



Pola uprawne w Radzikowie

Fot. Piotr Malicki

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 253/2009



Pola uprawne w Radzikowie. *Fot. Piotr Malicki*

RADZIKÓW 2009
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),
DANUTA BOROS, WIESŁAW MĄDRY, WOJCIECH NOWACKI,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, BARBARA ZAGDAŃSKA,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

KONFERENCJA NAUKOWA

NAUKA DLA HODOWLI ROŚLIN UPRAWNYCH

ZAKOPANE, 2. 02 — 06. 02. 2009

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

ORGANIZATOR

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
ZAKŁAD ROŚLIN ZBOŻOWYCH, KRAKÓW

WSPÓŁORGANIZATOR

KOMITET FIZJOLOGII, GENETYKI I HODOWLI ROŚLIN
WYDZIAŁU NAUK ROLNICZYCH, LEŚNYCH I WETERYNARYJNYCH
POLSKIEJ AKADEMII NAUK

KOMITET NAUKOWY KONFERENCJI

PROF. DR. HAB. ANDRZEJ ANIOŁ — zboża i kukurydza
PROF. DR. HAB. EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA — okopowe
PROF. DR. HAB. IWONA BARTKOWIAK-BRODA — oleiste
PROF. DR. HAB. SŁAWOMIR PROŃCZUK — motylkowate i trawy

KOMITET ORGANIZACYJNY

DR JACEK WAGA — zhwaga@cyf-kr.edu.pl
DR ANNA STRZEMBICKA — zhstrzem@cyf-kr.edu.pl
DR TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI — zhsmialo@cyf-kr.edu.pl
MGR TADEUSZ ZAWISKI
ZBIGNIEW GRYMEK

OFICJALNY SPONSOR KONFERENCJI

SYNGETA, CROP PROTECTION SP. Z O.O. WARSZAWA UL. POWĄZKOWSKA 44C

SPONSORZY KONFERENCJI

GRAINPOL PRZEDSIĘBIORSTWO TECHNIKI ZBOŻOWEJ
CEREUS WENA, WITKOWSCY
MERAZET S.A.
PRECOPTIC Co. WOJCIECHOWSKI SP. J.
DAR NATURY POLSKA S.A.
TYSKIE BROWARY KSIĄŻECE

WROCLAW UL. MILICKA 38
TORUŃ UL. BIAŁA 19
POZNAŃ UL. KRAUTHOFERA 36
WARSZAWA UL. ARKUSZOWA 60
KRAKÓW UL. VETULANIEGO 1A
TYCHY UL. MIKOŁOWSKA 5

DOFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW MINISTRA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO



darnatury®

Czas na wodę, woda na czas

PRECOPTIC Co.



GRAINPOL

*Przedsiębiorstwo Techniki Zbożowej
dr inż. Jerzy Hlebionek 51-127 Wrocław ul. Milicka 38*

KAROLINA KRYSTKOWIAK**TADEUSZ ADAMSKI****MARIA SURMA****ZYGMUNT KACZMAREK****ANETTA KUCZYŃSKA**

Instytut Genetyki Roślin Polskiej Akademii Nauk, Poznań

Ocena zróżnicowania odmian pszenicy pod względem cech użytkowych z wykorzystaniem jedno- i wielowymiarowych metod statystycznych

Variation of wheat cultivars with regard to agronomic traits estimated by uni- and multivariate analysis

Celem badań było przedstawienie możliwości wykorzystania jedno- i wielozmiennej analizy statystycznej danych eksperymentalnych w procesie wyboru odmian pszenicy charakteryzujących się korzystnymi wartościami zarówno pod względem elementów struktury plonu jak i cech reologicznych. Materiał do badań stanowiło 18 odmian pszenicy ozimej wykorzystywanych w programach hodowlanych. Doświadczenie przeprowadzono w układzie bloków losowanych kompletnych w trzech powtórzeniach. Dla każdej odmiany zmierzono wysokość rośliny, masę ziarna z rośliny, długość kłosa, masę ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren, a także określano zawartość białka w s.m. ziarna, wskaźnik Zeleny'ego oraz wykonano analizy farinograficzne przy użyciu aparatu Brabendera. Uzyskane dane opracowano statystycznie. Biorąc pod uwagę wyniki uzyskane z jedno- i wielowymiarowej analizy statystycznej, spośród badanych odmian na wyróżnienie zasługują Alidos i Batis, o istotnie lepszych lub nie odbiegających od średniej dotyczących wszystkich badanych odmian parametrach dla elementów struktury plonu i cech technologicznych ziarna.

Słowa kluczowe: analiza statystyczna, cechy reologiczne, struktura plonu, odległości Mahalanobisa, pszenica ozima

The aim of this study was to present the use of uni- and multivariate statistic analysis for evaluation of initial material diversity in wheat breeding. Material for the studies included 18 winter wheat cultivars utilized in breeding programs. The field experiment was carried out in the randomized block design with three replications. After harvesting, the plant height, grain weight per plant, ear length, grain weight per ear, thousand — grain weight, protein content and Zeleny test were recorded for all cultivars. In addition, rheological parameters were evaluated using the Brabender farinograph. The obtained data were analyzed statistically. Results of the statistical analysis showed that among the genotypes under study two, Alidos and Batis, may be distinguished as cultivars characterised by better performance of morphological and technological traits, as compared to than the other genotypes.

Key words: grain quality, Mahalanobis distances, morphological traits, rheological properties, statistical analysis, winter wheat

WSTĘP

Znajomość zróżnicowania materiałów wyjściowych (odmian, rodów, linii) stanowi podstawę wyboru form do programów hodowlanych. Przy ocenie zróżnicowania pod uwagę brane są różne cechy agronomiczne i właściwości technologiczne. W przypadku pszenicy oprócz odporności na choroby, wysokości plonu i kształtowania się elementów jego struktury, ważna jest także jakość mąki oraz jej przydatność do celów wypiekowych. O właściwościach wypiekowych mąki pszenicznej wnioskować można pośrednio na podstawie składu wysokocząsteczkowych podjednostek białek gluteninowych (high-molecular-weight-glutenin subunits, HMW-GS), ponieważ jednak nie determinują one w sposób jednoznaczny właściwości reologicznych, konieczne jest przeprowadzenie odpowiednich analiz, na podstawie których określa się parametry technologiczne pozwalające zakwalifikować odmiany do grupy E (pszenice elitarne), A (jakościowe), B (chlebowe) lub C (niespełniające norm jakościowych) (Shewry i in., 1992; Salmanowicz i in., 2008). Odmiany pszenicy o dobrych właściwościach technologicznych są na ogół mniej plenne (Calderini i Slafer, 1999; De Vita i in., 2007). Stąd dla hodowców szczególnie cenne są te formy, które charakteryzują się dobrymi wartościami technologicznymi oraz wysokim plonem.

Analizy statystyczne wyników doświadczeń z genotypami pszenicy przeprowadzane są najczęściej za pomocą jednocechowej analizy wariancji. Dostarcza ona informacji o zróżnicowaniu badanych odmian pod względem każdej z cech oddzielnie, nie uwzględniając zależności występujących między nimi. Warunek ten spełnia wielocechowa analiza wariancji umożliwiając dodatkowo porównanie genotypów pod względem wszystkich cech łącznie (Caliński, Kaczmarek 1973, Caliński i in. 1975). Celem badań było przedstawienie możliwości wykorzystania analizy statystycznej wielu cech łącznie dla danych eksperymentalnych w procesie wyboru odmian charakteryzujących się kompleksem korzystnych wartości zarówno elementów struktury plonu jak i cech reologicznych ziarna.

