i>sd</i>	1,0	2,1	1,3	0,1

Tabela 2

Porównanie zawartości włókna pokarmowego (TDF) i jego składników: nieskrobiowych polisacharydów (NSP), lignin, arabinoksylanów całkowitych (TAX) i rozpuszczalnych (SAX) oraz lepkości wodnego ekstraktu ziarna (WEV) mieszańców pszenżyta z pszenperzem w porównaniu z formami rodzicielskimi (w % sm)

Content of total dietary fibre (TDF) and its components: nonstarch polysaccharides (NSP), lignins, total (TAX) and soluble (SAX) arabinoxylans and viscosity of water extract (WEV) in hybrids between triticale and *Agrotriticum* as compared to parental forms (% of DM)

Zboże Cereal	NSP	Ligniny Lignins	TDF	TAX	SAX	WEV
Pszenperz — (<i>Triticum aestivum</i> × <i>Agropyron</i> 1)	9,7	2,9	12,6	6,76	1,45	1,45
Presto	9,1	1,8	10,8	6,05	1,53	1,48
Presto × pszenperz	10,6	1,9	12,5	7,25	1,56	1,54
[(Lanca × L506/79) × CZR 142/79]	9,4	2,6	12,0	6,12	1,45	1,57
[(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] × pszenperz	12,3	2,8	15,1	8,77	1,76	1,69
Pszenżyto; Triticale	9,3	2,2	11,4	6,1	1,49	1,53
<i>sd</i>	0,2	0,6	0,8	0,0	0,1	0,1
Mieszańce z pszenperzem; Hybrids	11,4	2,4	13,8	8,0	1,66	1,62
<i>sd</i>	1,2	0,7	1,9	1,1	0,1	0,1

Największe jednakże różnice stwierdzono między ilością NSP i ich frakcji składowych. Całkowita zawartość NSP oraz frakcji rozpuszczalnych były wyższe w ziarnie mieszańcowych rodów pszenżyta z pszenperzem. Różnice te wynosiły średnio 22% dla całkowitej zawartości NSP, 27% dla ogólnych arabinoksylanów i 13% dla ich form rozpuszczalnych (SAX). Z uwagi na wyższą zawartość SAX rody mieszańcowe pszenżyta

z pszenperzem charakteryzowały się także wyższą o 8% lepkością ziarna. Należy podkreślić, że różnice te były znacznie większe dla mieszańca pszenperzu z linią pszenżyta [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] aniżeli z odmianą Presto. W odniesieniu do zawartości NSP, TDF, SAX i TAX różnice były szczególnie wyraźne w porównaniu do matecznej formy pszenżyta i wynosiły od 21% dla SAX do 43% dla TAX. Dla rodu mieszańcowego pszenperzu z odmianą Presto różnice w zawartości składowych polisacharydów włókna pokarmowego były znacznie mniejsze, od 2% dla SAX do 16% dla NSP.

Nie stwierdzono ujemnego wpływu pszenperzu na strawność białka badanych rodów mieszańcowych (tab. 3). W sposób odmienny natomiast pszenperz wpłynął na przyswajalność białka mieszańcowych rodów z pszenżytem, mierzoną wskaźnikiem BV. W przypadku mieszańca z odmianą Presto odnotowano 8% obniżenie wartości wskaźnika BV wskazujące na niższą jakość białka, podczas gdy z linią [(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] o 10% poprawioną przyswajalność białka w porównaniu do formy matecznej pszenżyta. Te znaczne różnice w przyswajalności białka wiążą się prawdopodobnie z różnicami w jego koncentracji w ziarnie. Znana jest bowiem ujemna zależność między zawartością białka a jego jakością w pszenzycie, a także w ziarnie innych zbóż spowodowana niższą zawartością aminokwasów egzogennych, lizyny w szczególności (Boros, 1990; Rakowska i in., 1992). Badania z podobnymi formami dzikimi będą kontynuowane.

Tabela 3

Wskaźniki strawności białka (TPD) i suchej masy (DMD), przyswajalności i wykorzystania netto białka (BV, NPU) oraz przyrost masy ciała (BWG) szczurów karmionych dietami zawierającymi ziarno mieszańców pszenżyta z pszenperzem i form rodzicielskich
Protein (TPD) and dry matter (DMD) digestibility, protein availability (BV) and utilization (NPU) and body mass gain of rats feeding diets based on hybrids between triticale and *Agrotriticum* and parental forms

Dieta Diet	TPD	BV	NPU	DMD	BWG
Kazeina — Casein	98,5 ± 1,2	99,2 ± 1,8	97,7 ± 2,8	97,0 ± 0,2	31,4 ± 3,3
Pszenperz — (<i>Triticum aestivum</i> × <i>Agropyron</i> 1)	93,0 ± 0,6	71,6 ± 2,1	66,7 ± 2,3	89,3 ± 0,5	15,2 ± 3,2
Presto	93,4 ± 1,0	75,7 ± 0,7	70,7 ± 1,1	91,1 ± 0,3	17,2 ± 2,3
Presto × pszenperz	92,1 ± 1,2	69,3 ± 3,1	63,8 ± 2,8	90,2 ± 0,5	15,9 ± 1,6
[(Lanca × L506/79) × CZR 142/79]	92,0 ± 0,5	71,3 ± 3,9	65,6 ± 3,7	90,2 ± 0,3	16,7 ± 5,0
[(Lanca × L506/79) × CZR 142/79] × pszenperz	92,0 ± 2,4	78,4 ± 3,1	72,2 ± 4,4	89,2 ± 1,0	16,6 ± 3,0
Pszenżyto; Triticale	92,7	73,5	68,2	90,7	17,0
sd	1,0	3,1	3,6	0,6	0,4
Mieszańce z pszenperzem; Hybrids	92,1	73,8	68,0	89,7	16,2
sd	0,1	6,4	5,9	0,7	0,5

Uzyskane wstępne wyniki badań wskazują, że pszenperz może być wykorzystany do poprawy cech użytkowych pszenżyta. Rekombinacja genów pszenżyta z pszenperzem zwiększyła zakres zmienności zawartości białka i włókna pokarmowego.

LITERATURA

- AACC Report. 2001. The definition of dietary fibre. Cereal Foods World. 46: 112 — 126.
- Arseniuk E., Gruszecka D., Tarkowski Cz. 1998. Analysis of *Stagonospora nodorum* blotch resistance in hybrids of triticale, wheat, rye, *Aegilops* sp., *Agrotriticum* sp. and *Dasypyrum* sp. Proceedings of the 4th International Triticale Symposium. 26–31 July 1998, Red Deer, Albera, Canada, vol. 1: 303 — 311.
- Becker R., Hanners G. D., Irving D. W. Saunders R. M. 1986. Chemical composition and nutritional qualities of five potential perennial grains. Food Sci. Techn. 19: 312 — 315.
- Boros D. 1990. Pszenżyto w ocenie biologicznej wartości pokarmowej na tle innych zbóż. Biul. IHAR. 173/174: 27 — 30.
- Boros D., Marquardt, R. R., Slominski, B. A., Guenter, W. 1993. Extract viscosity as an indirect assay for water-soluble pentosan content in rye. Cereal Chem. 70 (5): 575 — 580.
- Boros D. 1999. Influence of R genome on nutritional value of triticale for broiler chicks. Anim. Feed Sci. Technol. 76: 219 — 226.
- Chesson A. 1990. Nutritional significance and nutritive value of plant polysaccharides. Feedingstuffs evaluation. Butterworths UK 179 — 195.
- Englyst H. N., Cummings J. H. 1984. Simplified method for the measurement of total non-starch polysaccharides by gas-liquid chromatography of constituent sugars as alditol acetates. Analyst 109: 937 — 942.
- Eggum B. O. 1973. A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. Beretn. Report, 406. Nat. Inst. Anim. Sci. Copenhagen, 173 p.
- Gruszecka D., Czerwińska E. 2004. Charakterystyka rodów uzyskanych z mieszańców pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack) z pszenperzem (*Agrotriticum* sp.). Biul. IHAR 231: 171 — 177.
- Hasik J., Bartnikowska E. 1987. Włókno roślinne w żywieniu człowieka. PZWL, Warszawa.
- 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.
- Rakowska M., Boros D., Gąsiorowska M. 1992. Quality traits of the grain of Polish varieties of triticale. Triticale Topics. 8: 4 — 9.
- Theander O., Åman P., Westerlund E., Andersson R., Pettersson D. 1995. Total dietary fiber determined as neutral sugar residues, uronic acids and klason lignin, gas chromatographic-colorimetric-gravimetric method (Uppsala Method), AOAC method 994.13. Official Methods of Analysis, 16th edition, 1st supplement, 1995.

ELŻBIETA MALUSZYŃSKA

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Stabilność zabarwienia ziarna i pochewki liściowej pszenżyta ozimego w kolejnych latach rozmnożeń

Stability of grain and coleoptile color in winter tritcale in the successive years of propagation

Badano zabarwienie ziarna pod wpływem fenolu i zabarwienie koleoptyla trzech kolejnych generacji pszenżyta ozimego odmian Bogo i Presto reprodukowanych w trzech punktach badawczych (Lublin, Olsztyn, Sandomierz). Doświadczenie prowadzono w latach 1997–2000 z zachowaniem izolacji przestrzennej. Jako kontrolę wysiewano co roku materiał wyjściowy z przechowalni długoterminowej. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy kontrolą i reprodukcją dla obu cech, ale zaznaczyły się różnice pomiędzy latami zbioru. Badany materiał odmiany Bogo i odmiany Presto nie różnił się od wzorców pod względem reakcji fenolazowej i zabarwienia koleoptyla, jedynie zabarwienie koleoptyla u odmiany Presto było nieco słabsze niż wzorca.

Słowa kluczowe: OWT, reakcja fenolazowa, pszenżyto ozime, zabarwienie koleoptyla, ziarniak

Phenol reaction of winter tritcale and colour of the coleoptile were investigated according to DUS methodics. Three generations of varieties Bogo and Presto and a control (initial material sown every year) were obtained at three different locations. The result obtained indicated that the phenol reaction and colour of coleoptile depended on the year of harvest. No significant differences between a control and reproduction were found. Varieties Bogo and Presto did not differ significantly from the standards in the examined characters. Only the colour of the coleoptile of var. Presto was lower than that of the standard.

Key words: colour of the coleoptile, DUS, kernel, phenol reaction, winter tritcale

WSTĘP

Wśród wielu cech ocenianych w badaniach OWT dla zbóż znajdują się takie cechy jak zabarwienie ziarna pod wpływem roztworu fenolu oraz zabarwienie koleoptyla (COBORU, 1996). Zgodnie z Międzynarodowymi Przepisami Oceny Nasion ISTA (2004) oraz przepisami AOSA (1988) test fenolowy jest używany także do weryfikacji tożsamości odmianowej na nasionach. Ponadto bywa stosowany do szybkiego odróżniania niektórych odmian ryżu, wyki, wiechliny łąkowej, jęczmienia, owsa, pszenżyta i życicy (Handbook

ISTA, 1993). Obecnie istnieją także inne metody służące weryfikacji odmianowej, jak metody spektrofotometryczne lub cyfrowej analizy obrazu, jednak dotychczas nie zostały one włączone do wymaganych badań w OWT (Majumdar i Jayas 2000, Wiwart i Korona 1998). Międzynarodowe Przepisy Oceny Nasion (2004) zalecają również weryfikację odmianową pszenicy i jęczmienia metodą elektroforezy w żelu poliakrylamidowym. Hodowcy zbóż, w tym pszenżyta, przed zgłoszeniem odmiany są zobowiązani badać jej wyrównanie pod względem zabarwienia ziarna w roztworze fenolu i zabarwienia koleoptyla. W literaturze krajowej znajduje się tylko jedno opracowanie dotyczące tego zagadnienia u pszenżyta (Trzciński, 1987). Brakuje opracowań omawiających zmienność tych cech i ich trwałość podczas reprodukcji odmiany.

Celem badań była ocena trzech pokoleń pszenżyta ozimego uprawianych w różnych warunkach środowiska pod względem zabarwienia ziarna w roztworze fenolu i zabarwienia pochwki liściowej.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były odmiany Bogo i Presto reprodukowane w trzech punktach badawczych (Lublin, Olsztyn, Sandomierz) przez trzy kolejne lata. Doświadczenie prowadzono w latach 1998–2000 z zachowaniem izolacji przestrzennej (100 m) od innych upraw pszenżyta i żyta. Jako kontrolę wysiewano co roku materiał wyjściowy z przechowalni długoterminowej.

Ocenę zabarwienia ziarna pod wpływem fenolu oraz zabarwienia antocyjanem pochwki liściowej przeprowadzono według metodyki OWT dla pszenżyta (COBORU, 1996). Każdą analizę przeprowadzono w czterech powtórzeniach. Jako odmianę porównawczą do badań włączono odmianę Clercal, której ziarniaki barwią się w stopniu 7 (silne), a zabarwienie koleoptyla wynosi 9 (bardzo silne) w skali 9-stopniowej.

Obliczenia statystyczne wykonano w pakiecie SAS metodą analizy wariancji dla zabarwienia ziarna pod wpływem fenolu i zabarwienia koleoptyla dla każdej z odmian, gdzie lata traktowano jako badany czynnik, a miejscowości jako powtórzenia (bloki). Dla porównania z wzorcem wyznaczono przedziały ufności dla wartości średniej z uwzględnieniem wariancji błędu z analizy wariancji nieobciążonej wpływem badanych czynników.

WYNIKI

Zabarwienie ziarna pod wpływem fenolu u odmiany Bogo zgodnie z opisem w COBORU powinno wynosić 7 (silne). W ciągu 3 lat badań stwierdzono istotne zróżnicowanie wyników ($F_{emp} = 15,3^{**}$). Wystąpiły różnice w zabarwieniu ziarna z poszczególnych lat zbioru (rys. 1). Ciemniejsze zabarwienie obserwowano zwłaszcza w ziarnie zebranym w II roku badań (tab. 1). Porównanie przedziału ufności dla wartości średniej (od 6,9 do 8,1) z wzorcem wykazało, że badany materiał odmiany Bogo nie różnił się od wzorca. Analogiczna sytuacja wystąpiła w I i III roku, gdyż wartość wzorca mieściła się w przedziale ufności. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że odmiana Bogo

nie wykazywała istotnych różnic pomiędzy kontrolą i reprodukcją (tab. 2). Średnia wartość analizowanej cechy dla kontroli i reprodukcji była jednakowa i wynosiła 7,5, pomimo że w niektórych miejscowościach były widoczne różnice pomiędzy kombinacjami (rys. 1).

Tabela 1

Zabarwienie ziarna pod wpływem fenolu badanych odmian i ich wzorce
Phenol reaction of kernels of investigated varieties and their standards

Odmiana Variety	Rok Year	Średnia Mean	Przedział ufności dla średniej Confidence interval for mean		Wzorzec Standard
			od — from	do — to	
Bogo		7,5	6,9	8,1	7
	I	6,8	5,9	7,5	
	II	8,4	7,6	9,2	
	III	7,4	6,6	8,2	
Presto		2,6	1,4	3,7	1 lub/or 3
	I	3,3	1,8	4,8	
	II	2,7	1,2	4,2	
	III	1,8	0,2	3,3	

W odmianie Presto zabarwienie ziarna pod wpływem fenolu zgodnie z wzorcem powinno wynosić 1 lub 3, czyli brak zabarwienia lub bardzo słabe do słabego. Uzyskane wyniki tej odmiany wskazały wysoce istotny wpływ roku zbioru ($F_{\text{emp.}} = 7,23^{**}$). Jednocześnie nie obserwowano różnicy intensywności zabarwienia w reakcji fenolazowej pomiędzy kontrolą i reprodukcją (tab. 2).

Tabela 2

Reakcja fenolazowa i zabarwienie koleoptyla kontroli i reprodukcji odmian Bogo i Presto (średnie z 3 lat)
The phenol test and coleoptyle colour of control and reproduction of varieties Bogo and Presto (means for 3 years)

Badana cecha Investigated character	Stopień reprodukcji Degree of reproduction	Odmiana Variety	
		Bogo	Presto
Reakcja fenolazowa Phenol reaction	kontrola — control reprodukcja — reproduction	7,5 7,5	2,3 2,8
NIR — LSD		n.s.	n.s.
Zabarwienie koleoptyla Colour of the coleoptile	kontrola — control reprodukcja — reproduction	3,4 3,6	3,4 3,4
NIR — LSD		n.s.	n.s.

n.s. — Nieistotne
n.s. — Not significant

Analiza statystyczna wykazała, że najmniejsza istotna różnica według testu HSD wynosiła 0,7; wartość średnia dla reprodukcji 2,8, a dla kontroli 2,3. Za pomocą testu fenolowego w materiale z Olsztyna w I roku badań wykryto domieszkę innej odmiany (rys. 2). Domieszka uwidoczniła się na poletkach w następnym roku podczas wegetacji. W II roku było bardzo słabe zabarwienie ziarniaków pochodzących z kontroli w Olsztynie. Natomiast w III roku w każdej miejscowości wystąpiły różnice pomiędzy kontrolą i reprodukcją.

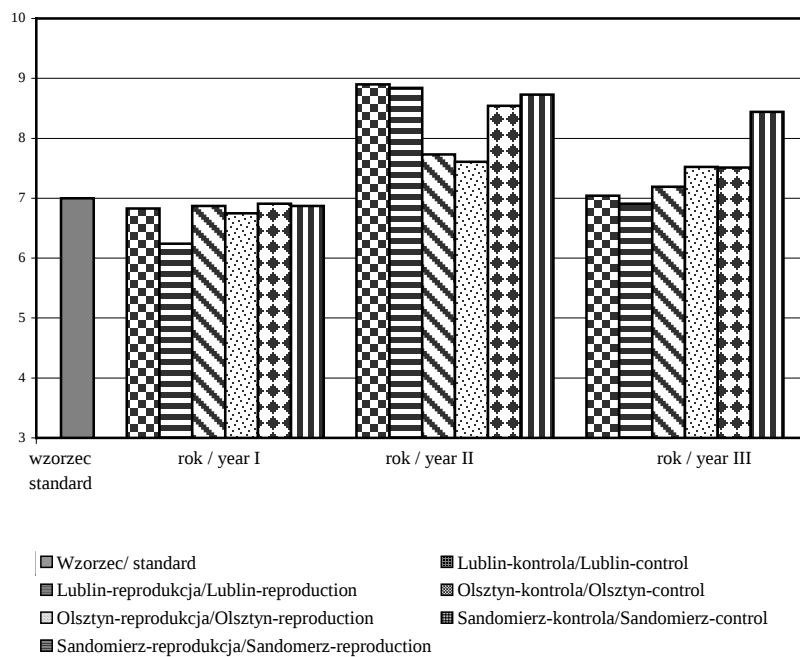
Porównano przedziały ufności dla wartości średniej z wzorcami odmiany i stwierdzono, że w III roku Presto nie różniło się od wartości 1, a w pozostałych latach od wartości 3 (tab. 1). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że badany materiał nie różnił się wzorców, gdyż według COBORU u Presto są dwie wartości wzorca (1 i 3).

Tabela 3

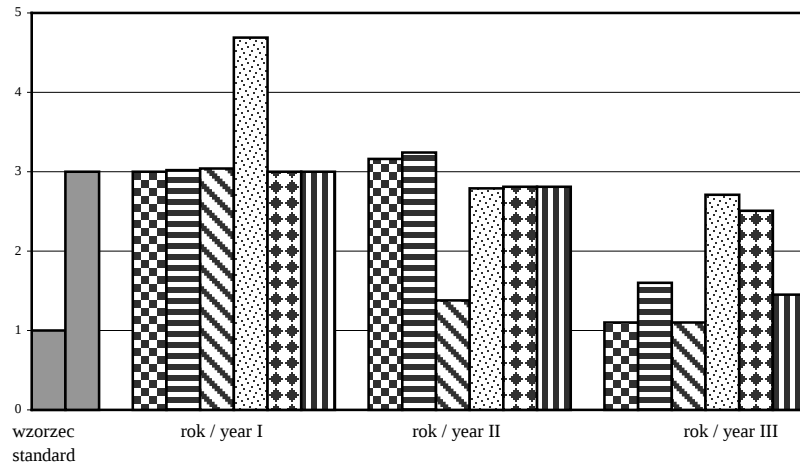
Zabarwienie pochewki liściowej badanych odmian i ich wzorce Colour of coleoptile of investigated varieties and their standard					
Odmiana Variety	Rok Year	Średnia Mean	Przedział ufności dla średniej Confidence interval for mean		Wzorzec Standard
			od — from	do — to	
Bogo		3,4	1,8	5,0	5
	I	2,7	0,6	4,8	sporadycznie — occasionally 1
	II	4,3	2,2	6,4	
	III	3,2	1,1	5,3	
Presto		3,5	2,6	4,4	5
	I	2,6	1,3	3,8	
	II	4,8	3,5	6,0	
	III	3,2	1,9	4,4	

Zabarwienie antocyjanem pochewki liściowej u odmiany Bogo różniło się istotnie w zależności od roku zbioru ($F_{\text{emp}} = 5,89^*$). W materiale zebranym w I i III roku zabarwienie koleoptyla było nieco słabsze niż wzorzec (rys. 3). Jednak porównanie z wzorcem przedziału ufności dla wartości średniej, która wynosiła 3,4 wykazało, że odmiana nie różni się od wzorca (tab. 3). Według COBORU wzorzec tej odmiany ma wartość 5, sporadycznie 1. W I roku przedział ufności dla średniej wynosił od 0,6 do 4,8, dlatego jako wzorzec należy przyjąć wartość 1, czyli przypadek sporadyczny. Analiza wariancji nie wykazała istotnych różnic tej cechy pomiędzy kontrolą i reprodukcją (tab. 2), chociaż w II i III roku obserwowano różnice w niektórych miejscowościach (rys. 3).

W badanym materiale odmiany Presto pochewki liściowe miały słabsze zabarwienie antocyjanem niż wzorzec (rys. 4). Pomimo, że w każdym roku obserwowano nieznaczne różnice pomiędzy kontrolą i reprodukcją w poszczególnych miejscowościach (rys. 4), to średnia dla każdej kombinacji wyniosła 3,4 (tab. 2). Analiza statystyczna wykazała istotne zróżnicowanie tylko pomiędzy latami zbioru ($F_{\text{emp}} = 18,4^{**}$). Średnia wartość badanej cechy u Presto wynosiła 3,5, natomiast przedział ufności dla średniej od 2,6 do 4,4 (tab. 3). Wartość wzorca nie mieściła się w przedziale ufności, gdyż badany materiał miał słabsze zabarwienie niż wzorzec. Podobna zależność wystąpiła w I i III roku badań. Na wynik w I roku mogła mieć wpływ domieszka innej odmiany.

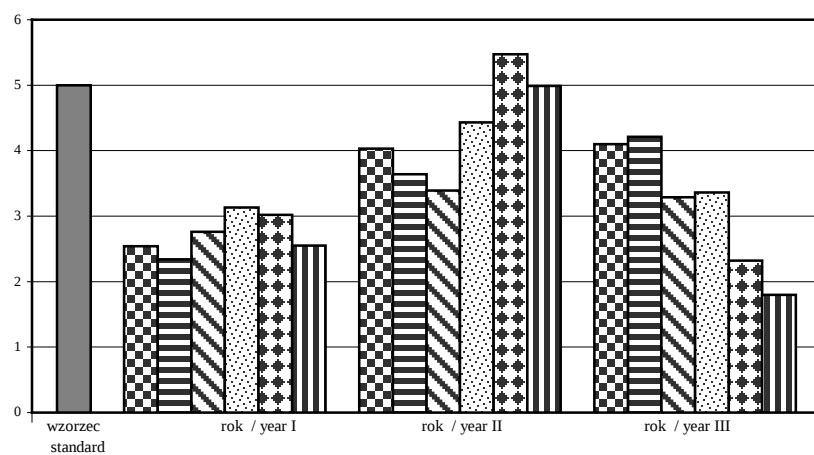


Rys. 1. Zabarwienie pod wpływem fenolu ziarna odmiany Bogo
Fig. 1. Phenol coloration of kernels variety Bogo



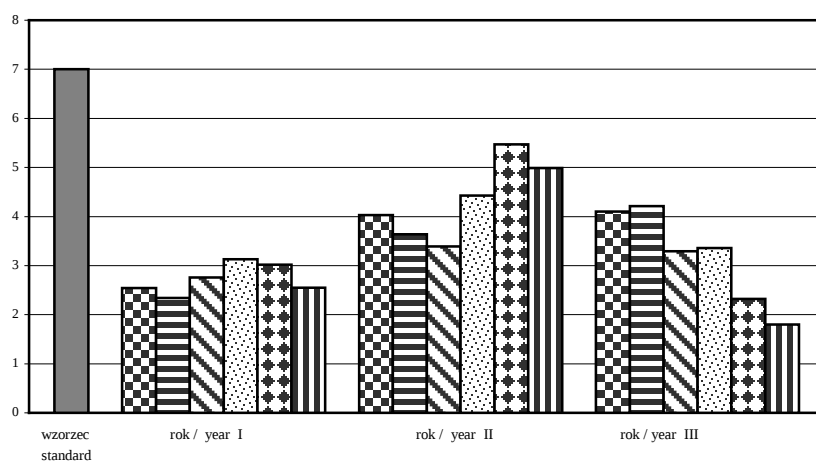
Legenda jak rys. 1
 Legend as for the fig. 1

Rys. 2. Zabarwienie pod wpływem fenolu ziarna odmiany Presto
Fig. 2. Phenol coloration of kernels variety Presto



Legenda jak w rys. 1
Legend as for the fig. 1

Rys. 3. Zabarwienie pochewki liściowej w odmianie Bogo
Fig. 3. Coleoptile coloration of variety Bogo



Legenda jak w rys. 1
Legend as for the fig. 1

Rys. 4. Zabarwienie pochewki liściowej w odmianie Presto
Fig. 4. Coleoptile coloration of variety Presto

DYSKUSJA

Zaobserwowano zróżnicowanie wyników pod względem ocenianych cech. Powodem rozbieżności wyników może być między innymi zbyt szeroka skala oceny od 1 do 9. Payne i Koszykowski (1983) przeprowadzili szereg doświadczeń w celu oceny czynników wpływających na wynik testu fenolowego. Autorzy proponowali tylko 2 lub 3 kategorie kolorystyczne. Jednak w przepisach dotyczących badania OWT zbóż jest 5 kategorii dla obu cech. Stężenie roztworu fenolu nie wpływa na wynik, gdyż reakcję barwną ziarniaka powodują pary z roztworu (Csala, 1972). Według AOSA (1988) za wytworzenie brązowego barwnika u pszenicy podczas testu fenolowego jest odpowiedzialny enzym oksydaza fenolowa. Banerjee i Chandra (1977) stwierdzili, że reakcja ta jest pod kontrolą tyrozynazy, która znajduje się w okrywie nasiennej.

Zabarwienie ziarna pod wpływem fenolu może być cechą różnicującą odmiany i służyć szybkiemu ich odróżnieniu. Istnieją linie żyta (Waszak, inf. ustna), które różnią się od siebie tylko tą cechą i dlatego traktuje się je jako odrębne. Odmiany i rody pszenżyta badane w latach osiemdziesiątych przez Trzcíńskiego (1987) wykazywały małą jednolitość pod względem zabarwienia w roztworze fenolu i zabarwienia koleoptyla. Ponadto autor stwierdził, że niektóre rody pszenżyta miały zróżnicowany kolor koleoptyla, tzn. w każdej próbie występowały zarówno zielone jak i fioletowe pochewki liściowe, pomimo, że w teście fenolowym rody były jednolite. Zgodnie z opisem odmiany zabarwienie koleoptyla u odmiany Bogo powinno wynosić 5 (średnie), sporadycznie 1 (brak lub bardzo słabe). Wyniki uzyskane w I roku zbioru były zbliżone do wartości 1, czyli przypadku, który występuje sporadycznie u tej odmiany. Ziarniaki ze wszystkich miejscowości uzyskały w teście fenolowym wartości zbliżone do 1, czyli można przypuszczać, że warunki dojrzewania w roku 1998 spowodowały brak zabarwienia. Jest to zgodne z opinią Trzcíńskiego (1987), który twierdził, że na reakcję fenolazową ziarna mogą wpływać czynniki środowiska podczas formowania i dojrzewania nasion. W roku następnym wyniki były zbliżone do wartości 5, natomiast w III roku były poniżej 5. W każdym roku badań wynik kontroli był inny, co wskazuje, że na wartość cechy miały wpływ warunki pogodowe w danym roku, a nie kolejne rozmnożenie czyli reprodukcja (rys. 3).

Zgodnie z metodyką COBORU (1996) podczas oceny wizualnej analizowanych cech dopuszczalny błąd może wynosić 6%. Różnice pomiędzy uzyskanymi wynikami, a wzorcem mogły wynikać z subiektywnej oceny każdej z osób oceniających, gdyż inna osoba oceniała wzorzec, a inna doświadczenie (podczas 3 lat badań doświadczenie oceniała ta sama osoba).

W literaturze można spotkać doniesienia o próbach identyfikacji pszenicy za pomocą komputerowej analizy obrazu kształtu ziarniaków (Fornal i Kubiak, 1995) lub zabarwienia okrywy owocowo-nasiennej (Neumann i in., 1989). Jednak według Van der Burga i Van Zwola (1991) pszenica jest najczęstszym gatunkiem ocenianym przy użyciu testu fenolowego. Niemyski i Grzelak (1978) badali reakcję fenolazową i zabarwienie antocyjanowe koleoptyla w laboratoryjnej ocenie tożsamości nasion pszenicy ozimej. Autorzy za pomocą testu fenolowego ocenili 14 odmian pszenicy ozimej, a także użyteczność tej metody do wykrywania zamieszkań innymi odmianami. Zabarwienie

pochewek liściowych badanych pszenic zależało od intensywności oświetlenia podczas doświadczenia. Według metodyki OWT (1996) natężenie oświetlenia musi wynosić od 12000 do 15000 luxów w okresie 3–4 dni, gdy koleoptyl ma długość około 1 cm. Trzciniński (1987) badał także nasiona pszenicy i stwierdził dużą powtarzalność cechy i zgodność wyników dla zabarwienia pochewki liściowej u pszenicy i małą zgodność dla pszenżyta. Badane przez autora rody pszenżyta z 2 lat zbioru charakteryzowały się bardzo dużą zmiennością pod względem tej cechy. Prezentowane obecnie wyniki z 3 lat zbioru, szczególnie u odmiany Presto potwierdziły, że zabarwienie koleoptyla jest cechą, która może być zmienna w zależności od roku zbioru. Być może w opisie odmiany pszenżyta zabarwienie pochewki liściowej powinno być opisywane we wzorcu nie jedną liczbą, ale przedziałem „od do” lub tak jak u Bogo (5 sporadycznie 1), gdyż mogą wystąpić przypadki sporadyczne, co potwierdzono w niniejszych badaniach. W przyszłości do tego typu badań można włączyć metody pozwalające obiektywizować pomiar barwy np: metody spektrofotometryczne lub cyfrowej analizy obrazu.

POSUMOWANIE

Na podstawie trzyletnich badań 2 odmian pszenżyta ozimego można stwierdzić brak wpływu reprodukcji na analizowane cechy, a jedynie wpływ roku zbioru, czyli wpływ warunków meteorologicznych w trakcie wegetacji. Obie odmiany nie różniły się od swoich wzorców pod względem zabarwienia ziarna w roztworze fenolu. Odmiana Bogo nie różniła się od wzorca zabarwieniem antocyjanem pochewki liściowej, natomiast u Presto wystąpiło słabsze zabarwienie niż u wzorca podczas 2 lat badań.

LITERATURA

- Association of Official Seed Analysts. 1988. Rules for Testing Seeds (1990 revision). J. Seed Techn.: 1 — 126.
- COBORU 1996. Metodyka badania odrębności, wyrównania i trwałości (OWT) — pszenżyto (*X Triticosecale* Wittmack). COBORU, Słupia Wielka.
- Banerjee S. K., Chandra S. 1977. Modified phenol test for varietal identification of wheat seed. Seed Sci. & Technol. 5: 53 — 60.
- Csala M. V. 1972. The methodology and mechanism of the phenol reaction in cereals. Proc. Int. Seed Test. Ass. 37 (197) 3: 915 — 921.
- Fornal Ł., Kubiak A. 1995. Wykorzystanie komputerowej analizy obrazu do pomiaru cech geometrycznych i oceny wyrównania ziarna pszenicy. Prz. Zboż. Młyn. 39, 6: 22 — 25.
- Handbook of variety testing — rapid chemical identification techniques. 1993. ISTA, Zurich.
- Majumdar S., Jayas D. S. 2000. Classification of cereal grains using machine vision. II. Color models. Transactions of the ASAE 43 (6): 1677 — 1680.
- Międzynarodowe Przepisy Oceny Nasion — wersja polska 2004. Opracowanie IHAR ZNiN. Radzików.
- Neumann M. R., Sapirstein H. D., Schweddyk E., Bushuk W. 1989. Wheat grain colour analysis by digital image processing. II. Wheat class discrimination. J. Cereal. Sci. 3: 183 — 186.
- Niemyski K., Grzelak K. 1978. Reakcja fenolazowa, zabarwienie antocyjanowe koleoptyla, owłosienie pierwszego liścia jako cechy diagnostyczne w laboratoryjnej ocenie tożsamości nasion pszenicy ozimej. Biul. IHAR 133: 167 — 178.
- Payne R. C., Koszykowski T. J. 1983. An evaluation of the wheat seed phenol test. AOSA Newsletter, 50 (1): 54 — 60.

- Trzeciński T. 1987. Zastosowanie testu fenolowego oraz wskaźnika zabarwienia antocyjanowego pochwki liściowej do odróżniania odmian i rodów pszenicy (*Triticum aestivum* L.) i pszenżyta (*X Triticosecale* Wittm.). Biul. IHAR 163: 75 — 82.
- Van der Burg, W. J. Van Zwol, R. A. (1991). Rapid identification techniques used in laboratories of the International Seed Testing Association: a survey. Seed Sci. & Technol. 19: 687 — 700
- Wiwart M., Korona A. 1998. Application of colour image analysis of kernels in evaluation of the infection of triticale grown in different cultivation systems. Plant Breeding & Seed Science 42 (1):69 — 79.

PODZIĘKOWANIE

Składam podziękowanie Panu prof dr. hab. Szymonowi Dziambie, Panu dr. Jackowi Kwiatkowskiemu i Panu dr. Krzysztofowi Klimontowi za prowadzenie doświadczeń polowych (w ramach grantu nr 5 O6B 049 15 finansowanego przez KBN), których materiał badawczy został użyty w niniejszej pracy.

STEFAN STOJAŁOWSKI**PAWEŁ MILCZARSKI**Katedra Genetyki i Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza w Szczecinie

Markery molekularne sprzężone z *locus* genu przywracającego płodność u mieszańców żyta z cytoplazmą CMS-C*

Molecular markers linked with *locus* of the gene restoring male fertility in hybrids of rye with cytoplasm CMS-C

Analizami objęto dwie populacje F₂ mieszańców międzyliniowych żyta oraz zestaw 62 rekombinacyjnych linii wsobnych (RIL-F₇) żyta wyprowadzonych z mieszańca 541 × Ot1-3. Potwierdzono istnienie sprzężenia między uprzednio wytypowanymi trzema markerami RAPD, a genem kontrolującym męską sterylność w cytoplazmie C. Dodatkowo zidentyfikowano zestaw pięciu nowych markerów RAPD sprzężonych z genem *Rfc1*, ale wśród nich tylko jeden wykazywał sprzężenie z genem męskiej sterylności wystarczająco silne dla podjęcia prób wykorzystania go przy selekcjonowaniu materiałów hodowlanych.

Słowa kluczowe: cytoplazmatyczna męska sterylność, mapowanie genetyczne, RAPD, żyto

Two F₂ populations of the interline crosses and a set of 62 recombinant inbred lines (RILs-F₇) of rye developed from the cross 541 × Ot1-3 were analyzed during this study. The existence of linkage between formerly found three RAPD markers and the restorer locus for cytoplasm C was affirmed. Additionally, a set of five new RAPD markers linked with *Rfc1* locus was identified, but only one of these markers was close enough to be attempted in using in marker assisted selection programme.

Key words: cytoplasmic male sterility, genetic mapping, RAPD, rye

WSTĘP

Rosnące znaczenie odmian mieszańcowych żyta idzie w parze z coraz lepszym poznaniem podstaw dziedziczenia zaburzeń w wytwarzaniu pyłku u form ze sterylizującą cytoplazmą (CMS). Istotny postęp w badaniach notuje się przede wszystkim w odniesieniu do cytoplazmy Pampa (CMS-P) odkrytej pod koniec lat 60. XX wieku w populacji żyta pochodzenia argentyńskiego (Geiger i Schnell, 1970). Geny jądrowe kontrolujące męską

* Praca dofinansowana przez AR w Szczecinie w ramach badań własnych: BW/HK/01/02 i BW/HK/02/03

sterylność w cytoplazmie Pampa zlokalizowano na chromosomach 1R, 3R, 4R, 5R i 6R (Miedaner i in., 2000), a dla genów zidentyfikowanych na długim ramieniu chromosomu 4R opracowano zestaw markerów SCAR (Stracke i in., 2003) znajdujących zastosowanie w pracach selekcyjnych.

Alternatywny wobec CMS-P typ cytoplazmy sterylizującej określany jako CMS-V jest reprezentowany przez szereg źródeł, takich jak: cytoplazma R (Kobyljanskij, 1971), C (Łapiński, 1972), G (Adolf i Winkel, 1985) i wiele innych. Na podstawie analiz mieszańców z udziałem trisomików żyta określono chromosomową lokalizację genów przywracających płodność w cytoplazmie G (Melz i Adolf, 1991), a jeden z nich, wykazujący najsilniejszy wpływ na tę cechę, został zmapowany na długim ramieniu chromosomu 4R (Börner i in., 1998). Ostatnio zidentyfikowano w tym samym regionie genomu zestaw markerów RAPD sprzężonych z genem przywracającym płodność pręcikowia u mieszańców żyta z cytoplazmą C (Stojałowski i in., 2004). Celem prezentowanych badań była ocena przydatności wykrytych markerów RAPD do identyfikowania genotypów niosących allele sterylności w materiałach hodowlanych posiadających cytoplazmę normalną oraz próba znalezienia nowych markerów sprzężonych z genem kontrolującym męską sterylność w cytoplazmie CMS-C.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły dwie populacje F_2 i jedna RIL- F_7 (rekombinacyjne linie wsobne) wyprowadzone z mieszańców między liniami wsobnymi żyta. W populacjach $(544 \times L1)F_2$ i $(544 \times DS2)F_2$, liczących odpowiednio 61 i 67 roślin, linią mateczną była linia dopełniająca męską sterylność w cytoplazmie CMS-C, a obie linie ojcowskie były liniami przywracającymi płodność. Materiałem wyjściowym do wyprowadzenia populacji 62 rekombinacyjnych linii wsobnych (RIL- F_7) był mieszaniec między linią dopełniającą 541 a linią Ot1-3 przywracającą płodność mieszańców z cytoplazmą C. Wszystkie linie rodzicielskie oraz wyprowadzone po ich skrzyżowaniu potomstwa były w pełni męskopłodne, co wynika z faktu, że obie linie mateczne użyte do krzyżowań posiadały cytoplazmę normalną.

DNA wyizolowano z liści pobranych w fazie krzewienia i zamrożonych w -70°C . Przy analizach obu populacji F_2 zastosowano uproszczoną metodę izolacji opracowaną przez Thomson i Henry'ego (1995). DNA linii rekombinacyjnych (RIL) otrzymano przy użyciu zestawu DNeasy Plant Mini Kit firmy Qiagen. Reakcje RAPD-PCR prowadzono w termocyklerach PTC-200 (MJ Research) zgodnie z metodyką opisaną przez Myśków i wsp. (2001). W badaniach użyto 15 starterów 10-nukleotydowych generujących markery zmapowane w czasie prac nad innymi mieszańcami żyta na długim ramieniu chromosomu 4R (Banek-Tabor, 2004; Stojałowski i in., 2004).

Zgodność segregacji markerów RAPD z jednogenowym modelem dziedziczenia oceniano przy użyciu standardowego testu χ^2 . Grupy sprzężeń markerów konstruowano przy użyciu programu Mapmaker 3.0 (Lander i in., 1987) przy LOD = 3,0, wykorzystując funkcję Kosambi.