MATERIAŁY I METODY

Materiał do badań stanowiło 18 odmian pszenicy ozimej pochodzących z Niemiec, Anglii oraz Polski, wykorzystywanych w programach hodowli pszenicy. Odmiany badano na polu doświadczalnym w Cerekwicy koło Poznania stosując standardowe warunki uprawy i nawożenia. Nasiona wysiewano na poletkach o powierzchni 2 m^2 w rozstawie $10 \times 3 \text{ cm}$ (około 330 nasion 1 m^2), w układzie bloków losowanych kompletnych, każde w trzech powtórzeniach. Na podstawie 50 losowo wybranych roślin z każdego poletka określano: wysokość rośliny, plon z rośliny, długość kłosa, masę ziarna z kłosa i masę 1000 ziaren. W celu dokonania oceny jakościowej określano zawartość białka w suchej masie ziarna, przeprowadzono test sedymentacji Zeleny'ego oraz wykonano analizy farinograficzne przy użyciu aparatu Brabendera. Podstawowe parametry brane pod uwagę to: wodochłonność mąki, czas rozwoju ciasta, czas stałości ciasta, elastyczność ciasta i rozmiękczenie ciasta.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie. Wielocechowa analiza wariancji (MANOVA) przeprowadzona na danych z doświadczenia jednoczynnikowego umożliwiła wyznaczenie średnich dla odmian oraz uzyskanie ocen efektów głównych, będących różnicą między średnią ogólną a wartością średnią dla danego genotypu. Istotność efektów głównych badano za pomocą statystyki F na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ i $\alpha = 0,01$. Analiza ta pozwoliła także dokonać porównania badanych odmian pszenicy pod względem wszystkich analizowanych cech łącznie oraz każdej cechy oddzielnie. Zastosowana następnie analiza zmiennych kanonicznych (Caliński, Kaczmarek, 1973; Morrison, 1976) umożliwiła przedstawienie na płaszczyźnie rozmieszczenia badanych odmian scharakteryzowanych wszystkimi cechami. Badanie wpływu poszczególnych cech na zmienne kanoniczne przeprowadzono za pomocą współczynników korelacji. Obliczone odległości Mahalanobisa między odmianami pozwoliły na wnioskowanie o wielocechowym podobieństwie wybranych par. Badano także moc dyskryminacyjną cech w celu ustalenia, który z analizowanych parametrów w największym stopniu różnicuje badane odmiany.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przed przystąpieniem do przeprowadzenia MANOVA znaleziono charakterystyki statystyczne analizowanych cech (tab. 1). Wyniki analizy wariancji przeprowadzonej dla wszystkich cech łącznie wykazały istotne zróżnicowanie badanych odmian zarówno pod względem kompleksu cech morfologicznych i technologicznych ($F_{obl.} = 9,70$; $F_{0,01} = 1,36$), jak i każdej z analizowanych cech oddzielnie. W tabelach 2 i 3 przedstawiono ocenę efektów głównych dla cech struktury plonu oraz cech technologicznych ziarna wraz z wynikami ich testowania. Tylko cztery odmiany: Alidos, Aristos, Batis oraz Kobra charakteryzowały się dodatnimi wartościami efektów głównych dla cech plonotwórczych, jednakże uzyskane wyniki nie zawsze były statystycznie istotne. Interesującą z hodowlanego punktu widzenia okazała się odmiana Flair o wyższym od średniej dla wszystkich badanych form masie ziarna z rośliny i z kłosa. Uwagę zwracają również odmiany Charger, Tad, Kris o istotnie ujemnych wartościach efektu głównego dla wysokości roślin, a więc wyraźnie niższe od pozostałych odmian, zarazem nie odbiegające istotnie masą ziarna z kłosa i z rośliny od średniej dla wszystkich badanych form.

W Polsce klasyfikację przydatności odmian do przemysłu piekarniczego dokonuje się na podstawie oceny wybranych parametrów technologicznych, w tym wodochłonności mąki, rozmiękczenia ciasta, wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego oraz zawartości białka w suchej masie ziarna. Według badań COBORU lub/i danych zamieszczonych w Beschreibende Sortenliste (w Niemczech obowiązuje zbliżony do polskiego system oceny wartości technologicznej odmian) spośród 18 badanych form, 5 należy do form elitarnych (Alidos, Aron, Bussard, Carolus, Rektor), 9 do jakościowych lub chlebowych oraz jedna (Elena) do paszowych, natomiast odmiany Borenos, Charger, Tad nie zostały scharakteryzowane.

Tabela 1

Charakterystyki statystyczne badanych cech plonotwórczych i technologicznych pszenicy
Statistic characterization of analyzed traits in wheat

Cecha Trait	Średnia Mean	Współczynnik zmienności (%) Coefficient of variation (%)	Wartość min. Min. value	Wartość maks. Max. value
Wysokość rośliny (cm) Plant height (cm)	89,7	10,58	71,0	102,3
Masa ziarna z rośliny (g) Grain weight per plant (g)	10,2	12,58	8,0	13,6
Długość kłosa (cm) Ear length (cm)	8,02	10,82	6,3	9,5
Masa ziarna z kłosa (g) Grain weight per ear (g)	2,0	12,32	1,7	2,4
Masa 1000 ziaren 1,000-grain weight (g)	44,8	8,19	39,5	50,9
Wodochłonność mąki (%) Water absorption (%)	55,4	2,94	52,2	58,2
Rozwój ciasta (min) Dough development (min)	2,3	15,08	1,8	3,0
Stołość ciasta (min) Dough stability (min)	1,3	29,18	0,8	2,2
Elastyczność ciasta (j.F.) Dough elasticity (BU)	134,2	12,21	116,7	175,0
Rozmiękczenie ciasta (j.F.) Dough of softening (BU)	83,4	14,41	71,7	114,7
Test sedymentacji Zeleny'ego Zeleny test	41,9	10,25	34,7	47,7
Zawartość białka (%) Protein content (%)	13,4	3,64	12,3	14,2

Tabela 2

Oceny i wyniki testowania efektów głównych dla cech struktury plonu badanych odmian pszenicy
Estimates and results of testing the main effects of wheat cultivars evaluated for morphological traits

Odmiana Cultivar	Wysokość rośliny Plant height (cm)	Masa ziarna z rośliny Grain weight per plant (g)	Długość kłosa Ear length (cm)	Masa ziarna z kłosa Grain weight per ear (g)	Masa 1000 ziaren 1000-grain weight (g)
Alidos	3,95	0,73	0,57	0,39**	1,98
Aristos	8,28	0,48	0,27	0,36**	6,08**
Aron	-0,72	-0,05	-0,90*	-0,11	-5,25**
Batis	10,95*	0,73	1,50**	0,34**	2,58
Begra	7,61	0,51	-0,46	-0,11	2,00
Borenos	2,61	0,63	-0,16	-0,18	1,55
Bussard	8,95*	0,26	-0,20	-0,24*	-2,04
Charger	-18,72 **	0,62	-0,30	-0,04	-1,64
Carolus	-2,39	-0,24	0,47	-0,10	1,91
Tad	-12,72 **	-1,05	-1,03*	0,19	2,42
Elena	0,61	-1,16	1,50**	0,08	-4,02*
Flair	8,61*	3,39**	0,57	0,35**	-2,51
Kobra	0,61	1,28	0,07	0,07	0,30
Kornett	-15,05 **	-0,13	-0,66	-0,10	-5,00**
Kris	-12,05 **	0,61	-1,76**	0,00	4,94**
Mikon	-6,72	-1,5*	1,10**	-0,34**	-3,00
Pegassos	3,61	-1,16 ³	-0,60	-0,33**	4,87**
Rektor	12,61 **	-2,12**	-0,03	-0,33**	-5,09**

*P<0,05, **P<0,01

Tabela 3

Oceny i wyniki testowania efektów głównych dla cech technologicznych badanych odmian pszenicy
Estimates and results of testing the main effects of wheat cultivars evaluated for technological traits