W celu określenia segregacji alleli męskiej sterylności/płodności w badanych populacjach wykonano serię krzyżowań testowych z udziałem męskosterylnych linii z cytoplazmą C. Płodność uzyskanych mieszańców oceniano wzrokowo korzystając z 9-stopniowej skali bonitacyjnej opracowanej przez Geigera i Morgensterna (1975), w której roślinom męskosterylnym przypisywane są wartości 1–3, częściowo płodnym 4–6, a męskopłodnym 7–9. Ocenę płodności przeprowadzono na:

- 35 mieszańcach F_1 między męskosterylną linią 544(CMS-C), a potomstwami F_3 (reprezentującymi genotypy użytych do analiz RAPD pojedynków F_2) otrzymanymi z populacji $544 \times L1$.
- 65 mieszańcach F_1 między męskosterylną linią 544(CMS-C), a pojedynkami pokolenia F_2 populacji $544 \times DS2$.
- 50 mieszańcach F_1 otrzymanych ze skrzyżowania męskosterylnej linii 541(CMS-C) z rekombinacyjnymi liniami wsobnymi tworzącymi populację RIL- F_7 .

W oparciu o wyniki oceny męskiej sterylności wnioskowano o genotypach poszczególnych pojedynków F_2 i rekombinacyjnych linii wsobnych i przypisując im trzy podstawowe kody genotypowe dla potrzeb mapowania genetycznego:

- A — dla genotypów dopełniających (posiadających allele męskiej sterylności pochodzące od linii matecznych, gdy badane potomstwa z krzyżowań testowych były męskojałowe),
- B — dla genotypów przywracających płodność (posiadających allele płodności pochodzące od linii ojcowskich, gdy oceniane potomstwa były w pełni męskopłodne)
- H — dla form heterozygotycznych (gdy w potomstwach mieszańców testowych obserwowano rozszczepienia na formy męskopłodne i męskosterylne).

W populacjach RIL możliwa jest obecność tylko form A i B, w populacjach F_2 — wszystkich trzech w/w form. Liczebności potomstw ocenianych pod względem płodności w większości przypadków mieściły się w granicach od 12 do 23. W kilku przypadkach, gdy liczebność mieszańców testowych z udziałem pojedynków populacji F_2 była bardzo niska (kilka roślin) i tym samym nie pozwalała na jednoznaczne określenie genotypu badanej rośliny w segregacjach wykorzystanych do konstrukcji map sprzężeń kodowano je jako:

- C — heterozygoty lub homozygoty pod względem alleli płodności oraz
- D — heterozygoty lub homozygoty pod względem alleli sterylności.

Uzyskane dane o segregacjach alleli męskiej sterylności/płodności we wszystkich trzech badanych populacjach pozostawały w zgodzie z jednogenowym modelem dziedziczenia, co pozwoliło na uwzględnienie ich przy konstruowaniu grup sprzężeń.

Potencjalną efektywność markerów przy selekcjonowaniu linii dopełniających oceniono dokonując wyboru wśród rekombinacyjnych linii wsobnych form reprezentujących mateczny allel RAPD i oceniając wśród nich proporcję genotypów męskosterylnych i męskopłodnych. Uzyskane wyniki porównano przy użyciu testu χ^2 z proporcjami dla całej badanej populacji RIL- F_7 .

WYNIKI I DYSKUSJA

Warunkiem do podjęcia próby zmapowania locus genu kontrolującego męską sterility w cytoplazmie C w oparciu o uzyskane dane fenotypowych objawów płodności, było monogeniczne uwarunkowanie tej cechy w badanych populacjach żyta. Płodność pręcikowia w cytoplazmie C i innych cytoplazmach z grupy CMS-V znajduje się pod kontrolą minimum trzech genów (Łapiński, 1990; Melz i Adolf, 1991; Stojałowski i Łapiński, 1997), z których jeden zlokalizowany na długim ramieniu chromosomu 4R wykazuje najsilniejsze działanie (Börner i in., 1998; Stojałowski i in., 2004). Linie ojcowskie L1, DS2 i Ot1-3 krzyżowane z liniami męskosterylnymi dawały już we wcześniej analizowanych mieszańcach rozszczepienia zgodne z modelem dziedziczenia jednogenowego (Łapiński, 1990). Zaobserwowane rozszczepienia prezentowane w niniejszej pracy były charakterystyczne dla cech dziedziczonych jednogenowo, a jednocześnie silne pylenie roślin, u których doszło do przywrócenia płodności, pozwoliło na postawienie hipotezy, że uzyskane segregacje są wynikiem działania silnej ekspresji genu zlokalizowanego na chromosomie 4RL.

Spośród 10 znanych markerów RAPD sprzężonych z genem kontrolującym płodność pręcikowia w cytoplazmie C (Stojałowski i in., 2004) trzy markery ujawniały polimorfizm między linią 544, a dwiema liniami ojcowskimi użytymi do wyprowadzenia populacji F₂: L1 i DS2. Po przeprowadzeniu analiz segregacji stwierdzono, że dwa z tych markerów wykazują dziedziczenie zgodne z modelem jednogenowym. Trzeci z badanych markerów — pr794/800bp segregował prawidłowo w populacji (544 × DS2)F₂, ale w mieszańcu (544 × L1)F₂ dawał rozszczepienia niezgodne z oczekiwaniami (tab. 1), których w związku z tym nie uwzględniono przy konstruowaniu grup sprzężeń.

Tabela 1

Segregacje analizowanych markerów w mapowanych populacjach żyta
Segregations of analyzed markers in mapping populations of rye

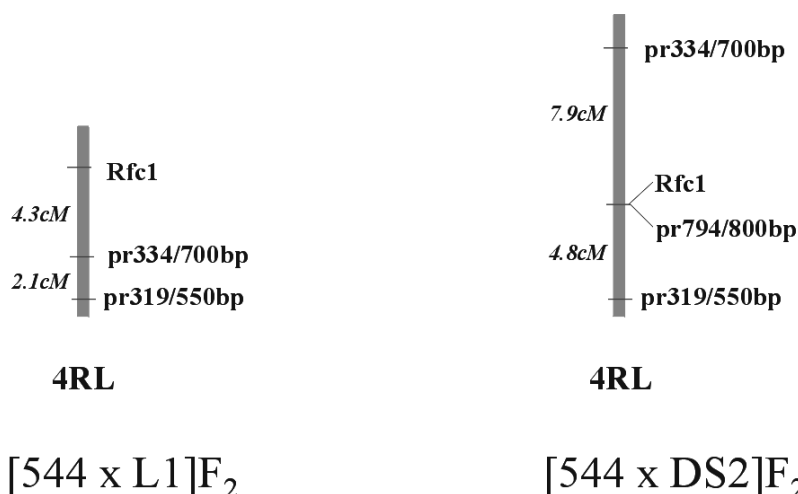
Mieszańiec Cross	Marker Marker	Pochodzenie prążka Origin of the band	Liczebność osobników reprezentujących allel RAPD Number of individuals representing RAPD allele		Oczekiwany stosunek rozszczepień Expected ratio	χ^2
			typu matczynego of maternal type	typu ojcowskiego of paternal type		
544 × L1 (F ₂)	pr319/550bp	544	51	10	3:1	2,41
	pr334/700bp	544	49	8	3:1	3,65
	pr794/800bp	L1	28	33	1:3	14,21**
544 × DS2 (F ₂)	pr319/550bp	544	50	16	3:1	0,02
	pr334/700bp	544	51	16	3:1	0,04
	pr794/800bp	DS2	12	48	1:3	0,80
541 × Ot1-3 (RIL)	pr479/1800bp	541	35	25	1:1	1,67
	pr502/680bp	Ot1-3	35	27	1:1	1,03
	pr510/750bp	541	33	29	1:1	0,26
	pr1139/840bp	541	34	28	1:1	0,58
	pr1251/840bp	541	28	34	1:1	0,58

** Odchylenie istotne przy P = 0,01

** Significant deviation at P = 0.01

Przypuszczalnie prążki amplifikowane po zastosowaniu startera pr794, pomimo że u obu badanych mieszańców migrują w żelu agarozowym z podobną dynamiką nie są tożsame. Marker obecny u mieszańca (544 × L1) F_2 należy prawdopodobnie do często spotykanych w przypadku techniki RAPD fragmentów stwarzających problemy przy uzyskiwaniu powtarzalnych rezultatów analiz, co przełożyło się na nadmiar w badanej populacji form nie posiadających prążka.

Grupy sprzężeń utworzone dla stabilnych, prawidłowo segregujących markerów z uwzględnieniem segregacji dla locus sterylności/płodności roślin z cytoplazmą C potwierdzają sugerowane wcześniej (Stojałowski i in., 2004) bliskie sąsiedztwo genu *Rfc1* i badanych loci RAPD (rys. 1). Różnice w kolejności ułożenia genów w obrębie utworzonych grup sprzężeń wynikają prawdopodobnie z małej liczby loci użytych do ich konstruowania oraz z niedostatecznej, dla precyzyjnego mapowania, liczby analizowanych segregantów w obu populacjach F_2 . Uzyskane dane pozwalają jednak na stwierdzenie, że badane markery RAPD, po przekształceniu w specyficzne markery typu SCAR, mogą być przydatne jako narzędzie wspomagające prace selekcyjne w hodowli mieszańców żyta z cytoplazmą CMS-C.

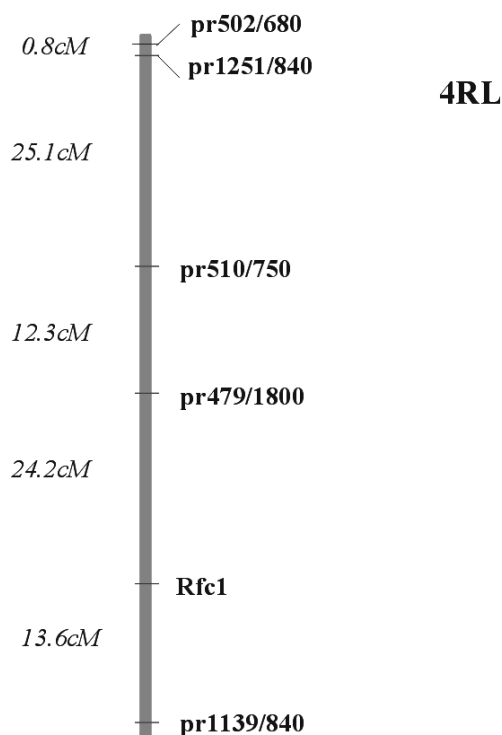


Rys. 1. Grupy sprzężeń markerów RAPD oraz przypuszczalna lokalizacja genu *Rfc1* w populacjach F_2 otrzymanych po skrzyżowaniu linii dopełniającej 544 z dwiema liniami przywracającymi płodność w cytoplazmie CMS-C

Fig. 1. Linkage groups of RAPD markers and supposed localization of *Rfc1* gene in F_2 populations derived from crosses between nonrestorer line 544 and two restorers for CMS-C cytoplasm

W dotychczas prezentowanych pracach, których celem było zmapowanie genów męskiej sterylności u żyta (Börner i in., 1998; Miedaner i in., 2000; Stojałowski i in., 2004) analizy segregacji markerów molekularnych oraz fenotypowych objawów płodności prowadzono na populacjach mapujących posiadających cytoplazmę sterylizującą. W praktycznej hodowli wyprowadzanie nowych linii dopełniających musi z oczywistych względów być realizowane w oparciu o rośliny z cytoplazmą normalną. Ocena, czy nowo

tworzona linia posiada wymagane allele sterility wymaga od hodowcy przeprowadzenia stosownych krzyżowań testowych. Zastosowanie markerów molekularnych jako narzędzia wspierającego wybór genotypów męskosterylnych przyczyniłoby się więc w sposób znaczący do ograniczenia nakładów pracy niezbędnych przy wyprowadzaniu linii dopełniających. Zaprezentowane w niniejszej pracy wyniki potwierdzają, że wykryte wcześniej markery mogą być do tego celu użyte, ale problemy ze stabilnością niektórych fragmentów RAPD przy pracach nad odmiennymi genetycznie materiałami wymuszają uprzednie przekształcenie tych markerów w markery typu SCAR.



Rys. 2. Mapa sprzężeń markerów RAPD dla populacji (541 × Ot1-3) RIL-F₇

Fig. 2. Linkage map of RAPD markers in population (541 × Ot1-3) RIL-F₇

Przydatność rekombinacyjnych linii wsobnych do identyfikowania markerów sprzężonych z loci męskiej sterility udowodniono na przykładzie pszenicy (Ahmed i in., 2001), ale nie prowadzono dotąd tego rodzaju prac na życie. Skonstruowanie na bazie pokolenia F₂ mieszańca 541 × Ot1-3 nowej mapy genetycznej żyta złożonej głównie z markerów RAPD (Banek-Tabor, 2004) oraz wyprowadzenie z tej samej kombinacji krzyżowania zestawu rekombinacyjnych linii wsobnych (Milczarski, niepublikowane) pozwoliło na podjęcie próby zidentyfikowania na bazie tych materiałów nowych markerów RAPD sprzężonych z locus *Rfc1*. Wykorzystano do tego celu zestaw markerów zlokalizowanych przez Banek-Tabor (2004) na długim ramieniu chromosomu 4R. Po

zmapowaniu tych markerów na populacji RIL-F₇ stwierdzono, że locus genu kontrolującego męską płodność w cytoplazmie C znajduje się pomiędzy markerami pr479/1800bp i pr1139/840bp (rys. 2).

Względnie duże odległości pomiędzy genem *Rfc1* a najbliższymi położonymi markerami ograniczają ich potencjalną skuteczność przy pracach selekcyjnych. Praktycznie tylko najbliższy położony marker pr1139/840bp pozwala na statystycznie istotne zwiększenie frekwencji genotypów męskosterylnych w wyselekcjonowanej grupie segregantów (tab. 2).

Tabela 2

Efektywność markerów RAPD przy selekcjonowaniu linii dopełniających męską sterylność w cytoplazmie CMS-C

Efficiency of RAPD markers in selection of lines acting as nonrestorers in CMS-C cytoplasm

Marker Marker	Liczebność linii reprezentujących mateczny allel RAPD Number of lines representing maternal RAPD allele			χ^2
	Linii dopełniających Nonrestorer lines	Linii przywracających płodność Restorer lines	ogółem total	
pr479/1800bp	18	9	27	3,00
pr502/680bp	16	14	30	0,13
pr510/750bp	15	10	25	1,00
pr1139/840bp	22	7	29	7,76**
pr1251/840bp	13	12	25	0,04
Ogółem Total	25	25		

** Odchylenie istotne przy P = 0,01

** Significant deviation at P = 0.01

WNIOSKI

1. Uzyskano potwierdzenie przydatności zidentyfikowanych wcześniej markerów RAPD do selekcji genotypów męskosterylnych żyta z cytoplazmą C, ale zaobserwowane problemy ze stabilnością niektórych markerów przy ocenie różnych genetycznie materiałów wskazują na konieczność przekształcenia ich w markery SCAR.
2. Zidentyfikowano pięć nowych markerów RAPD sprzężonych z locus kontrolującym męską sterylność w cytoplazmie C, ale tylko jeden z nich wykazuje efektywność wystarczającą do podjęcia prób użycia go w programach hodowlanych.

LITERATURA

- Adolf K., Winkel A. 1985. A new source of spontaneous sterility in winter rye — preliminary results. Proc. Eucarpia Meet. Cereal Sect. on Rye, Svalöv, Sweden, 1: 293 — 306.
- Ahmed T. A., Tsujimoto H., Sasakuma T. 2001. QTL analysis of fertility-restoration against cytoplasmic male sterility in wheat. Genes Genet. Syst. 76: 33 — 38.
- Banek-Tabor A. 2004. Konstrukcja mapy genetycznej żyta przy wykorzystaniu mieszańca międzyliniowego 541 × Ot1-3 i markerów RAPD. Praca doktorska AR Szczecin.
- Börner A., V. Korzun, A. Polley, S. Malyshev, Melz G. 1998. Genetics and molecular mapping of male fertility restoration locus (Rfg1) in rye (*Secale cereale* L.). Theor. Appl. Genet. 97: 99 — 102.

- Geiger H. H., Morgenstern K. 1975. Angewandt-genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. *Theor. Appl. Genet.* 46: 269 — 276.
- Geiger H. H., Schnell F. W. 1970. Cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.). *Crop Sci.* 10: 590 — 593.
- Kobylyanskij V. D. 1971. Sozdanie steril'nykh abalogov sortov ozimoy rzi, zakrepitelej steril'nosti, vosstanovitelej fertil'nosti. *Tr. Prikl. Bot. Genet. Sel.* 44: 76 — 85.
- Lander E. S., Green P., Abrahamson J., Barlow A., Daly M. J., Lincoln S. E., Newburg L. 1987. Mapmaker: An interactive computer package for constructing primary genetic linkage maps of experimental and natural populations. *Genomics* 1: 174 — 181.
- Łapiński M. 1972. Cytoplasmic-genic type of male sterility in *Secale montanum* Guss. *Wheat Inform. Serv.* 35: 25 — 28.
- Łapiński M. 1990. Dziedziczenie jałowości pyłku u międzyliniowych mieszańców żyta z cytoplazmą źródła cms-C. *Hod. Rośl. Aklim.* 34: 47 — 53.
- Melz G., Adolf K. 1991. Genetic analysis of rye (*Secale cereale* L.). Genetics of male sterility of the G-type. *Theor. Appl. Genet.* 82: 761 — 764.
- Miedaner T., C. Glass, F. Dreyer, P. Wilde, H. Wortmann, Geiger H. H. 2000. Mapping of genes for male-fertility restoration in Pampa CMS winter rye (*Secale cereale* L.). *Theor. Appl. Genet.* 101: 1226 — 1233.
- 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.
- Stojalowski S., Łapiński M. 1997. Jądrowa determinacja cechy jałowości pyłku u międzyliniowych mieszańców żyta z cytoplazmą cms-C. "Hodowla Roślin" — materiały z I Krajowej Konferencji. Poznań, 19–20 listopada 1997: 315 — 319.
- Stojalowski S., Łapiński M., Masojć P. 2004. RAPD markers linked with restorer genes for C-source of cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.). *Plant Breed.* 123: 428 — 433.
- Stracke S., Schilling A. G., Förster J., Weiss C., Glass C., Miedaner T., Geiger H. H. 2003. Development of PCR-based markers linked to dominant genes for male-fertility restoration in Pampa CMS of rye (*Secale cereale* L.). *Theor. Appl. Genet.* 106: 1184 — 1190.
- Thomson D., Henry R., 1995. Single-step protocol for preparation of plant tissue for analysis by PCR. *BioTechniques* 19: 394 — 400.

ANDRZEJ RAFALSKI ¹
MAGDALENA ŻURAWSKA ¹
IRENA KOLASIŃSKA ²
IWONA WIŚNIEWSKA ¹

¹ Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin

² Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Molekularna analiza linii męskosterylnych, dopełniaczy sterility i restorerów płodności żyta

The molecular analysis of male-sterile, maintainer and restorer lines of rye

Analiza molekularna obejmowała linie męskosterylne (P), ich płodne analogi dopełniające sterility (N) oraz restorery płodności (R) pochodzące z hodowli IHAR oraz firm hodowlanych: Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o., Poznańska Hodowla Roślin Sp. z o.o. Przedstawione badania stanowią wstępny etap prac zmierzających do identyfikacji markerów genów przywracających płodność mieszańcom otrzymanym z wykorzystaniem źródła sterility typu "Pampa". Głównym celem analizy było sprawdzenie, czy stosowana technika różnicuje linie restorery płodności, linie męskosterylne i dopełniające sterility będące komponentami wytworzonych mieszańców (P×R) żyta. Zastosowanie znacznej liczby starterów stworzyło również możliwość wytypowania tych starterów semi-specyficznych, które wydają się być najbardziej przydatne w dalszych etapach badań. Współczynniki dystansu genetycznego jak również analiza skupień przeprowadzona w oparciu o wszystkie uzyskane wyniki (1482 fragmenty DNA) wskazują na wyraźne odróżnienie grupy linii restorerów od pozostałych linii. Otrzymane wyniki potwierdzają również pokrewieństwo genetyczne między liniami męskosterylnymi (P) i ich płodnymi analogami (N).

Słowa kluczowe: heterozja, linie, markery restoracji, semi-specyficzny PCR, żyto

The molecular analysis included male-sterile (P), their analogous maintainer (N) and restorer (R) inbred lines of rye originating from the Plant Breeding and Acclimatisation Institute, Danko Plant Breeding Co. Ltd. and Poznań Plant Breeding Co. Ltd. Presented data are the results of a preliminary study on identification of markers of fertility restoration for male sterility of "Pampa" type. The aim of this study was to document the utility of proposed PCR technique for differentiation the components of rye hybrids: male sterile, maintainer and restorer lines. The use of considerable number of starters gave also a possibility to select semi-specific primers that seem to be the most useful for further studies. The evaluation of indices of dissimilarity among accessions and cluster data was based on the analysis of 1482 DNA fragments. The results indicated essential genetic differences between restorer and non-

restorer inbred lines. The data presented also confirmed a high level of similarity between male sterile lines and their normal analogues.

Key words: heterosis, inbred lines, markers of restoration, semi-specific PCR, rye

WSTEP

Charakterystyczną cechą żyta (*Secale cereale* L.) jest mechanizm samoniezgodności utrudniający samozapylenie. W niektórych populacjach żyta znaleziono jednak geny samopłodności, co umożliwiło wyprowadzanie linii wsobnych żyta na dużą skalę. Efekt heterozji u żyta, objawiający się wzrostem plonu, jest podobny do tego efektu u kukurydzy i znacznie wyższy niż u zbożowych roślin samopylnych takich jak pszenica i jęczmień (Melchinger i Gumber, 1997). Heterozyjna hodowla żyta jest najbardziej zaawansowana w Niemczech, gdzie kilkanaście zarejestrowanych mieszańców jest uprawianych na 60% arealu tego zboża. Między innymi, dzięki wysokiemu udziałowi odmian mieszańcowych w uprawie, plony żyta w Niemczech są 2-3-krotnie wyższe niż w krajach takich jak Polska, Rosja i Białoruś, gdzie uprawiane są odmiany populacyjne (Geiger i Miedaner, 1999; Arseniuk i Oleksiak 2003). Analiza genetycznego zróżnicowania odmian populacyjnych pochodzących z firmy Danko wykazała, że ich genetyczne zróżnicowanie jest kilkakrotnie mniejsze od różnic między komponentami mieszańców (Rafalski i in. 2002). Stąd wydaje się, że hodowla odmian mieszańcowych stwarza znaczne większe możliwości dalszego postępu hodowli żyta.

W ostatnich latach, do Rejestru Odmian Roślin Uprawnych zostały przyjęte polskie odmiany mieszańcowe żyta — Luco, Klawo, Stach, Konto i Koko z Hodowli Roślin Smolice oraz Nawid i Gradan będące efektem współpracy firm Danko Hodowla Roślin i Poznańskiej Hodowli Roślin. Hodowla i produkcja nasion mieszańców jest prowadzona przy wykorzystaniu systemów genetycznych — cytoplazmatyczno-genowej męskiej niepłodności typu "Pampa" i przywracania męskiej płodności (Geiger i Schnell, 1970).

Obecnie głównym zadaniem w hodowli odmian mieszańcowych żyta jest wyhodowanie efektywnych restorerów płodności. Do tego celu bardzo przydatna wydaje się być identyfikacja markerów genotypów o wysokiej zdolności przywracania płodności stwarzająca możliwość kumulacji genów restoracji.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło 9 linii przywracających płodność, 10 linii męskosterylnych i 9 linii dopełniających sterylność pochodzących z Pracowni Żyta IHAR, 2 linie męskosterylne i ich płodne analogi pochodzące z firmy Danko oraz jedna linia męskosterylna i jej płodny analog pochodzące z Poznańskiej Hodowli Roślin.

DNA otrzymywano z 15-20 siewek każdej z linii rosnących na pożywce płynnej przez 6–8 dni według procedury opisanej przez Davisa i wsp. (1986). Stężenie DNA oznaczano fluorymetrycznie zgodnie z instrukcją fluorymetru TKO 100 (Hoefer Scientific Instruments, San Francisco, USA).

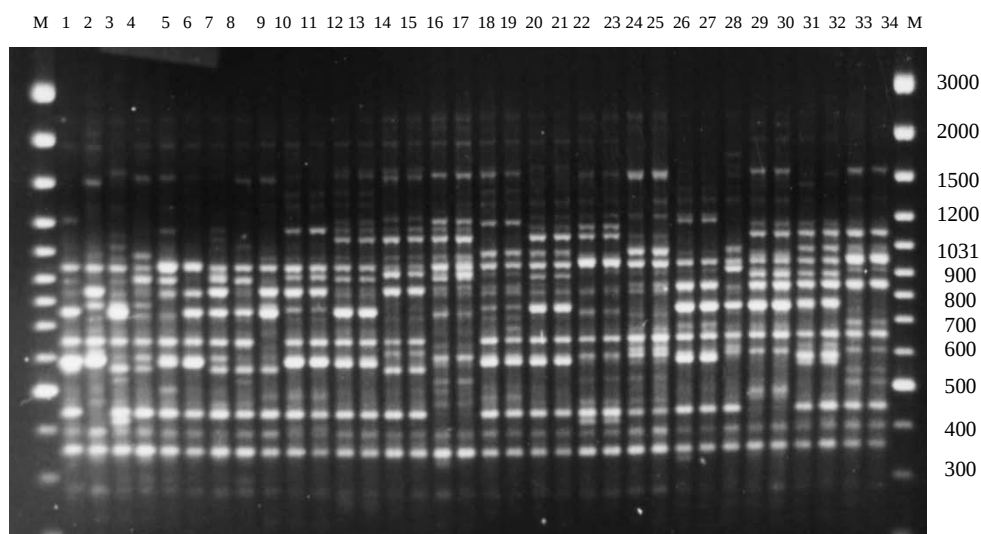
Powielanie fragmentów DNA przeprowadzano w termocyklerze UNO II (Biometra, Göttingen, Niemcy). Powielania prowadzono w układzie zawierającym w objętości 20 μ l: 15 ng DNA roślinnego, 1 $\times$ bufor, 2,5 mM $MgCl_2$, 200 μ M dATP, dGTP, dCTP, dTTP, 1–1,2 μ M startera i 1 jednostkę termostabilnej polimerazy (MBI Fermentas, Wilno). Powielanie przy użyciu starterów semi-specyficznych przeprowadzano dwustopniowo, w pierwszych siedmiu cyklach temperatura przyłączania startera była o 2°C wyższa od wyliczonej na podstawie sekwencji i długości startera, a w następnych 33 cyklach temperaturę tą podwyższano o dalsze 4°C. We wszystkich cyklach powielania denaturację przeprowadzano przez 40 sek. w temperaturze 94°C, przyłączanie startera trwało 1 min., a wydłużanie łańcuchów DNA 2 min. w 72°C. Powielania kończono 10 min. inkubacją w temperaturze 72°C.

Produkty amplifikacji rozdzielano elektroforetycznie w 1,5% żelu agarozowym w buforze TBE i wizualizowano przy użyciu bromku etydyny.

Skanowane obrazy rozdziałów elektroforetycznych analizowano przy użyciu programu Fragment NT i przekształcono w układ binarny, gdzie brak fragmentu o określonym ciężarze cząsteczkowym zapisywano jako 0, a obecność fragmentu oznaczono jako 1. Indeksy podobieństwa lub dystansu genetycznego między liniami wyliczano według wzoru Nei i Li (1979). Analizę skupień i graficzne przedstawienie wyników przeprowadzono przy użyciu programu Statistica.

WYNIKI

Otrzymane wyniki genetycznego zróżnicowania badanych linii uzyskano z powieleń przy użyciu 70 starterów semi-specyficznych o długości od 10 do 18 zasad. Zarówno analiza obrazów powielania jak i wyliczenie współczynników dystansu genetycznego przeprowadzone w oparciu o wszystkie uzyskane wyniki (1482 fragmenty DNA) wskazują na wyraźne odróżnienie grupy linii restorerów od pozostałych badanych linii. Analizowane linie restorery tworzą grupę genetycznie dość zróżnicowaną, a średni dystans między nimi wynosi 0,269. Nieco większy dystans genetyczny między liniami restorerowymi a pozostałymi liniami wynoszący średnio 0,339 wskazuje na obecność fragmentów różnicujących obie grupy linii. Przykłady elektroforetycznego rozdziału produktów powielania przedstawione na rysunkach 1 i 2 wskazują na wyraźne odmienny obraz powielenia linii restorerów (ścieżki 1–9) od obrazu powielenia linii męskosterylnych i dopełniających. Linie męskosterylne pochodzące z trzech ośrodków heterozyjnej hodowli żyta, z wyjątkiem linii 130P, były analizowane wraz z ich normalnymi analogami tj. liniami dopełniającymi (N). Podobieństwo obrazów powielenia linii P i ich analogów linii N jest widoczne na rysunkach 1 i 2. Współczynniki dystansu genetycznego wskazują, że między parami tych linii dystanse genetyczne są najmniejsze i wynoszą od 0,057 do 0,125 (średnio 0,098). Genetyczne zróżnicowanie analizowanego zestawu linii restorerów powoduje, że jakkolwiek obraz ich powielenia jest odmienny od obrazu powielenia pozostałych linii, to trudno jest zidentyfikować fragmenty charakterystyczne tylko dla linii restorerów.



M — wzorzec wielkości DNA, 1-34 — linie żyta: 1-Res1(R), 2-Res2(R), 3-Res3(R), 4-Res4(R), 5-Res5(R), 6-Res6(R), 7-Res7(R), 8-Res8(R), 9-Res9(R), 10-904N(R), 11-904P(R), 12-2130N(R), 13-2130P(R), 14-399N(R), 15-399P(R), 16-463N(R), 17-463P(R), 18-5114N(R), 19-5114P(R), 20-620N(R), 21-620P(R), 22-482N(R), 23-482P(R), 24-103N(R), 25-103P(R), 26-343N(R), 27-343P(R), 28-130P(R), 29-S93N(D), 30-S93P(D), 31-S105N(D), 32-S105P(D), 33-426N(P), 34-426P(P).

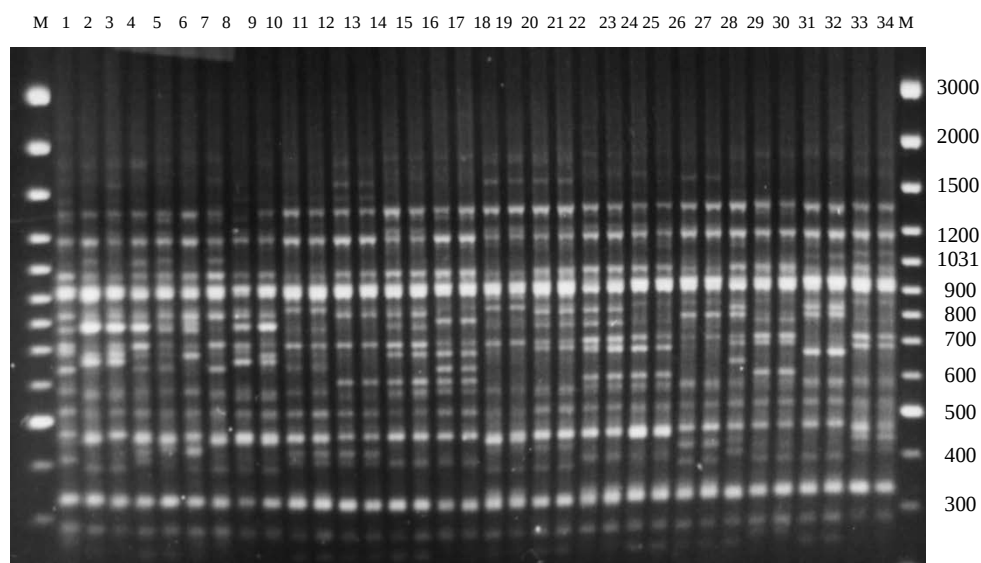
Rys. 1. Wyniki powielania DNA linii przywracających płodność (Res), linii męskosterylnych (P) i linii dopełniających (N) pochodzących z IHAR(R), Danko(D) i PHR(P) przy użyciu startera IT29/12 (5'CGTCAACCTGCA3').

M — DNA size standard. 1-34 — inbred lines of rye: accessions from the Plant Breeding and Acclimatisation Institute (R), Danko Breeding Co.(D), and Poznan Breeding Co. (P).

Fig. 1. Amplification of DNA of restorer (Res), male sterile (P) and maintainer (N) inbred lines of rye using primer IT29/12 (5'CGTCAACCTGCA3').

Analiza obrazów powielenia przy użyciu programu komputerowego i ich przekształcenie w układ binarny (0,1) stwarza możliwość wytypowania fragmentów DNA, których częstość występowania w liniach przywracających płodność jest inna niż w pozostałych badanych liniach. Wyniki analizy skupień (rys. 3) potwierdzają odrębność analizowanego zestawu linii restorerów od pozostałych linii. Linie te tworzą wyraźnie odrębną grupę w prawej części dendrogramu. Dendrogram obrazuje również pokrewieństwo linii męskosterylnych i ich normalnych analogów, które tworzą pary o najmniejszych dystansach genetycznych. Odrębną grupę tworzą trzy linie męskosterylne i ich analogi pochodzące z Danko i Poznańskiej Hodowli Roślin.

Amplifikacje badanych materiałów przeprowadzono przy użyciu starterów semi-specyficznych powielających w kierunku intronów (intron targeting, IT) lub eksonów (exon targeting, ET) o długości od 10 do 18 nukleotydów. Stworzyło to możliwość porównania efektywności działania poszczególnych grup starterów.



M — wzorzec wielkości DNA, 1-34 — linie żyta: 1-Res1(R), 2-Res2(R), 3-Res3(R), 4-Res4(R), 5-Res5(R), 6-Res6(R), 7-Res7(R), 8-Res8(R), 9-Res9(R), 10-904N(R), 11-904P(R), 12-2130N(R), 13-2130P(R), 14-399N(R), 15-399P(R), 16-463N(R), 17-463P(R), 18-5114N(R), 19-5114P(R), 20-620N(R), 21-620P(R), 22-482N(R), 23-482P(R), 24-103N(R), 25-103P(R), 26-343N(R), 27-343P(R), 28-130P(R), 29-S93N(D), 30-S93P(D), 31-S105N(D), 32-S105P(D), 33-426N(P), 34-426P(P).

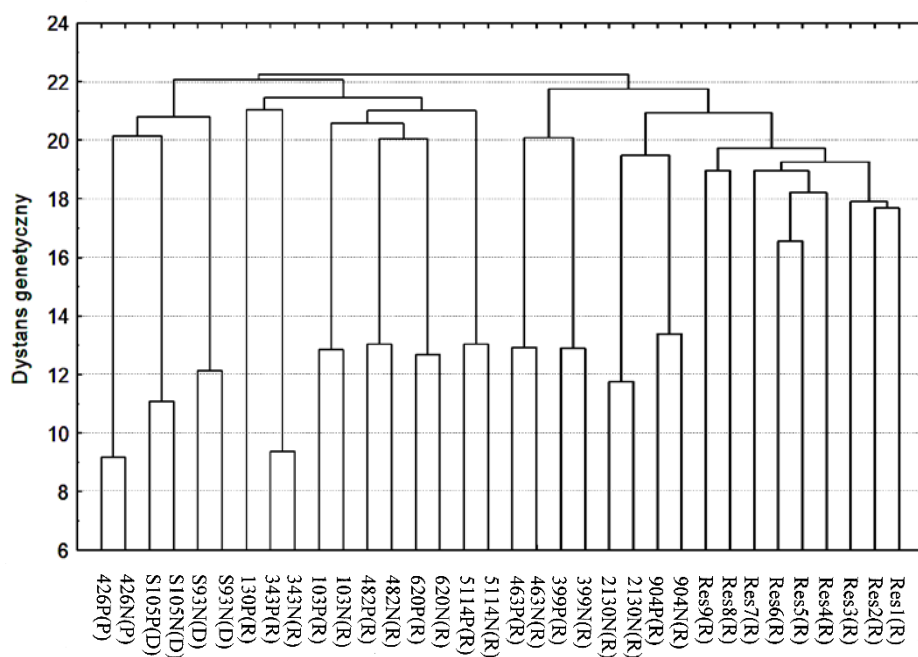
Rys. 2. Wyniki powielania DNA linii przywracających płodność(Res), linii męskosterylnych(P) i linii dopełniających(N) pochodzących z IHAR(R), Danko(D) i PHR(P) przy użyciu startera IT30/12 (5'GCCAAACCTGCA3').

M — DNA size standard. 1-34 — inbred lines of rye: accessions from the Plant Breeding and Acclimatisation Institute (R), Danko Breeding Co.(D) and Poznan Breeding Co. (P).

Fig. 2. Amplification of DNA of restorer (Res), male sterile (P) and maintainer (N) inbred lines of rye using primer IT30/12 (5'GCCAAACCTGCA3').

Obrazy powielenia części z 70 starterów były trudne do interpretacji w regionach fragmentów o ciężarach największych i najmniejszych. Stąd ocenę efektywności oparto na analizie 45 starterów reprezentujących 7 grup.

Jakkolwiek w obrębie każdej grupy obserwowano znaczne zróżnicowanie zarówno liczby powielonych fragmentów jak też udziału pasm polimorficznych, to wartości średnie były bardzo wysokie. Najwyższe średnie liczby powielonych fragmentów uzyskano stosując startery z grup IT12 (40 fragmentów) i IT18 (33 fragmenty) a najmniejszą liczbę fragmentów powielały startery z grupy IT10 (25 fragmentów). Dwadzieścia pięć starterów reprezentujących grupy ET12, ET15 i ET18 powielały średnio od 30 do 32 fragmentów DNA. We wszystkich grupach udział pasm polimorficznych był wysoki i wynosił od 79% (ET15) do 98% (IT18).



R — materiały pochodzące z IHAR; D — materiały pochodzące z Danko; P — materiały pochodzące z PHR

Rys. 3. Diagram podobieństwa badanych linii wyliczony metodą średnich połączeń na podstawie analizy 1482 fragmentów DNA

Accessions from the Plant Breeding and Acclimatization Institute (R), Danko Breeding Co. (D) and Poznań Breeding Co. (P)

Fig. 3. Association among restorer (Res), male sterile (P) and maintainer (N) inbred lines of rye revealed by UPGMA cluster analysis of 1482 DNA fragments

DYSKUSJA

Wykorzystanie w heterozyjnej hodowli żyta systemu genowo-cytoplazmatycznej męskiej sterility typu "Pampa" umożliwia łatwe utrzymanie pełnej sterility mieszańców matczynych, gdyż geny typu "nonrestorer" (dopełniania sterility) są dość powszechne w europejskich populacjach żyta. Poważną wadą tego typu niepłodności są trudności w wyhodowaniu efektywnych restorerów płodności, głównie ze względu na złożony sposób dziedziczenia tej cechy (Geiger i Miedaner, 1996; Kolasińska, 1998) oraz niską częstość występowania genów przywracania płodności w europejskich populacjach żyta (Geiger i Morgenstern, 1975). Niepełne przywrócenie płodności mieszańców otrzymanych przy wykorzystaniu CMS-Pampa stwarza zagrożenie zarówno obniżenia plonu odmian mieszańcowych jak również jego jakości, spowodowane większym zakażeniem sporzysmem (*Claviceps purpurea*). Badania wykazały, iż głównymi czynnikami wpływającymi na stopień przywrócenia płodności mieszańców są: genotyp restorera, genotyp

męskosterylnej formy matecznej i współdziałanie obu genotypów (Kolasińska, 2001, 2003; Madej i in., 1976). Ponadto niektórzy autorzy wykazali silny wpływ środowiska na stopień przywrócenia męskiej płodności (Scoles i Evans, 1979; Geiger i in., 1995). W hodowli efektywnych restorerów płodności żyta bardzo przydatna wydaje się być identyfikacja markerów genów o wysokiej zdolności przywracania płodności, stwarzająca możliwość kumulacji różnych genów restoracji.

Poszukiwanie molekularnych markerów sprzężonych z genami przywracania męskiej płodności żyta prowadzili Geiger i Miedaner (1996) przy zastosowaniu pracochłonnej metody RFLP. Autorzy ci zlokalizowali dwa główne geny (chromosomy 1R i 4R) oraz trzy dodatkowe geny (chromosomy 3R, 5R i 6R) modyfikujące przywracanie płodności. Dotychczas zidentyfikowane markery, podobnie jak izoenzymatyczny marker na chromosomie 1R (Wricke i in., 1993), nie są ściśle sprzężone z genami restoracji.

Ze względu na pracochłonność i koszty metod hybrydizacyjnych (RFLP) w ostatnich latach poszukiwania markerów cech użytkowych roślin w coraz większym stopniu związane są z systemami opartymi na łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR) lub metodami mieszanymi takimi jak AFLP. Metoda PCR z zastosowaniem starterów semi-specyficznych jest jedną z alternatywnych technik wykorzystującą wzrost informacji o sekwencjach genomów roślinnych. Wiarygodność stosowanej techniki potwierdzają wyniki analizy (podobieństwo genetyczne) linii męskosterylnych i ich analogów. Większość użytych starterów powielala znaczną liczbę fragmentów DNA z wysokim udziałem pasm polimorficznych. Jakkolwiek zarówno złożoność jak i polimorfizm powieleń wynika w dużej mierze z genetycznego zróżnicowania badanych materiałów, to otrzymane wyniki umożliwiają wybór do dalszych badań zestawu 20–25 starterów, które najlepiej różnicowały linie restorery od pozostałych badanych linii. Powszechnie stosowaną metodą identyfikacji markerów jest proponowany przez Michelmore i wsp. (1991) system analizy zestawu segregantów pokolenia F_2 . Segreganty, których spektrum DNA ma być porównywane w jak największym stopniu wykazywać powinny różnice badanej cechy, w tym przypadku różnice w płodności (sterylności).