Odmiana Cultivar	Wodochłon- ność mąki Water absorption (%)	Rozwój ciasta Dough development (min)	Stalność ciasta Dough stability (min)	Elastyczność ciasta (j.F.) Dough elasticity (BU)	Rozmięk- czenie ciasta (j.F.) Dough of softening (BU)	Wskaźnik Zeleny'ego Zeleny test	Zawartość białka Protein content (%)
Alidos	-1,94*	0,45	0,96**	-26,50**	-11,76	3,13	0,72**
Aristos	-0,48	-0,09	0,46**	-22,50**	-11,76	2,80	-0,68**
Aron	0,22	0,28	0,13	23,50**	-6,76	0,46	-0,31*
Batis	2,06*	-0,12	-0,17	11,83*	-11,76	2,46	-0,21
Begra	1,25	-0,32	-0,44*	13,83**	-7,43	5,80*	0,19
Borenos	-0,58	0,71*	0,46**	-1,50	1,91	-3,87	-0,18
Bussard	-0,71	0,44	0,03	-1,50	1,57	4,46	-0,44**
Charger	-1,01	0,35	0,23	-0,84	-0,09	-0,20	0,22
Carolus	-1,48	0,48	-0,50**	6,83	-2,09	2,80	0,72**
Tad	-3,24**	-0,05	-0,17	-15,50**	24,91**	-5,20	-1,08**
Elena	2,22**	-0,12	-0,34	-26,50**	31,24**	-6,87*	0,12
Flair	-0,04	0,01	-0,07	-1,17	7,24	-5,54*	0,32*
Kobra	-1,74*	0,01	0,03	-0,84	7,91	2,46	-0,04
Kornett	1,56	-0,49	-0,07	-3,17	-7,43	-1,87	-0,24
Kris	-0,78	-0,49	-0,24	-21,50**	0,57	-7,20*	-0,04
Mikon	2,79**	0,08	-0,44*	11,83*	0,57	-2,20	0,82**
Pegassos	0,92	-0,52	-0,07	31,83**	-5,09	5,80*	0,22
Rektor	0,96	-0,22	0,13	21,83**	-1,75	2,80	-0,14

*P<0,05, **P<0,01

Badane odmiany wykazały duże zróżnicowanie pod względem cech technologicznych ziarna. Większość odmian należących nawet do tej samej klasy jakościowej odznaczała się równocześnie korzystnymi wartościami dla jednych wskaźników jak i niepożądanymi dla innych parametrów. Na uwagę zasługuje odmiana Batis (grupa jakości wg Beschreibende Sortenliste „A”) o wyższych od średniej wartościach dla wodochłonności mąki, elastyczności ciasta oraz wskaźnika sedymentacji Zelenyego. Pod względem pozostałych cech technologicznych odmiana Batis nie różniła się istotnie od średniej dla wszystkich odmian biorących udział w doświadczeniu. Korzystnymi właściwościami reologicznymi odznaczała się także zaliczana do pszenic jakościowych odmiana Pegassos, o dodatnich efektach głównych dla elastyczności ciasta i wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego. Uwagę zwraca również odmiana Mikon wykazująca wyższą od średniej elastyczność i wodochłonność ciasta oraz zawartość białka w suchej masie ziarna. Stałość ciasta była jednak u tej formy istotnie niższa od średniej dla wszystkich badanych odmian.

Badanie mocy dyskryminacyjnej pozwala na ustalenie kolejności poszczególnych cech ze względu na ich udział w zmienności analizowanych odmian. W tabeli 4 przedstawiono moc dyskryminacyjną cech (wyrażoną wartościami statystyki F). Z zamieszczonych danych wynika, że udział wszystkich cech w zróżnicowaniu badanych odmian pszenicy był istotny na poziomie $\alpha = 0,01$. Największy wpływ na zróżnicowanie badanych form miały zawartość białka w suchej masie ziarna oraz elastyczność ciasta (wartości statystyki F odpowiednio 29,47 i 24,28). Dopiero w dalszej kolejności uplasowały się cechy plonotwórcze: masa ziarna z kłosa i masa 1000 ziaren. Najmniej różnicującymi badane

formy okazały się wskaźnik sedymentacji Zeleny'ego i rozwój ciasta. Jest to zrozumiałe, jeśli weźmie się pod uwagę fakt, iż badane odmiany należą do różnych klas jakościowych.

Tabela 4

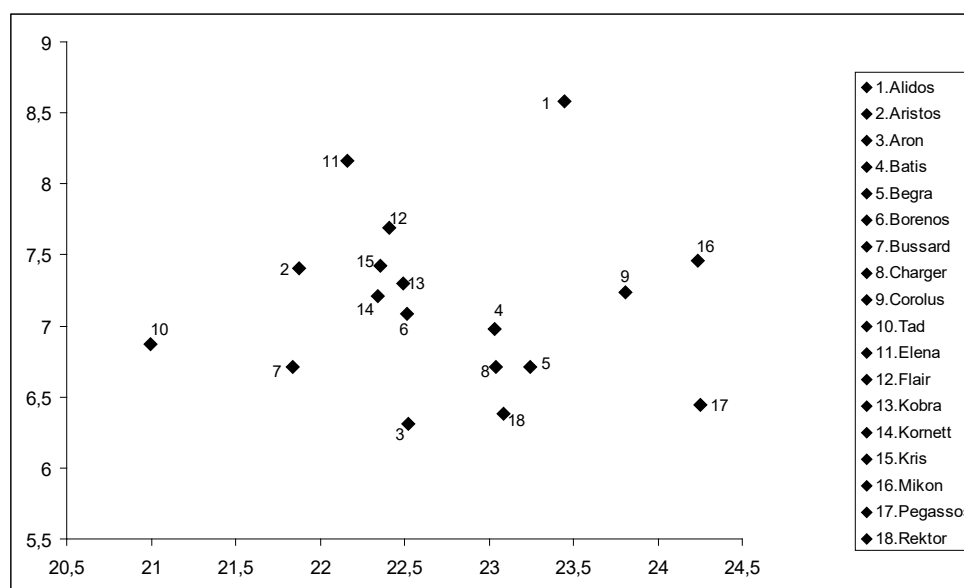
Moc dyskryminacyjna cech dla badanych odmian pszenicy ozimej
Discrimination power of the analyzed traits for studied wheat cultivars

Cecha Trait	Wartość statystyki F F-statistic value
Wysokość rośliny (cm) — Plant height (cm)	9,76
Masa ziarna z rośliny (g) — Grain weight per plant (g)	5,64
Długość kłosa (cm) — Ear length (cm)	8,77
Masa ziarna z kłosa (g) — Grain weight per ear (g)	10,98
Masa 1000 ziaren — 1000-grain weight (g)	10,09
Wodochłonność mąki (%) — Water absorption (%)	6,93
Rozwój ciasta (min) — Dough development (min)	3,26
Stalność ciasta (min) — Dough stability (min)	9,34
Elastyczność ciasta (j.F.) — Dough elasticity (BU)	24,28
Rozmięczenie ciasta (j.F.) — Dough of softening (BU)	7,34
Wskaźnik Zeleny'ego — Zeleny test	4,73
Zawartość białka (%) — Protein content (%)	29,47

$F_{0,05}=1,93$

$F_{0,01}=2,54$

Graficzny obraz rozmieszczenia badanych odmian w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych, czyli zmiennych zawierających największy procent zmienności między obiektami, przedstawiono na rysunku 1. W przypadku zmiennej V_1 największy wpływ na rozmieszczenie badanych form w przestrzeni miała zawartość białka (wsp. korelacji między tą cechą a zmienną V_1 wynosił 0,83) oraz cechy technologiczne: elastyczność i rozwój ciasta (współczynnik korelacji równy odpowiednio 0,56 i -0,47), natomiast w odniesieniu do zmiennej V_2 — masa ziarna z kłosa i elastyczność ciasta (wsp. korelacji odpowiednio 0,45 i 0,57). Spośród analizowanego zestawu form wyróżniała się odmiana Pegassos (rys. 1, poz. 17) odznaczająca się najwyższą elastycznością ciasta przy wartościach pozostałych parametrów nie odbiegających od średniej dla wszystkich odmian, oraz odm. Mikon (rys. 1, poz. 16) o najwyższej zawartości białka oraz stosunkowo wysokiej elastyczności ciasta. Uwagę zwraca odrębność odmiany Alidos (rys. 1, poz. 1), dla której wszystkie parametry plonotwórcze miały wartości przewyższające średnią ogólną, natomiast wartości parametrów technologicznych były zróżnicowane: wyższej niż u pozostałych form zawartości białka i stałości ciasta towarzyszyła istotnie mniejsza elastyczność ciasta. Skrajnie odrębną pozycją w stosunku do pozostałych form zajmuje Tad (rys. 1, poz. 10) charakteryzująca się relatywnie niskimi wartościami efektów głównych dla dziewięciu spośród dwunastu analizowanych cech, w szczególności dla zawartości białka oraz elastyczności ciasta, a więc tych cech, które są istotnie skorelowane ze zmienną V_1 .



Rys. 1. Rozmieszczenie badanych odmian pszenicy, scharakteryzowanych wszystkimi analizowanymi cechami łącznie, w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych

Fig. 1. Scatter plot for wheat cultivars characterized by all the studied traits simultaneously in axes of two first canonical variables

Tabela 5

Pary odmian pszenicy ozimej najbardziej zbliżone pod względem badanych cech plonotwórczych i technologicznych

Winter wheat cultivars paired based on their high similarity with regard to the analyzed traits

Odmiana Cultivar	Odległość Mahalanobisa Mahalanobis distance
Alidos-Charger	9,54
Charger-Kobra	5,68
Kobra-Aristos	7,15
Kobra-Borenos	4,34
Borenos-Bussard	5,86
Bussard-Aron	6,64
Aron-Rektor	5,76
Rektor-Begra	6,38
Begra-Batis	7,34
Begra-Carolus	6,44
Carolus-Mikon	6,58
Begra-Pegassos	7,75
Bussard-Tad	8,28
Kobra-Flair	6,74
Flair-Elena	8,55
Kobra-Kornett	6,99
Kornett-Kris	7,67

$D_{0,05}=5,34$, $D_{0,01}=6,31$

Zastosowana do opisu różnicowania badanego zestawu odmian analiza zmiennych kanonicznych stanowi istotne uzupełnienie analizy jednocechowej, pozwalając wyodrębnić spośród analizowanego zestawu odmiany odznaczające się korzystnymi cechami użytkowymi. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że graficzne rozmieszczenie odmian na płaszczyźnie (w przestrzeni dwuwymiarowej) związane jest z pewną stratą informacji. O różnicowaniu form pod względem całego kompleksu cech plonotwórczych i technologicznych wnioskować można bardziej precyzyjnie na podstawie odległości Mahalanobisa. W tabeli 5 podano odległości Mahalanobisa dla par odmian najbardziej podobnych pod względem badanych cech plonotwórczych i technologicznych. Jak można zauważyć, spośród wszystkich par odmian, tylko odległości Mahalanobisa między odmianami Kobra i Borenos okazały się na poziomie $\alpha = 0,05$ nieistotne co wskazuje, że odmiany te są najbardziej zbliżone do siebie pod względem kompleksu badanych cech morfologicznych i technologicznych.

WNIOSKI

1. Wielowymiarowa analiza statystyczna odmian (rodów) pozwala na określenie podobieństwa tych form pod względem wielu cech, ustalenie kolejności poszczególnych cech ze względu na ich udział w zmienności między badanymi formami, a także na dokonanie wyboru odmian odznaczających się korzystnymi wartościami pod względem wszystkich cech łącznie (zarówno elementów struktury plonu jak i cech technologicznych).
2. Ocenę badanych odmian pod względem pojedynczych cech można uzyskać między innymi poprzez określenie ich efektów głównych.
3. Zastosowanie jedno - i wielowymiarowych metod analizy statystycznych pozwoliło wyróżnić odmiany Alidos i Batis o istotnie lepszych lub nieodbiegających od średniej dla wszystkich badanych odmian parametrach dla cech struktury plonu i cech technologicznych ziarna. Wyróżnione pod względem kompleksu cech odmiany wykazują znaczną odrębność fenotypową, o czym świadczy uzyskana wysoce istotna odległość Mahalanobisa między nimi wynosząca 13,22.

LITERATURA

- Caalderini D. F., Szafer G. A. 1999. Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? *Euphytica* 107: 1524 — 1532.
- Caliński T., Kaczmarek Z. 1973. Metody kompleksowej analizy doświadczenia wielocechowego. Trzecie colloquium metodologiczne z Agro-Biometrii. PAN, Warszawa — Wrocław, 258 — 320.
- Caliński T., Dyczkowski A., Kaczmarek Z. 1975. Testowanie hipotez o wielozmiennej analizie wariancji i kowariancji. *Rocz. AR Pozn.* 86, 5: 77 — 113.
- De Vita P., Li Destori Nicosia O., Nigro F., Platini C., Riefolo C., Di Fonzo N., Cattivelli L. 2007. Breeding Progress in morpho-physiological, agronomical and qualitative traits durum wheat cultivars released in Italy during the 20th century. *Europ. J. Agronomy* 26:39 — 53.
- Morrison D. F. 1976. *Multivariate Statistical methods* 2nd ed., McGraw-Hill Kogakusha LTD, Tokyo.

- Salmanowicz B., Surma M., Adamski T., Rębacz M. 2008. Effects of amounts of HMW glutenin subunits determined by capillary electrophoresis on technological properties in wheat doubled haploids. *J. Sci. Food Agric.* 88:1716 — 1725.
- Shewry P. R., Halford N. G., Tatham A. S. 1992. High molecular weight subunits of wheat glutenin. *J. Cereal Science* 15:105 — 120.

JOANNA UKALSKA¹KRZYSZTOF UKALSKI¹TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI²¹ Zakład Biometrii, Katedra Ekonometrii i Statystyki, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego² Zakład Roślin Zbożowych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie

Wielowymiarowe wydzielanie fenotypowo podobnych grup obiektów w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

Multivariate distinguishing of phenotypically similar groups of genotypes in a winter wheat (*Triticum aestivum* L.) working germplasm collection

Przedmiotem badań była część kolekcji roboczej form pszenicy ozimej zgromadzona i prowadzona przez wiele lat dla potrzeb hodowli przez Zakład Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie. Wyniki prezentowane w pracy dotyczą 51 obiektów występujących w kolekcji w latach 1999–2002. Pod uwagę wzięto 14 cech opisujących strukturę plonu, odporność na najważniejsze choroby oraz właściwości technologiczne. Celem pracy było wydzielenie grup form podobnych pod względem wszystkich badanych cech jednocześnie, a następnie analiza zróżnicowania wielocechowego wydzielonych grup genotypów. Podział na grupy wykonano za pomocą hierarchicznej analizy skupień metodą Warda w oparciu o wartości statystyki pseudo t^2 , wskazujące na możliwość wyodrębnienia w kolekcji 3, 5 lub 8 grup form podobnych wielocechowo. Dla każdej możliwości podziału na grupy wykonano jednoczynnikową, wielowymiarową analizę wariancji, a następnie analizę zmiennych kanonicznych. Na podstawie uzyskanych wyników dokonano ostatecznie podziału kolekcji na 5 grup. Liczebności grup wyniosły od 4 do 22 obiektów. Pierwsze trzy zmienne kanoniczne wyjaśniły łącznie 82% całkowitej zmienności wydzielonych grup. Cechami najsilniej różnicującymi badaną kolekcję były: wysokość roślin, wyleganie, MTZ, masa i liczba ziaren z kłosa, liczba dni do kłoszenia, podatność na mączniaka prawdziwego oraz zawartość białka.

Słowa kluczowe: analiza zmiennych kanonicznych, analiza skupień, *Triticum aestivum* L., wielowymiarowa analiza wariancji, zasoby genowe, zróżnicowanie fenotypowe

The investigations were conducted on part of winter wheat working collection from the Plant Breeding and Acclimatization Institute, the Department of Cereals Crops in Cracow. Fifty-one genotypes (cultivars and clones) were evaluated in the years 1999–2002. Yield structure traits and susceptibility to the most important winter wheat diseases were assessed. The aim of the study was to classify the genotypes into homogeneous groups (clusters), identify the traits having the highest discriminative power in separating these groups, and characterize the genotypic diversity of the distinguished clusters for the examined traits. Hierarchical cluster analysis was carried out using Ward's procedure and squared Euclidean distance. The final number of groups (clusters) was obtained on the basis of the pseudo t^2 statistic which indicating a possibility to classify the genotypes in 3, 5 or 8 groups.