WNIOSKI

1. Analiza molekularna przeprowadzona techniką PCR z zastosowaniem starterów semi-specyficznych wykazała, że badane linie restorery płodności wykazują cechy odrębności genetycznej w stosunku do linii męskosterylnych i dopełniających sterylność.
2. Analizowane linie męskosterylne wykazują znaczny stopień pokrewieństwa genetycznego z ich analogami — liniami dopełniającymi sterylność.

LITERATURA

- Davis L. G., Dibner M. D., Battey J. F. 1986. Basic methods in molecular biology. Elsevier Sci. Publ., New York: 42 — 43.
- Geiger H. H., Schnell F. W. 1970. Cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.). Crop Sci. 10: 590 — 593.

- Geiger H. H., Morgenstern K. 1975. Angewandt-genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. Theor. Appl. Gen. 46: 269 — 276.
- Geiger H. H., Yuan Y., Miedaner T., Wilde P. 1995. Environmental sensitivity of cytoplasmic-genic male sterility (CMS) in *Secale cereale* L. In: Genetic mechanisms for hybrid breeding. Kück U. and G. Wricke (eds.). Advances in Plant Breeding 18: 7 — 17.
- Geiger H. H., Miedaner T. 1996. Genetic basis and phenotypic stability of male- fertility restoration in rye. Vortr. Pflanzenzüchtg. 35: 27 — 38.
- Geiger H. H., Miedaner T. 1999. Hybrid type and heterosis. In: The genetics and exploitation of heterosis in crops. ASA-CSSA-SSSA, Madison, WI: 439 — 450.
- Kolasińska I. 1998. Wpływ genotypu komponentów matecznych na płodność pyłku mieszańców żyta (CMS-SC × restorer). Biul. IHAR 205/206: 5 — 14.
- Kolasińska I. 2001. Przywracanie płodności pyłku u mieszańców żyta CMS-Pampa × restorer. Biul. IHAR 218/219: 341 — 349.
- Kolasińska I. 2003. Male fertility restoration of rye crosses in the “Pampa” cytoplasm. Plant Breed. Seed Sci. 47, 1/2: 33 — 37.
- Madej L. 1976. The genetic characteristics of three sources of male sterility in rye (*Secale cereale* L.). Hod. Rośl. Aklim. 20: 157 — 174.
- Madej L. J. 1996. Worldwide trends in rye growing and breeding. In: Proc. Intl. Symp. on Rye Breeding and Genetics. Vortr. Pflanzenzüchtg. 35:1 — 6.
- Melchinger A. E., Gumber R. K. 1997. Overview of heterosis and heterotic groups in agronomic crops. In: Concepts and breeding of heterosis in crop plants, K. R. Lamkey and J. E. Staub (eds.). CSSA Spec. Publ. 25 ASA and CSSA, Madison, WI: 29 — 44.
- Michelmore R. W., Paran I., Kesseli R. V. 1991. Identification of markers linked to disease resistance genes by bulked segregant analysis: A rapid method to detect markers in specific genomic regions by using segregating populations. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88: 9829 — 9832.
- Nei M., Li W. H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 76: 5269 — 5273.
- Rafalski A., Madej L., Wiśniewska I., Gawel M. 2002. The genetic diversity of components of rye hybrids. Cell. Mol. Biol. Lett. 7: 471 — 475.
- Scoles G. J., Evans L. E. 1979. The genetics of fertility restoration in cytoplasmic male-sterile rye. Can. J. Genet. Cytol. 21: 417 — 422.
- Wricke G., Wilde P., Wehling P., Gieselmann Ch. 1993. An isozyme marker for pollen fertility restoration in the Pampa cms system of rye (*Secale cereale* L.). Plant Breeding 111: 290 — 294.

DOROTA DEC¹**HELENA KUBICKA**^{1,2}¹ Katedra Rozwoju Rolnictwa i Agrobiznesu, Politechnika Białostocka² Ogród Botaniczny CZRB PAN, Warszawa

Zawartość wybranych pierwiastków w siewkach żyta rosnących w warunkach stresu solnego w kulturach wodnych

The content of some chemical elements in seedlings of rye grown under conditions of salinity stress in hydroponic cultures

Pierwiastki chemiczne N, P, K, Ca i Mg, jakkolwiek znajdują się w glebie w dużych ilościach, często występują w formie słabo rozpuszczalnej, a tym samym są trudno przyswajalne dla roślin. Ponadto, w warunkach glebowo-klimatycznych Polski pierwiastki te narażone są na straty wskutek wymywania. Muszą one zatem być wprowadzane do gleby z nawozami, i w miarę intensyfikacji rolnictwa, w coraz większych ilościach. Efektywne wykorzystanie nawozów, a także ograniczenie ich szkodliwego oddziaływania na środowisko glebowe, wymaga bardzo wnikliwego uwzględniania właściwości gleby. W pracy oznaczono zawartość pierwiastków Mg, Ca, K, P, Na i Cl w częściach nadziemnych i korzeniach czternastodniowych siewek sześciu odmian żyta ozimego: Kier, Motto, Walet, Luco, Klawo i Nawid. Siewki żyta traktowane były NaCl w czterech stężeniach: 0, 100, 150 i 200 mM. U badanych odmian żyta po traktowaniu NaCl powtarzalnie następowało obniżenie zawartości pierwiastków P, Ca, K i Mg i wzrost zawartości Na i Cl. Odmiany żyta nieznacznie różniły się zawartością poszczególnych pierwiastków. Jednak odmiana Luco, która była najbardziej tolerancyjna na zasolenia pożywki, zawierała nieco więcej wapnia, potasu, fosforu i magnezu, a jednocześnie najwięcej chloru i sodu.

Słowa kluczowe: pierwiastki, siewki, stres solny, zawartość, żyto

The chemical elements N, P, K, Ca and Mg, although present in soil in great amounts, are hardly available to plants because they often occur in quite insoluble forms. Moreover, in the soil and climate conditions of Poland, these elements are fairly lost due to leaching out. They must be therefore complemented in soil by introducing with fertilizers. Effective application of fertilizers, as well as reduction of their harmful effects upon soil, require the good knowledge of soil properties. In this work the content of Mg, Ca, K, P, Na and Cl of above-ground parts and roots of 2-week old seedlings of six winter rye varieties: Kier, Motto, Walet, Luco, Klawo and Nawid was determined. The seedlings were treated with NaCl applied at the concentrations of 0, 100, 150 and 200 mM. The salinity stress effected in the distinct decrease in the content of P, Ca, K and Mg, and in the increase in Na and Cl content. Slight differences in the content of particular elements between the rye varieties were found. Only var. Luco, which appeared to be most tolerant to salinity, contained relatively more calcium, potassium, phosphorus and magnesium, and the greatest amount of chlorine and sodium.

Key words: chemical elements, salinity stress, seedlings, winter rye

WSTĘP

Stężenie jonów w roztworze glebowym może wzrosnąć ponad normę w wyniku tzw. zjawiska podsiąkania, gdy uruchamiane są zasoby wody z głębszych warstw ziemi, co ma miejsce zwłaszcza w okresie przedłużającej się suszy (Sapek, 2003). Na wzrost zasolenia gleb wpływa również zmniejszenie ilości opadów. Powszechnie wiadomo, że zasolenia podłoża nie można wyeliminować całkowicie. Problem ten można rozwiązać, natomiast w następujący sposób: po pierwsze poprzez poszukiwanie roślin tolerancyjnych na działanie tego czynnika stresowego, a po drugie poprzez stosowanie związków chemicznych zwanych regulatorami wzrostu, które osłabiają działanie stresu solnego w roślinach (Kabata-Pendias i Pendias, 1999; Sadat Noori i McNeilly, 2000).

Selekcja roślin tolerancyjnych na zasolenie prowadzona jest głównie w stadium kiełkowania nasion i młodych siewek. Uzasadnione jest to tym, że zdecydowana większość gatunków roślin jest najwrażliwsza na działanie stresu solnego w początkowej fazie wzrostu. Na przykład pszenica, sorgo, ryż i niektóre trawy (np. gatunek żyta *Secale montanum*) są mniej wrażliwe na zasolenie w fazie kiełkowania niż w stadium trzech liści (Noble, 1985). Natomiast inne gatunki roślin, takie jak: jęczmień i pomidor, wykazują zróżnicowaną reakcję na zasolenie w różnych fazach rozwojowych, dlatego pożądana jest ich ocena podczas całego cyklu rozwojowego. We wcześniejszych badaniach Dec i wsp. (2003) oraz Kubicka i Dec (2004) wykazały, że odmiany i linie wsobne żyta zróżnicowanie reagują na zasolenie podłoża. W związku z tym celowe było określenie zawartości pierwiastków w siewkach odmian żyta rosnących w warunkach stresu solnego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w kulturze hydroponicznej na pożywce Hoaglanda. Siewki żyta traktowano przez 14 dni chlorkiem sodu w czterech stężeniach (0, 100, 150 i 200 mM) w dwóch powtórzeniach, w pojemnikach o pojemności 1500 ml. W każdym pojemniku umieszczano po 30 siewek na siatkach pływających na powierzchni roztworów. Na 14 dniowych siewkach sześciu odmian (Kier, Motto, Walet, Luco, Klawo i Nawid) żyta ozimego oznaczono oddzielnie w części nadziemnej i korzeniach roślin następujące pierwiastki: Mg, Ca, K i Na w dwóch powtórzeniach za pomocą spektrofotometrii absorpcji atomowej przy użyciu aparatu 1000B, firmy Perkin Elmer. Natomiast P oznaczono metodą molibdenową a Cl przy pomocy elektrody jonoselektywnej. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Wykonano trójczynnika analizę wariancji w programie Statistica, a istotności różnic weryfikowano testem Tukeya przy $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

Analizowano zawartość wybranych pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych w sześciu odmianach żyta (Klawo, Luco, Nawid, Kier, Motto i Walet).

Przeprowadzona trójczynnikowa analiza wariancji zawartości wybranych pierwiastków w materiale roślinnym odmian żyta traktowanych chlorkiem sodu wykazała, że wszystkie czynniki (zawartość pierwiastków, stężenie chlorku sodu i odmiana) miały istotny wpływ na zawartość pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych oraz współdziałanie odmian i stężeń NaCl. Natomiast nie stwierdzono istotnego wpływu pomiędzy współdziałaniem stężenia NaCl a zawartością pierwiastków a odmianami żyta (tab. 1).

Tabela 1

Analiza wariancji zawartości wybranych pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych odmian żyta po działaniu NaCl
Analysis of variance for the content of chemical elements in roots and shoots of rye after exposure to NaCl

Źródło zmienności Source of variability	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty Mean square	
		zawartość pierwiastków chemical elements content	
		korzenie — roots	części nadziemne — shoots
Zawartość pierwiastków (A) Chemical elements (A)	5	14,13**	17,73**
Stężenie NaCl (B) Concentration of NaCl (B)	3	26,02**	37,24**
Odmiany żyta (C) Rye varieties (C)	5	15,79**	24,61**
A × B	15	1,81	2,68
A × C	25	1,15	2,14
B × C	15	20,48**	27,85**
Błąd Error	75	1,14	2,50

** Wartości istotne przy $\alpha = 0,05$

** Significant at $\alpha = 0.05$

Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem zastosowanych stężeń soli wzrastała zawartość sodu i chloru zarówno w korzeniach jak i częściach nadziemnych, natomiast zawartość pozostałych pierwiastków obniżała się w stosunku do kontroli (tab. 2). Części nadziemne odmian żyta kumulowały dwa razy więcej chloru, aniżeli korzenie, z wyjątkiem odmiany Luco, która gromadziła go nawet trzy razy więcej. Prawie wszystkie odmiany żyta zawierały również dwa razy więcej sodu w liściach, niż w korzeniach. Jedynie odmiana Luco kumulowała nieco mniej tego pierwiastka w liściach. Podobnie zawartość potasu była kilkakrotnie wyższa w liściach, a najwięcej zawierały go odmiany: Luco i Motto. U odmian: Luco, Motto i Nawid stwierdzono nieco więcej wapnia w korzeniach, natomiast u pozostałych odmian było odwrotnie. Najniższą zawartość tego pierwiastka odnotowano w korzeniach kontroli odmiany Klawo. Pozostałe pierwiastki takie jak: P i Mg gromadzone były w odmianach żyta w podobnych ilościach zarówno w częściach nadziemnych, jak i podziemnych. Nieco wyższą ich zawartość odnotowano u odmiany Luco.

Tabela 2

Zawartość wybranych pierwiastków w roślinach odmian żyta traktowanych NaCl
Content of chemical elements in rye after exposure to NaCl

Odmiana Variety	Zawartość pierwiastków w s.m. — Chemical elements content					
	P %	Ca %	K %	Na %	Mg %	Cl %
Korzenie — Roots						
Motto — Kontrola — Control	1,72	1,65	1,39	0,042	0,31	0,12
Motto 100 mM NaCl	0,55	0,27	0,7	1,9	0,13	3,2
Motto 150 mM NaCl	0,55	0,2	0,54	1,87	0,13	3,04
Motto 200 mM NaCl	0,53	0,17	0,39	2,49	0,13	3,43
Walet Kontrola (Control)	1,56	1,28	6,71	0,021	0,41	0,26
Walet 100 mM NaCl	0,87	0,5	3,03	3,39	0,19	2,97
Walet 150 mM NaCl	0,7	0,39	2,45	4,14	0,15	9,53
Walet 200 mM NaCl	0,69	0,38	2,16	4,73	0,14	10,96
Kier — Kontrola — Control	0,9	0,7	0,55	0,019	0,19	0,08
Kier 100 mM NaCl	0,63	0,37	0,82	1,83	0,15	2,95
Kier 150 mM NaCl	0,65	0,37	0,8	2,6	0,1	2,32
Kier 200 mM NaCl	0,42	0,19	0,43	2,1	0,09	3,33
Luco — Kontrola — Control	1,35	1,22	4,75	0,041	0,4	0,34
Luco 100 mM NaCl	0,83	0,42	3,9	2,16	0,17	6,49
Luco 150 mM NaCl	0,88	0,5	2,34	4,86	0,17	8,81
Luco 200 mM NaCl	0,56	0,48	2,08	4,21	0,17	7,83
Klawo — Kontrola — Control	1,12	0,93	0,88	0,023	0,26	0,08
Klawo 100 mM NaCl	0,6	0,33	0,81	1,87	0,14	2,67
Klawo 150 mM NaCl	0,3	0,19	0,39	1,16	0,08	2,77
Klawo 200 mM NaCl	0,4	0,13	0,36	1,72	0,12	4,17
Nawid — Kontrola — Control	1,33	1,04	5,12	0,031	0,3	0,25
Nawid 100 mM NaCl	0,82	0,53	3,1	3,51	0,19	7,62
Nawid 150 mM NaCl	0,82	0,47	2,64	4,28	0,2	8,36
Nawid 200 mM NaCl	0,82	0,42	2,18	4,45	0,16	8,83
Części nadziemne — Shoots						
Motto — Kontrola — Control	1,52	1,52	1,35	0,014	0,4	0,04
Motto 100 mM NaCl	0,81	1,08	1,01	6	0,22	3,39
Motto 150 mM NaCl	0,52	0,25	0,63	2,3	0,13	12,07
Motto 200 mM NaCl	0,4	0,25	0,53	6,15	0,13	4,09
Walet Kontrola (Control)	1,44	1,03	6,16	0,019	0,4	0,24
Walet 100 mM NaCl	0,99	0,48	3,09	2,78	0,19	6,07
Walet 150 mM NaCl	0,73	0,45	2,1	4,8	0,17	13,14
Walet 200 mM NaCl	0,66	0,58	1,84	14,58	0,24	9,71
Kier — Kontrola — Control	0,78	0,42	0,84	0,03	0,41	0,08
Kier 100 mM NaCl	0,6	0,43	0,7	1,36	0,16	2,19
Kier 150 mM NaCl	0,45	0,15	0,45	1,25	0,1	2,37
Kier 200 mM NaCl	0,51	0,16	0,45	1,71	0,13	3,15
Luco — Kontrola — Control	1,23	0,79	4,86	0,026	0,48	0,22
Luco 100 mM NaCl	0,9	0,51	3,28	2,23	0,18	6,09
Luco 150 mM NaCl	0,92	0,29	2,95	2,93	0,17	5,48
Luco 200 mM NaCl	0,62	0,33	1,87	4,15	0,14	8,86
Klawo Kontrola (Control)	0,53	2,56	0,64	0,012	0,16	0,04
Klawo 100 mM NaCl	0,52	0,21	0,68	1,25	0,11	2,96
Klawo 150 mM NaCl	0,5	0,21	0,55	1,73	0,09	3,22
Klawo 200 mM NaCl	0,36	0,15	0,27	1,84	0,08	3,43
Nawid — Kontrola — Control	1,23	0,71	5,23	0,024	0,31	0,37
Nawid 100 mM NaCl	0,86	0,5	2,15	4,2	0,17	7,23
Nawid 150 mM NaCl	0,95	0,45	1,99	5,12	0,15	9,01
Nawid 200 mM NaCl	0,98	0,38	2,06	4,9	0,15	9,36

Odmiany żyta w niewielkim stopniu różniły się zawartością poszczególnych pierwiastków, chociaż zaobserwowano zwiększoną zawartość Ca, K, P i Mg u odmiany Luco, która odznaczała się najwyższą tolerancją na zasolenie. Jednocześnie odmiana Luco zawierała najwięcej chloru w liściach i sodu w korzeniach. Być może ta wysoka zawartość tych pierwiastków, była neutralizowana wyższą zawartością takich pierwiastków jak: Mg, P, K i Ca. Chlorek sodu powodował obniżenie zawartości suchej masy proporcjonalnie do stężenia NaCl (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość suchej masy w odmianach żyta po działaniu NaCl Content of dry matter of rye after exposure to NaCl	
Odmiana Variety	Sucha masa (%) Dry matter (%)
Motto	
Kontrola — Control	88,45
Motto 100 mM NaCl	88,23
Motto 150 mM NaCl	87,15
Motto 200 mM NaCl	87,06
Walek Kontrola (Control)	89,56
Walek 100 mM NaCl	89,12
Walek 150 mM NaCl	88,65
Walek 200 mM NaCl	88,32
Kier	
Kontrola — Control	89,83
Kier 100 mM NaCl	89,00
Kier 150 mM NaCl	88,76
Kier 200 mM NaCl	87,73
Luco Kontrola (Control)	90,21
Luco 100 mM NaCl	90,00
Luco 150 mM NaCl	89,67
Luco 200 mM NaCl	89,25
Klawo	
Kontrola — Control	91,01
Klawo (75 mM NaCl)	89,05
Klawo (150 mM NaCl)	88,68
Klawo (200 mM NaCl)	86,94
Nawid (kontrola) (Control)	89,78
Nawid (75 mM NaCl)	87,36
Nawid (150 mM NaCl)	86,83
Nawid (200 mM NaCl)	86,25

DYSKUSJA

We wcześniejszych badaniach autorki (Dec i in., 2003; Kubicka i Dec, 2004) stwierdziły, że zasolenie podłoża wpływa na obniżenie wzrostu roślin. Chlorek sodu powoduje zakłócenie równowagi pomiędzy pierwiastkami (K, P, Ca Mg), a także zmienia stosunek stężenia kationów K^+ do Na^+ . W pędach i korzeniach roślin rosnących w stresie solnym stwierdzono znaczny wzrost zawartości sodu i chloru podobnie jak Shannon i wsp. (1998). Autorzy ci (Shannon i in., 1998) zaobserwowali znaczną redukcję zawartości potasu i jednocześnie zwiększoną akumulację Na i Cl po traktowaniu chlorkiem sodu

odmian ryżu przez 21 i 42 dni. Po 42 dniach obserwacji, stwierdzili istotne obniżenie stosunku K/Na w roślinach. Wykazali również, że w roślinach ryżu traktowanych NaCl, występowała redukcja zawartości suchej masy w częściach nadziemnych. Działanie stresu spowodowane nadmiarem soli w podłożu, wpływało negatywnie na wzrost roślin, jak również na przyswajanie składników pokarmowych (makro i mikroelementów).

Według Zhu i wsp. (2001) oraz Rubio i wsp. (2003) stres solny wpływał również na przemieszczanie się fosforu z korzeni do pędów oraz obniżenie zawartości Ca i Mg u ryżu i pieprzu.

Mając na uwadze powyższe doniesienia (Shannon i in., 1998; Zhu i in., 2001; Rubio i in., 2003), podjęto próbę zbadania wpływu zasolenia na zawartość wybranych pierwiastków w siewkach odmian żyta ozimego. Otrzymano podobne rezultaty badań.

U badanych sześciu odmian (Klawo, Luco, Nawid, Kier, Motto i Walet) po traktowaniu NaCl wystąpiła prawidłowość obniżenie zawartości pierwiastków P, Ca, K i Mg i wzrost Na i Cl. Odmiany żyta różniły się nieznacznie zawartością poszczególnych pierwiastków. Jednak odmiana Luco, która była najbardziej tolerancyjna na zasolenia pożywki, zawierała nieco więcej wapnia, fosforu i magnezu i jednocześnie najwięcej chloru i sodu.

W przyszłości podobne badania przeprowadzone zostaną na liniach wsobnych żyta.

WNIOSKI

1. U badanych odmian żyta, po traktowaniu 100, 150 i 200 mM NaCl, wystąpiła następująca prawidłowość: obniżenie zawartości P, Ca, K i Mg, a wzrost Na i Cl w korzeniach i częściach nadziemnych siewek.
2. Odmiany żyta nieznacznie różniły się zawartością pierwiastków w korzeniach i częściach nadziemnych roślin rosnących w stresie solnym.
3. Odmiana Luco najbardziej tolerancyjna na zasolenie charakteryzowała się najwyższą zawartością oznaczonych pierwiastków (P, Ca, K, Mg) w tym sodu i chloru.
4. Stężenia chlorku sodu powodują zmniejszanie zawartości suchej masy w siewkach żyta.

LITERATURA

- Dec D., Kubicka H., Koprowicz M. 2003. Wpływ zasolenia na kiełkowanie i wzrost siewek linii wsobnych żyta ozimego. Biul. IHAR 226/227/2: 333 — 338.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biochemia pierwiastków śladowych. Wyd. II zmienione PWN, Warszawa: 329 — 336.
- Kubicka H., Dec D. 2004. Stres solny a wzrost siewek żyta. Pod red. Zofii Tomczonek. Zarządzanie teraźniejszość i przyszłość. Politechnika Białostocka, Rozprawy Naukowe 113: 364 — 370.
- Noble C. J. 1985. Germination and growth of *Secale montanum* Guss in presence of sodium chloride. J. Agric. Res. 36: 385 — 395.
- O'Neill P. 1997. Chemia środowiska. PWN, Warszawa — Wrocław.
- Rubio R., Flores P., Navarro J. M., Martinez V. 2003. Effects of Ca^{2+} , K^+ and cGMP on Na^+ uptake in pepper plants. Plant Sci. 165: 1043 — 1049.
- Sadat Noori S. A., McNeilly T. 2000. Assessment of variability in salt tolerance based on seedling growth in *Triticum durum* Desf. Genet. Resour. Crop Evolut. 47: 285 — 291.

- Sapek B. 2003. Wapń — jego niedobór lub nadmiar w świetle ryzyka środowiskowego. Obieg Pierwiastków w Przyrodzie. Monografia t. II: 62 — 70.
- Shannon M. C., Rhoades J. D., Draper J. H., Scardaci S. C., Spyres M. D. 1998. Assessment of salt tolerance in rice cultivars in response to salinity problems in California. Crop Sci. 38: 394 — 398.
- Zhu G. Y., Kinet J. M., Lutts S. 2001. Characterization of rice (*Oryza sativa* L.) F₃ populations selected for salt resistance. I. Physiological behavior during vegetative growth. Euphytica 121: 251 — 263.

JACEK JAGODZIŃSKI

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Zmienność wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta

Variability of some culm morphological and mechanical traits in inbred lines of rye

Badaniami objęto 89 linii wsobnych żyta hodowli IHAR Radzików. Celem badań było określenie współczynnika oraz zakresu zmienności wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta, a także określenie ich wzajemnej zależności. Cechy morfologiczne obejmowały długość źdźbła, masę źdźbła, średnicę źdźbła na poziomie 1. i 2- międzywęźla, a parametry mechaniczne współczynnik sprężystości (k) i średnią sztywność źdźbła na zginanie (EI). Wykazano, że linie różnią się istotnie pod względem wszystkich badanych cech, przy czym najwyższe wartości współczynnika zmienności stwierdzono dla współczynnika sprężystości (41,3%) oraz dla średniej sztywności źdźbła na zginanie (29,3%). Właściwości mechaniczne znacznie wyraźniej różnicowały badane linie wsobne niż ich cechy morfologiczne. Zaobserwowano bardzo wysokie korelacje między współczynnikami sprężystości źdźbła a jego długością (-0,65) oraz sztywnością źdźbła na zginanie (0,42). Średnia sztywność źdźbła na zginanie zależała w dużym stopniu od jego masy jak i średnicy źdźbła na poziomie 1. i 2- międzywęźla.

Słowa kluczowe: korelacje, linie wsobne żyta, *Secale cereale* L., współczynnik sprężystości (k), średnia sztywność źdźbła (EI), zmienność

In this paper the studies on 89 lines of rye developed at the n IHAR Radzików are presented. The aim of the studies was to determine the variability of selected morphological and mechanical traits of culm. Moreover, the relationships between these traits were examined. The lines were characterized for the culm length and mass, diameter of 1st and 2nd internodes as well as for such mechanical properties as spring constant and average culm flexural rigidity. The significant differences between the genotypes in all tested traits were found. The highest coefficients of variability were recorded for mechanical parameters, i.e. spring constant (41.3) and average culm flexural rigidity (29.3). High correlations were observed between spring constant and culm length (-0.65) and average culm flexural rigidity (0.42). The latter trait depended both on culm mass and a diameter of 1st and 2nd internodes.

Key words: average flexural rigidity, correlation, inbred lines, rye, spring constant, variability

WSTĘP

Wielu autorów wskazuje na to, że cechy mechaniczne źdźbła w sposób istotny wpływają na wylęganie zbóż, a wskaźniki oparte na parametrach mechanicznych wyraźnie

różnicują formy hodowlane pod względem odporności na wyleganie. (Oda i in., 1966; Neenan i Spencer-Smith, 1975; Jeżowski, 1981; Jeżowski i in., 1987; Doliński i in., 1989; Żebrowski, 2002). Badania właściwości mechanicznych źdźbła dostarczających podstawowych danych o zdolności roślin do przeciwstawienia się obciążeniom stawianym przez wiatr i grawitację mogą zatem mieć istotne znaczenie dla praktyki hodowlanej. Analiza parametrów mechanicznych źdźbła pozwala wskazać ewentualne kierunki selekcji prowadzącej do efektywnej poprawy odporności na wyleganie, a niektóre właściwości mechaniczne mogą być stosowane jako pośrednie wskaźniki odporności na wyleganie.

Prace dotyczące parametrów mechaniki źdźbła żyta pojawiają się sporadycznie i nie dają pełnej, jednoznacznej odpowiedzi, jaki mają wpływ na wyleganie tego zboża. W hodowli mieszańcowej żyta komponentami rodzicielskimi są linie wsobne. Poznanie właściwości mechanicznych linii oraz określenie wpływu tych cech na wyleganie pozwoli na odpowiedni dobór komponentów do krzyżowań, a w konsekwencji być może do wyhodowania odmiany o polepszonej odporności na wyleganie, szczególnie w niekorzystnych warunkach pogodowych.

Celem badań było określenie zakresu zmienności wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła w liniach wsobnych żyta oraz określenie ich wzajemnych współzależności.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny do badań stanowiły linie wsobne żyta wyhodowane w Pracowni Żyta IHAR Radzików, które zostały wysiane na polu hodowlanym w układzie dwurzędkowym z wzorcem systematycznym — populacja Bosmo co 10 poletko. Badaniami objęto 89 linii o poziomie wsobności od S₅ do S₉. Wszystkie pomiary przeprowadzono w fazie dojrzałości mleczno-woskowej (faza 7,7–8,3 wg Tottmana, 1987). Z każdej linii pobierano losowo 3 rośliny. Wyodrębnione z rośliny pędy główne zawijano w przezroczystą folię polietylenową, zwilżoną od wewnętrznej strony wodą i przechowywano w temperaturze 4°C do chwili pomiaru.

Źdźbło pędu głównego charakteryzowano pod względem jego długości, masy oraz średnicy zewnętrznej na poziomie 1. i 2.- międzywęźla. Właściwości mechaniczne źdźbła charakteryzowano pod względem dwóch parametrów: współczynnika sprężystości (k) i średniej sztywności źdźbła na zginanie (EI). Współczynnik sprężystości k (N/m) mierzono określając wielkość ugięcia źdźbła $\times$ (mm) pod wpływem obciążenia $F = 1$ g

$$k = \frac{F}{x}$$

stosując wzór:

Średnią sztywność na zginanie (N·m²) oszacowano na podstawie wzoru:

$$EI = \frac{F \times l^3}{3x}$$

gdzie l — jest długością źdźbła. Pomiar średnicy zewnętrznej źdźbła na poziomie 1. i 2.- międzywęźla wykonano dwukrotnie za pomocą miernika przekroju z dokładnością do setnych części milimetra.

Za pomocą analizy wariancji wykorzystując program Agro i Statistica określono istotność wpływu linii na badane cechy. Określono zakres i współczynniki zmienności badanych cech morfologicznych i mechanicznych pędu głównego. Ponadto zbadano zależności między cechami morfologicznymi a właściwościami mechanicznymi pędu (współczynnikiem sprężystości źdźbła (k) i średnią sztywnością źdźbła na zginanie (EI)).

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzona analiza wariancji (tab. 1) wykazała, że badane linie wsobne żyta różniły się znacząco między sobą pod względem wszystkich analizowanych cech morfologicznych i mechanicznych pędu głównego. Stwarza to dość duże możliwości dla hodowcy w dokonaniu właściwego wyboru linii do krzyżowań i kreowania mieszańców o ulepszonych cechach mechanicznych, a w konsekwencji do poprawienia odporności na wylęganie.

Tabela 1

Analiza wariancji wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta Variance analysis for morphological and mechanical culm traits in inbred lines of rye

Cechy Traits	Bloki — Blocks			Linie — Lines			Błąd — Error	
	liczba stopni swobody degrees of freedom	średni kwadrat odchyłeń mean deviate square	F _{em}	liczba stopni swobody degrees of freedom	średni kwadrat odchyłeń mean deviate square	F _{em}	liczba stopni swobody degrees of freedom	średni kwadrat odchyłeń mean deviate square
Długość źdźbła (cm) Culm length (cm)	2	0,9513	0,1714 ^{NS}	88	465,1879	83,8259**	176	5,5495
Masa źdźbła (g) Culm mass (g)	2	0,7301	0,3651 ^{NS}	88	5,4151	8,9778**	176	0,6032
Średnica 1.-międzywęźła (mm) Diameter of 1 st internode (mm)	2	0,1845	0,0922 ^{NS}	88	1,0079	7,6350**	176	0,1320
Średnica 2.-międzywęźła (mm) Diameter of 2 nd internode (mm)	2	0,0187	0,1231 ^{NS}	88	0,7161	4,7260**	176	0,1515
Współczynnik sprężystości Spring constant (N·m ⁻¹)	2	0,0095	0,5059 ^{NS}	88	0,0490	2,6024**	176	0,0188
Średnia sztywność źdźbła Average culm flexural rigidity (N·m ²)	2	0,0004	1,2416 ^{NS}	88	0,0019	6,5336**	176	0,0003

** Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$; ** Significant at $\alpha = 0.01$

Średnie wartości, zakresy zmienności i współczynniki zmienności analizowanych cech zamieszczono w tabeli 2. Współczynniki zmienności dla właściwości mechanicznych źdźbła, tj. współczynnika sprężystości (k) — 41,3% oraz średniej sztywności źdźbła na zginanie (EI) — 29,3% były znacznie wyższe od współczynników zmienności w odniesieniu do cech morfologicznych, tj. długości źdźbła, jego masy oraz średnicy 1. i 2.- międzywęźla. W badanej populacji linii wsobnych żyta wykazano więc, że właściwości mechaniczne źdźbła znacznie lepiej różnicowały linie, co może mieć istotne znaczenie dla praktyki hodowlanej. Wielu autorów wskazywało na to, że zarówno współczynnik sprężystości (k) jak i średnia sztywność źdźbła na zginanie (EI), które mają dość znaczny wpływ na wyleganie zbóż (Jeżowski, 1996; Żebrowski, 2002) są bardzo efektywne w selekcji jęczmienia (Jeżowski, 1981; Jeżowski i in., 1989) i pszenicy (Doliński i in., 1989), gdyż charakteryzują się wysoką odziedziczalnością tych cech.

Tabela 2

Wartości i zakresy zmienności badanych cech linii wsobnych żyta
Average values and variability of the investigated traits in inbred lines of rye

Cechy Traits	Liczba linii Number of lines	Min. — Max	Średnia Average	Współczynnik zmienności Variability coefficient V (%)
Długość źdźbła (cm) Culm length (cm)	89	71,3–145,3	94,7	15,6
Masa źdźbła (g) Culm mass (g)		5,0–11,9	7,6	17,1
Średnica 1- międzywęźla (mm) Diameter of 1 st internode (mm)		3,58–6,55	4,75	11,8
Średnica 2- międzywęźla (mm) Diameter of 2 nd internode (mm)		3,79–6,40	5,10	9,8
Współczynnik sprężystości ($N \cdot m^{-1}$) Spring constant ($N \cdot m^{-1}$)		0,1057–0,8017	0,3207	41,3
Średnia sztywność źdźbła ($N \cdot m^2$) Average culm flexural rigidity ($N \cdot m^2$)		0,0258–0,777	0,0837	29,3

Zróznicowanie linii wsobnych żyta pod względem średniej średnicy źdźbła na poziomie 1. i 2.- międzywęźla było również istotne, a współczynniki zmienności kształtowały się odpowiednio 11,8% i 9,8%. Zależność sztywności i wytrzymałości od grubości dolnych międzywęźli potwierdzono w licznych testach mechanicznych (Norden i Frey, 1959; Jeżowski, 1996). Szczególny wpływ na odporność na wyleganie ma grubość trzech dolnych międzywęźli (Esechie i in., 1977; Jeżowski, 1981). Grochowski (1976) natomiast zwracał uwagę na to, że międzywęźla dolne powinny być nie tylko grube ale również krótkie. Uwzględniając to, że grubość źdźbła wpływa na lokalną sztywność na zginanie w sposób bardzo efektywny można w oparciu o szeroki zakres zmienności tej cechy w badanych liniach żyta przeprowadzać właściwą selekcję i dokonać na tej podstawie wyboru linii do krzyżowań.

Wzajemne zależności między cechami morfologicznymi a właściwościami mechanicznymi źdźbła zamieszczono w tabeli 3. Zaobserwowano bardzo wysoki ujemny współczynnik korelacji między współczynnikiem sprężystości źdźbła (k), a jego długością

(-0,65). Długość źdźbła według wielu autorów (Stanca i in., 1979; Jeżowski, 1996; Makela i in., 1996) wpływa znacząco na wyleganie, im źdźbło jest dłuższe tym ma większą skłonność do wylegania. Równocześnie wraz z obniżeniem długości źdźbła wzrasta jego współczynnik sprężystości. Jednakże skracanie źdźbła na drodze genetycznej nie zawsze jest pożądane z punktu widzenia poprawy produktywności. Dla wielu badaczy populacji zbóż wykazano nawet brak współzależności pomiędzy długością źdźbła a wyleganiem (Cacarelli, 1977; Żebrowski, 1991). Ostatnie badania Żebrowskiego (2002) wykazały nawet, że nie zawsze odmiana o długim źdźbale ma większą tendencję do wylegania. Okazało się bowiem, że są odmiany pszenżyta, które wykształcają źdźbło dość długie, charakteryzujące się wysokim współczynnikiem sprężystości, są jednak mniej podatne na wyleganie niż formy krótkoźdźbłowe. Ustalenie wpływu długości źdźbła oraz współczynnika sprężystości na wyleganie u żyta wymaga dalszych badań.

Tabela 3

Współczynniki korelacji między cechami morfologicznymi a właściwościami mechanicznymi źdźbła linii wsobnych żyta
Correlation between morphological and mechanical traits in inbred lines of rye

Cechy Traits	Liczba linii Number of lines	Współczynnik sprężystości Spring constant (k)·(N·m ⁻¹)	Średnia sztywność źdźbła Average culm flexural rigidity (EI)·(N·m ²)
Długość źdźbła (cm) Culm length (cm)	89	-0,65*	0,26*
Masa źdźbła bez kłosa (g) Culm mass (g)		-0,07	0,64*
Średnica 1.- międzywęźla (mm) Diameter of 1 st internode (mm)		0,37*	0,47*
Średnica 2.- międzywęźla (mm) Diameter of 2 nd internode (mm)		0,43*	0,54*
Średnia sztywność źdźbła Average culm flexural rigidity (EI) (N·m ²)		0,42*	—

Nie stwierdzono natomiast wpływu masy źdźbła na współczynnik sprężystości. Współczynniki korelacji między średnicą 1., jak i 2.- międzywęźla a współczynnikiem sprężystości wynosiły odpowiednio 0,37 i 0,43. Te zależności są zgodne ze wcześniejszymi doniesieniami dla żyta (Grochowski, 1976) i jęczmienia (Jeżowski, 1996), w których autorzy wykazali wpływ grubości i długości dolnych międzywęźli na wyleganie. Krótsze i grubsze dolne międzywęźla zapewniają większą sztywność podstawy źdźbła, a zatem korzystniejsze właściwości mechaniczne w części dolnej źdźbła.

Wysokie korelacje odnotowano w porównaniach średniej sztywności źdźbła na zginanie do długości źdźbła — 0,26, masy źdźbła — 0,64, do średnicy źdźbła na poziomie 1. międzywęźla — 0,47 i 2. międzywęźla — 0,54. Potwierdzają one wcześniejsze wnioski, z których wynika że wzrost średnicy zewnętrznej bardzo efektywnie zwiększa sztywność na zginanie EI, a tym samym redukuje stopień ugięcia źdźbła (Luthra i in., 1980; Oda i in., 1966). Stosunkowo wysoką korelację uzyskano również badając zależność średniej sztywności źdźbła na zginanie (EI) ze współczynnikiem sprężystości (k), która wynosiła 0,43. Sztywność źdźbła na zginanie w badanych liniach zmieniała się liniowo wraz ze

wzrostem współczynnika sprężystości źdźbła. Takie same zależności uzyskał Żebrowski (2002) w swoich badaniach nad właściwościami mechanicznymi pszenżyta i ich wpływem na wyleganie.

WNIOSKI

1. Stwierdzono istotne różnicowanie między badanymi liniami wsobnymi zarówno w odniesieniu do badanych cech morfologicznych jak i właściwości mechanicznych pędu głównego.
2. Parametry mechaniczne (współczynnik sprężystości i średnia sztywność źdźbła na zginanie) znacznie lepiej różnicowały linie wsobne niż cechy morfologiczne.
3. Wysokie współczynniki korelacji między badanymi cechami morfologicznymi i mechanicznymi źdźbła wskazują, że selekcja oparta na cechach morfologicznych może pozwolić efektywnie poprawiać właściwości mechaniczne źdźbła w procesie hodowlanym, co ma istotne znaczenie przy kreowaniu odmian mieszańcowych o ulepszonej odporności na wyleganie.

LITERATURA

- Bhamonchant P., Patterson F. 1964. Association of morphological characters and lodging resistance in a cross involving Mildford types oats. *Crop Sci.* 4: 48 — 51.
- Cacarelli A. R. 1977. Divergent selection for culm length in barley. I. Direct response to selection. *Z. Pflanzenzücht.* 79: 185 — 195.
- Doliński R., Tarkowski Cz., Bichta J. 1989. Badania nad dziedziczeniem wybranych cech fizycznych źdźbła pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 382: 133 — 142.
- Esechie H. A., Maranville J., Ross W. M. 1977. Relationship of stalk morphology and chemical composition to lodging resistance in sorghum. *Crop Sci.* 17: 609 — 912.
- Grochowski L. 1976. Hodowla krótkosłomych i karłowych form żyta w ZDHAR Smolice. *Praca Gr. Probl. Hodowla Żyta. IHAR, Radzików* Nr 75: 21 — 41.
- Jeżowski S. 1981. Variation, correlation and heritability of characters determining lodging of spring barley (*Hordeum vulgare* L.). II Analysis of relationship between lodging grade and some morphological characters of spring barley varieties. *Genet. Pol.* 22: 45 — 60.
- Jeżowski S., Adamski T., Surma M. 1987. Diallel analysis of characters determining lodging resistance of barley (*Hordeum vulgare* L.). I. An estimate of parental forms and F₁ hybrids regarding morphological and physical characters of the stem. *Genet. Polon.* 28: 333 — 340.
- Jeżowski S. 1996. Analiza genetyczna cech determinujących odporność na wyleganie jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.).
- Luthra O. P., Pardda R. S., Srivastava R. B. 1980. Combining ability of characters related to lodging in wheat. *Ind. J. Agric. Sci.* 51: 367 — 377.
- Makela P., Vaarala L., Peltonen-Sainio P. 1996. Agronomic comparison of Minnesota-adapted dwarf oat with semi-dwarf, intermediate, and tall oat lines adapted to northern growing conditions. *Can. J. Plant Sci.* 76: 727 — 734.
- Neenan M., Spencer-Smith J. L. 1975. An analysis of the problem of lodging with particular reference to wheat and barley. *J. Agric. Sci., Camb.* 85: 495 — 507.
- Norden A., Frey K. I. 1959. Factors associated with lodging resistance in oats. *Agron. J.* 51: 335 — 338.
- Oda K., Suzuki M., Udagawa T. 1966. Varietal analysis of physical characters in wheat and barley plants relating to lodging and lodging index. *Bull. Nat. Inst. Agricul. Sci., Tokio (D)* 15: 55 — 91.
- Stanca A. M., Jenkins G., Hanson P. R. 1979. Varietal responses in spring barley to natural and artificial lodging to a growth regulator. *J. Agric. Sci. Camb.* 93: 449 — 456.

- Tottman D.R. 1987. The decimal code for the growth stages of cereals. *Ann. Appl. Biol.* 110: 441 — 451.
- Żebrowski J. 1991. Wstępne obserwacje nad wczesnym wyleganiem roślin pszenżyta. W: *Hodowla zboża. Cz. II*. IHAR, Radzików: 151 — 153.
- Żebrowski J. 2002. Biomechaniczne i fotomorfogenetyczne uwarunkowania odporności pszenżyta ozimego (*X Tricosecale* Wittmack) na wyleganie. Monografie i rozprawy naukowe. IHAR, Radzików, nr 19/2002.

WIESŁAW MĄDRY ¹
TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI ²
KRZYSZTOF UKALSKI ¹

¹ Katedra Biometrii SGGW w Warszawie

² Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż, IHAR Oddział w Krakowie

Przewidywanie średnich cechy w populacjach potomstwa na podstawie parametrów biometryczno-genetycznych rodziców: modele i ich zastosowanie dla żyta ozimego

Predicting progeny means from quantitative genetic parameters of parents: models and their use for winter rye

Doświadczalna ocena średnich dla cech rolniczych w dużej liczbie kombinacji potomstwa z krzyżowań w pokoleniu F_1 (jako mieszańców heterozyjnych F_1 lub segregujących populacji) oraz w pokoleniach wsobnych jest kosztowna i czasochłonna. Zatem, te średnie powinny być możliwie dokładnie przewidywane za pomocą statystycznych modeli, opartych na oszacowaniach genetycznych parametrów dla rodziców z dostępnych danych genetycznych (głównie o markerach molekularnych) i fenotypowych (o samych rodzicach lub ich potomstwie). W pracy przedstawiono takie modele statystyczne (modele regresyjne) do przewidywania średnich cech w populacjach potomstwa roślin uprawnych, w których uwzględniono oszacowania biometryczno-genetycznych parametrów dla rodziców. Zastosowanie i ocenę przydatności tych modeli zobrazowano na przykładzie 7 cech rolniczych 27 populacji potomstwa F_1 żyta ozimego, otrzymanych w czynnikowym układzie krzyżowań 9 odmian populacyjnych (formy mateczne) z 3 testerami (populacje ojcowskie). Rozważano dwa rodzaje modeli. Jeden z modeli pierwszego rodzaju zawiera tylko średnią cechy dla obu rodziców, drugi zaś, oprócz tej zmiennej prognozującej, zawiera jeszcze odległość genetyczną rodziców (odległość Mahalanobisa, D^2 , badanych cech lub bezwzględną różnicę średnich genotypowych rodziców dla rozpatrywanej cechy, $|D|$), jako drugą zmienną prognozującą. Dwa modele drugiego rodzaju mają podobną konstrukcję. Jeden jest oparty tylko na efektach GCA rodziców, drugi zaś zawiera zarówno tę zmienną prognozującą, jak i wymienione odległości genetyczne rodziców. W rozpatrywanych badaniach nad żytem ozimym największą dokładność przewidywania za pomocą modelu ze średnią obu rodziców stwierdzono dla dwóch cech o większym znaczeniu efektów addytywnych w ich uwarunkowaniu oraz o dużej zmienności rodziców i potomstwa. Model oparty na efektach GCA rodziców zawsze dokładniej przewidywał średnie populacji potomstwa F_1 , niż model poprzedni. Obie odległości genetyczne rodziców, wprowadzone do każdego z dwóch modeli pierwotnych, mało zwiększały dokładność przewidywania średnich populacji potomstwa F_1 .

Słowa kluczowe: czynnikowy układ krzyżowań, efekty GCA, modele regresyjne do predykcji, odległość Mahalanobisa, przewidywanie średnich populacji potomstwa F_1 , średnia obu rodziców, żyto ozime

Experimental evaluation of the means for agricultural traits in a great number of F_1 progenies (as hybrids or segregating populations) and in inbred generations of F_1 hybrids is expensive and time-consuming. Then, the progeny means should be predicted using statistical models based on genetic parameters of parents, derived from genetic (molecular markers) and phenotypic parents *per se* or their offspring data. In the paper, statistical (regression) prediction models involving the estimators of quantitative genetic parameters of parents are presented. The application and usefulness of these models are shown using as an example 7 agronomic characters of 27 F_1 winter rye progeny populations obtained in factorial mating design between 9 population varieties (females) and 3 testers (male populations). Two types of models were considered. Models representing the first type include either a mid-parent value of the predicted character only as a predictor variable or both a mid-parent value and parental genetic distance (Mahalanobis distance, D^2 , of characters studied or absolute difference between parents for the traits studied, $|D|$) as two predictor variables. Two of the models representing the second type are similar to those of the first type. One of them is based on GCA effects of parents only, whereas the other includes both GCA effects and parental genetic distance. In the studies on winter rye the largest accuracy in predicting progeny means using the model based on the mid-parent value was found for two traits characterized by a relatively larger variation of both parents and F_1 progeny families, and their whose performance was affected predominantly by genetic additive effects. The model based on GCA effects of parents was much more efficient for all characters than the other one. Both genetic distances of parents, incorporated into each of the reference models as the additional predictor variables, weakly increased the efficiency of predicting means for F_1 winter rye progeny populations.

Key words: factorial mating design, Mahalanobis' distance, GCA effects, mid-parent value, predicting means of F_1 progeny populations, regression models for predicting, winter rye

WPROWADZENIE

W hodowli roślin uprawnych wykonuje się liczne krzyżowania świadomie dobieranych rodziców w obrębie określonej puli zasobów genowych. W hodowli heterozyznej odmian mieszańcowych przeprowadza się krzyżowania specjalnie dobranych linii wsobnych, wybierając odpowiednie mieszańce F_1 jako odmiany. Natomiast w hodowli rekombinacyjnej krzyżowane formy rodzicielskie mogą być populacjami roślin obcopylnych, klonami heterozygotycznymi lub liniami wsobnymi. Jeśli krzyżuje się populacje roślin obcopylnych lub klony heterozygotyczne, to w populacjach ich potomstwa w pokoleniu F_1 selekcionowane są pożądane genotypy w celu wyprowadzenia odmian klonowych lub populacyjnych. Natomiast w populacjach potomstwa wsobnego, pochodzących z krzyżowań odmian populacyjnych lub linii wsobnych, selekcionuje się wartościowe linie wsobne do produkcji odmian mieszańcowych F_1 , odmian-linii czystych lub odmian populacyjnych.

W obu rodzajach hodowli sukces selekcji mieszańców heterozyznych F_1 lub selekcji genotypów w segregujących populacjach potomstwa F_1 albo też wsobnych populacjach potomstwa, wymaga odpowiedniego poziomu ważnych rolniczych cech ilościowych (głównie plonu i cech jego jakości oraz cech odporności na choroby i szkodniki) w tych potomstwach (Bhatt, 1973; Charcosset i in., 1990, 1993, 1998; Gopal, 1998; Melchinger i in. 1998; Gumber i in., 1999; Oury i in., 2000; Vuylsteke i in., 2000; Utz i in., 2001). W hodowli rekombinacyjnej dla uzyskania postępu genetycznego w selekcji konieczna jest

dotatkowo duża zmienność genetyczna cech w populacjach potomstwa w segregującym pokoleniu F_1 lub w chowie wsobnym (Bhatt, 1973; Melchinger i in., 1998; Bohn i in., 1999; Gumber i in., 1999; Utz i in., 2001). Kolejnym warunkiem dobrej efektywności selekcji genotypów jest stabilność obu atrybutów potomstwa w środowiskach, tj. miejscowościach, latach lub ich kombinacjach (Schut i Dourleijn, 2000; Oury i in., 2000). Zgodnie z tymi wymogami, wartość (przydatność) hodowlana populacji potomstwa F_1 lub w dalszych pokoleniach wsobnych jest określana za pomocą dwóch miar statystycznych, tj. średniej populacyjnej i wariancji genetycznej (nie dotyczy to mieszańców heterozyjnych F_1) cech ilościowych, ocenianych w wielu środowiskach (Bhatt, 1973; Bernardo, 1995; Charcosset i in., 1998; Bohn i in., 1999; Gumber i in., 1999; Argillier i in., 2000; Utz i in., 2001) oraz parametrów stabilności tych miar (Schut i Dourleijn 2000, Oury i in., 2000).

Doświadczalna ocena wymienionych miar statystycznych dla dużej liczby populacji potomstwa (to zdarza się głównie w krzyżowaniach linii wsobnych w heterozyjnej hodowli odmian mieszańcowych) jest kosztowna, pracochłonna i czasochłonna, ponieważ wiarygodne testowanie potomstwa należy przeprowadzać w przestrzeni i czasie. Dlatego więc musi ona podlegać znacznym ograniczeniom. Zatem, szczególnie ważne jest przewidywanie (predykcja) zarówno średniej, jak i wariancji genetycznej nie testowanych eksperymentalnie populacji potomstwa, a także parametrów ich stabilności fenotypowej na podstawie dostępnych danych z oceny fenotypowej i genetycznej rodziców. Dzięki praktycznie wystarczająco dokładnemu przewidywaniu wartości tych miar hodowlanej przydatności potomstwa, można by zmniejszyć koszty i zwiększyć efektywność procesu hodowlanego, skupiając się tylko na wykonywaniu obiecujących krzyżowań i doświadczalnym badaniu ich potomstwa (Charcosset i in., 1998; Gopal, 1998; Bohn i in., 1999; Gumber i in., 1999; Schut i Dourleijn, 2000; Vuylsteke i in., 2000; Utz i in., 2001).

W tej pracy zajmujemy się tylko przewidywaniem średniej danej cechy w populacjach potomstwa, zarówno w pokoleniu F_1 (segregującym lub mieszańców dwóch linii czystych), jak i pokoleniach wsobnych. Z ilościowej teorii genetycznej wynika, że średnia cechy w populacji potomstwa w każdym pokoleniu jest wynikiem sumy addytywnych i nieaddytywnych (dominacyjnych epistatycznych) efektów genów dla loci cech ilościowych (QTL), pochodzących od danej pary rodzicielskiej oraz ich efektów interakcji genotypowo-środowiskowej (Mather i Jinks, 1982; Falconer i Mackey, 1996; Vuylsteke i in., 2000; Utz i in., 2001). Nieaddytywne efekty genetyczne pary rodziców, ujawniane w potomstwie w postaci efektów heterozji (w pokoleniu F_1), transgresji lub efektów swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA), mogą zależeć także od odległości genetycznej rodziców, czyli ich różnicy pod względem częstości alleli tych loci, które warunkują daną cechę ilościową (ang. QTL's) — (Charcosset i in., 1991; Charcosset i Essioux, 1994; Falconer i Mackey, 1996). Istnienie takich relacji potwierdzają badania doświadczalne (Gopal i Minocha, 1997; Ajmone Marsan i in., 1998; Charcosset i in., 1998; Vuylsteke i in., 2000; Beattie i in., 2003; Reif i in., 2003; Riday i in., 2003; Dias i in., 2004; Geleta i in., 2004; Łuczkiwicz i Karczmarek, 2004). Wskazana teoria genetyczna dostarcza przesłanek do poszukiwań modeli statystycznych do skutecznego przewidywania średnich cech potomstwa na podstawie odpowiedniej oceny rodziców.

Z licznych badań wynika, że w przewidywaniu średnich cech potomstwa w pokoleniu F_1 lub pokoleniach wsobnych mogą być przydatne różne modele statystyczne, zwane modelami predykcyjnymi lub predyktorami średnich potomstwa (Charcosset i in., 1990, 1993, 1998; Bernardo, 1995; Argillier i in., 2000; Oury i in., 2000; Vuylsteke i in., 2000; Balzarini, 2002; Dias i in., 2004). Są one oparte na oszacowaniach genetycznych parametrów dla rodziców, stanowiących próbę reprezentatywną z rozważanej populacji hodowlanej (puli genowej). Parametry te mogą być szacowane na podstawie danych z obserwacji cech fenotypowych u rodziców (ocena *per se*) lub u ich potomstwa w czynnikowym (linia $\times$ tester) albo diallelicznym układzie krzyżowań (Charcosset i in., 1990, 1993; Gopal, 1998; Argillier i in., 2000; Oury i in., 2000; Schut i Dourleijn, 2000; Utz i in., 2001; Oettler i in., 2003), danych genetycznych o rodzicach (informacji o rodowodzie rodziców, tzn. ich pokrewieństwie, a także o ich markerach molekularnych (Ajmone Marsan i in., 1998; Bohn i in., 1999; Vuylsteke i in., 2000; Beattie i in., 2003; Reif i in., 2003; Rodriguez-Burruezo i in., 2003) albo też danych obu rodzajów (Bernardo, 1995; Melchinger i in., 1998; Charcosset i in., 1998; Gumber i in., 1999; Dias i in., 2004). W praktycznej hodowli roślin nie zawsze są dostępne dane o pokrewieństwie rodziców i ich markerach molekularnych, więc w dalszych badaniach skupimy się na predyktorach średnich potomstwa, określanych (kalibrowanych) na podstawie ocen parametrów biometryczno-genetycznych, uzyskanych z obserwacji cech fenotypowych.

Celem pracy jest: (a) przedstawienie najważniejszych modeli statystycznych do przewidywania średnich cechy w populacjach potomstwa roślin uprawnych, opartych na oszacowaniach biometryczno-genetycznych parametrów, pochodzących z obserwacji rodziców lub ich potomstwa, otrzymanego w czynnikowym układzie krzyżowań, (b) podanie i dyskusja znanych wyników oceny efektywności i możliwości stosowania tych modeli w hodowli praktycznej, (c) zastosowanie i ocena przydatności omówionych modeli predykcyjnych dla cech rolniczych populacji potomstwa F_1 żyta ozimego, otrzymanych w czynnikowym układzie krzyżowań.

MATERIAŁ I METODY

Modele statystyczne do przewidywania średnich potomstwa

Średnia cechy ilościowej w (i,j) -tej populacji potomstwa (z krzyżowania i -tej formy matecznej z j -tą formą ojcowską), m_{ij} , w określonym pokoleniu jest nieznaną wartością, którą szacujemy za pomocą estymatora $\hat{m}_{ij} = \bar{y}_{ij}$, tzn. średniej z obserwacji w doświadczeniach ścisłych w jednym lub wielu środowiskach. Model statystyczny do przewidywania średniej populacyjnej m_{ij} oznaczmy symbolem $P_{(m_{ij})}$. Jest on jednocześnie predyktorem oszacowania średniej, $\hat{m}_{ij}$, oznaczonym symbolem $P_{(\hat{m}_{ij})}$ (Charcosset i in., 1993, 1998; Melchinger i in., 1998; Oury i in., 2000; Utz i in., 2001). Zatem, proponowany model do przewidywania średnich m_{ij} będziemy oznaczali symbolem $P_{(\hat{m}_{ij})}$.

Rozważane w pracy modele predykcyjne są ocenami liniowej funkcji regresji prostej lub wielokrotnej, opisującej zależność między ocenami parametrów biometryczno-genetycznych dla reprezentatywnej próby rodziców (zmiennie niezależne), a średnimi ich potomstwa, $\bar{y}_{ij}$, z wzajemnych krzyżowań (zmienna zależna). Model predykcyjny $P_{(\bar{m}_{ij})}$, utworzony (skalibrowany) na podstawie danych fenotypowych o rodzicach i ich potomstwie w danym środowisku (lub z wielu środowisk), może być stosowany do przewidywania średnich innych, potencjalnie możliwych do uzyskania w obrębie tej samej puli genowej, populacji potomstwa w tym samym jednym (lub tych samych wielu środowiskach), w których skalibrowano model. Efektywność, czyli dokładność predykcji średnich potomstwa w innych środowiskach, niż te wykorzystywane przy kalibracji modelu, może być tym gorsza im większa jest odmienność środowisk wziętych do kalibracji modelu i do przewidywania oraz większe są efekty interakcji genotypowo-środowiskowej (Gopal i Minocha, 1997; Argillier i in., 2000; Oury i in., 2000; Schut i Dourleijn, 2000; Yan i Rajca, 2003).

Model oparty na średniej cechy dla obu rodziców

Jest to model o postaci:

$$P_{1(\bar{m}_{ij})} = b_{(1)0} + b_{(1)1} \frac{(\bar{y}_i + \bar{y}_j)}{2} \quad (1)$$

gdzie: $\bar{y}_i$ i $\bar{y}_j$ są ocenami średnich genotypowych danej cechy dla i -tego oraz j -tego rodzica z obserwacji w doświadczeniach ścisłych, $b_{(1)0}$ i $b_{(1)1}$ są, odpowiednio, ocenami stałej i współczynnika regresji liniowej.

Jest to najprostszy i najmniej wymagający względem danych, statystyczny model do przewidywania średnich cechy populacji potomstwa. Należy on do najczęściej stosowanych i sprawdzanych w hodowli roślin (Bhatt, 1973; Maris, 1989; Charcosset i in., 1990; Gopal, 1998; Melchinger i in., 1998; Gumber i in., 1999; Argillier i in., 2000; Schut i Dourleijn, 2000; Utz i in., 2001; Oettler i in., 2003). Model ten okazał się wystarczająco efektywny w przewidywaniu średnich tylko takich cech potomstwa kukurydzy (Charcosset i in., 1990, 1993, 1998, Melchinger i in., 1998; Argillier i in., 2000; Menkir i Ayodele 2005), pszenicy (Bhatt 1973, Oury i in. 2000, Utz i in. 2001), jęczmienia (Schut i Dourleijn, 2000), pszenżyta (Oettler i in., 2003), bobiku (Gumber i in., 1999) i ziemniaka (Maris, 1989), które miały dużą zmienność w danej populacji hodowlanej i dużą odziedziczalność w wąskim sensie, a więc były uwarunkowane genetycznie głównie efektami addytywnymi o dużej zmienności w tej populacji. Dla cech o mniejszej odziedziczalności, w wymienionych badaniach stwierdzono gorszą efektywność przewidywania średniej potomstwa za pomocą modelu (1); najwyraźniej prawidłowość ta ujawniła się u ziemniaka (Gopal, 1998), pepino (Rodriguez-Burruezo i in., 2003) i lucerny (Riday i Brummer, 2005).

Model addytywny, oparty na efektach GCA rodziców

Ten model predykcyjny wywodzi się z liniowego modelu analizy wariancji dla obserwacji cech potomstwa w czynnikowym układzie krzyżowań lub układzie

diallelicznym, w którym oszacowano średnią ogólną, m , i efekty GCA (g_i oraz g_j) rodziców. Ma on postać:

$$P_{2(\hat{m}_{ij})} = \hat{m} + \hat{g}_i + \hat{g}_j \quad (2)$$

gdzie: $\hat{m}$, $\hat{g}_{ij}$ i $\hat{g}_j$ są ocenami średniej ogólnej i efektów GCA dla i -tego oraz j -tego rodzica.

Model (2) może być stosowany do przewidywania średnich cech potomstwa pochodzącego z wzajemnych krzyżowań linii, uczestniczących w czynnikowym układzie krzyżowań (Maris 1989, Charcosset i in., 1990, 1993, 1998; Gopal i Minocha, 1997, Gopal, 1998; Oury i in., 2000; Menkir i Ayodele, 2005) lub też z krzyżowań par form rodzicielskich, których efekty GCA były testowane w dwóch układach krzyżowań (czynnikowym lub diallelicznym) z różnymi zbiorami rodziców. Model ten mógłby być także przydatny do przewidywania średnich cech kombinacji potomstwa nie zrealizowanych w niekompletnych układach krzyżowań (Charcosset i in., 1993, 1998). Pozwalał on przewidywać średnie potomstwa z praktycznie rozsądną dokładnością w tych samych przypadkach, w których akceptowalnie efektywny był model (1). Dotyczyły one takich cech ziemniaka (Maris, 1989), kukurydzy (Charcosset i in., 1990, 1993, 1998) pszenicy (Oury i in., 2000) i pszenżyta (Oettler i in., 2003), które były uwarunkowane genetycznie głównie efektami addytywnymi (dużej przewadze średniego kwadratu odchyłeń dla efektów GCA rodziców nad średnim kwadratem dla ich efektów SCA w analizie wariancji) o dużej zmienności w populacji hodowlanej. W cytowanych badaniach dla takich cech nie stwierdzono znacznej poprawy dokładności przewidywania średnich potomstwa za pomocą modelu (2), w stosunku do modelu (1). Dla cech o mniejszej odziedziczalności w wąskim sensie, w wielu wymienionych badaniach modele (1) i (2) były zwykle podobnie mało efektywne.

Uzyskane wyniki eksperymentalne potwierdzają więc i dobrze ilustrują teorię genetyczną (Mather i Jinks, 1982; Falconer i Mackey, 1996; Utz i in., 2001). Wskazuje ona, że średnia populacji potomstwa dla cechy nie podlegającej efektom dominacji i epistazy jest równa średniej obu rodziców. Zatem im większy udział genetycznych efektów nieaddytywnych w uwarunkowaniu cechy potomstwa z krzyżowań w obrębie danej puli genowej, tym słabszy związek liniowy średniej obu rodziców i średniej potomstwa oraz sumy efektów GCA obu rodziców i średniej potomstwa.

Model oparty na średniej cechy dla obu rodziców i ich odległości genetycznej

Niedostateczna efektywność modelu (1) w przewidywaniu średnich potomstwa może wynikać z pojawiania się efektów heterozyjnych lub efektów transgresji. Z licznych badań eksperymentalnych wynika, że zmienność efektów heterozyjnych i transgresyjnych można czasami wyjaśnić częściowo za pomocą odległości genetycznych, mierzonych na podstawie miar opartych na danych fenotypowych (Bhatt, 1973; Gopal i Minocha, 1997; Riday i in., 2003; Dias i in., 2004; Geleta i in., 2004) lub danych o markerach molekularnych (Vuylsteke i in., 2000; Beattie i in., 2003; Reif i in., 2003; Rodriguez-Burruezo in., 2003; Dias i in., 2004; Geleta i in., 2004). Te związki uzasadniają propozycję modelu, zawierającego dwa składniki, z których pierwszy jest modelem (1), drugi zaś

uwzględnia odległość genetyczną kojarzonych rodziców (ang. *distance model*). Tak skonstruowany model ma postać:

$$P_{3(\hat{m}_{ij})} = b_{(3)0} + b_{(3)1} \frac{(\bar{y}_i + \bar{y}_j)}{2} + b_{(3)2} GD_{ij} \quad (3)$$

gdzie: GD_{ij} jest oceną odległości genetycznej dla i-tego oraz j-tego rodzica, $b_{(3)0}$, $b_{(3)1}$ i $b_{(3)2}$, i są, odpowiednio, ocenami stałej i częściowych współczynników regresji wielokrotnej.

Obecnie odległości genetyczne pojedynków, linii lub populacji ocenia się zwykle na podstawie informacji o markerach molekularnych DNA (Ajmone Marsan i in., 1998; Charcosset i in., 1998; Bohn i in., 1999; Bednarek i in., 1999; Corbellini i in., 2002; Beattie i in., 2003; Reif i in., 2003; Dias i in., 2004). Mimo że to źródło informacji o polimorfizmie genowym badanych obiektów wydaje się najbardziej miarodajne, to jednak ocena różnic genetycznych oparta na markerach molekularnych nie jest wciąż dokładna. Świadczą o tym znaczne rozbieżności ocen odległości genetycznej obiektów oparte na różnych technikach markerów molekularnych. Takie wyniki empiryczne uzasadnia fakt, że żadna z technik molekularnych nie identyfikuje całego genomu, tylko pewną jego część, zwykle słabo sprzężoną z genami warunkującymi badane cechy ilościowe, co ma poważne znaczenie w tworzeniu modeli i kryteriów do przewidywania średnich i wariancji cech populacji potomstwa. Dlatego więc, nie można uznać, że informacje genetyczne w postaci obserwacji wielu cech fenotypowych (Bhatt, 1973; Bains i Sood, 1984; Camussi i in., 1985; Smith i Smith, 1989; Kaczmarek i in., 2001; Dias i in., 2004; Mądry i in., 2004) nie mogą być alternatywną podstawą oceny miar odległości genetycznej obiektów, szczególnie w ich zastosowaniach przy tworzeniu modeli do przewidywania wartości hodowlanej populacji potomstwa. Słuszność tego poglądu potwierdzają wyniki najnowszych badań. Wskazują one na skuteczność zastosowania wielozmiennych odległości fenotypowych rodziców jako miar ich odległości genetycznych w predyktorach średnich i wariancji potomstwa (Gumber i in., 1999; Utz i in., 2001; Riday i in., 2003; Geleta i in., 2004; Łuczkiewicz i Kaczmarek, 2004).

Van Esbroeck i wsp. (1999) uważają, że do wiarygodnej oceny zróżnicowania genetycznego obiektów można używać obserwacji cech ilościowych (morfologicznych lub rolniczych), jednakże należy uwzględnić dużą liczbę takich cech i o możliwie dużej odziedziczalności. Gumber i wsp. (1999) stwierdzili dużą zgodność ocen odległości Mahalanobisa linii wsobnych bobiku, opartych na obserwacjach 53 cech morfologicznych i rolniczych oraz na 10 wybranych cechach o największej odziedziczalności.

W naszych badaniach, jako miarę odległości genetycznej w modelu (3) oraz (4) przyjmujemy odległość Mahalanobisa D^2 wielocechowych wektorów średnich genotypowych rodziców lub bezwzględną różnicę średnich genotypowych $|D|$ rodziców dla przewidywanej cechy (Gumber i in., 1999).

W dostępnej literaturze podane są wyniki stosowania modelu (3), zawierającego tylko odległość genetyczną rodziców do przewidywania średniej cechy potomstwa. Wskazują one na małą dokładność przewidywania średnich potomstwa za pomocą odległości

genetycznej rodziców, określonej z danych fenotypowych (Bhatt, 1973; Bains i Sood, 1984; Gopal i Minocha, 1997; Dias i in., 2004; Mądry i in., 2004) i molekularnych (Ajmone Marsan i in., 1998; Vuylsteke i in., 2000; Beattie i in., 2003; Rodriguez-Burruezo i in., 2003; Dias i in., 2004).

Model oparty na efektach GCA rodziców i ich odległości genetycznej

Jeśli dana cecha jest uwarunkowana zarówno addytywnym, jak i nieaddytywnym działaniem genów, to dokładność przewidywania średnich potomstwa za pomocą modelu addytywnego (2) może być za mała (Oury i in., 2000). Uwzględniając możliwy związek proporcjonalny między odległością genetyczną rodziców, a efektami SCA ich potomstwa (Charcosset i in., 1998; Vuylsteke i in., 2000; Corbellini i in., 2002; Dias i in., 2004; Geleta i in., 2004; Łuczkiwicz i Karczmarek, 2004), rozszerzamy model (3) do następującej postaci:

$$P_{4(\bar{m}_{ij})} = b_{(4)0} + b_{(4)1}\hat{g}_i + b_{(4)2}\hat{g}_j + b_{(4)3}GD_{ij} \quad (4)$$

gdzie: $b_{(4)0}$, $b_{(4)1}$, $b_{(4)2}$, i $b_{(4)3}$ są, odpowiednio, ocenami stałej i cząstkowych współczynników regresji wielokrotnej.

Model (4) był zaproponowany przez Charcosset i wsp. (1998) i zastosowany dla plonu kukurydzy na paszę. W tych badaniach współczynnik determinacji dla modelu (4) zwiększył się o około 10% w stosunku do modelu addytywnego (2).

Ocena efektywności modeli predykcyjnych

Ocena efektywności statystycznego modelu predykcyjnego, nazywana jest jego walidacją. W odniesieniu do modelu $P_{(\bar{m}_{ij})}$ walidacja polega na sprawdzeniu dokładności przewidywania obserwowanych średnich cechy, $\bar{y}_{ij}$, dla kombinacji potomstwa w próbie reprezentatywnej dla danej puli genowej. Dane z tych kombinacji potomstwa nie powinny być wykorzystywane wcześniej do kalibracji modelu, czyli estymacji parametrów biometryczno-genetycznych rodziców, reprezentujących także rozpatrywaną pulę genową (Charcosset i in., 1993, 1998; Melchinger i in., 1998; Oury i in., 2000). Do oceny dokładności przewidywania przez model $P_{(\bar{m}_{ij})}$ zastosujemy współczynnik determinacji liniowej R^2 , który jest miarą zgodności między średnimi przewidywanymi przez ten model i obserwowanymi $\bar{y}_{ij}$. Ocena dokładności przewidywania średnich populacji potomstwa z krzyżowań w obrębie danej próby reprezentatywnej rodziców za pomocą modeli (1) i (3), kalibrowanych na tych formach rodzicielskich jest tak samo wiarygodna, jak ta, przeprowadzona w trakcie walidacji na innych rodzicach i populacjach ich potomstwa, reprezentatywnych dla rozważanej puli genowej (Charcosset i in., 1993; Oury i in., 2000). Jest tak, dlatego że w tych modelach zmienne do przewidywania (oceny średnich obu rodziców i ich odległości genetycznych) są niezależne od średnich przewidywanych $\bar{y}_{ij}$, w przeciwieństwie do modeli (2) i (4).

Materiał doświadczalny

Układ krzyżowania i doświadczenia polowe

W pracy wykorzystano materiał roślinny otrzymany do wcześniejszych badań nad wykrywaniem genowych efektów epistatycznych, a także poznaniem efektów addytywnych i dominacyjnych na cechy rolnicze żyta ozimego (Śmiałowski i Węgrzyn, 2001, 2003). Materiał ten stanowiło 12 form rodzicielskich żyta ozimego i 27 populacji potomstwa F_1 , otrzymanych z krzyżowania tych rodziców w układzie czynnikowym. Formami matczynymi było 9 odmian populacyjnych: Dańkowskie Złote, Dańkowskie Nowe, Motto, Warko, Wibro, Zduno, Adar, Arant, Amilo, natomiast formami ojcowskimi (testerami) były 2 specjalnie dobrane rody populacyjne: SMH-49-1, SMH-75-1, różniące się od siebie wieloma cechami morfologicznymi oraz ich mieszańce F_1 (SMH-49-1 x SMH-75-1). Duża różnorodność fenotypowa krzyżowanych form rodzicielskich upoważnia do uznania ich za próbę reprezentatywną dla puli genowej żyta ozimego, posiadającej wartość hodowlaną.

W celu otrzymania potomstwa F_1 , kłosy krzyżowanych odmian kastrowano ręcznie, usuwając pylniki, a następnie zapyłano je pyłkiem testerów, otrzymując około 180 ziarniaków F_1 z każdego krzyżowania. Otrzymane w ten sposób ziarniaki z 27 populacji potomstwa F_1 wysiewano w polu w latach 1999-2001 na poletkach o powierzchni $0,4m^2$ w układzie losowanych bloków z 3 powtórzeniami. W tych samych latach badano formy rodzicielskie w odrębnych doświadczeniach polowych, założonych także w układzie losowanych bloków z tą samą liczbą powtórzeń, położonych obok doświadczeń z potomstwem. W doświadczeniach badano jeszcze 6 populacji potomstwa F_1 , innych w każdym roku, i 2 odmiany populacyjne (razem w latach brały udział 33 populacje potomstwa i 14 form rodzicielskich). Oba doświadczenia zakładano na polu doświadczalnym w Oddziale IHAR Krakowie. Glebę klasy IVa, nawożono standardowym nawożeniem NPK (90, 120 i 120 kg/ha). W trakcie wegetacji wykonano herbicydową ochronę roślin przed chwastami; jesienią zastosowano Arelon dysp. 500 S.C. lub Carat 350 S.C, a wiosną Chwastoks Turbo.

Obserwowano następujące cechy: wysokość roślin, długość dokłosa, długość kłosa, masę ziaren z kłosa, średnią liczbę ziaren z kłosa (te cechy obserwowano na próbie losowej 10 roślin z poletka), masę 1000 ziaren, masę hektolitra ziarna, plon ziarna na poletku, liczbę kłosów na poletku, porażenie rdzą brunatną, zawartość białka i liczbę opadania (te cechy obserwowano na całych poletkach lub na próbie ziarniaków z plonu poletek).

Analiza statystyczna danych

W celu testowania istotności różnic średnich genotypowych badanych cech dla rodziców i ich potomstwa F_1 oraz efektów GCA i SCA rodziców w czynnikowym układzie krzyżowań, a także interakcji tych parametrów genetycznych z latami, wykonano łączne analizy wariancji (z wyników doświadczeń 3-letnich) według odpowiadających modeli stałych. Dane doświadczalne wzięte do analizy stanowiły, zależnie od cechy, średnie z 10 roślin na poletkach lub obserwacje z całych poletek. Modele predykcyjne (1) — (4) tworzone i sprawdzano na podstawie przeciętnych oszacowań z 3 lat odpowiednich parametrów dla rodziców i średnich potomstwa. Analizy danych wykonano za pomocą

pakietu SAS (SAS User's Guide, 2002), stosując procedurę GLM do analizy wariancji, procedurę REG do regresji liniowej (przy kalibracji i walidacji modeli), zaś procedurę CANDISC do analizy odległości Mahalanobisa D^2 między rodzicami.

WYNIKI I DYSKUSJA

Fenotypowe zróżnicowanie form rodzicielskich i ich efektów genetycznych

W tabeli 1 przedstawiono analizy wariancji obserwacji rodziców i populacji potomstwa F_1 dla tych siedmiu, spośród badanych cech, dla których stwierdzono istotne zróżnicowanie między populacjami potomstwa. Są to cechy opisujące długość pędu i jego składowych oraz składowe plonu ziarniaków na roślinie.

Tabela 1

Analiza wariancji dla siedmiu cech rolniczych obserwowanych w latach 1999-2001 u 12 form rodzicielskich żyta ozimego i 27 populacji ich potomstwa F_1
Analyses of variance for 7 agronomic characters observed over 1999-2001 years in 12 of winter rye parents and their 27 populations of F_1 progenies

Źródło zmienności Sources of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty — Mean squares						
		wysokość roślin plant height	długość dokłosa internodes length	długość kłosa ear length	masa ziaren/kłos grain weight per ear	średnia liczba ziaren/kłos grain number per ear	MTZ 1000 grain weight	masa hektolitra ziarna test weight
Rodzice — Parents								
Lata — Years	2	11199,77**	146,40**	12,87**	4,30**	1785,54**	330,20**	441,66**
Bloki w latach Blocks in years	6	200,14	15,16**	3,01**	0,26**	198,53*	92,58**	6,92
Rodzice Parents	11	213,97	6,34*	2,43**	0,12**	74,72	6,53	12,03*
Rodzice × Lata Parents × Years	22	158,99	4,64	0,53	0,06	49,33	5,73	5,82
Błąd — Error	66	141,80	2,80	0,36	0,04	45,04	6,08	5,22
Potomstwa — Progenies								
Lata — Years	2	35604,04**	543,36**	47,48**	8,60**	3488,86**	2040,51**	1073,32**
Bloki w latach Blocks in years	6	350,1**	50,00**	14,69**	0,5**	77,91**	193,99**	106,86**
Potomstwa Progenies	26	105,08**	9,67**	2,06**	0,08**	67,33**	10,56*	11,53**
Potomstwa × Lata Progenies × Years	52	39,31**	8,32**	1,23**	0,04	55,22**	8,06	5,18
Błąd — Error	155	22,65	3,91	0,34	0,03	28,83	5,71	4,17

*** Efekty istotnie zróżnicowane (odpowiednio $0,01 < P < 0,05$ lub $P < 0,01$)

*** Difference significant at $0,01 < P < 0,05$ or $P < 0,01$, respectively

Zróżnicowanie form rodzicielskich pod względem średnich rozpatrywanych cech było mniejsze, niż zróżnicowanie mieszańców (tab. 1 i 2). Spośród siedmiu cech średnio zróżnicowanych istotnie między populacjami potomstwa, dla czterech cech stwierdzono także istotną interakcję genotypowo-środowiskową (potomstwo × lata). Takiej interakcji

nie stwierdzono dla żadnej z tych cech rodziców. Średnie rodziców były istotnie zróżnicowane tylko dla czterech cech. Oznacza to, że badane cechy form rodzicielskich reagowały stabilnie na warunki pogodowe w latach, czyli proporcjonalnie do średniej środowiskowej cechy (Oury i in., 2000; Schut i Dourleijn, 2000), choć nie zawsze podlegały one efektom zróżnicowania genetycznego. Struktura genetyczna populacji potomstwa, uzyskanych z krzyżowania tych rodziców, różnicowała średnie każdej z rozważanych cech, zaś reakcja większości cech potomstwa na warunki pogodowe nie była jednakowa (była nierównoległa). Zakładając, że populacje potomstwa F_1 żyta ozimego są bardziej zróżnicowane genetycznie, niż ich odmiany rodzicielskie i testery, uzyskane wyniki wskazywałyby, że szersza baza genetyczna populacji przyczynia się do niestabilnej (nieregularnej) reakcji ich cech na środowiska.

Zmienność parametrów biometryczno-genetycznych rodziców i ich potomstwa dla wszystkich cech była stosunkowo mała (tab. 2). Największą zmienność tych parametrów stwierdzono dla średniej liczby ziaren z kłosa, masy ziaren z kłosa oraz długości kłosa, szczególnie zaś małą dla masy hektolitra ziarna, MTZ i długości dokłosa.

Tabela 2

Średnie z przeciętnych obu rodziców ($\bar{x}_{mpv}$) dla 27 kombinacji krzyżowania i ich potomstwa F_1 ($\bar{x}_{F_1}$) dla siedmiu cech żyta ozimego oraz odpowiadające współczynniki zmienności CV_{mpv} i CV_{F_1}

The means for mid-parent value ($\bar{x}_{mpv}$) and the F_1 progeny means ($\bar{x}_{F_1}$), and respective coefficients of variation (CV_{mpv} and CV_{F_1}) for 7 characters of 27 winter rye crosses

Cechy Characters Parametry Parameters	Wysokość roślin Plant height	Długość dokłosa Internodes length	Długość kłosa Ear length	Masa ziaren/kłos Grain weight per ear	Średnia liczba ziaren/kłos Grain number per ear	MTZ 1000 Grain weight	Masa hektolitra ziarna Test weight
$\bar{x}_{mpv}$	127,46	43,88	10,36	1,51	44,47	33,90	71,44
CV_{mpv}	2,55%	1,16%	3,59%	5,67%	5,18%	1,23%	0,94%
$\bar{x}_{F_1}$	134,13	44,63	10,58	1,58	48,21	32,96	72,88
CV_{F_1}	2,53%	2,34%	4,53%	5,80%	5,76%	3,36%	1,54%

Stwierdzono istotnie zróżnicowanie efektów GCA co najmniej odmian matecznych lub testerów ojcowskich dla wszystkich cech, zaś efekty SCA były istotnie różne od zera tylko dla długości dokłosa (tab. 3). Dlatego też dla tej cechy iloraz średniego kwadratu dla efektów GCA odmian i testerów oraz efektów SCA był mniejszy od 1. Wyniki te świadczą o małym znaczeniu efektów addytywnych, zaś dużym udziale efektów nieaddytywnych w dziedziczeniu tej cechy. Zmienność pozostałych cech była uwarunkowana głównie efektami addytywnego działania genów, pochodzących od odmian lub testerów. Największą przewagę udziału genetycznych efektów addytywnych nad nieaddytywnymi stwierdzono dla wysokości i MTZ. Interakcję genotypowo-środowiskową $GCA \times$ lata oraz $SCA \times$ lata stwierdzono prawie tylko dla tych cech, dla których istotna była też interakcja potomstwo $\times$ lata.