For each division the MANOVA and Canonical Variable Analysis (CVA) were carried out on the basis of Mahalanobis distance. Finally, the genotypes were classified into five homogeneous groups, which including 4 to 22 objects. The three first canonical variables accounted for 82% of the total variation between groups. The following traits were found to have the highest discriminative power: plant height, lodging score, 1000-grain weight, weight per spike, number of grains per spike, number of days to heading, powdery mildew score and protein content.

Key words: canonical variable analysis, cluster analysis, germplasm collection, multivariate analysis of variance, phenotypic diversity, *Triticum aestivum* L.

WSTĘP

Kolekcja robocza pszenicy ozimej prowadzona była w Zakładzie Roślin Zbożowych w Krakowie oraz wytypowanych Zakładach Doświadczalnych Hodowli i Aklimatyzacji Roślin i Stacjach Hodowli Roślin w latach 1971–2002. W czasie prowadzenia kolekcji przebadano łącznie około 1300 form pszenicy ozimej (Wojas i in., 2001). W skład kolekcji wchodziły genotypy wyhodowane w Polsce, a także pochodzące z Niemiec, Francji, Holandii, Rosji, Ukrainy. Były to zarówno odmiany zarejestrowane oraz dopuszczone do obrotu handlowego i produkcji rolniczej, jak i rody hodowlane, które zostały odrzucone na podstawie kompleksowych wyników doświadczeń przedrejestracyjnych, jednak ze względu na to, że wyróżniały się korzystnie przynajmniej jedną z badanych cech użytkowych mogły być dalej wykorzystane w hodowli jako donory tych cech (Mazurkiewicz i Struś, 1997).

Metodyka prowadzenia doświadczeń polowych z kolekcją ulegała zmianom. Początkowo stosowano doświadczenia mikropoletkowe w kilku lub nawet kilkunastu miejscowościach, a następnie (po 1989 r.) doświadczenia zakładano na poletkach o pow. 5m² w ok. 5 miejscowościach. Liczba badanych corocznie obiektów również ulegała zmianom i wahała się od około 60 do ponad 200 w latach 1987–1989.

Wartość użytkową genotypów weryfikowano wielokierunkowo w pracowniach genetyki stosowanej, fitopatologii i biochemiczno-technologicznej. Na tej podstawie każdego roku dokonywano wymiany obiektów obejmującej nawet do 20% kolekcji. Wyniki analiz statystycznych ukazujące najwartościowsze formy pod względem cech użytkowych (morfologicznych, odpornościowych i biochemicznych) corocznie przekazywano placówkom hodowlanym (Mazurkiewicz i Struś, 1997). Systematyczne opracowywanie wyników doświadczeń z odmianami i rodami zgromadzonymi w kolekcji ułatwiało hodowcom odpowiedni wybór komponentów do krzyżowań, w zależności od kierunków hodowli (Węgrzyn i in., 1992, Wojas i in., 2001).

Niniejsza praca jest trzecim opracowaniem dotyczącym genotypów zebranych w kolekcji w latach 1999–2002, w którym badane obiekty charakteryzowane są za pomocą metod wielowymiarowych. We wcześniejszych pracach przedstawiono zmienność i współzależność cech użytkowych za pomocą korelacji fenotypowych i genotypowych (Ukalski i in., 2008), oraz wyznaczono cechy najsilniej różnicujące badane genotypy stosując analizę składowych głównych na macierzy współczynników korelacji fenotypowych oraz na macierzy współczynników korelacji genotypowych (Ukalska i in., 2008). Prezentowana praca jest kontynuacją i uzupełnieniem analiz wykonanych we wspomnianych opracowaniach. Jej celem jest wydzielenie grup form pszenicy ozimej

podobnych pod względem wszystkich badanych cech jednocześnie, wskazanie cech najsilniej różnicujących wyznaczone grupy, a następnie analiza zróżnicowania wielo-
cechowego wydzielonych grup.

MATERIAŁ I METODY

Material

Materiałem badawczym były formy hodowlane, które wchodziły w skład kolekcji w latach 1999–2002. W analizowanych latach kolekcja liczyła odpowiednio 107 obiektów w 1999 roku, a w następnych latach kolejno 62, 63 i 58 obiektów. Do analizy wykorzystano 51 obiektów wchodzących w skład kolekcji przez co najmniej 2 sezony wegetacyjne. Tak zebrane wyniki stanowiły niekompletną zrównoważoną klasyfikację obiekty $\times$ lata. Pod uwagę wzięto 14 cech opisujących strukturę plonu, odporność na najważniejsze choroby oraz właściwości technologiczne, dla których stwierdzono istotną zmienność obiektową: plon, liczba ziaren w kłosie LZK, masa 1000 ziaren MTZ, masa ziaren z kłosa MZK, liczba dni wschody — kłoszenie LDK, oraz wschody — dojrzałość LDD, wysokość WYS, wyleganie WYL, odporność na rdzę brunatną RBR, odporność na mączniaka prawdziwego MAC, porastanie POR, liczba opadania LO, liczba sedymentacji LS, zawartość białka BIA.

Metody Statystyczne

Dla każdej z analizowanych cech przyjęto losowy model, opisany w pracy Ukalskiego i wsp. (2009), postaci $y_{ij} = m + g_i + r_j + e_{ij}$, gdzie y_{ij} jest obserwacją cechy u i -tego obiektu w j -tym roku, m jest średnią ogólną, g_i jest losowym efektem i -tego obiektu, r_j jest losowym efektem środowiskowym j -tego roku, e_{ij} jest losową resztą, złożoną z efektu interakcji genotypowo-środowiskowej oraz błędu. Wartości genotypowe jako losowe efekty główne genotypów, oszacowano za pomocą najlepszego nieobciążonego predyktora BLUP (Searle, 1987; Cooper i in., 2001), a następnie wykorzystano w zastosowanych metodach wielowymiarowych.

Zastosowano trzy metody wielowymiarowe, których wyniki uzupełniają się wzajemnie pozwalając na wyznaczenie oraz dokładną charakterystykę homogenicznych grup obiektów (Harch i in., 1997). Jako pierwszą zastosowano hierarchiczną analizę skupień metodą Warda (Ward, 1963) w celu wyznaczenia grup obiektów podobnych wielocechowo. Wykorzystano w niej, jako miarę podobieństwa, kwadrat odległości euklidesowej między genotypami (Crossa i Franco 2004), obliczony na podstawie wartości BLUP dla 14 cech w skali standaryzowanej (Mohammadi i Prasanna, 2003). Przy ustalaniu liczby skupień (homogenicznych grup obiektów) wzięto pod uwagę trzy kryteria statystyczne umożliwiające obiektywny podział obiektów na grupy: statystykę pseudo F (Caliński i Harabasz, 1974), statystykę pseudo t^2 (Duda i Hart, 1973) oraz kryterium skupień sześciennych (Sarle, 1983).

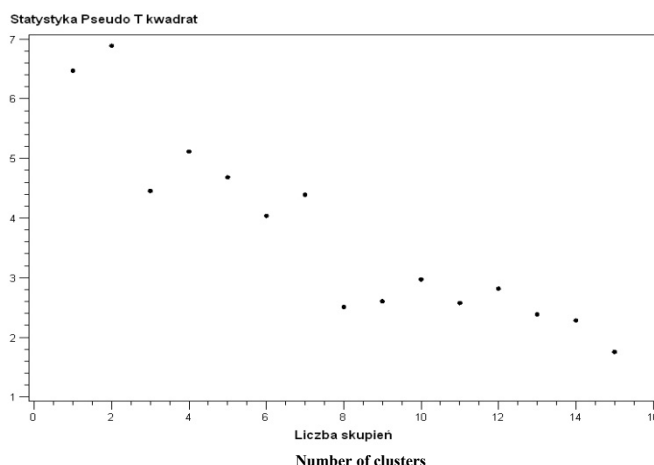
Kolejną zastosowaną metodą wielowymiarową była analiza wariancji (MANOVA), dzięki której sprawdzono istotność wielocechowego zróżnicowania wydzielonych grup (Krzanowski, 1988). Podobieństwo między grupami mierzono za pomocą odległości Mahalanobisa wektorów średnich rozważanych 14 cech (Crossa i Franco, 2004). Następnie wykonano analizę zmiennych kanonicznych w celu dokonania charakterystyki

wielocechowego podobieństwa wydzielonych grup, tj. przedstawienia ich podobieństwa (w kategoriach odległości Mahalanobisa) oraz wykrycia cech o największej mocy różnicującej (dyskryminacyjnej) te grupy (Krzanowski, 1988; Crossa i in., 2002).