Tabela 3

Analiza wariancji dla siedmiu cech rolniczych obserwowanych w latach 1999–2001 u potomstwa F₁ żyta ozimego z krzyżowań w układzie czynnikowym
Analyses of variance for 7 agronomic characters observed over 1999–2001 years in winter rye F₁ progenies obtained from factorial mating design

Źródło zmienności Sources of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty — Mean squares						
		wysokość roślin plant height	długość dokłosa internodes length	długość kłosa ear length	masa ziaren/kłos grain weight per ear	średnia liczba ziaren/kłos grain number per ear	MTZ 1000 Grain weight	masa hektolitra ziarna test weight
Lata — Years	2	35604,04**	543,36**	47,48**	8,49**	3506,36**	2040,51**	1073,32
Bloki w latach Blocks in years	6	350,10**	50,00**	14,69**	0,48**	80,04**	193,99**	106,86**
Potomstwa, w tym: Progenies in these:	26							
GCA odmian GCA of varieties	8	155,42**	13,30**	3,81**	0,05	108,73**	24,58**	6,43
GCA testerów GCA of testers	2	484,39**	5,52	5,93**	0,42**	187,71**	14,52	69,56**
SCA	16	31,38	8,31**	0,70	0,04	30,14	3,16	6,76
Potomstwa × Lata w tym: Progenies × Years in this:	52							
GCA odm. × Lata GCA of varieties × Years	16	41,52*	9,55**	1,88**	0,04	74,37**	12,48**	4,66
GCA test. × Lata GCA of testers × Years	4	46,98*	15,00**	1,27**	0,08*	23,64	4,51	1,90
SCA × Lata SCA × Years	32	37,13*	6,76*	0,90**	0,04	47,85*	6,30	5,85
Błąd — Error	155	22,65	3,91	0,34	0,03	29,26	5,71	4,17
GCA odm./SCA ¹ GCA var./SCA ¹		4,95	1,6	5,44	1,25	3,61	7,78	0,95
GCA test./SCA ² GCA test./SCA ²		15,44	0,66	8,47	10,5	6,23	4,59	10,29

¹⁽²⁾ Iloraz średniego kwadratu dla efektów GCA odmian (testerów) i efektów SCA

¹⁽²⁾ Quotient of the mean squares for GCA effects of varieties (testers) and SCA effects

Ocena wielozmiennych odległości rodziców

Odległości Mahalanobisa D^2 pomiędzy każdą parą form rodzicielskich uczestniczących w krzyżowaniach w układzie czynnikowym, stanowiące miary ich odległości genetycznych przedstawiono w tabeli 4. Tylko niektóre z nich były istotnie większe od zera. Wynika to ze stosunkowo niewielkiego zróżnicowania form rodzicielskich pod względem każdej z badanych cech (tab. 1).

Tabela 4

Odległości Mahalanobisa D^2 między średnimi genotypowymi (średnimi z 3 lat) dla siedmiu cech form rodzicielskich żyta ozimego

The Mahalanobis' distances D^2 between the genotypic means (means for 3 years) for 7 traits of winter rye parents

Testery Testers Odmiany Varieties	T1 (SMH 49-1)	T2 (SMH 75-1)	T3 (SMH49xSMH 75)
Dańkowskie Złote	8,76	10,30	13,20*
Dańkowskie Nowe	12,75	14,04*	13,17*
Motto	12,64*	12,80*	9,41
Warko	16,02**	16,83**	9,00
Wibro	23,02**	12,44*	10,55
Zduno	12,92	11,07*	6,76
Adar	8,31	10,30	7,47
Arant	20,11**	8,94*	7,83*
Amilo	10,97	21,10**	11,42*

*, ** Odległości D^2 istotnie większe od zera (odpowiednio $0,01 < P < 0,05$ lub $P < 0,01$)

*, ** Distances D^2 significantly larger than zero ($0,01 < P < 0,05$ or $P < 0,01$, respectively)

Kalibracja i ocena efektywności modeli predykcyjnych

Modele predykcyjne skalibrowano (dopasowano) na podstawie średnich obserwowanych i przewidywanych dla siedmiu cech 27 populacji potomstwa, a wyniki podano w tabeli 5. Model (1), oparty na średnich obu rodziców był zwykle mało efektywny (współczynnik determinacji dla pięciu cech wynosił 0,9%–15,7%, zaś dla wysokości i długości kłosa był równy odpowiednio 21,8% i 55,7%). Największa dokładność przewidywania potomstwa za pomocą tego modelu była więc osiągnięta dla dwóch cech o stosunkowo dużym znaczeniu efektów addytywnych w ich uwarunkowaniu oraz dużej zmienności rodziców i potomstwa (tab. 2 i 3). Wyniki te potwierdzają podobne prawidłowości, jak te w wielu cytowanych wyżej pracach. Współczynnik determinacji dla modelu (3) z jednocechową odległością $|D|$ zwiększył się znacząco (o około 18%) w stosunku do modelu wyjściowego (1), tylko dla długości dokłosa (tab. 5).

Natomiast współczynnik determinacji w modelu (4) z odległością D^2 lub $|D|$ zwiększył się co najwyżej o około 3% w stosunku do modelu wyjściowego (2). Zatem, odległości genetyczne rodziców, mierzone za pomocą wielocechowej odległości Mahalanobisa D^2 i odległości jednocechowej $|D|$ w bardzo małym stopniu wyjaśniają zmienność genetycznych efektów nieaddytywnych (efektów transgresji w modelu 3 i efektów SCA w modelu 4), warunkujących średnie potomstwa dla ważnych cech rolniczych żyta ozimego. Podobne wyniki uzyskano dla cech rolniczych wielu gatunków roślin (Gopal i Minocha, 1997; Ajmone Marsan i in., 1998; Corbellini i in., 2002; Beattie i in., 2003; Dias i in., 2004; Geleta i in., 2004; Mądry i in., 2004).

Tabela 5

Skalibrowane oceny parametrów liniowej funkcji regresji pomiędzy średnimi populacji potomstwa F_1 (Y) żyta ozimego, a oszacowaniami biometryczno-genetycznych parametrów ich rodziców (X_i)
 Calibrated values of the parameters in different linear regression functions between F_1 winter rye progeny means (Y) and estimated quantitative genetic parameters of their parents (X_i)

Cecha — Character	Model	R^2	b_0	b_1	b_2	b_3
1	2	3	4	5	6	7
Wysokość roślin Plant height	$P_1(\bar{m}_{ij})$	21,77	72,00	0,49*		
	$P_3(\bar{m}_{ij})$	23,84	73,84	0,48*	-0,12	
	$P_3(\bar{m}_{ij})'$	21,94	68,20	0,52*	-0,04	
	$P_2(\bar{m}_{ij})$	82,58	132,39	0,99**	0,99**	
	$P_4(\bar{m}_{ij})$	82,84	136,24	1,01**	1,01**	0,04
	$P_4(\bar{m}_{ij})'$	83,53	126,06	0,97**	0,97**	-0,19
Długość dokłosa Internodes length	$P_1(\bar{m}_{ij})$	3,64	27,37	0,39		
	$P_3(\bar{m}_{ij})$	3,81	26,88	0,40	0,01	
	$P_3(\bar{m}_{ij})'$	22,28	34,04	0,23	0,71*	
	$P_2(\bar{m}_{ij})$	45,09	44,63	0,99**	1,00	
	$P_4(\bar{m}_{ij})$	45,72	48,64	1,01**	1,09	-0,02
	$P_4(\bar{m}_{ij})'$	45,13	44,49	0,99**	1,00	0,06
Długość kłosa Ear length	$P_1(\bar{m}_{ij})$	55,72	0,62	0,96**		
	$P_3(\bar{m}_{ij})$	57,72	0,14	0,99**	0,02	
	$P_3(\bar{m}_{ij})'$	55,90	0,45	0,97**	0,05	
	$P_2(\bar{m}_{ij})$	79,06	10,52	1,00**	0,99**	
	$P_4(\bar{m}_{ij})$	79,06	10,55	1,00**	1,00**	0,001
	$P_4(\bar{m}_{ij})'$	79,12	10,61	1,00**	1,00**	0,05
Masa ziaren/kłos Grain weight per ear	$P_1(\bar{m}_{ij})$	15,69	0,94	0,42*		
	$P_3(\bar{m}_{ij})$	16,94	0,96	0,43*	-0,002	
	$P_3(\bar{m}_{ij})'$	15,88	0,94	0,42*	0,05	
	$P_2(\bar{m}_{ij})$	65,23	1,53	0,98**	0,99**	
	$P_4(\bar{m}_{ij})$	66,17	1,62	0,98**	1,03**	0,002
	$P_4(\bar{m}_{ij})'$	68,60	1,18	0,91**	0,86**	-0,47
Średnia liczba ziaren/kłos Grain number per ear	$P_1(\bar{m}_{ij})$	10,66	30,70	0,39		
	$P_3(\bar{m}_{ij})$	12,35	31,37	0,40	-0,09	
	$P_3(\bar{m}_{ij})'$	12,31	33,92	0,31	0,17	
	$P_2(\bar{m}_{ij})$	69,53	47,02	1,00**	0,97**	
	$P_4(\bar{m}_{ij})$	71,12	53,87	1,02**	1,07**	0,09
	$P_4(\bar{m}_{ij})'$	69,71	46,73	1,01**	0,96**	-0,09

	1	2	3	4	5	6	7
MTZ 1000 grains weight		$P_1(\hat{m}_{ij})$	12,32	64,55	-0,93		
		$P_3(\hat{m}_{ij})$	12,39	64,40	-0,93	0,007	
		$P_3(\hat{m}_{ij})'$	15,21	52,11	-0,55	-0,44	
		$P_2(\hat{m}_{ij})$	81,91	33,79	1,00**	1,02**	
		$P_4(\hat{m}_{ij})$	82,34	33,77	1,01**	1,02**	-0,02
		$P_4(\hat{m}_{ij})'$	82,05	33,32	1,00**	1,01**	0,08
Masa hektolitra ziarna Test weight		$P_1(\hat{m}_{ij})$	0,87	61,74	0,16		
		$P_3(\hat{m}_{ij})$	6,13	57,78	0,20	0,06	
		$P_3(\hat{m}_{ij})'$	1,42	66,73	0,09	-0,07	
		$P_2(\hat{m}_{ij})$	62,33	72,54	1,00**	1,00**	
		$P_4(\hat{m}_{ij})$	62,38	73,64	1,01**	1,00**	-0,006
		$P_4(\hat{m}_{ij})'$	69,71	99,04	1,15**	1,22**	-0,75*

$P_1(\hat{m}_{ij})$ —model (1), $P_3(\hat{m}_{ij})$ i $P_3(\hat{m}_{ij})'$ — model (3), odpowiednio z odległością genetyczną D^2 lub $|D|$; $P_4(\hat{m}_{ij})$ —model (2), $P_4(\hat{m}_{ij})$ i $P_4(\hat{m}_{ij} \hat{m}_{ij})'$ — model (4), odpowiednio z odległością genetyczną D^2 lub $|D|$; b_0, b_1, b_2, b_3 odpowiadają stałej i kolejnym współczynnikom regresji w modelach (1) — (4);

$P_1(\hat{m}_{ij})$ —model (1), $P_3(\hat{m}_{ij})$ and $P_3(\hat{m}_{ij})'$ — model (3) with genetic distances D^2 or $|D|$, respectively; — $P_4(\hat{m}_{ij})$

model (2), $P_4(\hat{m}_{ij})$ and $P_4(\hat{m}_{ij} \hat{m}_{ij})'$ — model (4) with genetic distances D^2 or $|D|$, respectively; b_0, b_1, b_2, b_3 —

constant and regression coefficients in models (1) — (4);

*, ** Współczynniki regresji istotnie różne od zera ($0,01 < P < 0,05$ lub $P < 0,01$)

*, ** Regression coefficient significantly different from zero ($0,01 < P < 0,05$ or $P < 0,01$, respectively)

Uzyskiwano także lepszą efektywność stosowania odległości genetycznej rodziców w przewidywaniu efektów nieaddytywnych dla cech potomstwa (Bhatt, 1973; Charcosset i in., 1998; Reif i in., 2003; Łuczkiewicz i Karczmarek, 2004).

Model addytywny (3), oparty na efektach GCA wyjaśniał relatywnie dużą część zmienności (45%–83%) obserwowanych średnich cech rodzin potomstwa F_1 żyta ozimego w badanej próbie reprezentatywnej, które były wzięte do kalibracji modelu. Model ten był najbardziej efektywny dla wysokości i długości kłosa, a więc dla tych samych cech, dla których stosunkowo najbardziej efektywny w przewidywaniu potomstwa był model (1), ale także dla mtz. Tak optymistyczną ocenę efektywności modelu predykcyjnego (3), nawet dla cech warunkowanych w potomstwie przez efekty nieaddytywne, uznajemy jednak za zawyżoną przez to, że była ona wykonana w trakcie kalibracji tego modelu, nie zaś w trakcie jego walidacji (Charcosset i in., 1993, 1998; Melchinger i in., 1998; Oury i in., 2000).

WNIOSKI

1. Modele statystyczne do przewidywania średnich cech ilościowych populacji potomstwa oparte na średnich dla obu rodziców oraz na efektach GCA rodziców są

- zwykle wystarczająco efektywne tylko dla cech o dużej odziedziczalności w wąskim sensie, dla takich cech przeważnie większą efektywność przewidywania posiada model drugiego rodzaju.
2. Modele wymienione we wniosku 1, rozszerzone o odległości genetyczne rodziców, określone na podstawie danych fenotypowych, są raczej niewiele efektywniejsze dla cech o małej odziedziczalności, niż modele wyjściowe.
 3. Wyniki oceny efektywności badanych modeli do przewidywania średnich cech populacji potomstwa F_1 żyta ozimego, ilustrują i potwierdzają wyniki uzyskane przez badaczy u innych roślin.
 4. Rozpatrywane modele statystyczne mogą być efektywnym narzędziem do przewidywania średnich cech kombinacji potomstwa F_1 z krzyżowania różnych form rodzicielskich (odmian populacyjnych, linii wsobnych, klonów itp.), jednakże ich przydatność powinna być szerzej (dla różnych gatunków roślin, struktury genetycznej zasobów genowych, cech oraz rodzajów miar odległości genetycznej rodziców) i lepiej przebadana, zgodnie z zasadami kalibracji i walidacji modeli statystycznych.

LITERATURA

- Ajmone Marsan P., Castiglioni P., Fusari F., Kuiper M., Motto M. 1998. Genetic diversity and its relationship to hybrid performance in maize as revealed by RFLP and AFLP markers. *Theor. Appl. Genet.* 96: 219 — 227.
- Argillier O., Méchin V., Barrière Y. 2000. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Sci.* 40: 1596 — 1600.
- Bains, K. S., Sood K. C. 1984. Resolution of genetic divergence for choice of parents in soybean breeding. *Crop Improv.* 11: 20 — 24.
- Balzarini M. 2002. Applications of mixed models in plant breeding. In: M. S. Kang (Ed), *Quantitative Genetics, Genomics and Plant Breeding*, CAB International Wallingford, UK: 353 — 363.
- Beattie A. D., Michaels T. E., Pauls K. P. 2003. Predicting progeny performance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) using molecular marker-based cluster analysis. *Genome* 46: 259 — 267.
- Bednarek P. T., Chwedorzewska K., Króliczak., Puchalski J., Zawada M. 1999. Wykorzystanie markerów genetycznych typu ALFP do badań zmienności genetycznej linii wsobnych żyta. *Biul. IHAR* 211: 219 — 228.
- Bernardo R. 1995. Genetic models for predicting maize single-cross performance in unbalanced yield trial data. *Crop Sci.* 35: 141–147.
- Bhatt G. M. 1973. Comparison of various methods of selecting parents for hybridization in common bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Aust. J. Agric. Res.* 24: 457 — 464.
- Bohn M., Utz H. F., Melchinger A. E. 1999. Genetic similarities among winter wheat cultivars determined on the basis of RFLPs, AFLPs, and SSRs and their use for predicting progeny variance. *Crop Sci.* 39: 228 — 237.
- Camussi A., Ottaviano E., Caliński T., Kaczmarek Z. 1985. Genetic distances based on quantitative traits. *Genetics* 111: 945 — 962.
- Charcosset A., Bonnisseau B., Touchebeuf O., Burstin J., Dubreuil P., Barrière Y., Gallais A., Denis J. B. 1998. Prediction of maize hybrid silage performance using marker data: comparison of several models for specific combining ability. *Crop Sci.* 38: 38 — 44.
- Charcosset A., Denis J. B., Lefort-Buson M., Gallais A. 1993. Modelling interaction from top-cross data and prediction of F_1 hybrid value. *Agronomie* 13: 597 — 608.
- Charcosset A., Essioux L. 1994. The effect of population structure on the relationship between heterosis and heterozygosity at marker loci. *Theor. Appl. Genet.* 89: 336 — 343.

- Charcosset A., Lefort-Buson M., Gallais A. 1991. Relationship between heterosis and heterozygosity at marker loci: a theoretical computation. *Theor. Appl. Genet.* 81: 571 — 575.
- Charcosset A., Lefort-Buson M., Gallais A. 1990. Use of top-cross design for predicting performance of maize single cross hybrid. *Maydica* 35: 23 — 27.
- Corbellini M., Perenzin M., Accerbi M., Vaccino P., Borghi B. 2002. Genetic diversity in bread wheat, as revealed by coefficient of parentage and molecular markers, and its relationship to hybrid performance. *Euphytica* 123: 273 — 285.
- Dias L. A. S., Picoli E. A. T., Rocha R. B., Alfenas A. C. 2004. A priori choice of hybrid parents in plants. *Genet. Mol. Res.* 3: 356 — 368.
- Falconer D. S., Mackey T. F. 1996. Introduction to quantitative genetics. Longman Group Ltd, Londyn.
- Geleta L. F., Labuschagne M. T., Viljoen C. D. 2004. Relationship between heterosis and genetic distance based on morphological traits and AFLP markers in pepper. *Plant Breeding* 123: 467 — 473.
- Gopal J., Minocha J. L. 1997. Genetic divergence for cross prediction in potato. *Euphytica* 97: 269 — 275.
- Gopal J. 1998. Identification of superior parents and crosses in potato breeding programmes. *Theor. Appl. Genet.* 96: 287 — 293.
- Gumber R. K., Schill B., Link W., Kittlitz E., Melchinger A. E. 1999. Mean, genetic variance, and usefulness of selfing progenies from intra- and inter-pool crosses in faba beans (*Vicia faba* L.) and their prediction from parental parameters. *Theor. Appl. Genet.* 98: 569 — 580.
- Kaczmarek J., Bujak H., Kadłubiec W. 2001. Ocena podobieństwa linii wsobnych żyta ozimego na podstawie analizy wybranych cech. *Biul. IHAR* 218/219: 379 — 387.
- Łuczkiewicz T., Kaczmarek Z. 2004. The influence of morphological differences between sunflower inbred lines on their SCA effects for yield components. *J. Appl. Genet.* 45: 175 — 182.
- Maris B. 1989. Analysis of an incomplete diallel cross among three ssp. tuberosum varieties and seven long day adapted ssp. andigena clones of the potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica* 41: 163 — 182.
- Mather K., Jinks J. L. 1982. Biometrical genetics. Chapman and Hall, Londyn.
- Mądry W., Krajewski P., Pluta S., Żurawicz E. 2004. Wielocechowa analiza wartości hodowlanej i zróżnicowania genetycznego odmian porzeczki czarnej (*Ribes nigrum* L.) na podstawie efektów ogólnej zdolności kombinacyjnej. *Acta Scient. Polon. Hortorum. Cultus* 3: 93 — 109.
- Melchinger A. E., Gumber R. K., Leipert R. B., Vuylsteke M., Kuiper M. 1998. Prediction of testcross means and variances among F3 progenies of F1 crosses from testcross means and genetic distances of their parents in maize. *Theor. Appl. Genet.* 96: 503 — 512.
- Menkir A., Ayodele M. 2005. Genetic analysis of resistance to gray leaf spot of midaltitude maize inbred lines. *Crop Sci.* 45: 163 — 170.
- Oettler G., Burger H., Melchinger A.E. 2003. Heterosis and combining ability for grain yield and other agronomic traits in winter triticale. *Plant Breeding* 122: 318 — 321.
- Oury F. X., Brabant P., Bérard P., Pluchard P. 2000. Predicting hybrid value in bread wheat: biometric modelling based on a "top-cross" design. *Theor. Appl. Genet.* 100: 96 — 104.
- Reif J. C., Melchinger A. E., Xia X. C., Warburton M. L., Hoisington D. A., Vasal S. K., Beck D., Bohn M., Frisch M. 2003. Use of SSRs for establishing heterotic groups in subtropical maize. *Theor. Appl. Genet.* 107: 947 — 957.
- Riday H., Brummer E. C., Campbell T. A., Luth D., Cazcarro P.M. 2003. Comparisons of genetic and morphological distance with heterosis between *Medicago sativa* subsp. *sativa* and subsp. *falcata*. *Euphytica* 131: 37 — 45.
- Riday H., Brummer E. C. 2005. Heterosis in a broad range of alfalfa germplasm *Crop Sci.* 45: 8 — 17.
- Rodriguez-Burruezo A., Prohens J., Nuez F. 2003. Performance of hybrid segregating populations of pepino (*Solanum mulic* × *atum*) and its relation to genetic distance among parents. *J. Hort. Sci. Biot.* 78: 911 — 918.
- SAS/STAT User's Guide, Version 8.2. 2002. SAS Institute, Cary NC.
- Schut J. W., Dourleijn C. J. 2000. Prediction of barley progeny performance in the presence of genotype-environment interaction. *Plant Breeding* 119: 47 — 50.
- Smith J. S. C. and Smith O. S. 1989. The description and assessment of distances between inbred lines of maize: I. The use of morphological traits as descriptors. *Maydica* 34: 141 — 150.

- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2001. Addytywno-dominujący sposób działania genów odpowiedzialnych za dziedziczenie różnych cech rolniczych u żyta ozimego. *Pam. Puł.* 128: 247 — 256.
- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2003. Genetyczno-statystyczne parametry dziedziczenia cech użytkowych żyta ozimego (*Secale cereale* L.). *Biul. IHAR* 230: 205 — 214.
- Utz H. F., Bohn M., Melchinger A. E. 2001. Predicting progeny means and variances of winter wheat crosses from phenotypic values of their parents. *Crop Sci.* 41: 1470 — 1478.
- Van Esbroeck G. A., Bowman D. T., May O. L., Calhoun D. S. 1999. Genetic similarity indices for ancestral cotton cultivars and their impact on genetic diversity estimates of modern cultivars. *Crop Sci.* 39:323–328.
- Vuylsteke M., Kuiper M., Stam P. 2000. Chromosomal regions involved in hybrid performance and heterosis: their AFLP®-based identification and practical use in prediction models. *Heredity* 85: 208 — 218.
- Yan W., Rajcan I. 2003. Prediction of cultivar performance based on single vs. multiple year trials. *Crop Sci.* 43: 549 — 555.

JAN KOŁODZIEJ¹**BOGDAN KULIG**²¹ Katedra Meteorologii i Klimatologii Rolniczej, Akademia Rolnicza, Kraków² Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza, Kraków

Wpływ pogody na kształtowanie się plonu i wybranych cech owsa

Influence of the weather on yield forming and some properties of oat

W pracy przedstawiono kształtowanie się plonu owsa i wybranych cech użytkowych ziarna takich jak: udział łuski, masa tysiąca ziaren (MTZ), udział pośladu w zależności od przebiegu warunków pogody. Badania oparto o wyniki doświadczeń polowych przeprowadzonych przez COBORU w latach 1992–2003 w 3 miejscowościach o zbliżonych warunkach glebowych i zróżnicowanych pod względem klimatycznym. Okres wegetacji owsa podzielono na 7 okresów agrofenologicznych, dla których przeprowadzono obliczenia przy zastosowaniu metody modelowej. Ten sposób oceny umożliwił wyznaczenie optymalnych wartości temperatury i sumy opadów atmosferycznych. Stwierdzono silne związki statystyczne pomiędzy plonem ziarna i elementami struktury plonu. Wzrost temperatury powietrza w agrofenofazie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej powodował obniżenie plonu ziarna i wzrost masy 1000 ziaren, natomiast w okresie od dojrzałości woskowej do zbioru przyczyniał się do wzrostu plonu ziarna i udziału łuski w plonie nasion. Określono optymalne wartości temperatury. Były one na ogół niższe od średnich z okresu badań, co wskazuje na niższe wymagania cieplne owsa. Obfite opady w okresie wegetacji (281,4 mm) sprzyjały wysokiemu plonowaniu ziarna owsa. Natomiast opady słabsze (258,4 mm) wpływały na zmniejszenie zawartości łuski. Efektem opadów na poziomie 225 mm był wysoki wskaźnik MTZ i mały udział pośladu. Wartości temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych, określane jako optymalne dla plonowania ziarna i jego cech użytkowych, były różne dla różnych okresów rozwojowych owsa.

Słowa kluczowe: opady atmosferyczne, owies, temperatura powietrza

In the paper, the effects of weather conditions upon forming of oat yield as well as on the percentage of hull, mass of 1000 grains and percentage of offal, are presented. The field investigations were conducted by the COBORU in the years 1992–2003 at 3 localities characterized by similar soil conditions but different weather conditions. The growing season was divided into 7 agrophenology phases, for which calculations were performed using a model method. Such a way of estimation allowed to determine the optimal levels of temperature and precipitation. Close statistical relationships between grain yield and the components of yield were found. The increase in air temperature in the period between earing and wax maturity resulted in the decrease in grain yield, whereas it caused the enlarged mass of 1000 grains. The higher temperature in the period between wax maturity and oat harvesting contributed to the growth both in grain yield and the content of hull in grain. Optimal temperature values were determined. These were usually lower than the mean ones for the investigation period, which suggests the diminished thermal requirements of oat. The rainfall at the level of 281.4 mm was

found to be favourable to grain yield. That at the level of 258.4 mm caused the decrease in content of hull. At the 225 mm precipitation the mass of 1000 grains increased, and the proportion of offal diminished. The air temperatures and sums of precipitation, determined as optimal for yielding and yield properties, were different at different stages of oat development.

Key words: air temperature, oat, precipitation

WSTĘP

Powierzchnia uprawy owsa wynosi około 17,9 mln ha, co stanowi około 3% światowych zasiewów zbóż, a jego średni plon wynosi 17,5 dt z ha. Najwyższe plony (60,0 dt z ha) notowano w Irlandii, a nieco niższe w Holandii i Anglii. W siewie czystym uprawiano go na powierzchni około 600 tys. ha, tj. około 6,2% zbiorów wszystkich zbóż. Średnie plony w produkcji polowej w latach 1995–2003 wynosiły 24,0 dt/ha, co w porównaniu z plonami uzyskiwanymi w doświadczeniach polowych COBORU stanowi około 50% jego potencjalnych możliwości plonowania. Na przestrzeni ostatnich lat krajowa produkcja owsa utrzymuje się na zbliżonym poziomie. Owies oprócz zastosowania w żywieniu zwierząt postrzegany jest ostatnio przez przemysł spożywczy jako roślina o walorach dietetycznych (Gąsiorowski, 1996, 1998). Jest on również rośliną fitosanitarną w płodozmianach zbożowych (Pawłowski, Deryło, 1988; Jelinowski, 1979; Kuś i in., 1999), zalecaną do uprawy w szczególności w mieszankach zbożowych. Plonowanie roślin, w tym owsa uzależnione jest głównie od przebiegu pogody, zabiegów agrotechnicznych i warunków glebowych. Czynniki te powodują corocznie dość wysokie wahania plonu. Za optymalną sumę opadów atmosferycznych w okresie wegetacji dla owsa (Trybała, 1996) uważa sumę od 200–250 mm uprawianego na glebach lekkich. Według innych autorów prace opady optymalne dla uzyskania wysokiego plonu ziarna owsa w okresie wegetacji zawierały się w granicach 300–400 mm (Dzieżyc i in., 1987; Dzieżyc, 1988; Panek, 1992). W literaturze brak szczegółowych danych o wpływie czynników pogody na udział łuski i pośladu w plonie ziarna oraz masy 1000 ziaren. Parametry ziarna decydują o jego wartości pokarmowej i przydatności do przetwórstwa. Podawane przez różnych autorów dość szerokie granice wartości optymalnych czynników meteorologicznych wskazują na szeroką adaptację owsa i świadczą o jego możliwościach przystosowawczych do warunków górskich i nizinnych.

W przedstawionym opracowaniu podjęto próbę określenia optymalnych wartości czynników termiczno-opadowych w wydzielonych okresach rozwojowych w odniesieniu do plonu i cech użytkowych ziarna owsa.

MATERIAŁ I METODY

Przeprowadzono doświadczenia polowe nad owsem odmiany Jawor, w latach 1992–2003, w trzech stacjach doświadczalnych COBORU: Ruska Wieś, Seroczyn i Lubliniec Nowy. Miejscowości te leżą w II, IV i VI rejonie przyjętym w ocenie zbóż (Syntezy wyników..., 1992–2003). Miejscowości te mają zbliżone warunki glebowe (żytni kompleks przydatności rolniczej), ale zdecydowanie różne meteorologiczne. Doświad-

czenia zakładano w układzie losowanych bloków w 4 powtórzeniach, wielkość poletka do zbioru wynosiła 15 m². Corocznie stosowano jednakowy poziom nawożenia i agrotechniki. Do badań wykorzystano 33 jednoroczne doświadczenia polowe. Przeprowadzano je zgodnie z metodyką badania wartości gospodarczej odmian (1988). W czasie wegetacji prowadzono szczegółowe obserwacje wzrostu i rozwoju owsa. Odnotowywano fazy rozwojowe zawsze na początku ich wystąpienia, tj., gdy około 10% roślin równomiernie rozmieszczonych na poletku daną fazę osiągnęło. Po zbiorze oznaczono plon ziarna i elementy jego struktury, takie jak: udział łuski, masę tysiąca nasion, udział pośladu. Wykorzystane w pracy dane meteorologiczne obejmowały codzienne pomiary temperatury powietrza, opadów atmosferycznych i liczbę dni z opadem powyżej 0,1 mm. Wyniki uzyskano z miejscowych stacji meteorologicznych, znajdujących się obok pól doświadczalnych.

W celu określenia wpływu wybranych czynników meteorologicznych na plon owsa i cech użytkowych ziarna analizowano 7 następujących międzyfaz: siew-wschody, wschody-krzewienie, krzewienie-strzelanie w źdźbło, strzelanie w źdźbło-wyrzucanie wiech, wyrzucanie wiech-dojrzałość woskowa, dojrzałość woskowa-zbiór, oraz dodatkowo okres od siewu do zbioru. Dla określenia związku statystycznego pomiędzy wybranymi czynnikami pogody, długością agrofeno-faz a plonem i cechami użytkowymi ziarna owsa obliczono współczynniki korelacji liniowej.

Dla poszczególnych okresów rozwojowych owsa określono optymalne wartości temperatury powietrza, opadów atmosferycznych i liczby dni z opadem sprzyjających wysokiemu plonowaniu. Posłużono się w tym celu metodą modelową (Makowiecki, 1986). Założeniem tej metody jest grupowanie danych z doświadczenia według cechy przyjętej za kryterium podziału. W celu określenia wpływu badanych czynników pogody na plonowanie ziarna owsa, określono ich wysokość towarzyszącą plonom niskim, średnim i wysokim. Biorąc za podstawę plon średni z okresu badań oraz wartość odchylenia standardowego, wyznaczono przedział plonów średnich. Dolną granicę przedziału plonów średnich utworzono odejmując od wartości średniej $\frac{1}{2}$ odchylenia standardowego, górną granicę wyznaczono dodając do niej $\frac{1}{2}$ tej wartości. Wartości plonów powyżej i poniżej tej wartości stanowiły odpowiednio plony wysokie i niskie. Podobnie postępowano przy analizie MTZ, średnia zwiększona o $\frac{1}{2}$ odchylenia standardowego stanowiła jej wartość optymalną. W przypadku udziału w plonie ziarna łuski i pośladu wartości optymalne odpowiadały ich niskim wartością (wartości średnie zmniejszone o $\frac{1}{2}$ wartość odchylenia standardowego). Obliczone wartości optymalne przeanalizowano na tle średnich wieloletnich opadów atmosferycznych, liczby dni z opadem i temperatury powietrza z okresu badań, podając odchylenia jako ich różnice pomiędzy wartością średnią wieloletnią, a wyznaczoną wartością dla optymalnego plonowania. Dokonano analizy wyznaczonych wartości optymalnych dla plonu i cech użytkowych ziarna.

WYNIKI I DYSKUSJA

W latach badań obserwowano zróżnicowany przebieg warunków termiczno-opadowych. Wartości te dla poszczególnych okresów rozwojowych zestawiono w tabeli 1.

Najwyższą zmiennością (97,5%) charakteryzowały się opady atmosferyczne w okresie od dojrzałości woskowej do zbioru. W całym okresie wegetacji współczynnik zmienności opadów atmosferycznych wynosił 27,3%. Mniejszą zmiennością charakteryzowała się temperatura powietrza, przy czym malała ona w czasie od siewu do zbioru (od 31,0% do 9,0%; tab. 1).

Tabela 1

Charakterystyka warunków meteorologicznych w kolejnych okresach rozwoju owsa (1992–2003)
Characteristics of meteorological conditions at different development stages of oat (1992–2003)

Okresy rozwojowe Development stages		Temperatura średnia powietrza Mean air temperature (°C)	Suma opadów Precipitation sum (mm)	Liczba dni z opadem Number of days with precipitation
Siew-wschody Sowing-emergence	a	9,0	16,9	5,0
	b	2,8	16,2	3,1
	c	31,0	96,4	61,2
Wschody-krzewienie Emergence-tillering	a	13,1	23,9	5,5
	b	3,2	20,6	3,7
	c	24,7	86,2	67,1
Krzewienie-strzelanie w żdźbło Tillering-shooting	a	14,6	25,1	5,0
	b	2,3	22,6	3,1
	c	15,6	90,0	62,2
Strzelanie w żdźbło- wyrzucanie wiech Shooting-earing	a	16,2	39,3	7,6
	b	1,8	22,9	3,1
	c	11,1	58,3	41,3
Wyrzucanie wiech- dojrzałość woskowa Earing-wax maturity	a	18,3	99,1	17,2
	b	1,9	46,7	7,7
	c	10,3	47,1	44,8
Dojrzałość woskowa- zbiór Wax maturity-harvest	a	18,8	40,7	6,3
	b	1,7	39,7	4,6
	c	9,0	97,5	72,6
Siew-zbiór Sowing-harvest	a	15,7	246,7	46,3
	b	0,9	67,4	8,9
	c	5,9	27,3	19,3

a — Wartość czynnika; Factor value

b — Odchylenie standardowe; Standard deviation

c — Współczynnik zmienności (%); Variation coefficient (%)

Skrajnie niskie opady w okresie wegetacji owsa zanotowano w 1992 roku w Ruskiej Wsi, natomiast najwyższe w 1997 roku w Lublińcu Nowym, stanowiły one odpowiednio 144,1 i 406,6 mm. Podobnie zróżnicowanym przebiegiem charakteryzowała się temperatura powietrza. Najniższą średnią temperaturę w czasie okresu wegetacji zanotowano w Ruskiej Wsi w 2000 roku, wynosiła ona 13,8°C, natomiast najwyższa wystąpiła w 1995 roku w Seroczynie i była o 3,8°C wyższa. Wysoką zmiennością charakteryzowała się liczba dni z opadem. Najwyższą liczbę dni z opadem notowano w czasie wegetacji w Ruskiej Wsi w 1998 roku stanowiącą 65 dni, przy najniższej 31 dni w 2002 roku. Na ogół wyższa liczba dni z opadem związana była z wyższą sumą opadów atmosferycznych. Siewu owsa dokonywano możliwie najwcześniej, zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi, przypadał on średnio na 12 kwietnia. Opóźnienie terminu siewu uważane jest za główną przyczynę spadku plonu ziarna owsa (Budzyński, Dubis, 1994; Kozłowska-Ptaszyńska, 1997). Na

podstawie analizy przeprowadzonych doświadczeń nie stwierdzono spadku plonowania owsa w późniejszych terminach siewu.

Wpływ czynników pogody na plon ziarna

Średni plon ziarna owsa w badanych latach wynosił 59,2 dt z ha, najniższy plon notowano w 1994 roku w Serocznym (37,1 dt/ha), natomiast najwyższy wynoszący 84,6 dt został osiągnięty w 1993 roku w Ruskiej Wsi (tab. 2).

Tabela 2

Plon i cechy użytkowe ziarna owsa w poszczególnych latach i stacjach doświadczalnych
Yield and commercial traits of oat grain at three experimental stations in different years

Lata Years	Plon ziarna (dt/ha) Yield of grain			Udział łuski w % Percentage of hull			Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains			Udział pośladu w (%) Percentage of offal		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1992	56,6	64,7	42,7	30,4	26,4	31,8	31,4	31,6	28,8	0,5	0,7	2,3
1993	84,6	53,8	78,1	26,6	27,3	28,9	29,9	39,5	46,2	0,6	0,2	0,6
1994	62,5	37,1	—	33,7	32,7	—	26,8	30,1	—	0,9	0,9	—
1995	56,0	60,4	55,2	33,8	27,8	40,7	25,9	31,7	21,3	3,3	0,8	2,0
1996	37,4	74,3	56,9	43,0	28,7	27,3	24,6	39,1	36,7	3,3	0,4	0,7
1997	59,7	60,8	59,6	29,8	26,8	27,0	28,0	40,2	33,0	1,0	0,5	0,6
1998	63,7	—	—	27,9	—	—	33,1	—	—	0,4	—	—
1999	60,0	63,2	61,6	27,0	28,9	25,0	29,9	38,5	32,6	0,7	0,6	0,6
2000	53,4	40,8	70,1	25,4	28,4	27,6	36,3	37,8	33,7	0,5	1,0	0,3
2001	49,5	64,2	59,5	36,9	29,9	26,7	29,4	41,1	33,1	1,4	1,1	0,4
2002	58,1	55,0	58,7	25,8	30,2	36,3	36,8	35,2	31,0	0,7	1,8	0,4
2003	58,7	62,7	74,7	31,2	25,3	29,8	36,9	35,6	30,0	0,8	0,6	1,1
Średnia Mean	58,4	57,9	61,7	31,0	28,4	30,1	30,8	35,6	32,6	1,2	0,8	0,9

a — Ruska Wieś, b — Seroczyn, c — Lubliniec Nowy

Współczynnik zmienności plonu wynosił 17,7% (tab. 3). Plon ziarna owsa był ujemnie skorelowany z zawartością łuski i udziałem pośladu. Wartości współczynników korelacji wynosiły odpowiednio -0,441 i -0,469. Podobny statystycznie istotny związek stwierdzono pomiędzy zawartością łuski, a MTZ, współczynnik korelacji wynosił 0,555, a także pomiędzy MTZ i pośladem (-0,504). Wzrost zawartości łuski w nasionach owsa odpowiadał wzrostowi udziału pośladu, odnotowano wtedy silny związek korelacyjny wynoszący 0,605. Wszystkie współczynniki korelacji były istotne na poziomie co najmniej 0,05 (tab. 4). W poszczególnych latach badań i miejscowościach corocznie notowano zróżnicowaną sumę opadów atmosferycznych i liczbę dni z opadem. W początkowych okresach rozwoju od siewu do wyrzucania wiech suma opadów atmosferycznych nie limitowała wysokości plonu ziarna owsa. Wyznaczona suma opadów optymalnych dla uzyskania wysokiego plonu ziarna nie odbiegała zasadniczo od jej średniej wieloletniej. Różnica pomiędzy średnią wieloletnią sumą opadów wyznaczoną dla kolejnych okresów rozwojowych wynosiła od -5,8 do -1,9 mm. W czasie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej notowano najwyższe zapotrzebowanie na opady atmosferyczne.

Tabela 3

Podstawowe charakterystyki statystyczne plonu i cech użytkowych ziarna owsa
Basal statistical characteristics for yield and commercial traits of oat grain

Wyszczególnienie Characteristics	Plon ziarna (dt/ha) Grain yield	Udział łuski w (%) Percentage of hull	Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains	Udział pośladu (%) Percentage of offal
Najwyższy Maximum	84,6	43,0	46,2	3,3
Najniższy Minimum	37,1	25,0	24,6	0,3
Średni Mean	59,2	29,9	33,3	0,9
Odchylenie standardowe Standard deviation	10,46	4,32	4,99	0,74
Współczynnik zmienności Variation coefficient	17,7	14,4	15,0	79,6

Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy plonem ziarna i cechami użytkowymi ziarna owsa
Coefficients of correlation coefficients between grain yield and commercial traits of oat grain

Wyszczególnienie Characteristics	Plon ziarna Grain yield	x ₁	x ₂
Udział łuski Hull content	x ₁	-0,441	
Masa 100 ziaren Mass of 1000 grains	x ₂	0,306	-0,555
Udział pośladu Offal content	x ₃	-0,469	0,605

Wartość krytyczna współczynnika korelacji: 0,325 przy p_i = 0,05

Critical value of correlation coefficient: 0.325 at p_i = 0.05

Optymalna suma opadów dla tego okresu wynosiła 123,2 mm. Niedobór opadów w tym czasie wynosił 24,1 mm (tab. 6). W następnym okresie rozwoju od dojrzałości woskowej do zbioru deficyt opadów atmosferycznych był niższy i wynosił 5,3 mm. Dla całego sezonu wegetacyjnego optymalna suma opadów stanowiła 281,4 mm, a niedobór wynosił 34,7 mm (tab. 6). Wartości te były zbliżone do wyznaczonych przez Panek (1992), które stanowiły 286,0 mm. Współczynnik korelacji pomiędzy plonem ziarna a sumą opadów atmosferycznych w czasie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej wynosił 0,591 i był istotny przy p = 0,01. Podobnie wysoką zależność statystyczną wykazał związek plonu ziarna z liczbą dni z opadem, współczynnik korelacji wynosił 0,428 i był istotny na poziomie p = 0,02 (tab. 5). Dla kolejnych okresów rozwojowych wyznaczono średnią częstotliwość opadów, biorąc pod uwagę długość okresu rozwojowego i optymalną liczbę dni z opadem w tym czasie. Najczęstsze opady w czasie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej, występujące średnio, co 2 dni sprzyjały wysokiemu plonowaniu ziarna owsa. W pozostałym czasie korzystny był ich rozkład od 2 do 5 dni z opadem w fazie rozwojowej.

Tabela 5

Współczynniki korelacji pomiędzy plonem nasion, wybranymi cechami użytkowymi owsa i czynnikami pogody

Coefficients of correlation coefficients between grain yield, certain traits of oat and weather conditions

Wyszczególnienie Specification	Strzelanie w źdźbło- wyrzucanie wiech Shooting-earring		Wyrzucanie wiech-dojrzałość woskowa Earing-wax maturity			Dojrzałość woskowa-zbiór Wax maturity- harvest	Siew-zbior Sowing-harvest
	b	c	a	b	c	a	B
Plon ziarna Grain yield			-0,349	0,591	0,423	0,374	0,430
Zawartość łuski Hull content		0,332		-0,411	-0,382	0,388	-0,392
Masa 1000 ziaren Mass of 1000 grains	-0,343	-0,354	0,362	0,426	0,465		
Udział pośladu Offal contribution		-0,343			0,366		

a — Temperatura powietrza; Air temperature

b — Opad atmosferyczny; Precipitation

c — Liczba dni z opadem; Number of days with precipitation

Wartość krytyczna współczynnika korelacji: 0,325 przy $p_1 = 0,05$

Critical value of correlation coefficient: 0.325 at $p_1 = 0.05$

Tabela 6

Optymalne wartości czynników meteorologicznych i ich odchylenia od wartości średniej z okresu badań

Optimal values of meteorological factors and their deviations from the mean in the period of investigations

Wyszczególnienie Specification		Plon ziarna Grain yield	Udział łuski Percentage of hull	Masa tysiąca ziaren Mass of 1000 grains	Udział pośladu Percentage of offal
Siew-wschody Sowing-emergence	a	10,9 (-1,9)	8,7 (+0,3)	9,7 (-0,7)	9,3 (-0,3)
	b	15,6 (+1,3)	15,7 (+1,2)	17,3 (-0,4)	17,5 (-0,6)
	c	5,0 (0,0)	5,8 (-0,8)	3,8 (+1,2)	5,2 (-0,2)
Wschody-krzewienie Emergence-tillering	a	14,8 (-1,7)	13,2 (-0,1)	14,8 (-1,7)	14,2 (-1,1)
	b	22,0 (+1,9)	21,2 (+2,7)	18,8 (+5,1)	20,8 (+3,0)
	c	3,5 (+2,0)	6,0 (-0,5)	4,5 (+1,0)	3,1 (+2,4)
Krzewienie-strzelanie w źdźbło Tillering-shooting	a	15,5 (-0,9)	14,4 (+0,2)	14,7 (-0,1)	14,7 (+0,1)
	b	25,6 (-0,5)	26,0 (-0,9)	24,1 (+1,0)	20,3 (+4,8)
	c	2,7 (+2,3)	4,8 (+0,2)	4,2 (+0,8)	5,6 (-0,6)
Strzelanie w źdźbło- wyrzucanie wiech Shooting-earring	a	16,6 (-0,4)	16,1 (-0,1)	14,9 (+1,3)	16,1 (-0,1)
	b	45,1 (-5,8)	38,1 (+1,2)	27,1 (+12,2)	32,6 (-6,7)
	c	6,5 (+1,1)	7,3 (+0,3)	6,0 (+1,6)	8,0 (-0,6)
Wyrzucanie wiech- dojrzałość woskowa Earing-wax maturity	a	16,8 (+1,5)	17,9 (+0,4)	17,2 (+1,1)	17,4 (+0,9)
	b	123,2 (-24,1)	110,1 (-11,0)	117,7 (-18,6)	97,0 (+2,1)
	c	19,0 (-1,8)	19,2 (-0,2)	18,6 (-1,4)	18,0 (-0,8)
Dojrzałość woskowa- zbiór Wax maturity-harvest	a	18,6 (+0,2)	18,8 (0,0)	18,0 (-0,8)	18,5 (+0,3)
	b	46,0 (-5,3)	43,6 (-2,9)	48,2 (-7,5)	55,6 (-14,9)
	c	6,7 (-0,3)	6,1 (+0,2)	7,0 (-0,7)	8,0 (-1,7)
Siew-zbioru Sowing-harvest	a	15,8 (-0,1)	15,3 (+0,5)	15,5 (-0,2)	15,5 (+0,2)
	b	281,4 (-34,7)	258,4 (-11,7)	224,2 (+22,5)	223,9 (+22,8)
	c	46,8 (-0,3)	48,4 (-2,1)	46,1 (+0,2)	43,6 (+2,7)

a — Temperatura powietrza; Air temperature

b — Suma opadów atmosferycznych; Precipitation

c — Liczba dni z opadem; Number of days with precipitation

Wpływ czynników pogody na udział łuski w plonie ziarna owsa

Średni procentowy udział łuski w plonie ziarna owsa stanowił 29,9% przy rozpiętości od 25,0% do 43,0%. Współczynnik zmienności wynosił 14,4% (tab. 2 i 3). Wysoki udział łuski w plonie ziarna owsa jest cechą niepożądaną. Większość polskich odmian charakteryzuje się wysoką zawartością łuski powyżej 26% (Gąsiorowski i in., 1997; Pizło i in., 1999). Łuska ma wartość pokarmową zbliżoną do słomy, zatem jej obniżanie jej celowe, gdyż zwiększa się wartość pokarmowa i technologiczna owsa. Udział łuski wykazywał silny związek statystyczny z plonem ziarna. Potwierdza to badania Nity (2003), że, zawartość łuski jest ujemnie skorelowana z plonem, zatem trudno jest uzyskać odmiany bardzo pełne i o niskiej zawartości łuski, dlatego w ostatnich latach zwrócono szczególną uwagę na hodowlę owsa nagoziarnistego. Coroczna zmienność zawartości łuski w ziarnie owsa powodowana była przebiegiem czynników meteorologicznych w okresie wegetacji. Najwyższą jej zawartość wynoszącą 43,0% notowano w Ruskiej Wsi w 1996 roku, przy stosunkowo niskich opadach w okresie wegetacji wynoszących 209,1 mm i przeciętnej temperaturze powietrza stanowiącej 15,3°C. Podobne wyniki uzyskano w badaniach Pizło i wsp. (1999), gdzie jej udział wynosił średnio 39,5% i szczególnie wysoki notowano przy niekorzystnych warunkach pogody. Najkorzystniejszy układ czynników pogody dla niskiej zawartości łuski wystąpił w Lublińcu Nowym w 1997 roku przy najwyższych opadach w okresie wegetacji stanowiących 406,6 mm i przeciętnej temperaturze powietrza, jej udział wynosił wtedy 25%. Dodatni statystycznie istotny związek temperatury powietrza wystąpił w agrofeno-fazie od dojrzałości woskowej do zbioru, gdzie wyższe temperatury powietrza przyczyniały się do wzrostu udziału łuski. Wzrost opadów atmosferycznych i liczby dni z opadem w czasie od kłoszenia do dojrzałości woskowej, oraz sumy opadów dla całego okresu wegetacji powodował spadek udziału łuski w ziarnie owsa. Niekorzystnie na niski udział łuski wpływała liczba dni z opadem w agrofeno-fazie od strzelania w źdźbło do kłoszenia. Przeprowadzone rachunki korelacji i regresji przez Michalskiego i wsp. (1999), wykazały słabą zależność kształtowania się elementów struktury plonu od czynników pogodowych, nie znaleziono matematycznie potwierdzonych zależności między kształtowaniem się elementów struktury plonu a średnimi temperaturami i sumami opadów w okresie wegetacji (IV–VII). Dla poszczególnych okresów rozwojowych owsa wyznaczono optymalne wartości opadów atmosferycznych i temperatury powietrza. Obliczone odchylenia optymalnych opadów atmosferycznych od ich wartości średnich z okresu badań zestawiono w tabeli 6. W czasie rozwoju owsa od siewu do kłoszenia różnice te były niewielkie i zawierały się od -0,9 do 2,7 mm. Niskiej zawartości łuski sprzyjały opady optymalne wynoszące 110,1 mm w czasie od kłoszenia do dojrzałości woskowej. Niedobór opadów atmosferycznych w tym czasie wynosił około 11,0 mm. Niedobór opadów obliczony dla całego okresu wegetacji stanowił 11,7 mm i był prawie 3-krotnie niższy niż wyznaczony dla wysokiego plonowania ziarna owsa. W porównaniu do opadów optymalnych wyznaczonych dla terenów górskich, gdzie niską zawartość łuski uzyskiwano przy opadach < 370 mm (Kołodziej, 2003), były one znacznie niższe, co świadczy o możliwościach przystosowawczych owsa do warunków uprawy.

Wpływ czynników pogody na masę tysiąca ziaren owsa

Średnia masa tysiąca ziaren (MTZ) obliczona na podstawie przeprowadzonych doświadczeń wynosiła 33,3 g, przy współczynniku zmienności wynoszącym 15,0% (tab. 2 i 3). Najwyższą MTZ o wysokości 40,8 g zanotowano w 1993 roku w Lublińcu Nowym, najniższą 24,6 g w Ruskiej Wsi w 1996 roku. Suma opadów atmosferycznych w czasie okresu wegetacji stanowiła odpowiednio w tych latach 315,7 i 209,1 mm, przy dość wysokiej temperaturze powietrza i zbliżonej liczbie dni z opadem. Stwierdzono statystyczną zależność pomiędzy MTZ a plonem ziarna (tab. 4), potwierdza to badania Ścigalskiej (1999), (Zajęca i in., 1999), że MTZ decyduje o wysokości uzyskiwanego plonu ziarna. Owies dla uzyskania wysokiej MTZ wymaga nieco niższych temperatur powietrza w czasie od siewu do wyrzucania wiech, o około od -0,1 do -1,7 od średniej wieloletniej. W okresie rozwoju generatywnego, od strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej, wyższej MTZ sprzyjają temperatury wyższe od średniej z wielolecia o 1,1 do 1,3°C (tab. 6). W agrofeno-fazie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej, współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą powietrza, a MTZ wynosił -0,362 i był istotny na poziomie 0,05 (tab. 5). W czasie od dojrzałości woskowej do zbioru, optymalna temperatura powietrza okazała się nieco niższa o 0,8°C. Biorąc pod uwagę cały okres wegetacji owsa, wyznaczona optymalna wartość temperatury powietrza była zbliżona do jej średniej z okresu badań. Wyznaczone optymalne wartości sumy opadów atmosferycznych w okresie od siewu do strzelania w źdźbło, dla uzyskania wysokiej MTZ, różniły się od -0,4 do 5,1 mm od średnich opadów z okresu badań. W okresie od strzelania w źdźbło do kłoszenia, występował nadmiar opadów atmosferycznych dla wysokiej MTZ i stanowił on 12,2 mm (tab. 6). Wyznaczona optymalna liczba dni z opadem dla tego okresu była niższa o 2 dni w stosunku do średniej z okresu badań. Współczynnik korelacji pomiędzy MTZ a sumą opadów, oraz liczbą dni z opadem wynosił w tym czasie odpowiednio 0,343 i 0,344 i był istotny na poziomie 0,05. Z kolei w dalszym okresie rozwoju, od kłoszenia do dojrzałości woskowej notowano niedobór opadów w wysokości 18,6 mm, i był on nieco niższy jak dla wysokiego plonowania ziarna owsa. Optymalna liczba dni z opadem była wyższa o 2 dni od średniej wieloletniej. Wartość współczynnika korelacji wynosiła wtedy odpowiednio 0,426 i 0,465. Wypełnianie ziarniaków odbywa się także w dalszej fazie rozwojowej, od dojrzałości woskowej do zbioru, gdzie obliczony niedobór opadów stanowił 7,5 mm. Dla całego okresu wegetacji zanotowano nadmiar opadów w wysokości 22,5 mm, przy czym optymalna liczba dni z opadem odpowiadała jej średniej z okresu wieloletniego. Uznać należy, iż wpływ czynnika opadowego na kształtowanie się MTZ uwidacznia się w jego rozkładzie w poszczególnych fazach rozwojowych. Przeprowadzona analiza udziału opadów atmosferycznych w kształtowaniu MTZ (Kołodziej, 2003) wskazuje, że ich wartości optymalne dla terenów nizinnych znajdowały się na ogół w dolnej części przedziału opadów optymalnych wyznaczonych dla terenów górskich. Jak wynika z przedstawionych obliczeń, uwidaczniają się różnice w wymaganiach wodnych i cieplnych owsa dla uzyskania wysokiej MTZ i pozostałych badanych cech ziarna (tab. 6).

Wpływ czynników pogody na udział pośladu w plonie ziarna owsa

Średni udział pośladu w plonie ziarna owsa wynosił 0,9%, przy współczynniku zmienności wynoszącym 79,6% (tab. 2 i 3). Na uwagę zasługuje jego wysokie zróżnicowanie w latach badań, od 0,2% w 1993 roku w Seroczynie, przy opadach okresu wegetacji 171,7 mm i temperaturze powietrza 16,8°C. Najwyższy udział pośladu, 3,3% zanotowano w Ruskiej Wsi w 1996 i 1997 roku, przy sumie opadów wynoszącej odpowiednio 243,1 i 209,1 mm i temperaturze powietrza 16,7 i 15,1°C. Jak widać, wpływ czynników pogody na udział pośladu w plonie ziarna winien być rozpatrywany w okresach rozwojowych. Występuje silne skorelowanie udziału pośladu z pozostałymi badanymi elementami struktury plonu ziarna owsa. Wzrost procentowego udziału pośladu w plonie ziarna owsa powodował spadek MTZ i plonu ziarna, wartości współczynników korelacji wynosiły odpowiednio -0,504 i -0,469 na poziomie istotności 0,01 (tab. 4). Natomiast wzrost zawartości pośladu był dodatnio skorelowany z zawartością łuski w nasionach owsa, wartość współczynnika korelacji wynosiła 0,605. W czasie rozwoju wegetatywnego sprzyjające okazały się wyższe temperatury powietrza, w okresie od wschodów do krzewienia notowano najwyższy jej niedobór w wysokości 1,1°C. W czasie rozwoju generatywnego sprzyjające okazały się temperatury niższe, jej nadmiar w fenofazie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej wynosił 0,9°C. W początkowych okresach od wschodów do strzelania w źdźbło, notowano nadmiar opadów w wysokości od 3,0 do 4,8 mm w stosunku do opadów średnich z okresu badań, przy nadmiarze liczby dni z opadem wynoszącym 1 dzień. W okresie od strzelania w źdźbło do wyrzucania wiech wystąpił niedobór opadów w wysokości 6,7 mm. Współczynnik korelacji udziału pośladu i liczby dni z opadem wynosił wówczas -0,343 i oznacza, że wzrost liczby dni z opadem powodował spadek udziału pośladu. Nadmiar opadów (22,8 mm) wystąpił w fazie wyrzucania wiech do fazy dojrzałości woskowej, a także w całym okresie wegetacji. W okresie wegetacji było o trzy dni deszczowe więcej niż określono optymalnie. W okresie od dojrzałości woskowej do zbioru niedobór opadów wynosił 14,9 mm i był najwyższy w całym okresie wegetacji. Optymalna suma opadów sprzyjająca uzyskiwaniu niskiej zawartości pośladu wynosiła w całym okresie wegetacji 223,9 mm i była zbliżona do optymalnej wartości sprzyjającej uzyskiwaniu wysokiej MTZ (tab. 6). Wprawdzie uzyskiwaniu wysokiej MTZ i niskiej zawartości pośladu sprzyjały zbliżone sumy opadów, to jednak ich rozkład w poszczególnych fazach rozwoju, podobnie jak i temperatury powietrza, był zróżnicowany. W porównaniu do optymalnych wartości temperatury i opadów dla warunków górskich, wartości te dla nizin były niższe, i znajdowały się w dolnym zakresie wartości optymalnych (Kołodziej, 2003).

WNIOSKI

Przedstawiona metoda pozwoliła na określenie optymalnych wartości czynników meteorologicznych sprzyjających wysokiemu plonowaniu ziarna owsa i wybranych jego cech jakościowych uprawianego w terenach nizinnych.

1. Analiza plonu oraz elementów jego struktury przeprowadzona według metody modelowej oraz obliczone współczynniki korelacji wykazały wyraźne zróżnicowanie potrzeb termiczno-opadowych owsa w kolejnych fazach jego rozwoju.
2. Optymalne wartości temperatury powietrza określone dla wysokiego plonowania ziarna owsa i jego wysokich parametrów użytkowych były w czasie rozwoju wegetatywnego na ogół wyższe od ich wartości średnich z okresu badań. W agrofeno-fazie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej wymagania termiczne były niższe, a obliczone nadwyżki temperatury powietrza wynosiły od 0,4 do 1,5°C, co wskazuje na korzystne oddziaływanie niższych temperatur na plon i cechy użytkowe ziarna.
3. Statystycznie istotne związki wystąpiły pomiędzy temperaturą powietrza w agrofeno-fazie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej, jej wzrost w tym czasie powodował spadek plonu ziarna i wzrost MTZ, natomiast w okresie od dojrzałości woskowej do zbioru, jej wzrost sprzyjał uzyskiwaniu wyższego plonu ziarna i wyższemu udziałowi łuski w nasionach.
4. Optymalna suma opadów (281,4 mm) w okresie wegetacji odpowiadała wysokiemu plonowaniu owsa. Wzrost ilości opadów deszczu o 23 mm wpływał także na wzrost MTZ i obniżenie zawartości pośladu. Niższe opady (258,4 mm) wpływały na niską zawartość łuski. Opady około 225 mm wpływały na wysoką masę tysiąca ziaren i mały udział pośladu. Niedobory wodne w ilości 34,7 mm powodowały obniżenie plonu, a w ilości 11,7 mm również spadek zawartości łuski.
5. Obliczone współczynniki korelacji wskazują, że wzrost sumy opadów i liczby dni z opadem w okresie od strzelania w źdźbło do wyrzucania wiech obniżał MTZ, natomiast w czasie od wyrzucania wiech do dojrzałości woskowej powodował wzrost MTZ, plonu ziarna owsa i sprzyjał niższemu udziałowi łuski. W całym okresie wegetacji wzrost sumy opadów atmosferycznych przyczyniał się do wzrostu plonu ziarna i obniżenia udziału łuski.

LITERATURA

- Budzyński W., Dubis B. 1994. Porównanie plonowania zbóż jarych w siewach czystych, międzygatunkowych i międzyodmianowych w świetle wieloletnich badań. Mat. Konf. „Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych” Wyd. AR Poznań: 75 — 82.
- Dzięzyk J. 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWN, Warszawa, 1988.
- Dzięzyk J., Nowak L., Panek K. 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 314: 11 — 23.
- Gąsiorowski H. 1996. Co należy wiedzieć o owsie i przetworach owsianych. Przegl. Zboż. Młyn. 40, 6: 9 — 10.
- Gąsiorowski H. 1998. Współczesny pogląd na walory fizjologiczno-żywnościowe owsa. Przegl. Zboż. Młyn. 42, 12: 2 — 3.
- Gąsiorowski H., Klockiewicz-Kamińska E., Chalcarz A., Górecka D. 1997. Charakterystyka polskiego owsa. Cz. II. Technologiczne wskaźniki jakości polskiego owsa. Biul. AR w Poznaniu, Zakład Technologii Zboż. 6: 42 — 53.
- Jelinowski S. 1979. Znaczenie i wartość przedplonowa owsa w zmianowaniach o dużym udziale zbóż. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 218: 235 — 241.

- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 1997. Termin i gęstość siewu nowych odmian owsa. IUNG Puławy.
- Kołodziej J. 2003. Wpływ opadów atmosferycznych na kształtowanie się wybranych cech ziarna owsa uprawianego w warunkach górskich. Biul. IHAR 229/2003, Radzików: 175 — 183.
- Kuś J., Smagacz J. 1999. Ocena wartości przedplonowej owsa w płodozmianach zbożowych. Żywność. Polskie Tow. Techn. Żywn. 1999, nr 1 (18): 54 — 59.
- Kuś J., Smagacz J., Kamińska M. 1999. Porównanie plonowania owsa z innymi gatunkami zbóż w trwałym doświadczeniu płodozmianowym. Polskie Tow. Techn. Żywn. Żywność 1 (18): 60 — 68.
- Makowiecki J. 1986. Ocena zapotrzebowania ziemniaków na opady atmosferyczne metodą modelową. Zesz. Probl. PNR z. 268: 315 — 323.
- Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. 1988. Wyd. I, COBORU, Słupia Wielka.
- Michalski T., Idziak R., Menzel L. 1999. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie owsa. Żywność. Polskie Tow. Techn. Żywn. 1 (18): 46 — 53.
- Nita Z.T. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. Biul. IHAR 229/2003: 13 — 20.
- Panek K. 1992. Działanie i współdziałanie usłonecznienia, temperatury i opadów na plonowanie zbóż jarych w Polsce. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu. Rozpr., 109.
- Pawłowski F., Deryło S. 1988. Plonowanie i wartość przedplonowa owsa w zmianowaniu o zróżnicowanej koncentracji zbóż. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 331:101 — 109.
- Pizło H., Bobrecka-Jamro D., Tobiasz-Salach R. 1999. Skład chemiczny nowych rodów owsa uprawianego w warunkach Beskidu Niskiego. Polskie Tow. Techn. Żywn. 1 (18), Kraków: 142 — 146.
- Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. 1992–2003. COBORU, Słupia Wielka.
- Śgigalska B. 1999. Plonowanie odmian owsa w zależności od gęstości siewu w warunkach regionu południowo-wschodniego. Polskie Tow. Techn. Żywn. Żywność 1 (18), Kraków: 153 — 160.
- Trybała M. 1996. Gospodarka wodna w rolnictwie. PWRiL, Warszawa.
- Zając T., Szafranski W., Witkowicz R., Oleksy A. 1999. Indywidualny udział komponentów struktury w kształtowaniu wysokości plonu ziarna w różnych warunkach siedliskowych. Polskie Tow. Techn. Żywności 1 (18), Kraków: 173 — 180.

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”

Wartość kombinacyjna linii wsobnych kukurydzy

Combining ability in inbred lines of maize

Materiał badawczy stanowiły mieszańce wysiane w dwóch doświadczeniach założonych metodą kraty kwadratowej częściowo zrównoważonej. Uzyskano je po skrzyżowaniu dwóch grup linii (po 12) z 4 testerami, będącymi liniami lub mieszańcami pojedynczymi. Oceniono wysokość plonu ziarna, zawartość suchej masy w ziarnie podczas zbioru, porażenie roślin głownią i krzewienie. Oszacowano efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) i efekty swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) linii. Na uwagę zasługują mieszańce 1553-4 × K202XK208, 1560-17 × 324A2 i 1481-7 × S245, 1560-5 × K186XK194 (doświadczenie TD1) i mieszaniec 1587-1 × S41324A2 (doświadczenie TD2).

Słowa kluczowe: kukurydza, mieszaniec, zdolność kombinacyjna

Combining ability of crosses, which were obtained by crossing two groups of maize lines (each group consisted of 12 lines) with four testers was evaluated. The experiments were carried out using incomplete block design. Data were recorded on grain yield, dry matter content, smuttness of plants and tillering. Analysis of GCA and SCA was made. Significant effects were detected for 1553-4 × K202xK208, 1560-17 × S41324A2 and 1481-7 × S245, 1560-5 × K186xK194 hybrids (TD1 experiment) and for 1587-1 × S41324A2 hybrid (TD2 experiment).

Key words: maize, hybrid, combining ability

WSTĘP

Chów wsobny roślin obcopylnych prowadzi do ujawnienia się genów letalnych i subletalnych w pierwszych pokoleniach wsobnych, rozszczepienia populacji na osobne linie i ich wyrównania w miarę dalszego zapylania, a jednocześnie zmniejsza ich wigor i płodność. Uzyskane linie wsobne powinny charakteryzować się dobrym wyrównaniem, wysokim stopniem homozygotyczności, silnym i zdrowym fenotypem oraz dobrą zdolnością kombinacyjną (Allard, 1968). Selekcję na większość cech prowadzi się w pierwszych pokoleniach, natomiast zdolność kombinacyjną ocenia się po ustaleniu linii lub

jak sugeruje Adamczyk (1998) w pokoleniu S_2 . Zdolność kombinacyjna ma różne zastosowanie w pracach hodowlano-genetycznych. Znajduje ona zastosowanie w ocenie wartości linii rodzicielskich, wartości linii tworzących formy mieszańcowe jak i dostarcza informacji o sposobach działania genów ilościowych (Sprague i Tatum, 1942; Griffing, 1956; Lipska, 1985; Adamczyk, 1999). Ocenę ogólnej zdolności kombinacyjnej przeprowadza się w pierwszej kolejności, a po wybraniu linii charakteryzujących się jej najwyższą wartością dokonuje się krzyżowania wg modelu umożliwiającego ocenę swoistej wartości kombinacyjnej.

Celem badań była ocena ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej 24 linii wsobnych kukurydzy skrzyżowanych z dwoma testerami o ziarnie szklistym i dwoma testerami o ziarnie zębokształtnym.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia (TD1 i TD2) z 48 mieszańcami i odmianą wzorcową Matilda założono metodą kraty kwadratowej częściowo zrównoważonej. Ziarno wysiano 22 kwietnia 2003 roku na poletkach o powierzchni 5 m^2 w dwóch rządkach po 18 punktów, na polu bez zmianowania. Drugiego maja wykonano oprysk herbicydami Dual, Gesaprim 90 + Lentagran. Zastosowano nawożenie w ilości: N-140 kg/ha, P_2O_5 -84 kg/ha, K_2O -128 kg/ha. Mieszańce otrzymano ze skrzyżowania dwóch grup po 12 linii własnych Hodowli Roślin Rolniczych „Nasiona Kobierzyc” z 4 testerami: S41324A2 (Hodowla Roślin Smolice) i K186XK194 (HRR „Nasiona Kobierzyc”) o ziarnie szklistym oraz S245 (Hodowla Roślin Smolice) i K202XK208 (HRR „Nasiona Kobierzyc”) o ziarnie zębokształtnym. Linie mateczne nieustalone były na poziomie wsobności S_6 i S_7 . Linie zostały wyprowadzone z mieszańców obcych lub kombinacji krzyżówkowych wykonanych w Kobierzycach z linii własnych i zagranicznych. Wykonano pomiary następujących cech: plon ziarna z poletka, zawartość suchej masy w ziarnie, porażenie głownią, krzewienie. Wykonano analizę wariancji dla badanych form oraz oszacowano efekty ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) i swoistej zdolności kombinacyjnej (SCA) linii wsobnych. Do testowania efektów głównych GCA i SCA wykorzystano statystykę F.

WYNIKI

Wykonana analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie badanych mieszańców pod względem wszystkich cech. Mieszańce $1565-24 \times S41324A2$ i $1565-36 \times S41324A2$ w doświadczeniu TD1 istotnie przewyższały plonem odmianę wzorcową Matilda (tab. 1). Wiele mieszańców zawierało więcej suchej masy w ziarnie w porównaniu ze wzorcem. Niestety, pod względem porażenia głownią jak i krzewienia, mieszańce nie osiągnęły wartości odmiany wzorcowej. W doświadczeniu TD2 mieszańce nie przekraczały istotnie plonów wzorca (tab. 2), ale wiele z nich zawierało więcej suchej masy w ziarnie. Pod względem porażenia głownią jak i krzewienia mieszańce osiągały wartości odmiany wzorcowej.

Tabela 1

Średnie wartości cech mieszańców w doświadczeniu TD1
Means for traits of hybrids in experiment TD1

Mieszaniec Hybrid	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter	Porażenie głownią Smutted plants	Krzewienie Tillering
1473-1 × K186XK194	10,6	69,3	4,7	7,3
1473-1 × K 202 X K 208	10,8	77,4	8,7	6,7
1473-1 × S41324A2	12,3	77,1	2,7	7,7
1473-1 × S 245	12,0	70,9	9,3	7,3
1553-4 × K186XK194	10,7	69,9	6,7	8,0
1553-4 × K 202 X K 208	12,8	75,1	4,0	8,7
1553-4 × S41324A2	12,4	74,3	4,3	4,3
1553-4 × S 245	13,2	69,2	10,0	6,7
1553-34 × K186XK194	11,4	68,6	9,7	7,7
1553-34 × K 202 X K 208	10,7	75,6	14,0	6,0
1553-34 × S41324A2	12,9	73,2	8,3	7,0
1553-34 × S 245	12,6	72,0	10,7	6,3
1560-5 × K186XK194	12,2	68,2	6,0	4,7
1560-5 × K 202 X K 208	11,6	75,1	11,3	7,7
1560-5 × S41324A2	13,0	74,9	2,7	7,7
1560-5 × S 245	10,7	71,9	8,7	8,3
1560-10 × K186XK194	11,2	69,3	8,0	6,7
1560-10 × K 202 X K 208	10,6	76,2	8,0	7,3
1560-10 × S41324A2	12,5	76,3	7,3	8,3
1560-10 × S 245	9,2	73,7	10,7	8,3
1560-17 × K186XK194	10,9	67,9	9,3	6,7
1560-17 × K 202 X K 208	11,7	73,2	11,0	9,0
1560-17 × S41324A2	13,5	73,3	6,3	9,0
1560-17 × S 245	9,6	69,2	12,0	8,0
1565-24 × K186XK194	12,3	67,6	9,7	7,0
1565-24 × K 202 X K 208	11,6	71,5	9,0	8,3
1565-24 × S41324A2	13,8	71,2	5,3	9,0
1565-24 × S 245	12,6	66,4	10,0	8,7
1565-29 × K186XK194	12,7	63,9	6,7	8,3
1565-29 × K 202 X K 208	13,0	73,4	6,0	5,0
1565-29 × S41324A2	12,8	67,8	7,0	5,3
1565-29 × S 245	13,6	67,3	10,7	7,7
1565-36 × K186XK194	11,8	65,2	10,0	7,0
1565-36 × K 202 X K 208	12,5	71,0	8,7	8,0
1565-36 × S41324A2	13,8	69,7	8,0	7,7
1565-36 × S 245	13,0	69,3	7,3	8,3
1566-5 × K186XK194	10,9	73,2	5,7	6,0
1566-5 × K 202 X K 208	10,1	76,7	12,0	7,0
1566-5 × S41324A2	12,8	77,6	11,3	6,7
1566-5 × S 245	11,9	73,9	15,0	6,7
1516-8 × K186XK194	10,9	67,1	5,0	8,0
1516-8 × K 202 X K 208	9,7	74,3	3,0	7,1
1516-8 × S41324A2	13,6	67,6	3,7	5,7
1516-8 × S 245	11,9	71,4	4,3	8,3
1481-7 × K186XK194	10,5	70,5	3,7	6,7
1481-7 × K 202 X K 208	10,8	74,3	3,7	7,3
1481-7 × S41324A2	10,8	77,1	2,0	4,7
1481-7 × S 245	12,1	71,7	4,0	6,7
Matilda	12,9	70,6	0,9	6,3
NIR — LSD	0,71	2,53	5,45	2,81

Tabela 2

Średnie wartości cech mieszańców w doświadczeniu TD2
Means for traits of hybrids in experiment TD2

Mieszaniec Hybrid	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter	Porażenie głownią Smutted plants	Krzewienie Tillering
1568-1 × S 245	13,6	72,6	19,0	7,7
1568-1 × K 202 X K 208	9,3	77,9	9,7	8,7
1568-1 × K186XK194	10,5	71,0	22,7	9,0
1568-1 × S41324A2	10,0	75,6	6,3	8,3
1569-4 × S 245	11,4	73,5	6,3	8,3
1569-4 × K 202 X K 208	8,6	77,6	8,3	7,3
1569-4 × K186XK194	10,8	69,8	4,3	8,0
1569-4 × S41324A2	11,7	75,9	4,0	6,3
1573-2 × S 245	13,3	76,1	8,0	8,7
1573-2 × K 202 X K 208	12,2	77,1	3,0	8,7
1573-2 × K186XK194	11,4	73,8	4,0	9,0
1573-2 × S41324A2	12,0	76,6	7,0	8,7
1574-8 × S 245	12,6	77,7	4,3	8,3
1574-8 × K 202 X K 208	9,6	78,0	6,3	8,3
1574-8 × K186XK194	11,5	71,3	8,3	9,0
1574-8 × S41324A2	12,6	74,6	7,0	8,7
1581-11 × S 245	13,4	75,0	7,3	8,0
1581-11 × K 202 X K 208	10,2	78,7	5,0	9,0
1581-11 × K186XK194	11,6	70,6	10,3	7,7
1581-11 × S41324A2	13,0	76,3	3,7	8,7
1574-15 × S 245	13,8	70,0	3,7	9,0
1574-15 × K 202 X K 208	12,3	71,8	6,3	9,0
1574-15 × K186XK194	12,0	67,8	2,7	9,0
1574-15 × S41324A2	11,6	72,4	6,7	8,7
1574-17 × S 245	13,2	72,3	2,0	9,0
1574-17 × K 202 X K 208	11,0	76,0	7,7	8,3
1574-17 × K186XK194	12,5	70,3	5,0	8,3
1574-17 × S41324A2	12,2	73,8	5,0	7,3
1574-23 × S 245	13,5	74,0	8,7	7,7
1574-23 × K 202 X K 208	11,9	75,9	6,3	9,0
1574-23 × K186XK194	12,1	72,5	6,0	9,0
1574-23 × S41324A2	10,9	78,4	7,0	9,0
1577-3 × S 245	11,3	74,6	5,0	7,3
1577-3 × K 202 X K 208	10,5	78,8	4,0	7,7
1577-3 × K186XK194	11,7	70,3	5,3	9,0
1577-3 × S41324A2	10,4	76,5	3,7	9,0
1581-7 × S 245	13,5	74,6	7,7	6,3
1581-7 × K 202 X K 208	10,9	77,2	6,0	9,0
1581-7 × K186XK194	12,1	70,6	5,7	7,7
1581-7 × S41324A2	12,0	75,6	7,7	9,0
1587-1 × S 245	11,0	70,8	7,3	7,7
1587-1 × K 202 X K 208	10,2	73,4	9,3	7,7
1587-1 × K186XK194	10,1	68,3	5,3	7,3
1587-1 × S41324A2	12,2	73,7	4,3	8,0
1591-2 × S 245	13,4	69,1	4,0	9,0
1591-2 × K 202 X K 208	11,6	74,2	2,7	9,0
1591-2 × K186XK194	12,7	67,8	3,3	8,3
1591-2 × S41324A2	12,4	74,5	4,7	8,3
Matilda	14,5	73,0	3,7	6,3
NIR — LSD	1,8	3,1	4,2	1,7

Spośród linii uczestniczących w doświadczeniu TD1 ze względu na ich efekty GCA dla plonu ziarna wyróżnić należy linie 1565-29 i 1565-36, obie charakteryzują się istotnie dodatnimi efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej. Te linie wykazują niestety niekorzystny, ujemny efekt GCA dla zawartości suchej masy, oraz nieistotne efekty dla pozostałych badanych cech (tab. 3). W doświadczeniu TD2 stwierdzono istotność efektu ogólnej zdolności kombinacyjnej plonu linii 1574-15 i 1591-2, jednocześnie stwierdzono istotny ujemny efekt GCA dla zawartości suchej masy w ziarnie. Linie te ponadto zmniejszały porażenie głownią w swoim potomstwie (tab. 4).