Przedstawione analizy statystyczne zostały wykonane przy użyciu kilku procedur pakietu SAS, tj. MIXED, FASTCLUST i CANDISC (SAS/STAT User's Guide, 2002).

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 przedstawiono wykres wartości statystyki pseudo t^2 , który umożliwia wyznaczenie liczby grup obiektów podobnych. Liczba grup jest odczytywana na osi odciętych dla następnej po „lokalnym maksimum”, wartości statystyki pseudo t^2 . Wartości tej statystyki wskazywały, zatem, na możliwość podziału genotypów na 3, 5, 8 lub więcej grup. Pozostałe statystyki pomocne przy ustalaniu liczby skupień, których wykresów nie zamieszczono w pracy, wskazywały na następujące możliwości podziału genotypów na grupy: statystyka pseudo F — 3 grup; kryterium skupień sześciennych — 9 grup. W takiej niejednoznacznej sytuacji najczęściej wybierany jest podział, który ze względu na rozważaną tematykę badawczą wydaje się być najbardziej słuszny. W niniejszych badaniach ostateczną decyzję wyboru liczby grup, spośród możliwości wskazanych przez podane statystyki, podjęto po wykonaniu analizy zmiennych kanonicznych wybierając podział, pozwalający na wyjaśnienie największej części wielocechowej zmienności średnich grupowych. Zdecydowano, jednak że z praktycznego punktu widzenia, liczba grup nie powinna być większa niż 9, ale większa niż 3.



Rys. 1. Wykres wartości statystyki pseudo t^2

Fig. 1. A graph of pseudo t^2 statistic values

Badane odmiany i rody hodowlane podzielono, za pomocą hierarchicznej analizy skupień, na 5 grup (skupień). Grupy te składają się z obiektów bardziej podobnych wielocechowo w obrębie grup, niż między grupami. W tabeli 1 przedstawiono podział

obiektów w kolekcji. Wyodrębnione grupy mają różną liczebność, od 4 (grupa 5) do 22 (grupa 1). Średnie i współczynniki zmienności wydzielonych grup podano w tabeli 2.

Grupę pierwszą stanowią formy wysokie, plonujące powyżej średniej ogólnej w kolekcji, o najwyższej, spośród rozważanych grup, MZK. W skład tej grupy wchodzi najplenniejsze, w rozważanym okresie, polskie odmiany: Kobra, Zyta, Wanda, Korweta oraz zagraniczne tj. Pegassos, Piko i, Rubens. Odporność na mączniaka i rdzę brunatną występuje w tej grupie na nieco wyższym poziomie niż średni, ale genotypy te charakteryzują się słabszymi cechami jakości technologicznej i znacznym porastaniem.

Grupę drugą stanowią formy wysokie, plonujące najniżej, spośród rozważanych grup, o małym kłosie i dużych ziarnach, najwyższej, spośród rozważanych grup, MTZ. Charakteryzują się wyrównanymi i wyższymi od średniej, LO i LS, najwyższą zawartością białka oraz znaczną odpornością na porastanie. Odmiany wchodzące w skład tej grupy (zwłaszcza polska odmiana Tortija oraz Elana i rody pochodzące z hodowli strzeleckiej) to odmiany o najlepszych własnościach technologicznych ziarna.

Tabela 1

Grupy genotypów pszenicy ozimej wydzielone za pomocą analizy skupień metodą Warda i statystyki pseudo t^2

Groups of winter wheat genotypes distinguished using Ward's clustering method and pseudo t^2 statistic

Grupa Group	Liczebność Amount	Genotypy Genotypes
1	22	ACHAT; AND1774/91; ASTRON; BUSSARD; HAVEN; KOBRA; KONTRAST; KORWETA; LAD487/93; NAD4139/94; NAD66/92; OZH3019; PEGASSOS; PIKO; RUBENS; SMH3195; STH135; STH9055; TARSO; WANDA; WILGA; ZYTA
2	8	ARBOLA; BOA492; HUNTER; MOB3508/93; SMH4070; STH124; STH348; TORTIJA
3	11	AND808/92; BEGRA; CLUB; ELENA; ESTICA; EURIS; GLOCKNER; LAD480/93; OLH1389; STH362; ZODIAC
4	6	FLAIR; JUBILATKA; KAJA; NAD141/92; STH234; SZD3878
5	4	MIB204/92; RENAN; STH395; VDH1143/94

W skład grupy trzeciej wchodzi obiekty średnio wysokie, wyrównane pod względem wylegania, które przyjmuje wartości poniżej średniej kolekcyjnej. Plonują na średnim poziomie, LZK, MTZ oraz MZK przyjmują wartości poniżej średniej. Obiekty te charakteryzują się najniższą odpornością na RBR i niską także na MAC. Mają najmniejszą zawartość białka, ale podwyższoną, w stosunku do średniej, LO, LS i odporność na porastanie. Do grupy tej zaliczona została odmiana Begra będąca przez długie lata wzorcem cech jakościowych jednak o niskiej plenności.

Grupa czwarta to formy najniższe w kolekcji, i najbardziej odporne na wyleganie (odmiany Flair, Jubilatka, Kaja przeznaczone do uprawy na terenach o zwężonych i wilgotnych glebach). Obiekty z tej grupy to genotypy najpóźniej plonujące, charakteryzujące się dużymi kłosami o małych ziarnach. Są bardzo zróżnicowane pod względem porastania, odznaczają się najniższą wartością LS, niższą niż średnia LO i zawartością białka.

Grupę piątą stanowią najwcześniej plonujące, dość niskie formy o przeciętnym plonie, dużych kłosach i małych ziarnach. Są to obiekty podatne na porastanie, o dużej LO i LS

oraz większej niż średnia zawartości białka. Charakteryzują się niższą niż średnia odpornością na RBR, ale najwyższą na MAC (ród MIB 204 oraz odmiana Renan).

Tabela 2

Średnie i współczynniki zmienności (CV) wydzielonych 5 grup form pszenicy ozimej
Means and coefficients of variation (CV) for studied traits of winter wheat genotypes in five homogeneous groups

Cecha Trait	Grupa 1 Group 1		Grupa 2 Group 2		Grupa 3 Group 3		Grupa 4 Group 4		Grupa 5 Group 5		Ogółem Total	
	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%	średnia mean	CV%
Plon Yield (dt/ha)	78,83	4	74,33	3	76,00	5	77,22	5	76,27	4	76,19	5
LZK	45,72	5	41,60	8	43,49	3	45,99	6	45,14	4	44,27	8
MTZ (g)	45,20	6	47,45	6	43,41	5	41,48	5	40,92	5	44,59	7
MZK (g)	2,06	6	1,94	5	1,95	3	1,92	5	1,94	5	2,01	7
LDK	27,74	5	28,94	8	28,63	6	30,26	4	24,73	8	28,44	7
LDD	77,62	2	77,90	3	77,88	2	78,63	1	75,11	2	77,09	2
WYS (cm)	103,39	4	103,67	8	97,72	6	83,96	13	90,23	8	98,44	9
WYL (1-9)	7,04	10	6,93	8	7,62	5	8,31	4	7,95	5	7,46	12
RBR (1-9)	6,68	13	7,09	12	5,55	19	7,62	7	6,04	20	6,63	17
MAC (1-9)	6,84	5	6,39	6	6,57	8	7,04	4	7,31	6	6,73	8
POR (1-9)	3,20	21	3,80	25	4,59	28	3,44	48	2,74	22	3,50	37
LO	238,94	6	251,03	4	258,68	4	242,48	12	265,49	5	249,52	11
LS (cm ³)	27,39	19	35,51	5	31,59	12	25,92	19	32,15	10	30,08	19
BIA (%)	12,03	3	12,93	2	11,92	2	12,04	1	12,33	2	12,15	5