Tabela 3

Ogólna zdolność kombinacyjna linii uczestniczących w doświadczeniu TD1
Effects of general combining ability in lines from experiment TD1

Linie Lines	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter	Porażenie głownią Smutted plants	Krzewienie Tillering
1473-1	-0,43	1,97*	-1,33	0,03
1553-4	0,43	0,40	-1,41	-0,30
1553-34	0,05	0,66	3,01*	-0,47
1560-5	0,04	0,84	-0,31	-0,13
1560-10	-0,95*	2,18*	0,84	0,45
1560-17	-0,41	-0,82	2,01*	0,95
1565-24	0,72	-2,50*	0,84	1,03*
1565-29	1,17*	-3,59*	-0,08	-0,63
1565-36	0,96*	-2,88*	0,84	0,53
1566-5	-0,43	3,65*	3,34*	-0,63
1516-8	-0,33	-1,60*	-3,43*	0,06
1481-7	-0,81*	1,70*	-4,33*	-0,88

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

*Significant at $\alpha = 0.05$

Tabela 4

Ogólna zdolność kombinacyjna linii uczestniczących w doświadczeniu TD2
Effects of general combining ability in lines from experiment TD2

Linie Lines	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter	Porażenie głownią Smuted plants	Krzewienie Tillering
1568-1	-0,86*	0,44	8,00*	0,08
1569-4	-1,08*	0,35	-0,67	-0,83*
1573-2	0,52	2,03*	-0,92	0,42
1574-8	-0,12	1,54*	0,08	0,25
1581-11	0,32	1,30*	0,17	0,00
1574-15	0,68*	-3,34*	-1,58*	0,58*
1574-17	0,50	-0,77	-1,50*	-0,08
1574-23	0,38	1,35*	0,58	0,33
1577-3	-0,73*	1,18*	-1,92*	-0,08
1581-7	0,41	0,66	0,33	-0,33
1587-1	-0,82*	-2,30*	0,17	-0,67*
1591-2	0,79*	-2,45*	-2,75*	0,33

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

*Significant at $\alpha = 0.05$

Tabela 5

Swoista wartość kombinacyjna linii uczestniczących w doświadczeniu TD1
Effects of specific combining ability in lines the experiment TD1

Mieszaniec Hybrid	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter	Porażenie głownią Smutted plants	Krzewienie Tillering
1473-1 × K186XK194	-0,34	-1,08	-1,09	0,30
1473-1 × K 202 X K 208	-0,12	0,96	1,64	-0,71
1473-1 × S41324A2	-0,07	1,78*	-1,82	0,72
1473-1 × S 245	0,53	-1,66*	1,27	-0,31
1553-4 × K186XK194	-1,06*	1,09	0,99	1,30
1553-4 × K 202 X K 208	1,02*	0,17	-2,94	1,63
1553-4 × S41324A2	-0,87*	0,51	-0,07	-2,28*
1553-4 × S 245	0,90*	-1,77*	2,02	-0,64
1553-34 × K186XK194	0,01	-0,44	-0,42	1,13
1553-34 × K 202 X K 208	-0,70	0,43	2,64	-0,87
1553-34 × S41324A2	-0,03	-0,79	-0,49	0,55
1553-34 × S 245	0,72	0,81	-1,73	-0,81
1560-5 × K186XK194	0,88*	-1,06	-0,78	-2,20*
1560-5 × K 202 X K 208	0,26	-0,18	3,29	0,46
1560-5 × S41324A2	0,09	0,75	-2,10	0,88
1560-5 × S 245	-1,24*	0,49	-0,42	0,86
1560-10 × K186XK194	0,83	-1,24	0,08	-0,78
1560-10 × K 202 X K 208	0,23	-0,45	-1,19	-0,46
1560-10 × S41324A2	0,60	0,75	0,68	0,97
1560-10 × S 245	-1,66*	0,93	0,44	0,27
1560-17 × K186XK194	-0,04	0,35	0,24	-1,28
1560-17 × K 202 X K 208	0,79	-0,51	0,64	0,71
1560-17 × S41324A2	1,08*	0,74	-1,49	1,13
1560-17 × S 245	-1,83*	-0,58	0,60	-0,56
1565-24 × K186XK194	0,22	1,74*	1,74	-1,03
1565-24 × K 202 X K 208	-0,43	-0,50	-0,19	-0,04
1565-24 × S41324A2	0,22	0,39	-1,32	1,05
1565-24 × S 245	0,00	-1,63*	-0,23	0,02
1565-29 × K186XK194	0,20	-0,90	-0,34	1,97*
1565-29 × K 202 X K 208	0,51	2,53*	-2,28	-1,71*
1565-29 × S41324A2	-1,24*	-1,95*	1,26	-0,95
1565-29 × S 245	0,54	0,32	1,35	0,69
1565-36 × K186XK194	-0,51	-0,32	2,08	-0,53
1565-36 × K 202 X K 208	0,26	-0,57	-0,53	0,13
1565-36 × S41324A2	0,04	-0,74	1,35	0,22
1565-36 × S 245	0,22	1,62*	-2,90	0,19
1566-5 × K186XK194	-0,04	1,17	-4,76*	-0,37
1566-5 × K 202 X K 208	-0,77	-1,43	0,31	0,29
1566-5 × S41324A2	0,36	0,62	2,18	0,38
1566-5 × S 245	0,45	-0,36	2,27	-0,31
1516-8 × K186XK194	-0,09	0,31	1,35	0,94
1516-8 × K 202 X K 208	-1,31*	1,45	-1,01	-0,30
1516-8 × S41324A2	1,06*	-4,15*	1,29	-1,31
1516-8 × S 245	0,34	2,39*	-1,62	0,67
1481-7 × K186XK194	-0,07	0,37	0,91	0,55
1481-7 × K 202 X K 208	0,28	-1,89*	-0,36	0,88
1481-7 × S41324A2	-1,25*	2,09*	0,51	-1,37
1481-7 × S 245	1,04*	-0,57	-1,06	-0,06

*Istotne efekty na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ *Significant at $\alpha = 0.05$

Tabela 6

Swoista wartość kombinacyjna linii uczestniczących w doświadczeniu TD2
Effects of specific combining ability in lines in the experiment TD2

Mieszaniec Hybrid	Plon ziarna Grain yield	Zawartość suchej masy Dry matter	Porażenie głownią Smutted plants	Krzewienie Tillering
1568-1 × S 245	1,60*	-1,21	4,06*	-0,50
1568-1 × K 202 X K 208	-0,52	1,07	-4,56*	0,11
1568-1 × K186XK194	-0,24	0,26	7,75*	0,47
1568-1 × S41324A2	-0,85	-0,12	-7,25*	-0,08
1569-4 × S 245	-0,32	-0,22	0,06	1,08*
1569-4 × K 202 X K 208	-0,97	0,90	2,78*	-0,31
1569-4 × K186XK194	0,30	-0,86	-1,92	0,39
1569-4 × S41324A2	1,00	0,19	-0,92	-1,17*
1573-2 × S 245	-0,04	0,72	1,97	0,17
1573-2 × K 202 X K 208	1,02	-1,37	-2,31	-0,22
1573-2 × K186XK194	-0,66	1,44	-2,00	0,14
1573-2 × S41324A2	-0,32	-0,79	2,33	-0,08
1574-8 × S 245	-0,11	2,77*	-2,69*	0,00
1574-8 × K 202 X K 208	-0,97	0,10	0,03	-0,39
1574-8 × K186XK194	0,07	-0,58	1,33	0,31
1574-8 × S41324A2	1,01	-2,29*	1,33	0,08
1581-11 × S 245	0,27	0,38	0,22	-0,08
1581-11 × K 202 X K 208	-0,84	1,00	-1,39	0,53
1581-11 × K186XK194	-0,33	-1,05	3,25*	-0,78
1581-11 × S41324A2	0,90	-0,33	-2,08	0,33
1574-15 × S 245	0,25	-0,05	-1,69	0,33
1574-15 × K 202 X K 208	0,90	-1,21	1,69	-0,06
1574-15 × K186XK194	-0,30	0,83	-2,67*	-0,03
1574-15 × S41324A2	-0,86	0,43	2,67*	-0,25
1574-17 × S 245	-0,17	-0,30	-3,44*	1,00*
1574-17 × K 202 X K 208	-0,18	0,36	2,94*	-0,06
1574-17 × K186XK194	0,38	0,69	-0,42	-0,03
1574-17 × S41324A2	-0,03	-0,76	0,92	-0,92
1574-23 × S 245	0,29	-0,70	1,14	-0,75
1574-23 × K 202 X K 208	0,82	-1,84	-0,47	0,19
1574-23 × K186XK194	0,14	0,80	-1,50	0,22
1574-23 × S41324A2	-1,25*	1,74	0,83	0,33
1577-3 × S 245	-0,77	0,05	-0,03	-0,67
1577-3 × K 202 X K 208	0,51	1,19	-0,31	-0,72
1577-3 × K186XK194	0,84	-1,26	0,33	0,64
1577-3 × S41324A2	-0,58	0,03	0,00	0,75
1581-7 × S 245	0,27	0,61	0,39	-1,42*
1581-7 × K 202 X K 208	-0,23	0,17	-0,56	0,86
1581-7 × K186XK194	0,09	-0,37	-1,58	-0,44
1581-7 × S41324A2	-0,13	-0,41	1,75	1,00*
1587-1 × S 245	-1,00	-0,26	0,22	0,25
1587-1 × K 202 X K 208	0,37	-0,65	2,94*	-0,14
1587-1 × K186XK194	-0,63	0,25	-1,75	-0,44
1587-1 × S41324A2	1,26*	0,66	-1,42	0,33
1591-2 × S 245	-0,27	-1,78	-0,19	0,58
1591-2 × K 202 X K 208	0,09	0,28	-0,81	0,19
1591-2 × K186XK194	0,34	-0,13	-0,83	-0,44
1591-2 × S41324A2	-0,15	1,63	1,83	-0,33

*Istotne efekty na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ *Significant at $\alpha = 0.05$

Ze względu na efekty SCA linii, w doświadczeniu TD1 należy zwrócić uwagę na mieszańce 1553-4 × K202XK208, 1560-17 × S41324A2 i 1481-7 × S245, które charakteryzuje dodatni efekt dla plonu ziarna, dla pozostałych cech nie wykazano istotnego efektu. Mieszaniec 1560-5 × K186xK194 posiada dodatni efekt SCA dla plonu ziarna, oraz korzystny ujemny efekt dla krzewienia. Mimo braku istotnego efektu SCA dla plonu ziarna, można wskazać mieszańce 1473-1 × S41324A2 i 1565-29 × K202XK208, które cechują się wysokim, istotnym efektem SCA dla zawartości suchej masy w ziarnie (tab. 5), nie odbiegając plonem ziarna istotnie od odmiany wzorcowej (tab. 1). W doświadczeniu TD2 ze względu na wielkość efektu swoistej zdolności kombinacyjnej dla plonu ziarna można wskazać mieszańce 1568-1 × S 245 i 1587-1 × S41324A2, przy czym dla drugiego z nich nie stwierdzono istotności efektów dla pozostałych cech (tab. 6).

WNIOSKI

1. Mieszańce istotnie różniły się pod względem badanych cech w obu doświadczeniach. Wiele mieszańców dorównywało a nawet przewyższało odmianę wzorcową Matilda.
2. Linie o wysokich efektach GCA dla plonu charakteryzowały się ujemnymi efektami dla zawartości suchej masy w ziarnie.
3. Na uwagę zasługują linie z doświadczenia TD1 tworzące mieszańce: 1553-4 × K202XK208, 1560-5 × K186XK194, 1560-17 × S41324A2, 1481-7 × S245 oraz z doświadczenia TD2 tworzące mieszańca 1587-1 × S41324A2 o dodatnich, istotnych efektach SCA dla plonu i zerowych zazwyczaj efektach dla pozostałych cech.

LITERATURA

- Adamczyk J. 1998. Przegląd metod hodowlanych kukurydzy i ich skuteczność w praktyce. Biuletyn IHAR 208: 123 — 129.
- Adamczyk J. 1999. Oszacowanie wartości hodowlanej odmian populacyjnych i syntetycznych kukurydzy (*Zea Mays* L.). Biul. IHAR 209: 223 — 245.
- Allard R. W. 1968. Podstawy hodowli roślin. PWRiL, Warszawa.
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Australian Journal of Biological Sciences 9: 463 — 492.
- Sprague G. G., Tatum. 1942. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. Journal of American Society of Agronomy 34: 923 — 932.
- Lipińska J. 1985. Ogólna i swoista zdolność kombinacyjna w hodowli roślin. Biul. IHAR 156: 90 — 101.

HENRYK CYGERT**JÓZEF ADAMCZYK**

Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o.

Plonowanie różnych grup mieszańców liniowych kukurydzy

Yielding ability of different groups of maize hybrids

Celem pracy było sprawdzenie czy formuły czterech zarejestrowanych mieszańców liniowych kukurydzy: Blask, Grom, Wiarus i Wilga były optymalne. Badano mieszance zarejestrowane i 17 mieszańców eksperymentalnych utworzonych z tych samych bądź bardzo blisko spokrewnionych linii wsobnych. Podzielono je na trzy grupy: 1) zarejestrowane mieszańce pojedyncze Blask i Grom oraz 7 mieszańców eksperymentalnych o zbliżonych formułach, 2) zarejestrowany mieszaniec trójliniowy Wiarus i 8 mieszańców eksperymentalnych o zbliżonych formułach, 3) zarejestrowany mieszaniec trójliniowy Wilga i 2 mieszańce eksperymentalne o zbliżonych formułach. Cały zestaw 21 mieszańców oceniono w latach 2003–2004 w doświadczeniach polowych na ziarno, zlokalizowanych w 3 miejscowościach. W pierwszej grupie żaden z mieszańców eksperymentalnych nie plonował lepiej od mieszańca Blask, natomiast 3 mieszańce plonowały na poziomie mieszańca Grom. Mieszańce w drugiej grupie nie różniły się istotnie poziomem plonowania od zarejestrowanego mieszańca Wiarus, a tylko jeden z nich zasługiwał na uwagę ze względu na możliwość łatwiejszej produkcji nasiennej. W trzeciej grupie mieszańców optymalną okazała się formuła zarejestrowanego mieszańca trójliniowego Wilga.

Słowa kluczowe: kukurydza, linie wsobne, plonowanie, typy mieszańców

The aim of the study was to compare all possible formulas of maize hybrids obtained from the same inbred lines which had already been used to develop commercial hybrids. The experimental material consisted of 4 commercial hybrids: Blask, Grom, Wiarus, Wilga and 17 experimental hybrids obtained from the same or related lines. The material was divided into the following three groups: 1) commercial SC hybrids Blask and Grom and 7 related experimental hybrids, 2) commercial TC hybrid Wiarus and 8 related experimental hybrids, 3) commercial TC hybrid Wilga and 2 related experimental hybrids. The whole set of 21 hybrids was evaluated in 2003 and 2004 in grain trials at 3 locations. No hybrid was found to be better than the commercial hybrid Blask in the first group, but there were 3 experimental hybrids with grain yield comparable to the hybrid Grom. In the second set no significant differences among hybrids were found, although one hybrid was slightly better both in grain yield and dry matter content than the commercial hybrid Wiarus. As a modified three-way cross (MTC) it could be a handy and useful tool in seed production. In the third group neither of the single cross (SC) hybrids did exceed in yielding the commercial hybrid Wilga.

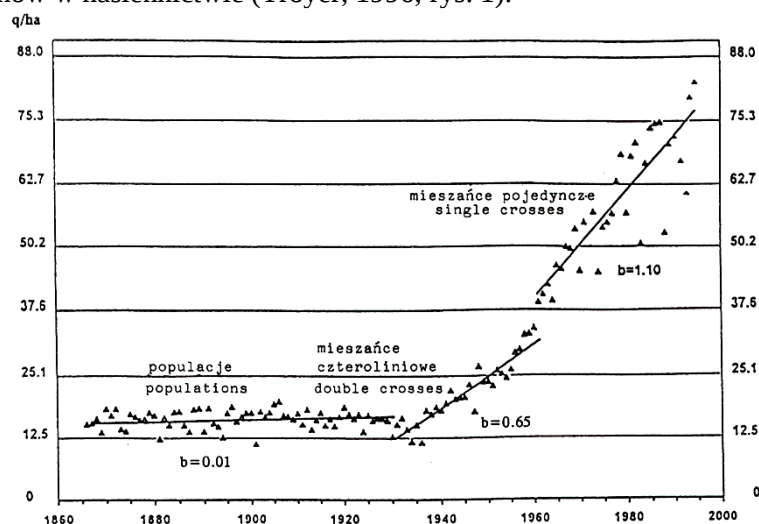
Key words: maize, inbred lines, yielding ability, hybrid types

WSTĘP

Praktyczne wykorzystanie heterozji w hodowli mieszańców kukurydzy, najpierw odmianowych a później liniowych stało się możliwe po opracowaniu i sformułowaniu naukowej koncepcji tego zjawiska przez Shulla w 1908 roku (Shull, 1908).

Opracowana na początku XX wieku koncepcja hodowli pojedynczych (SC) mieszańców liniowych utworzonych ze skrzyżowania dwóch linii wsobnych ($A \times B$) nie znalazła początkowo uznania w praktyce ze względu na wysokie koszty produkcji nasiennej. Szerokie wprowadzenie do praktyki rolniczej mieszańców liniowych było możliwe dopiero po 1918 roku, tj. po zaproponowaniu przez Jonesa technologii produkcji mieszańców czteroliniowych (DC) o formule ($A \times B / C \times D$), w których formami rodzicielskimi są mieszańce pojedyncze (Jones, 1918).

Największy średnioroczny przyrost plonu ziarna wynoszący 1,1 dt/ha przyniosło pod koniec lat 50. XX wieku w USA zastąpienie mieszańców czteroliniowych mieszańcami pojedynczymi, utworzonymi z linii wsobnych nowej generacji, które dawały gwarancję wysokich plonów w nasiennictwie (Troyer, 1996; rys. 1).



Rys. 1. Plony i typy odmian kukurydzy uprawianej w USA od wojny secesyjnej do dziś: wartość b (regresje) pokazują roczne przyrosty plonów w $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$

Fig. 1. U.S. maize yields and kinds of maize cultivars from the Civil War to the present days: b values (regressions) indicate annual gains in $\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$

O ile wyższy potencjał plonowania mieszańców pojedynczych w porównaniu z czteroliniowymi został potwierdzony w Europie i w Polsce, to nie można tego odnieść także do porównania mieszańców pojedynczych z mieszańcami trójliniowymi (TC) o formule ($A \times B / C$).

W krajach europejskich aktualnie w uprawia się wiele mieszańców trójliniowych, które poziomem plonowania nie ustępują najlepszym mieszańcom pojedynczym.

W krajowym rejestrze odmian kukurydzy jest aktualnie 71 mieszańców pojedynczych (SC), 48 mieszańców trójliniowych (TC) i 3 mieszańce czteroliniowe (DC).

Poza wspomnianymi typami mieszańców można jeszcze utworzyć mieszańce o formułach zmodyfikowanych:

- pojedynczy zmodyfikowany (MSC) o formule $(A \times A^1 / B)$, gdzie formą mateczną zamiast linii „A” jest siostrzany mieszaniec „ $A \times A^1$ ”, a formą ojcowską linia „B”.
- trójliniowy zmodyfikowany (MTC) o formule $(A \times B / C \times C^1)$, gdzie formą mateczną jest mieszaniec pojedynczy „ $A \times B$ ” a formą ojcowską siostrzany mieszaniec rodzicielski „ $C \times C^1$ ”.

Zasadniczym powodem wspomnianych wyżej modyfikacji formuł jest poprawa produkcji nasiennej mieszańców poprzez zwiększenie plenności formy matecznej lub wydłużenie czasu i większą intensywność pylenia formy ojcowskiej.

Celem pracy było sprawdzenie czy formuły zarejestrowanych odmian kukurydzy: Grom, Blask, Wiarus i Wilga są optymalnymi, czy też z tych samych i blisko spokrewnionych linii wsobnych można utworzyć formuły innych bardziej plennych mieszańców.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły następujące odmiany liniowe: Blask i Grom — pojedyncze (SC) mieszańce średnio wczesne o liczbie FAO 240-250, Wiarus — wczesna odmiana trójliniowa (TC) o liczbie FAO 220, Wilga — bardzo wczesna odmiana trójliniowa o liczbie FAO 180 oraz 17 mieszańców eksperymentalnych o różnych formułach utworzonych z tych samych linii wsobnych. Z linii wsobnych S41789, S41796 i S41324A-2 tworzących formuły mieszańców Blask i Grom oraz linii S41336, blisko spokrewniona z linią S41324A-2, utworzono dodatkowo 7 możliwych mieszańców eksperymentalnych (tab. 1, mieszańce 3 do 9). Odmiany Blask i Grom oceniano w tej samej grupie, ponieważ ich linie mateczne S41796 i S41789 są ze sobą blisko spokrewnione, a formą ojcowską jest ta sama linia wsobna S41324A-2.

Z linii wsobnych S245, S330 i S41324A-2 tworzących formułę odmiany Wiarus oraz linii S41336, utworzono dodatkowo 8 możliwych mieszańców eksperymentalnych (tab. 1, mieszańce 11 do 18).

Z linii wsobnych S311, Co255 i S359 tworzących formułę odmiany Wilga utworzono dodatkowo 2 możliwe mieszańce eksperymentalne (tab. 1, mieszańce 20 i 21). Łącznie porównano plonowanie 21 mieszańców liniowych o różnych formułach.

Doświadczenie założono w 2003 i 2004 roku w trzech miejscowościach: Smolice i Łagiewniki woj. wielkopolskie oraz Kobierzyce woj. dolnośląskie (6 środowisk), metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach, na poletkach dwurzędowych o powierzchni 5,0 m².

Po wschodach dokonano przerywki pozostawiając na poletku 36 roślin (Kobierzyce) i 40 roślin (Smolice i Łagiewniki). W okresie zbioru określono plon ziarna z poletka i zawartość suchej masy w ziarnie. Po przeliczeniu plonu ziarna z poletka na plon z jednostki powierzchni (t/ha) przy zawartości 15% wody, wyniki opracowano

statystycznie korzystając z pakietu statystycznego SERGEN 3 dla analizy serii doświadczeń odmianowych (Caliński i in., 1998).

WYNIKI I DYSKUSJA

Najwyższe plony ziarna (tab. 1) oraz najwyższe dodatnie oceny efektu głównego uzyskały mieszanki utworzone z linii S41796, S41789, S41324A-2 (tworzących formuły odmian Blask i Grom) oraz linii S41336 blisko spokrewnionej z linią S41324A-2. Mieszanki te uzyskały jednocześnie najniższą zawartość suchej masy w ziarnie, czyli najwyższe ujemne wartości oceny efektu głównego dla tej cechy.

Tabela 1

Wartości średnie oraz ocena efektu głównego dla plonu u ziarna i zawartości suchej masy w ziarnie w czasie zbioru

Average values and estimation of the main effect for grain yield and dry matter content in grain at harvest

Nr No	Mieszaniec Hybrid	Plon ziarna (t/ha) grain yield (t/ha)		Zawartość suchej masy (%) Dry matter content (%)	
		średnia mean	ocena efektu głównego value of the main effect	średnia mean	ocena efektu głównego value of the main effect
1	S41796*S41324A-2 = Blask	12,68	2,06*	71,19	-2,94*
2	S41789*S41324A-2 = Grom	11,90	1,28*	71,76	-2,38*
3	S41796*S41336	10,74	0,12	73,06	-1,08
4	S41789*S41336	10,81	0,19	72,51	-1,63*
5	S41796/S41336*S41324A-2	11,96	1,34*	72,98	-1,16
6	S41789/S41336*S41324A-2	11,50	0,88*	72,56	-1,58*
7	S41796*S41789/S41324A-2	11,45	0,83*	72,13	-2,01*
8	S41796*S41789/S41336	10,64	0,02	73,06	-1,08
9	S41796*S41789/S41336*S41324A-2	11,33	0,71	73,42	-0,72
10	S245*S330/S41324A-2 = Wiarus	10,79	0,17	73,22	-0,92
11	S245*S330/S41336	10,22	-0,39	73,65	-0,49
12	S245*S330/S41336*S41324A-2	11,10	0,48	73,96	-0,18
13	S245*S41324A-2	11,09	0,47	73,11	-1,03
14	S245*S41336	10,76	0,14	73,41	-0,73
15	S245/S41336*S41324A-2	10,98	0,36	74,80	0,66
16	S330*S41324A-2	10,92	0,30	73,17	-0,97
17	S330*S41336	10,39	-0,23	73,15	-0,99
18	S330/S41336*S41324A-2	10,94	0,32	74,23	0,09
19	S311*CO255/S359 = Wilga	7,79	-2,83*	80,34	6,21*
20	S311*S359	7,66	-2,96*	80,59	6,45*
21	CO255*S359	7,36	-3,26*	80,62	6,48*
Średnia — Mean		10,62		74,14	
NIR (P = 0,05) — LSD (P = 0.05)		0,77		1,36	

Formuła odmiany Blask okazała się najbardziej optymalną, a wszystkie mieszanki eksperymentalne o zbliżonych formułach plonowały istotnie niżej. W przypadku mieszańca Grom uzyskano trzy mieszanki eksperymentalne o zbliżonych formułach i nieróżniące się istotnie w poziomie plonowania (tab. 1, mieszanki 6, 7 i 9). Z tych mieszańców szczególnie interesującymi wydają się być mieszanki 7 i 9, ze względu na

możliwość wyższych plonów ich komponentu maticznego w nasiennictwie, którym jest siostrzany mieszaniec rodzicielski S41796 × S41789, a nie linia wsobna S41789 jak w przypadku odmiany Grom. Dodatkowo, mieszaniec 9 uzyskał istotnie wyższą (o 1,66%) zawartość suchej masy w ziarnie.

Uzyskane plony ziarna oraz zawartość suchej masy w ziarnie mieszańców utworzonych z linii S245, S330, S41324A-2 i S41336 (mieszaniec Wiarus i mieszańce do niego podobne) nie różniły się istotnie od siebie. Potencjalną formułą do wykorzystania mógłby być mieszaniec 12, który różni się od Wiarusa tylko tym, że formą ojcowską zamiast linii wsobnej S41324A-2 jest siostrzany mieszaniec rodzicielski S41336 × S41324A-2. Jest to, więc formuła mieszańca trójliniowego zmodyfikowanego (MTC), którego nasiennictwo byłoby łatwiejsze ze względu na bardziej obfite i dłuższe pylenie formy ojcowskiej.

W przypadku trzeciej grupy mieszańców okazało się, że możliwe do utworzenia dwa mieszańce pojedyncze (tab. 1, mieszańce 20 i 21) nie przewyższają, a nawet nieznacznie ustępują poziomem plonowania odmiany trójliniowej Wilga. Ta grupa mieszańców uzyskała najniższe plony ziarna i ujemne wartości oceny efektu głównego. Były to jednak mieszańce o najwyższej zawartości suchej masy w ziarnie, z najwyższymi dodatnimi wartościami oceny dla tej cechy.

Analiza wariancji dla plonu ziarna nie wykazała istotnego zróżnicowania dla lat, miejscowości oraz dla mieszańców (tab. 2).

Tabela 2

Analiza wariancji dla plonu ziarna badanych mieszańców
Analysis of variance for grain yield in tested hybrids

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Suma kwadratów Sum of squares	Średni kwadrat Mean square	Stat. F F -Stat.	Wartość kryt. F F -critical values	
					0,05	0,01
Lata Years	1	177,08	177,08	7,55	18,51	98,50
Miejsca Locations	2	179,87	89,94	3,84	19,00	99,00
Środowiska Environments	2	46,88	23,44	150,16**	3,03	4,69
Mieszaniec Genotype	20	228,99	11,45			
Mieszaniec × lata Genotype × years	20	16,15	0,81			
Mieszaniec × miejsca Genotype × locations	40	16,23	0,41			
Mieszaniec × Środowiska Genotype × Environments	40	12,29	0,31	1,97**	1,45	1,68
Regresja względem środowiska Regression on explanatory variable	20	7,02	0,35			
Odchylenie od regresji Regression deviation	20	5,27	0,26	1,69*	1,62	1,96
Błąd doświadczeń Experimental error	240		0,16			

Stwierdzono natomiast istotne zróżnicowanie dla środowisk, oraz dla współdziałania mieszańców ze środowiskami; oznacza to reakcję mieszańca na zmienne warunki środowiska. Dla dokładniejszej analizy i odrzucenia hipotezy o braku interakcji mieszańców ze środowiskiem dokonano rozbicia sumy kwadratów dla tej interakcji na dwa składniki: regresję względem środowiska i odchylenie od regresji.

Oceniając przeciętne plonowanie za pomocą wartości efektów głównych oraz odpowiednich wartości statystyki F dla efektu głównego stwierdzono (tab. 3), że w grupie mieszańców o formułach zbliżonych do odmian Blask i Grom najwyższymi istotnymi wartościami odznaczyły się odmiany: Blask, Grom, 6, 7 oraz 9.

Tabela 3

Analiza szczegółowa dla plonu ziarna — testowanie poszczególnych mieszańców i ich interakcji
In detail analysis for grain yield — testing of particular hybrids and their interaction

Nr No	Mieszaniec Hybrid	Ocena efektu głównego Value of the main effect	Stat. F dla efektu głównego F -Stat. for the main effect	Statystyka F dla interakcji z: Statistics F for interaction with:		
				rok year	miejsce location	środowiskami environments
1	S41796*S41324A-2 = Blask	2,06	42,52*	1,11	1,83	4,03*
2	S41789*S41324A-2 = Grom	1,28	18,54*	3,74	1,76	3,58*
3	S41796*S41336	0,12	1,62	7,39	0,37	0,37
4	S41789*S41336	0,19	1,12	0,19	6,17	1,31
5	S41796/S41336*S41324A-2	1,34	11,12	0,45	0,79	6,49**
6	S41789/S41336*S41324A-2	0,88	76,31*	15,61	0,46	0,41
7	S41796*S41789/S41324A-2	0,83	26,39*	7,19	0,33	1,06
8	S41796*S41789/S41336	0,02	0,01	2,81	0,35	1,32
9	S41796*S41789/S41336*S41324A-2	0,71	80,70*	9,53	1,34	0,25
10	S245*S330/S41324A-2 = Wiarus	0,17	1,11	0,49	1,79	1,05
11	S245*S330/S41336	-0,39	9,63	3,19	1,35	0,65
12	S245*S330/S41336*S41324A-2	0,48	5,16	1,17	1,98	1,80
13	S245*S41324A-2	0,47	4,84	4,48	0,31	1,85
14	S245*S41336	0,14	2,42	18,19	1,40	0,34
15	S245/S41336*S41324A-2	0,36	10,04	0,63	0,44	0,53
16	S330*S41324A-2	0,30	1,24	3,07	1,16	2,94
17	S330*S41336	-0,23	1,14	6,43	0,51	1,90
18	S330/S41336*S41324A-2	0,32	1,65	2,79	1,10	2,60
19	S311*CO255/S359 = Wilga	-2,83	88,83*	0,87	1,36	3,65*
20	S311*S359	-2,96	80,83*	2,36	0,86	4,39*
21	CO255*S359	-3,26	519,73**	4,00	3,27	0,82
Wartości krytyczne						
Critical values			18,51	18,51	19,00	3,03
F 0,05* — F 0,01 **			98,50	98,50	99,00	4,69

Z wymienionych mieszańców tylko odm. Blask i Grom oraz dodatkowo mieszaniec 5 uzyskały istotną interakcją ze środowiskiem, czyli ulegały większym wpływom warunków panujących w poszczególnych środowiskach.

Dla mieszańców zbliżonych formułą do odmiany Wiarus nie stwierdzono istotnych różnic w plonowaniu, wszystkie za wyjątkiem mieszańców 11 i 17 uzyskały dodatnie oceny efektu głównego. Nie stwierdzono również istotnej interakcji ze środowiskiem.

Z grupy mieszańców o formułach zbliżonych do mieszańca Wilga, wszystkie 3 mieszańce uzyskały dla plonu ziarna istotne, ujemne wartości statystyki F dla efektu głównego, a dla mieszańców 19 i 20 stwierdzono istotną interakcję ze środowiskiem.

WNIOSKI

1. W grupie mieszańców o formułach zbliżonych do odmiany Blask i Grom zdecydowanie najplenniejszym okazała się odmiana Blask. Na poziomie mieszańca Grom plonowały trzy mieszańce eksperymentalne o zbliżonych formułach: 6, 7 i 9. Odmiany Blask, Grom, 4, 6 i 7 uzyskały istotnie niższą zawartość suchej masy w ziarnie.
2. W grupie mieszańców zbliżonych formułą do odmiany Wiarus nie stwierdzono istotnej różnicy w plonowaniu i zawartości suchej masy w ziarnie między zarejestrowaną odmianą a utworzonymi dodatkowo ośmioma mieszańcami eksperymentalnymi. Na uwagę zasługuje mieszaniec 12, ze względu na łatwiejszą produkcję nasienną.
3. W grupie mieszańców zbliżonych formułą do odmiany Wilga nie stwierdzono istotnej różnicy w plonowaniu i zawartości suchej masy w ziarnie między zarejestrowaną odmianą trójliniową Wilga, a utworzonymi dodatkowo dwoma mieszańcami pojedynczymi.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Karczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. SERGEN 3 — analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno-hodowlanych. (Instrukcja użytkownika). IGR PAN Poznań.
- Jones D. F. 1918. The effects of inbreeding and cross breeding upon development. Connecticut Agric. Exp. Sta. Biul. 207: 419 — 428
- Shull G. F. 1908. The composition of a field of maize. Am. Breed. Assoc. Rep. 4: 296 — 301.
- Troyer A. F. 1996. Breeding widely adapted popular maize hybrids. Euphytica 92: 163 — 174.

MARIA PRONCZUKSamodzielna Pracownia Traw i Roślin Motylkowatych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Endofity traw — znaczenie, występowanie i metody wykrywania Przegląd literatury

Grass endophytes — importance, incidence and methods for detection Literature review

Przedstawiono grzyby z rodzaju *Neotyphodium* żyjące w systemicznej współzależności z głównymi gatunkami traw: *N. lolii*, z *Lolium perenne*, *N. coenophialum* z *Festuca arundinacea* i *N. uncinatum* z *Festuca pratensis*. Opisano ich systematykę, biologię i produkowane alkaloidy. Zwrócono uwagę na korzystne i szkodliwe efekty współżycia traw z endofitami. Przedstawiono wyniki badań dotyczące ich występowania i rozprzestrzenienia na świecie, w Europie i w Polsce. Stwierdzono potrzebę intensyfikacji badań nad endofitami w Polsce. Podano metody wykrywania endofitów w nasionach i roślinach.

Słowa kluczowe: alkaloidy, biologia, *Festuca arundinacea*, *Festuca pratensis*, *N. coenophialum*, *Neotyphodium lolii*, *Neotyphodium uncinatum*, *Lolium perenne*, systematyka

Species of *Neotyphodium* fungi are presented, such as *N. lolii*, *N. coenophialum* and *N. uncinatum*, living in systemic coexistence with *Lolium perenne*, *Festuca pratensis* and *Festuca arundinacea*. Their taxonomy, biology and the produced alkaloids are described. Beneficial and harmful effects of the grass and endophytes coexistence are shown. The results of research on the endophyte incidence and distribution in the world, Europe and Poland are presented. The necessity of intensification of research on the *Neotyphodium* fungi in Poland has been emphasized. Methods for endophytes detection in seed and plant are presented.

Key words: alkaloids, biology, *Festuca arundinacea*, *Festuca pratensis*, *Neotyphodium coenophialum*, *Neotyphodium lolii*, *Neotyphodium uncinatum*, *Lolium perenne*, taxonomy

WSTĘP

Endofitami nazywane są mikroorganizmy, które część lub całe swoje życie zasiedlają bezobjawowo tkanki swoich gospodarzy (Petroni i in., 1986). Ta definicja obejmuje zarówno pasożyty, jak i saprofity żyjące w systemicznej współzależności z roślinami.

Współżycie grzybów z trawami znane jest od dawna. Pierwsza informacja o obecności grzybnia endofita w nasionach *Lolium temulentum* L. pochodzi z roku 1898 (Vogl cyt. za

White, 1987). Wiedza o tych grzybach i ich rozprzestrzenieniu, przez długi okres czasu była niewielka, podawana w piśmiennictwie sporadycznie i wzrastała bardzo wolno. Dopiero w latach 80' odkrycie szkodliwości traw zasiedlonych endofitami dla bydła (Fletcher i Harvey, 1981) oraz związek endofitów z odpornością traw na szkodniki (Barker i in., 1984) spowodowały rozwój wszechstronnych badań. Od roku 1990 odbywają się regularnie sympozja poświęcone endofitom traw i ich gospodarzom (Hoveland, 2000). Gromadzą one naukowców wielu dyscyplin z całego świata. Przedstawiane są wyniki najnowszych badań nad występowaniem, biologią, taksonomią, efektami toksyczności, zastosowaniem ich do poprawy zadarniania na pastwiskach i trawnikach. Poruszane i dyskutowane są ekologiczne zmiany, a także komórkowe i molekularne techniki do charakterystyki i modyfikacji tych grzybów.

Obecnie wzrasta znaczenie traw. Ich zastosowanie nie ogranicza się do użytku rolniczego jako paszy dla zwierząt. Trawy nabierają znaczenia jako rośliny gazonowe stosowane na trawniki miejskie, w parkach, na terenach do rekreacji i jako podłoża obiektów sportowych. Dlatego badania nad efektami symbiozy traw z *Neotyphodium* są nadal aktualne i potrzebne (Paul i Dapprich, 2000).

W Polsce badania nad endofitami prowadzone były w małym zakresie (Pańka i Łukanowski, 2000; Pańka i Sadowski, 2002; Pańka i in., 2004). Z tych prac i z badań zagranicznych autorów wynika, że grzyby te zasiedlają nasiona niektórych polskich odmian traw, a także występują na użytkach zielonych (Pfannmöller i in., 1994; Lewis, 2000). Otwarcie granic po wejściu Polski do UE umożliwia import nasion z różnych rejonów Europy i świata, co sprzyja rozprzestrzenianiu się grzybów zasiedlających te nasiona. W niektórych państwach Europy (np. Francja) wprowadzono zakaz rejestracji odmian i obrotu nasionami zawierającymi endofity (Bayle i in., 2003). Dlatego istnieje konieczność intensyfikacji badań i popularyzacji wiedzy o tych grzybach także w Polsce.

SYSTEMATYKA

Grzyby endofityczne współżyjące z trawami były początkowo zakwalifikowane do rodzaju *Acremonium*, sekcja *Albo-lanosa* (Morgan-Jones i Gams, 1982). Jednak ze względu na wiele morfologicznych i filogenetycznych różnic pomiędzy gatunkami w tym rodzaju utworzono nowy rodzaj grzybów niedoskonałych — *Neotyphodium*, do którego włączono sekcję *Albo-lanosa* (Glenn i in., 1996). Spośród gatunków *Neotyphodium* najbardziej rozpowszechnione i poznane jest tylko kilka, do których zaliczyć należy: *N. coenophialum* Morgan-Jones & Gams współżyjący z *Festuca arundinacea* Schreb., *N. lolii* Latch Christensen & Samuels żyjący z *Lolium perenne* L. (Latch i in., 1984), *N. uncinatum* Gams, Petroni & Schmidt zasiedlający *Festuca pratensis* L. (Gams i in., 1990) oraz *N. typhinum* Morgan-Jones & Gams spotykany na wielu gatunkach traw (Morgan-Jones i Gams, 1982). Większość gatunków *Neotyphodium* nie zarodnikuje na roślinach, chociaż zarodniki konidialne mogą być produkowane przez te grzyby na sztucznych podłożach (Siegel i in., 1985). Wyjątek stanowi *N. typhinum* telemort *Epichloë typhina*. Wytwarzana przez ten gatunek stroma tworzy powłokę otaczającą źdźbło trawy, w której znajdują się liczne zarodniki konidialne i workowe (White i Morgan-Jones, 1987; Raynal, 1991). Ze

względem na specyficzny obraz stromy na trawach choroba nazywana jest popularnie pochwaczakiem pałkowatym (Mühle i in., 1975).

Systematyka *Neotyphodium* nie jest jeszcze ustalona. Nadal prowadzone są badania filogenetyczne, szczególnie w rodzaju *Epichloë*, które wskazują na konieczność dalszych zmian w taksonomii *Neotyphodium* (Leuchtmann i Schardll, 1998).

BIOLOGIA

Do typowych endofitów zaliczane są takie gatunki jak: *N. coenophialum*, *N. lolii* i *N. uncinatum*, ponieważ cały swój cykl życiowy są zdolne przeżyć bezobjawowo w tkankach roślin gospodarzy (Siegel i in., 1985; White i Cole, 1985; Gams i in., 1990). Grzyby te zaliczane są do „seed born fungi” ponieważ przenoszone są z nasionami (White i Cole, 1986; White, 1987). Ich grzybnia zasiedla głównie warstwę aleuronową, ale jej rozmieszczenie w nasionach jest różne. Duże zagęszczenie grzybni stwierdzano w warstwie aleuronowej blisko jądra, co wskazuje na jej związek także z zarodkiem (Siegel i in., 1985; Welty i in., 1986). Podczas kiełkowania nasion grzyb przerasta skrobię bielma, a potem jego obecność może być wykrywana w 3–5 tygodniowych siewkach (Siegel i in., 1985).

Endofity zasiedlają głównie pochwy liściowe traw i młode liście (Hinton i Bacon, 1985; Latch i Christenson, 1982). Rzadziej obserwowano grzybnie w źdźbłach i mniej aktywnych fotosyntetycznie starszych liściach (Aust, 2000). Na indywidualnych źdźbłach największa koncentracja grzybni występowała w pochwach liści, na obrzeżach kępy, ale zagęszczenie grzybni zmieniło się w sezonach roku (Redd i in., 2000). Nie stwierdzano dotąd jej obecności w tkankach korzeni traw (Siegel i in., 1985). Hinton i Bacon (1985) podają, że grzyby *Neotyphodium* zasiedlają głównie takie części roślin, gdzie znajdują dla siebie optymalną ilość pożywienia. Grzyby te rosną systemicznie w przestrzeniach międzykomórkowych. Wzrost grzybni, charakterystycznie skręconej, ale nierozgałęziającej się przebiega równolegle do osi liścia lub źdźbła (Welty i in., 1986). Aust (2000) twierdzi, że kolonizacja traw i sposób wzrostu grzybni endofitów wiąże się ściśle z morfologią liści i źdźbła rodziny *Gramineae*.

Gdy rośliny są w stanie spoczynku endofity zasiedlają wierzchołki merystemów. Wiosną, gdy trawy zaczynają rosnąć, rośnie też grzybnia endofita. Gdy formułuje się zawiązek kwiatostanu, stymulowany jest także rozwój grzyba, a wzrost grzybni następuje zawsze w ten sam sposób: międzykomórkowo, wzdłuż osi źdźbła, bez uszkodzenia komórek gospodarza (Siegel i in., 1985).

Żywotność *Neotyphodium* w nasionach zależy od wieku nasion i warunków ich przechowywania. Badania Bouter i Klooster (1996) wykazały, że w nasionach *Lolium perenne* przechowywanych w zmiennych, niekontrolowanych warunkach grzybnia endofitów zamierała już po jednym roku. Siegel i współpracownicy (1985) donoszą, że nasiona życicy trwałej składowane w temperaturze 0–5°C i wilgotności bliskiej zera zawierały jeszcze żywą grzybnie po 15 latach. Welty i wsp. (1987) twierdzą, że warunki sprzyjające kiełkowaniu nasion sprzyjają także żywotności endofitów. W ich badaniach okres przeżywalności grzybni w nasionach życicy trwałej (*Lolium perenne*) i kostrzewy

trzciny (Festuca arundinacea) był podobny, zaznaczyła się jednak tendencja do wolniejszego spadku jej żywotności u życicy w porównaniu do kostrzewy.

Grzyby z rodzaju *Neotyphodium* mają zdolność produkowania alkaloidów. *N. lolii* zasiedlający *Lolium perenne* znany jest z wytwarzania lolitremu B, ergovaliny i peraminy (Reed i in., 2000). *N. coenophialum* współżyjący z *Festuca arundinacea* produkuje głównie ergovalinę (Porter, 1995; Oliviera i in., 2000) natomiast metabolity *N. uncinatum* współżyjącego z *Festuca pratensis* są jeszcze mało poznane. Badania Justus i wsp. (1997) oraz Flieger i wsp. (2000) wskazują, że grzyb ten wytwarza lolinę i chanoclavinę. Stwierdzono duże różnice w koncentracji alkaloidów w zależności od badanego organu rośliny. Najwyższa zawartość tych związków była notowana na obrzeżach kępy i w kwiatostanach, ale zawartość ta ulegała zmianom w sezonach roku (Woodburn i in., 1993) i była istotnie skorelowana ze stresem suszy gospodarza (Barker i in., 1993). Bony i Delatour (2000) podają, że najwyższy poziom ergovaliny (0,45 ppm) występował w maju u roślin odmian kostrzewy trzcinowej, rosnących na południu Francji i przekraczał krytyczny poziom zagrożenia dla zwierząt.

ZNACZENIE

Współżycie traw z grzybami z rodzaju *Neotyphodium* ma dodatnie i ujemne aspekty.

Dodatnie aspekty

Endofity przynoszą trawom wiele korzyści: wzbudzają mechanizmy tolerancji na suszę oraz regeneracji uszkodzeń po długotrwałej suszy, wpływają na oszczędną gospodarkę azotem i lepszą przyswajalność fosforu (Malinowski i Belesky, 2000). Trawy zasiedlone przez endofity są odporne na szkodniki, nicienie oraz na niektóre choroby (Siegel i in., 1985; West i Gwinn, 1993; Fletcher i Easton, 2000). Charakteryzują się obfitym krzewieniem, trwałością i wykazują większą konkurencyjność w stosunku do traw nie zasiedlonych przez te grzyby (Funk i in., 1994).

Na te korzyści zwrócili uwagę hodowcy traw. W latach 90' nastąpił rozwój hodowli odmian traw zawierających endofity (Funk i in., 1994). Ten kierunek hodowli szczególnie rozwinął się w Nowej Zelandii, Australii i Stanach Zjednoczonych gdzie duże szkody na pastwiskach, obsianych jednym gatunkiem traw (życica trwała i kostrzewa trzcinowa), powodowały szkodniki i długotrwała susza (Fletcher i Easton, 2000). Do hodowli nowych odmian wykorzystywano przede wszystkim ekotypy zasiedlone przez endofity, ale praktykowano było także zakażanie roślin i nasion traw izolatami *Neotyphodium* (Funk i in., 1994). Obecnie na rynku światowym jest wiele odmian z endofitami. Dla odróżnienia posiadają one oznakowanie „E+”, a wolne od endofitów „E-”, Hoveland (2000) podaje, że w 1999 roku w USA w Stanie Oregon wyprodukowano na potrzeby trawnikowe 48 milionów kg nasion *F. arundinacea* i 100 milionów kg nasion *Lolium perenne*. Większość tych nasion była zakażona grzybami z rodzaju *Neothypodium*. Stosowanie zakażonych nasion nie ogranicza się jednak tylko do celów trawnikowych. W Nowej Zelandii np. większość pastwisk obsianych *Lolium perenne*, ze względu na szkodniki, może przetrwać tylko dzięki stosowaniu odmian z endofitami (Fletcher i Easton, 2000).

Ujemne aspekty

Oprócz korzystnych cech, które wnoszą grzyby z rodzaju *Neotyphodium* do odmian traw, są także przyczyną ujemnych efektów. Stwierdzono, że niektóre z wytwarzanych przez endofity alkaloidów są toksyczne i stanowią duże zagrożenie dla zwierząt. Znane są dwie groźne choroby u zwierząt, których czynnikiem sprawczym są endofity współżyjące z trawami na pastwiskach:

- „ryegrass staggers syndrome”, którą powoduje alkaloid lolitrem B u bydła, owiec i koni zawarty w paszy składającej się z życicy trwałej zainfekowanej *Neotyphodium lolii* podczas gorącego lata. Choroba ta, oprócz spadku produkcji mleka (6%–15%) i obniżenia wagi ciała, atakuje układ nerwowy zwierząt powodując jego niesprawność (Garthwaite i in., 1994). Częstym objawem jest paraliż tylnych kończyn. Stwierdzono dużą śmiertelność u chorych zwierząt (Siegel i in., 1985; Reed i in., 2000).
- „fescue toxicosis”, która występuje u zwierząt karmionych kostrzewą trzcinową z dużą zawartością alkaloidu ergovaline produkowanego przez *Neotyphodium coenophialum*. Chore zwierzęta chudną, kuleją, są osowiałe i unikają słońca. Oprócz spadku wagi ciała następuje u nich drastyczne obniżenie produkcji mleka. Występuje też duża śmiertelność wśród chorych zwierząt. (Siegel i in., 1985).

WYSTĘPOWANIE

Liczne badania wykazały, że wiele gatunków traw może być zasiedlane przez grzyby endofityczne. Jednak najczęściej występują u gatunków z rodzaju *Lolium* i *Festuca* (Funk i in., 1994; Wäli i in., 2000; Guillaumin i in., 2000; Leyronas i Raynal, 2001). Są doniesienia o zasiedlaniu także *Dactylis glomerata* (Cappelli i Buonauro, 2000) *Bromus* spp., *Agrostis* spp., *Phleum pratense* i innych gatunków traw z rodzajów *Elymus*, *Anthoxanthum*, *Deschampsia*, *Koeleria*, *Holcus* występujących na naturalnych użytkach (Guillaumin i in., 2000; Vazquez-de-aldana i in., 2000; Wäli i in., 2000). Nie stwierdzono dotąd obecności typowych endofitów u *Poa pratensis* (Funk i in., 1994; Leyronas i Raynal, 2001), chociaż dużo gatunków *Poa* w naturze jest gospodarzami *Epichloë typhina*. Nie powiodły się też próby zakażania roślin i nasion *P. pratensis* izolatami *Neotyphodium* pochodzącymi z innych gatunków traw. Funk i współpracownicy (1994) twierdzą, że skomplikowana budowa genomu u apomiktycznej wiechliny łąkowej może być przyczyną braku zdolności izolatów *Neotyphodium* do egzystowania we współzależności symbiotycznej z tym gatunkiem.

Obecność endofitów w trawach stwierdzono w wielu krajach świata. Najwięcej informacji o tych grzybach pochodzi z Ameryki Południowej (Welty i in., 1986), Nowej Zelandii (Fletcher i Easton, 2000) i Australii (Reed i in., 2000) gdzie średnia zawartość endofitów w trawach na pastwiskach sięgała nawet 100%. Autorzy podają, że tak liczne zasiedlenie traw w tych rejonach świata wiąże się z częstym narażeniem traw na stresy biotyczne (szkodniki) i abiotyczne (susza). Są jednak informacje o występowaniu endofitów także w chłodnych rejonach świata np. w Finlandii (Wäli i in., 2000), w Japonii (Koga i in., 1993). Dość dużo informacji pochodzi również z Europy. Lewis (2000) podsumowując badania przeprowadzone w 22 krajach europejskich stwierdza, że 49%

badanych populacji *Lolium perenne* było zasiedlone przez endofity o zakresie u roślin od 1 do 100%. Jednakże wysoki procent zasiedlenia roślin zdarzał się rzadko i występował raczej w krajach południowej Europy (tab. 1).

Tabela 1

Występowanie i zakres infekcji *Lolium perenne* przez *Neotyphodium* w Europie (wg Lewis, 2000)
Incidence and range of *Neotyphodium* infection in *Lolium perenne* in Europe (acc. to Lewis, 2000)

Kraj Country	Występowanie/liczba prób badanych Incidence/number of samples examined	Zakres Range
Austria — Austria	0/7	no
Belgia — Belgium	0/5; 23/42; 2/2	no; 3-40; 10-35
Bułgaria — Bulgaria	6/6	30-75
Korsyka — Corsica	7/7	20/80
Czeska Republika — Czech Republic	1/4; 56/365	2; no
Anglia — England	17/28; 1/2	3-72; ?-35
Francja — France	188/255; 25/28	1-100; ?-90
Niemcy — Germany	33/38	8-81
Grecja — Greece	2/3	44-45
Irlandia — Ireland	11/28; 18/58	5-35; 7/27
Włochy — Italy	14/24; 15/24	5-78; ?-55
Luksemburg — Luxembourg	0/2; 1/2	no; 20
Holandia — The Netherlands	0/7	no
Norwegia — Norway	0/3	no
Polska — Poland	1/2	60
Portugalia — Portugal	12/14; 12/16	30-90; 9/82
Rumunia — Romania	11/11; 2/3; 18/18	15-70; ?-25; 3-100
Sardynia, Sardinia	2/2	35-100
Słowacja, Slovakia	2/4	3/10
Hiszpania, Spain	57/76; 28/56	5-95; no
Szwajcaria, Switzerland	1/21; 3/4	5; ?-35
Turcja — Turkey	2/3	50/85
Walia — Wales	5/11; 4/6	1/75; ?-50
Suma	580/1180	
Total	[49%]	

no — Brak danych; No data available

Nieco częściej, w porównaniu do *L. perenne*, zasiedlone były populacje *F. pratensis* — 56%, ale badania nad tym gatunkiem trawy prowadzono sporadyczne (tab. 3). Natomiast najczęściej grzyby te występowały u *F. arundinacea* — 95%. Ponadto w populacjach tego gatunku stwierdzono dość wysoki zakres infekcji roślin zarówno w północnych jak i południowych rejonach Europy (tab. 2). W Polsce badano jedynie kilka odmian *L. perenne* oraz jedną odmianę *F. pratensis*. Stwierdzono dość niskie zasiedlenie nasion u odmian *L. perenne* (od 1% do 6%) (Pańka i Łukanowski, 2000; Pańka i Sadowski, 2002), a dość wysokie u *F. pratensis* (52%) (Pańka i in., 2004). Paul i wsp. (2000 a) donoszą, że odmiany europejskie *L. perenne* generalnie zawierają mało *Neotyphodium lolii* w porównaniu do odmian pochodzących z Nowej Zelandii, Australii i USA, ale dość wysoki poziom infekcji stwierdzano u odmian wyhodowanych z ekotypów. Zwrócono uwagę, że w kolejnych etapach procesu hodowli następował spadek zasiedlenia nasion przez endofity, który jak sądzą autorzy mógł być spowodowany przetrzymywaniem nasion w warunkach niekontrolowanych.

Tabela 2

Występowanie i zakres infekcji *Festuca arundinacea* przez *Neotyphodium* w Europie (wg Lewis, 2000)
Incidence and range of *Neotyphodium* infection in *Festuca arundinacea* in Europe (acc. to Lewis, 2000)

Kraj Country	Występowanie/ liczba prób badanych Incidence/ number of samples examined	Zakres Range
Finlandia — Finland	13/15	96–100
Włochy — Italy	3/6	?– 100
Sardynia — Sardinia	20/20; 63/63	no; 20–100
Hiszpania — Spain	17/19	7–100
Rosja — Russia	41/42	20–100
Suma	157/165	
Total	[95%]	

no — Brak danych; No data available

Tabela 3

Występowanie i zakres infekcji *Festuca pratensis* przez *Neotyphodium* w Europie (wg Lewis, 2000)
Incidence and range of *Neotyphodium* infection in *Festuca pratensis* in Europe (acc. to Lewis, 2000)

Kraj Country	Występowanie/ liczba badanych prób Incidence/ number of samples examined	Zakres Range
Czeska Republika — Czech Republic	37/56; 9/14	no; 26–100
Finlandia — Finland	8/25	10–100
Włochy — Italy	6/6	3–100
Suma	60/101	
Total	[59%]	

no — Brak danych; No data available

Liczne badania przeprowadzone w wielu krajach wskazują, że trawy w warunkach europejskich posiadają dość wysoką zawartość alkaloidów: ergovaliny i lolitremu B (tab. 4 i 5) i zdarzały się nawet przypadki wystąpienia choroby u zwierząt (tab. 6; Bonny i Delator, 2000).

Tabela 4

Poziom ergovaliny w porażonych gatunkach traw stwierdzony w Europie (wg Bony i Delatour, 2000)
Range of ergovaline levels found in endophyted grass species in Europe (acc. to Bony and Delatour, 2000)

Kraj Country	Gatunek species	Ergovaline (ppm) Zakres — Range
Niemcy — Germany	<i>L. perenne</i>	0,02–0,33
Czeska Republika — Czech Republic	<i>F. pratensis</i>	0,0–0,6; 0,0–2,3
Hiszpania — Spain	<i>L. perenne</i>	0,0–2,7; 0,0–4,65
Szwajcaria — Switzerland	<i>L. perenne</i>	0,0–0,55
Francja — France	<i>L. perenne</i>	0,0–1,0
Francja — France	<i>F. arundinacea</i>	0,0–0,5
		0,05–0,5; 0,97

Poziom krytyczny wystąpienia choroby: 0,37 ppm; Critical clinical disease level: 0.37ppm

Tabela 5

Poziom Loritremu B w porażonych roślinach życicy trwalej stwierdzony w Europie (wg Bony i Delatour, 2000)
Range of Lolitrem B levels found in endophyted *Lolium perenne* in Europe (acc. to Bony and Delatour, 2000)

Kraj ountry	Lolitrem B (ppm) Zakres — Range
Niemcy — Germany	0,05–0,37; 0,5–4,2; 0,02 >2; 0,8–1,4; 0,2–1,4
Holandia — The Netherland	1,8–6,0; 1,5–2,5; 5,0–6,0
Anglia — England	0,7
Francja — France	0,1–1,5; 0,5

Poziom krytyczny dla rozwoju choroby: 2,0 ppm

Critical clinical disease level: 2,0 ppm.

Tabela 6

Opublikowane przypadki wystąpienia choroby „ryegrass staggers” u zwierząt w Europie (wg Bony i Delatour, 2000)
Reported acute clinical cases of ryegrass staggers in Europe (acc. to Bony and Delatour, 2000)

Kraj Country	Gatunek zwierząt Animals	Rok Year	Materiał Material
Niemcy Germany	Bydło — Cattle	1994	<i>L. perenne</i> , pastwisko <i>L. perenne</i> , pasture
	Bydło i owce — Cattle and sheep	1991	
		1992	
Wielka Brytania United Kingdom	Alpaka — Alpaca	1993	<i>L. perenne</i> , pastwisko <i>L. perenne</i> , pasture
		1995	
		1999	
	Bydło i owce — Cattle and sheep	1991	
Holandia The Netherlands	Konie — Horses	1994	<i>L. perenne</i> , siano <i>L. perenne</i> , hay
		1995	
		2000	<i>L. perenne</i>
	Krowy — Cows	1997	<i>L. perenne</i> , pastwisko <i>L. perenne</i> , pasture
Francja France	Konie — Horses	1991	<i>L. perenne</i> , słoma <i>L. perenne</i> , straw
	Krowy — Cows	2000	<i>L. perenne</i>

Reinholz i wsp. (2000) podają, że wysokie nawożenie *L. perenne* podczas gorącego lata stymuluje wytwarzanie alkaloidów przez endofity. W ich badaniach, przy nawożeniu 260 kg N/ha, zawartość alkaloidów osiągała poziom krytyczny (2000 µg/kg) u niektórych odmian *L. perenne*. Autorzy twierdzą, że ta zawartość alkaloidu mogłaby spowodować groźną chorobę „ryegrass staggers” u zwierząt w warunkach klimatycznych Niemiec.

Aby ograniczyć zagrożenie dla zwierząt poszukiwane były różne metody zwalczania *Neotyphodium*. Stosowano fungicydy na plantacjach nasiennych, ale metoda ta okazała się mało efektywna. Spośród wielu stosowanych fungicydów jedynie wielokrotny oprysk Folicurem (tebuconazol) obniżał nieco ich żywotność w nasionach życicy trwalej (Rolston i Rowarth, 1995). Przetrzynywanie nasion w kamerach z temperaturą 57°C przez 40 minut oraz 49°C przez 7 dni było efektywne, ale część nasion traciło siłę kiełkowania (Siegal i in., 1984). Podejmowane były także próby usuwania endofitów produkujących toksyczne

alkaloidy w odmianach, i zakażenia tych nasion izolatami *Neotyphodium*, które wytwarzają alkaloidy nietoksyczne. Poszukiwano izolatów wytwarzających peramine, ponieważ ten alkaloid, jak podają Fletcher i Easton (2000), okazał się nieszkodliwy dla zwierząt, a posiada inne korzystne dla traw właściwości takie jak wzbudzające odporność na szkodniki, stres suszy i inne. Jednak zakażenie nasion i wprowadzanie tych izolatów na pastwiska napotykało na różne trudności. Jedną z nich był spadek żywotności grzyba podczas magazynowania nasion.

WYKRYWANIE

Ponieważ rośliny i nasiona traw zasiedlone grzybami *Neotyphodium* nie posiadają zewnętrznych objawów poszukiwano metod diagnostycznych, które byłyby przydatne w hodowli i ocenie odmian traw. Znanych jest wiele metod, które ze względu na ich specyfikę podzielić można na:

- metody bezpośrednie
 - izolacja grzybów z pochwy liściowej lub z ziarniaka (Bacon i White, 1994)
 - badanie zawartości alkaloidów w roślinach i nasionach (Belesky i in., 1987)
- metody mikroskopowe
 - barwienie różem bengalskim (Saha i in., 1988)
 - barwienie błękitem anilinowym (Welty i Rennie, 1985)
 - fluorescencyjna (Dapprich i in., 1994)
- metody serologiczne
 - ELISA (Johnson i in., 1982; Welty i in., 1986)
 - immunologiczna (Hill i in., 2002)
- metody molekularne
 - RAPDs (Liu i in., 1995)
 - PCR (Doss i Welty, 1995).

Metody te różnią się pracochłonnością, kosztami i efektywnością wykrywania żywej grzybni. Hahn i współautorzy (2000) podają, że jedynie metoda fluoroscencyjna i metody bezpośrednie są zdolne stwierdzić obecność żywej grzybni *Neothpodium* w nasionach traw. Najbardziej znanymi metodami i zalecanymi przez ISTA (International Seed Testing Association) są: barwienie błękitem anilinowym (Welty i Rennie, 1985) i immunologiczna (Hill i in., 2002). Te dwie metody zamierzamy zastosować do oceny odmian i materiałów wyjściowych do hodowli nowych odmian traw w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

Cappelli i Buonauro (2000) twierdzą, że aby uniknąć rozprzestrzeniania się infekcji traw przez endofity w Europie jest konieczna reprodukcja nasion objętych programem państwowej oceny, która obejmowałaby materiały mateczne odmian przy użyciu czułych szybkich metod wykrywających endofity w nasionach. We Francji wprowadzono już zakaz rejestracji i obrotu nasionami odmian zawierającymi endofity (Bayle i in., 2003). W Polsce nie ma takiego zakazu, a docierają do Izby Nasiennej informacje (dane niepublikowane) o chęciach sprowadzania do Polski nasion życicy trwałej z Nowej Zelandii, gdzie uprawa

tego gatunku bez endofitów jest niemożliwa ze względu na szkodniki (Fletcher i Easton, 2000).

LITERATURA

- Aust H. J. 2000. Comparison of the colonization of *monocotyledonous* and *dicotyledonous* plants by endophytic fungi. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 9 — 16.
- Bacon C. W., White J. F. Jr. 1994. Stains, media and procedure for analyzing endophytes. In: Biotechnology of endophytic fungi of grasses. Bacon Ch W, White J.F.Jr. (eds).CRC Pres, Boca Raton: 47 — 56.
- Barker G. M., Pottinger R. P., Adison P. J., Prestidge R. A. 1984. Effect of *Lolium* endophyte fungus infections on behaviour of adult Argentine stem weevil. New Zealand Journal Agric. Res. 27: 271 — 277.
- Barker D. J., Davies E., Lane G. A., Latch G. C. M., Nott H. M., Tapper B. A. 1993. Effect of water deficit on alkaloid concentrations in perennial ryegrass endophyte associations. Proc of 2nd International Symposium on *Acremonium*/grass interactions. Palmerston North, New Zealand: 67 — 71.
- Bayle B., Huyghe C., Gensollen V., Bourgoin B. 2003. System of variety testing and registration in France for forage and turf. Book of Abstracts of the 25th EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section Meeting. Brno, Czech Republik: 119.
- Belesky D. P., Robbins J. D., Stuedemann J. A., Wilkinson S. R., Devine O. J. 1987. Fungal endophyte infection-loline derivative alkaloid concentration of grazed tall fescue. Agron. J. 79: 217 — 220.
- Bony S., Delatour P. 2000. Relevance and impact of grass endophyte toxins in Europe. Proc. of 4th International *Neotyphodium*/grass Interactions Symposium. Soest, Germany: 207 — 218.
- Bouter W., van Klooster G. 1996. Practical endophyte-work at the Barenbrug Grass Breeding Department. IOBC wprs Bulletin 19 (7): 59 — 62.
- Cappelli C., Buonauro R. 2000. Occurrence of endophytic fungi in grass seeds and plants in Italy. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 131 — 137.
- Dapprich P., Paul. V. H., Krohn K. 1994. A novel and rapid staining method for the detection of vital endophytes in seeds and leaf sheaths of *Lolium perenne*. IOBC wprs Bulletin 17/1: 139 — 146.
- Doss R. P., Welty R. E. 1995. A polymerase chain reaction-based procedure for detection of *Acremonium coenophialum* in tall fescue. Phytopathol. 85: 913 — 917.
- Fletcher L. R., Harvey I. C. 1981. An association of a *Lolium* endophyte with ryegrass staggers. New Zealand Vet. J. 29: 185 — 186.
- Fletcher L. R., Easton H. S. 2000. Using endophytes for pasture improvement in New Zealand. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 149 — 162.
- Gartwhaite I., Miles C. O., Towers N. R. 1994. An immunological approach to the study of the ryegrass staggers syndrome. IOBC wprs Bulletin 17 (1): 175 — 180.
- Flieger M., Osovska J., Halada P., Pazoutova S., Cagas B., Shelby R. A. 2000. Chanoclavine I and lyserol, clavine alcaloides produced by *Neotyphodium* spp. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 515 — 519.
- Funk C. R., Belanger F. C., Murphy J. A. 1994. Role of endophytes in grasses used for turf and soil conservation. In: Biotechnology of endophytic fungi of grasses. Bacon Ch. W, White J. F. Jr. (eds.).CRC Press., Boca Raton: 201 — 209.
- Gams W., Petroni O., Schmidt D. 1990. *Acremonium uncatum*, a new endophyte in *Festuca pratensis*. Mycotaxon 37: 67 — 71.
- Glenn A. E., Bacon C. W., Price R., Hanlin R. T. 1996. Molecular phylogeny of *Acremonium* and its taxonomic implications. Mycologia 88: 369 — 383.
- Guillaumin J. J., Frain M., Pichon N., Ravel C. 2000. Survey of the fungal endophytes in wild grass species in the Auvergne region (central France). Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany.: 85 — 92.

- Hahn H., Huth W., Schöberlein W. 2000. Tissue print immunoassay — a rapid and sensitive method also for detection of *Neotyphodium* endophytes. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 139 — 143.
- Hinton D. M., Bacon C. W. 1985. The distribution and ultrastructure of the endophyte of toxic tall fescue. Can. J. Bot. 63: 36 — 42.
- Hoveland C. S. 2000. Endophytes — research and impact. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/grass Interactions Symposium. Soest, Germany: 123 — 130.
- Hill N. S., Hiatt E. E., De Battista J. R., Costa M. C., Griffiths C. H., Klap J., Thorogood D., Reeves J. H. 2002. Seed testing for endophytes by microscopic and immunoblot procedures. Seed Science and Technology 30: 347 — 355.
- Johnson M. C., Pirone I. P., Siegel M. R., Varney, D. R. 1982. Detection of *Epichloe typhina* in tall fescue by means of enzyme-linked immunosorbent assay. Phytopathology 72: 647 — 650.
- Justus M., Witte L., Hartman T. 1997. Levels and tissue distribution of loline alkaloids in endophyte-infected *Festuca pratensis*. Phytochemistry 44/1: 51 — 57.
- Koga H., Tsukiboshi T., Uematsu T. 1993. Incidence of the endophyte fungus, *Acremonium uncinatum*, in Meadow Fescue (*Festuca pratensis*) ecotypes in Hokkaido. Bull. Natl. Grassl. Res. Inst. 49: 35 — 41.
- Latch G. C. M., Christensen M. J. 1982. Ryegrass endophyte, incidence and control. New Zealand Journal of Agricultural Research. 25: 443 — 448.
- Latch G. C. M., Christensen M. J., Samuels G. J. 1984. Five endophytes of *Lolium* and *Festuca* in New Zealand. Mycotaxon 20: 535 — 550.
- Leuchtmann A., Schardll C. 1998. Mating compatibility and phylogenetic relationship among two species of *Epichloë* and other congeneric European species. Mycological Research 102: 1169 — 1182.
- Lewis G. C. 2000. *Neotyphodium* endophytes: incidence, diversity, and host in Europe. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/grass Interactions Symposium. Soest, Germany: 123 — 130.
- Leyronas C., Raynal G. 2001. Presence of *Neotyphodium*-like endophytes in European grasses. Ann. Appl. Biol. 139: 119 — 129.
- Lewis G. 2000. *Neotyphodium* endophytes: incidence, diversity, and hosts in Europe. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/grass Interactions Symposium. Soest, Germany: 123 — 130.
- Liu D., Van Heeswijk R., Latch G., Leonforte T., Panaccio M., Langford C., Cunninham P., Reed K. 1995. Rapid identification of *Acremonium coenophialum* endophytes through arbitrarily primed PCR. FEMS Microbiology Letter 133: 95 — 98.
- Malinowski D. P., Belesky D. P. 2000. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. Crop Sci. 40: 923 — 940.
- Morgan-Jones G., Gams W. 1982. Notes on Hyphomycetes. XLI. An endophyte of *Festuca arundinacea* and the anamorph of *Epichloë typhina*, new taxa in one of two new sections of *Acremonium*. Mycotaxon 15: 311 — 318.
- Mühle E., Frauenstein L., Schumann K., Wetzl T. 1975. Choroby i szkodniki traw pastewnych. PWRiL, Warszawa: 1 — 412.
- Oliviera J. A., Rottinghaus G. E., Prego C. 2000. Endophytic fungi and alkaloid production in grass seeds in Northern Spain. Proc. of 4th International *Neotyphodium*/grass Interactions Symposium. Soest, Germany: 413 — 417.
- Pańska D., Łukanowski A. 2000. Occurrence of *Acremonium lolii* in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivated in the Kujawy and Pomerania region of Poland. Proc. of 4th International *Neotyphodium*/grass Interactions Symposium. Soest, Germany: 419 — 421.
- Pańska D., Sadowski Cz. 2002. Occurrence of fungal endophytes in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars in Poland. In: Multi-functional grasslands quality forages, animal products and landscapes. Durand J. L. et al., (eds.). Grassland science in Europe. Vol. 7: 540 — 541.
- Pańska D., Podkówa L., Lamparski R. 2004. Preliminary observations on the resistance of meadow festucue (*Festuca pratensis* Huds.) infected by *Neotyphodium uncinatum* to diseases and pests and native value. In: Proc. of 5th International Symposium on *Neotyphodium*/ Grass Interaction. Kallenbach R. et al. (eds.). Fayetteville, AR USA, May 23–26, 2004, 401: 88 — 90.

- Paul V. H., Dapprich D., Krohn K. 2000. Preface. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 1.
- Paul V. H., Ostbohmke H., Feuerstein U. 2000 a. Studies on the dynamics of colonization of the endophytic fungus *Neotyphodium lolii* (Latch, Christensen & Samuels) Glenn, Bacon & Hanlin comb. Nov) (syn. *Acremonium lolii* (Latch, Christensen & Samuels) in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in an European grass breeding process. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 71 — 77.
- Petroni O. 1986. Taxonomy of endophytic fungi of aerial plant tissues. In: Microbiology of Phyllosphere. Cambridge University Press, Cambridge: 175 — 187.
- Pfannmöller M., Eggstein S., Schöberlein W. 1994. Endophytes in European varieties of *Festuca* species. IOBC wprs Bulletin 17/1: 101 — 109.
- Porter J. K. 1995. Analysis of endophyte toxins: fescue and other grasses toxic to livestock. J. Anim. Sci 73: 871 — 880.
- Raynal G. 1991. Liberation des ascospores d'*Epichloe typina* agent la quenouille du dactyle. Consequence pour l'epidemiologie et la lutte. Fourages 127: 345 — 358.
- Reed K. M., Walsh J. R., McFarlane N. M., Cross P. A. 2000 Australian perennial ryegrass pasture, endophyte frequency and associated alkaloid concentrations. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 31 — 39.
- Reinholz J., Dapprich P.D. Holzmann-Wirth A., Paul V. H. 2000. A two year field study to monitor the effect of nitrogen fertilization on dry matter yield and lolitrem B content *Neotyphodium lolii* infected *Lolium perenne* L. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 51 — 64.
- Rolston M. P., Rowarth J. S. 1995. Aspects of endophyte in ryegrass (*Lolium perenne*) seed production. Proc of Third International Herbage Seed Conference, Halle, Germany: 433 — 437.
- Saha D. C., Jackson M. A., Jonson-Cicalese J. M. 1988. A rapid staining method for detection of endophytic fungi in turf and forage grasses. Phytopathology 78: 237 — 239.
- Siegel M. R., Varney D. R., Johnson M. C., Nesmith W. C., Buckner R. C., Bush L. P., Burrus P. B., Hardison J. R. 1984. A fungal endophyte of tall fescue: evaluation of control methods. Phytopathology 74/8: 937 — 941.
- Siegel M. R., Latch G. C. M., Johnes M. C. 1985. *Acremonium* fungal endophytes of Tall Fescue and Perennial ryegrass: significance and control. Plant Dis. 69/2: 179 — 183.
- Vazquez de Aldana B. R., Zabalgogazcoa I., Garcia-Ciudad A., Gracia-Criado B. 2000. Detection of ergovaline in endophyte infected *Holcus lanatus* from natural grassland in western Spain. Proc. of the 4th International *Neotyphodium*/Grass Interactions Symposium, Soest, Germany: 477 — 481.
- White J. F. Jr., Cole G. T. 1985. Endophyte-host associations in forage grasses. I. Distributions of fungal endophytes in some species of *Lolium* and *Festuca*. Mycologia 77: 323 — 327.
- White J. F. Jr., Cole G. T. 1986. Endophyte-host associations in forage grasses. IV. The endophyte of *Festuca versuta*. Mycologia 78: 102 — 107.
- White J. F. Jr. 1987. Widespread distribution of endophytes in the *Poaceae*. Plant Disease 71: 340 — 342.
- White J. F. Jr., Mongan-Jones G. 1987. Endophyte — host associations in forage grasses. IX. Concerning *Acremonium typhinum*, the anamorph of *Epichloë typhina*: Mycotaxon 29: 489 — 500.
- Wäli P., Saikkonen K., Helander M., Lehtimäki S., Lehtonen P. 2000. Seed transmitted endophytic fungi in wild grass population in Finland. Proc. of 4th International *Neotyphodium*/grass Interactions Symposium. Soest, Germany: 93 — 96.
- Welty R. E., Rennie W. J. 1985. ISTA Handbook on seed health testing. Working sheet No 55: Grasses, Endophyte. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland: 1 — 4.
- Welty R. E., Azevedo M. D., Cook K. L. 1986. Detecting viable *Acremonium* endophytes in leaf sheaths and meristems of tall fescue and perennial ryegrass. Plant Dis. 70: 431 — 435.
- Welty R. E., Azevedo M. D. Cooper T. M. 1987. Influence of moisture content, temperature, and length of storage on seed germination and survival of endophytic fungi in seeds of tall fescue and perennial ryegrass. Phytopathology 77: 893 — 900.

- Welty R. E., Milbrath G. M., Faulkenberry D., Meek L., Hall K. 1986. Endophyte detection in tall fescue seed by staining and ELISA. *Seed Sci. Technol.* 14: 105 — 116.
- West C. P., Gwinn K. D. 1993. Role of *Acremonium* in drought, pest, and disease tolerance of grasses. *Proc of 2nd International Symposium on Acremonium/grass interactions*. Palmerston North, New Zealand: 131 — 140.
- Woodburn O. J., Walsh J. R., Foot J. Z., Hazlewood P. G. 1993. Seasonal ergovaline concentrations in perennial ryegrass cultivars of differing endophyte status. *Proc of 2nd International Symposium on Acremonium/grass interactions*. Palmerston North, New Zealand: 100 — 102.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Tadeusz Oleksiak Dariusz R. Mańkowski	Interakcja odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiskowych na podstawie wyników badań ankietowych Interaction of wheat cultivars in variable environmental conditions on the basis of survey investigation	5
Tadeusz Śmiałowski	Ocena rodów pszenicy ozimej z polskiej hodowli w doświadczeniach przed rejestrowych w roku 2004 The estimation of winter wheat strains from the Polish breeding in preliminary trials of the year 2004	13
Tadeusz Drzazga Paweł Krajewski Ludwik Spiss	Tendencje w plonowaniu pszenicy jarej i ozimej na podstawie wstępnych doświadczeń hodowlanych Yielding trends of winter and spring wheat based on preliminary trials experiments	23
Józef Pilch	Możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego w hodowli pszenicy ozimej <i>Triticum aestivum</i> L. Część I. Zastosowanie systemów genetycznych pszenicy <i>T. aestivum</i> L. do otrzymania mieszańców pomostowych F ₁ Possibilities of using of introgressive hybridization in breeding of winter wheat <i>T. aestivum</i> L. Part I. Utilization of the genetic systems of wheat <i>T. aestivum</i> L. for obtaining the F ₁ bridge hybrids	31
Józef Pilch	Możliwości wykorzystania krzyżowania introgresywnego w hodowli pszenicy ozimej <i>Triticum aestivum</i> L. Część II. Efektywność w ulepszaniu cech kłosa i jakości ziarna Possibilities of using of introgressive hybridization in breeding of winter wheat <i>T. aestivum</i> L. Part II. Effectiveness of improvements of spike characters and grain quality	43
Edward Witkowski Jacek Waga Amelia Bielawska Krystyna Witkowska Helena Luber	Dziedziczenie białek gluteninowych warunkowanych locus na chromosomie 1A u mieszańców F ₂ pszenicy ozimej Inheritance of glutenin proteins coded by the locus on chromosome 1A in F ₂ hybrid genotypes of winter wheat	57
Hanna Sulewska Zygmunt Nita Andrzej Kruczek	Zróżnicowanie cech jakościowych wybranych genotypów orkisz (Triticum aestivum ssp. spelta L.) Variability of grain quality characters among spelt wheat genotypes	65
Roman Prażak	Ocena zimotrwałości, wczesności i porażenia przez rdzę brunatną i mączniaka prawdziwego mieszańców <i>Aegilops juvenalis</i> i <i>Ae. ventricosa</i> z <i>Triticum aestivum</i> i <i>T. durum</i> Evaluation of winterhardiness, earliness and infections with brown rust and powdery mildew in hybrids of <i>Aegilops juvenalis</i> and <i>Ae. ventricosa</i> with <i>Triticum aestivum</i> and <i>T. durum</i>	75

Danuta Boros	Aktualne wymagania jakościowe ziarna zbóż ze szczególnym uwzględnieniem pszenicy w zależności od sposobu użytkowania Present global trends for cereal quality requirements, especially for wheat in relation to end-uses	87
Zbigniew Segit Tomasz Kurzyp Krystyna Szwed-Urbaś	Cechy geometryczne i właściwości mechaniczne źdźbła pszenicy twardej (<i>T. durum</i> Desf.) Geometrical parameters and mechanical properties of stem of durum wheat (<i>T. durum</i> Desf.)	95
Janusz Smagacz Marek Sowiński	Porażenie przez patogeny podstawy źdźbła i plonowanie odmian pszenicy ozimej w zależności od częstotliwości przyorywania słomy Incidence of stem-base diseases and yielding of winter wheat varieties depending on a frequency of ploughing the straw	105
Tomasz Góral	Źródła odporności pszenicy na fuzariozę kłosa powodowaną przez <i>Fusarium culmorum</i> (W. G. Smith) Sacc. Sources of wheat resistance to Fusarium head blight caused by <i>Fusarium culmorum</i> (W. G. Smith) Sacc.	115
Stefan Martyniuk Jadwiga Oroń	Plon i niektóre cechy jakości ziarna pszenicy ozimej porażonej przez <i>Cephalosporium gramineum</i> . Komunikat Yield and some grain quality traits of winter wheat infected with <i>Cephalosporium gramineum</i> . Short communication	133
Zbigniew Bystry Elżbieta Adamska Wojciech Rybiński	Ocena rodów jęczmienia browarnego na podstawie wyników doświadczenia wstępnego. Komunikat Evaluation of breeding lines of malting barley based on the results of a pre-registration trial. Short communication	139
Katarzyna Kasztelowicz Danuta Boros	Wstępne badania nad zastosowaniem testu lepkości jako prostego kryterium selekcji jakościowej jęczmienia browarnego i pastewnego Preliminary attempts to use a viscosity assay as a simple criterion for selecting malting and feed barley towards quality traits	147
Magdalena Ploch Małgorzata Cyran Katarzyna Kasztelowicz Danuta Boros Janusz Burek	Zmienność i współzależność cech jakości jęczmienia browarnego ze zbioru w 2004 roku. Komunikat Variation and relationships between quality parameters in malting barley harvested in 2004. Short communication	155
Anna Tratwal	Wpływ uprawy mieszanek odmian jęczmienia ozimego na ograniczenie występowania mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i>) The effect of growing of winter variety mixtures upon reduction of the incidence of powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>hordei</i>)	163
Janusz Smagacz	Wpływ częstotliwości przyorywania słomy na występowanie patogenów podstawy źdźbła i plonowanie odmian jęczmienia jarego The influence of a frequency of ploughing the straw upon the incidence of stem-base pathogens and yielding of spring barley varieties	171
Henryk J. Czembor	Odporność odmian jęczmienia włączonych do badań rejestrowych w Polsce w 2003 roku na mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>). Komunikat Resistance to powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f.sp. <i>hordei</i>) in barley cultivars included in 2003 to registration trials in Poland. Short communication	181

Zofia Banaszak Zygmunt Kaczmarek Mirosław S. Pojmaj Arkadiusz Trąbka Piotr Kaźmierczak Ewa Czerwińska Danuta Kurlito	Wpływ zróżnicowanych warunków środowiska na plonowanie pszenżyta ozimego w latach 2003 i 2004 The influence of different environmental conditions on yielding of triticale in 2003 and 2004	191
Danuta Boros Magdalena Ploch Daniela Gruszecka	Charakterystyka jakości dwóch mieszańców pszenżyta z pszenperzem. Komunikat Quality characteristics of hybrids derived from triticale and <i>Agrotriticum</i> . Short communication	203
Elżbieta Małuszyńska	Stabilność zabarwienia ziarna i pochwki liściowej pszenżyta ozimego w kolejnych latach rozmnożeń Stability of grain and coleoptile colour in winter triticale in the successive years of propagation	209
Stefan Stojałowski Paweł Milczarski	Markery molekularne sprzężone z <i>locus</i> genu przywracającego płodność u mieszańców żyta z cytoplazmą CMS-C Molecular markers linked with <i>locus</i> of the gene restoring male fertility in hybrids of rye with cytoplasm CMS-C	219
Andrzej Rafalski Magdalena Żurawska Irena Kolasińska Iwona Wiśniewska	Molekularna analiza linii męskosterylnych, dopełniaczy sterility i restorerów płodności żyta The molecular analysis of male-sterile, maintainer and restorer lines of rye	227
Dorota Dec Helena Kubicka	Zawartość wybranych pierwiastków w siewkach żyta rosnących w warunkach stresu solnego w kulturach wodnych The content of some chemical elements in seedlings of rye grown under conditions of salinity stress in hydroponic cultures	235
Jacek Jagodziński	Zmienność wybranych cech morfologicznych i mechanicznych źdźbła linii wsobnych żyta Variability of some culm morphological and mechanical traits in inbred lines of rye	243
Wiesław Mądry Tadeusz Śmiałowski Krzysztof Ukalski	Przewidywanie średnich cechy w populacjach potomstwa na podstawie parametrów biometryczno-genetycznych rodziców: modele i ich zastosowanie dla żyta ozimego Predicting progeny means from quantitative genetic parameters of parents: models and their use for winter rye	251
Jan Kołodziej Bogdan Kulig	Wpływ pogody na kształtowanie się plonu i wybranych cech owsa Influence of the weather on yield forming and some properties of oat	269
Władysław Kadłubiec Rafał Kuriata Cecylia Karwowska Zbigniew Kurczych	Wartość kombinacyjna linii wsobnych kukurydzy Combining ability in inbred lines of maize	281
Henryk Cygert Józef Adamczyk	Plonowanie różnych grup mieszańców liniowych kukurydzy Yielding ability of different groups of maize hybrids	289
Maria Prończuk	Endofity traw — znaczenie, występowanie i metody wykrywania. Przegląd literatury Grass endophytes — importance, incidence and methods for detection. Literature review	297
		325