LZK — Liczba ziaren z kłosa; No. of grains per spike

MTZ — Masa 1000 ziaren; 1000-grain weight

MZK — Masa ziaren z kłosa; Weight per spike

LDK — Liczba dni do kłoszenia; No. of days to heading

LDD — Liczba dni do dojrzałości; No. of days to maturity

WYS — Wysokość; Plant height

WYL — Wyleganie; Lodging score

RBR — Podatność na rdzę brunatną; Brown rust score

MAC — Podatność na mączniaka prawdziwego; Powdery mildew score

POR — Porastanie; Preharvest to sprouting score

LO — Liczba opadania; Falling number

LS — Liczba sedymentacji; Sedimentation value

BIA — Zawartość białka; Protein content

Tabela 3

Odległości Mahalanobisa pomiędzy 5 grupami genotypów pszenicy ozimej (powyżej diagonalnej) oraz prawdopodobieństwa im odpowiadające (poniżej diagonalnej)
Pairwise Mahalanobis distances between five groups of winter wheat genotypes (above diagonal) and probabilities (below diagonal)

Grupa Group	1	2	3	4	5
1		15,86	12,48	23,12	26,80
2	0,0001		17,54	26,84	35,45
3	0,0001	0,0004		19,84	29,63
4	<0,0001	0,0001	0,0006		30,22
5	0,0001	<0,0001	0,0002	0,0009	

Na wydzielonych grupach genotypów podobnych wielocechowo przeprowadzono jednoczynnikową, wielowymiarową analizę wariancji, w której rolę poziomów czynnika pełniły grupy natomiast obiekty w grupach stanowiły powtórzenia. Stwierdzono istotne różnice wektorów średnich badanych cech pomiędzy grupami za pomocą testów

wielowymiarowych (Krzanowski, 1988) dostępnych w procedurze CANDISC pakietu SAS. Odległości Mahalanobisa pomiędzy grupami oraz ich istotność podano w tabeli 3. Wszystkie te odległości były istotnie większe od 0, co potwierdza trafność podziału genotypów na grupy istotnie zróżnicowane wielocechowo.

Wyniki analizy zmiennych kanonicznych dla wydzielonych grup przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Skumulowana wariancja dla trzech pierwszych zmiennych kanonicznych rozróżniających 5 grup genotypów pszenicy ozimej oraz współczynniki korelacji między tymi zmiennymi, a 14 cechami użytkowymi

The cumulated variance for the first three canonical variables distinguishing five groups of winter wheat genotypes and coefficients of correlation between the variables and the traits estimated

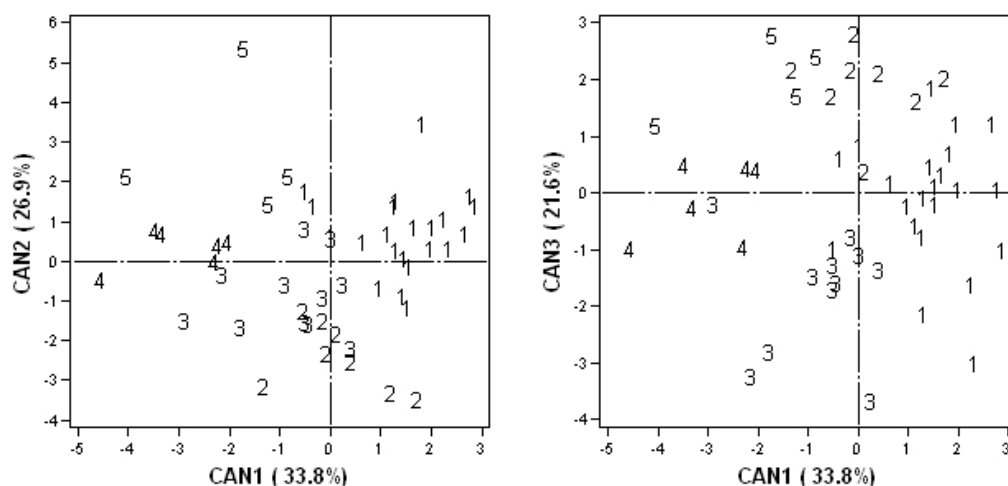
Cecha — Traits		Zmienne kanoniczne — Canonical variables		
		CAN1	CAN2	CAN3
	Plon Grain yield (dt/ha)	0,29	0,42	-0,19
LZK	Liczba ziaren z kłosa No. of grains per spike	0,07	0,59	-0,17
MTZ	Masa 1000 ziaren 1000-grain weight (g)	0,57	-0,46	0,24
MZK	Masa ziaren z kłosa Weight per spike (g)	0,54	0,29	-0,09
LDK	Liczba dni do kłoszenia No. of days to heading	-0,20	-0,51	-0,25
LDD	Liczba dni do dojrzałości No. of days to maturity	0,00	-0,38	-0,29
WYS	Wysokość Plant height (cm)	0,82	-0,25	0,05
WYL	Wyleganie Lodging score (1-9)	-0,73	0,22	-0,18
RBR	Podatność na rdzę brunatną Brown rust score (1-9)	-0,02	-0,04	0,40
MAC	Podatność na mączniaka prawdziwego Powdery mildew score (1-9)	-0,18	0,63	0,09
POR	Porastanie Preharvest to sprouting score (1-9)	-0,15	-0,45	-0,39
LO	Liczba opadania Falling number	-0,36	-0,12	0,02
LS	Liczba sedymencji Sedimentation value (cm ³)	-0,09	-0,48	0,31
BIA	Zawartość białka Protein content (%)	-0,01	-0,49	0,78
Skumulowana wariancja (%) Cumulated variance (%)		33,76	60,65	82,28

Podano w niej procent wielocechowej zmienności średnich grupowych, wyjaśniony przez trzy pierwsze zmienne kanoniczne oraz wartości współczynników korelacji tych zmiennych z cechami. Trzy pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniły łącznie 82% zmienności wielocechowej między grupami. Z pierwszą zmienną kanoniczną, wyjaśniającą 34% całkowitej zmienności pomiędzy grupami, najsilniej skorelowana była

dotąd dodatnio wysokość roślin ($r = 0,82$; tab. 1) i ujemnie wyleganie ($r = -0,73$). Zatem cechy te miały największą moc dyskryminacyjną wśród badanych cech, czyli najsilniej rozróżniały wydzielone grupy genotypów. Również MTZ i MZK były dość silnie, dodatnio, skorelowane z pierwszą zmienną kanoniczną (r odpowiednio 0,57 i 0,54), zatem są to także cechy silnie różnicujące badane grupy genotypów pszenicy ozimej.

Druga zmienna kanoniczna, która wyjaśniała 27% zmienności międzygrupowej, była najsilniej skorelowana z podatnością na mączniaka prawdziwego ($r = 0,63$), LZK ($r = 0,59$) oraz ujemnie z liczbą dni do kłoszenia ($r = -0,51$). Trzecia zmienna kanoniczna była najsilniej skorelowana z zawartością białka ($r = 0,78$).

Rozmieszczenie wydzielonych grup genotypów w układzie pierwszej i drugiej oraz pierwszej i trzeciej zmiennej kanonicznej przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Rozmieszczenie 5 grup genotypów pszenicy ozimej w układzie 1 i 2 (CAN1 i CAN2) oraz 1 i 3 zmiennej kanonicznej (CAN1 i CAN3); liczby na wykresie oznaczają numery grup, do których zaliczono genotypy — tab. 1

Fig. 2. Scatter plots of five groups of winter wheat genotypes for the 1st and 2nd (CAN1 and CAN2) and for the 1st and 3rd canonical variables (CAN1 and CAN3); numbers indicate the groups, see Table 1, in which particular genotypes are included

Na podstawie prezentowanych wykresów można porównać i scharakteryzować wyznaczone grupy. Najbardziej oddalone od siebie grupy genotypów to grupy o numerach 2 i 5, czyli te, dla których odległość Mahalanobisa była największa (35,45; tab. 3). Obiekty w grupie 2 charakteryzują się przeciętnymi wartościami pierwszej zmiennej kanonicznej (CAN1), małymi wartościami drugiej (CAN2) i dużymi trzeciej (CAN3). Oznacza to, że genotypy w tej grupie to formy wysokie, podatne na wyleganie, o średniej MTZ i MZK, podatne na mączniaka, ale o najwyższej zawartości białka, zaś genotypy z grupy 5 (małe wartości CAN1, duże wartości CAN2 i CAN3) to formy niskie, odporne na wyleganie, o małej MTZ i MZK, ale o najwyższej odporności na mączniaka i dużej zawartości białka. Najbardziej podobne do siebie są grupy 1 i 3 (odl. Mahalanobisa = 12,48). Grupa pierwsza

to genotypy wysokie i średnio-wysokie o wyższej niż średnia MTZ i MZK, a w skład grupy trzeciej wchodziły formy średnio wysokie o nieco niższych wartościach MTZ i MZK. Natomiast obie grupy charakteryzują się podobną odpornością na mączniaka i zawartością białka. Na podstawie omawianego wykresu (rys. 2), w podobny sposób, można scharakteryzować pozostałe grupy genotypów w kolekcji.

Prezentowane wyniki wielowymiarowych analiz statystycznych, mających na celu podział genotypów pszenicy ozimej w kolekcji roboczej na grupy homogeniczne, wskazują, że najważniejszymi cechami różniącymi wydzielone grupy były wysokość roślin, podatność na wyleganie, cechy struktury plonu (MTZ, MZK i LZK), podatność na mączniaka i zawartość białka. Natomiast plenność, która jest ważną cechą selekcyjną, na tle pozostałych badanych cech miała mniejsze znaczenie dyskryminujące. Jest to zjawisko uzasadnione i potwierdzone praktyką selekcji hodowlanej, w której, w pierwszej kolejności, zwracana jest uwaga na wysoki plon, a dopiero w dalszej, brane są pod uwagę inne cechy użytkowe (Węgrzyn, 1988; Śmiałowski, 2005). Zatem obiekty w kolekcji roboczej, której podstawowym celem jest dostarczenie materiałów wyjściowych dla hodowli, charakteryzują się wysokimi wartościami plonu i jednocześnie małym jego zróżnicowaniem.

WNIOSKI

1. Na podstawie hierarchicznej analizy skupień metodą Warda, oraz wartości statystyki pseudo t^2 wydzielono 5 jednorodnych, pod względem 14 rozważanych cech, grup form pszenicy ozimej w obrębie badanej kolekcji roboczej. Stwierdzono istotne, wielocechowe różnice średnich wartości badanych cech pomiędzy grupami.
2. Trzy pierwsze zmienne kanoniczne wyjaśniły łącznie 82% wielocechowej zmienności między grupami. Spośród rozważanych cech najsilniej dyskryminującymi wydzielone grupy były: wysokość roślin i podatność na wyleganie, cechy struktury plonu: masa tysiąca ziaren, masa i liczba ziaren z kłosa, odporność na mączniaka prawdziwego oraz zawartość białka.
3. Zastosowane metody wielowymiarowe oceny zmienności badanych obiektów w kolekcji roboczej pszenicy ozimej umożliwiły obiektywny, przydatny dla hodowli, dobór źródeł genetycznych wykorzystywanych w programach krzyżowań. Prace powinny być kontynuowane na nowych zestawach form pszenicy ozimej.

LITERATURA

- Caliński T., Harabasz J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Comm. Stat.* 3: 1 — 27.
- Cooper M., Woodruff D. R., Phillips I. G., Basford K. E., Gilmour A. R. 2001. Genotype-by-management interactions for grain yield and grain protein concentration of wheat. *Field Crops Research* 69: 47 — 67.
- Crossa J., Bellon M. R., Franco J. 2002. Quantitative method for classifying farmers using socioeconomic variables In: *Quantitative analysis of data from participatory methods in plant breeding*. Bellon M. R., Reeves J. (Eds), CIMMYT, Mexico: 113 — 127.
- Crossa J., Franco J. 2004. Statistical methods for classifying genotypes. *Euphytica* 137: 19 — 37.
- Duda, R. O., Hart P. E. 1973. *Pattern classification and science analysis*, New York: John Wiley & Sons, Inc.

- Harch B. D., Basford K. E., DeLacy I. H., Lawrence P. K. 1997. The analysis of large scale data taken from the world groundnut (*Arachis hypogaea* L.) germplasm collection I. Two-way quantitative data. *Euphytica* 95: 27 — 38.
- Khattree R., Naik D. N. 2000. Multivariate data reduction and discrimination with SAS software. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Krzanowski W. J. 1988. Principles of multivariate analysis: a users perspective. Oxford Univ. Press, Oxford: 563 pp.
- Mazurkiewicz B., Struś M. 1997. Kolekcje pszenicy ozimej jako czynnik postępu hodowlanego. *Biul. IHAR* 204: 81 — 97.
- Mohammadi S. A., Prasanna M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants -salient statistical tools and considerations. *Crop Sci.* 43: 1235 — 1248.
- Sarle W. S. 1983. Cubic Clustering Criterion, SAS Technical Report A-108, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SAS/STAT User's Guide, Version 8.2. 2002. SAS Institute, Cary, NC.
- Searle S. R. 1987. Linear models for unbalanced data. J. Wiley & Sons, New York.
- Śmiałowski T. 2005. Ocena rodów pszenicy ozimej z polskiej hodowli w doświadczeniach przedrejestrowych w roku 2004. *Biul. IHAR* 235: 13 — 22.
- Ukalski K., Ukalska J., Śmiałowski T., Mądry W. 2008. Badanie zmienności i współzależności cech użytkowych w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) za pomocą metod wielowymiarowych. Część I. Korelacje fenotypowe i genotypowe. *Biul. IHAR* 249: 35 — 43.
- Ukalska J., Ukalski K., Śmiałowski T., Mądry W. 2008. Badanie zmienności i współzależności cech użytkowych w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) za pomocą metod wielowymiarowych. Część II. Analiza składowych głównych na podstawie macierzy korelacji fenotypowych i genotypowych. *Biul. IHAR* 249: 45 — 57.
- Ward J. H. jr. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Statist. Assoc.* 58: 236 — 244.
- Węgrzyn S. 1988. Ocena postępu hodowlanego pszenicy ozimej na podstawie wyników doświadczeń hodowlanych. *Prace badawcze grupy problemowej. IHAR, Radzików*: 15 — 28.
- Węgrzyn S., Mazurkiewicz B., Kuc I. 1992. Zmienność wybranych cech w kolekcji pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 181/182: 23 — 30.
- Wojas T., Węgrzyn S., Śmiałowski T. 2001. Uwarunkowania genetyczne oraz współzależność plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) *Biul. IHAR* 218/219: 39 — 48.

MARZENA IWAŃSKA¹**WIESŁAW MĄDRY¹****ANNA RAJFURA¹****TADEUSZ DRZAZGA²**¹Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki SGGW w Warszawie²Hodowla Roślin Rolniczych — Nasiona Kobierzyc w Kobierzycach

Porównanie syntetycznych wskaźników stopnia szerokiej adaptacji odmian na przykładzie serii doświadczeń przedrejestrowych z pszenicą ozimą

Comparison of some indices for evaluating wide adaptation degree of cultivars on the basis of data from pre-registration trials with winter wheat

W doświadczalnictwie i hodowli roślin stopień szerokiej adaptacji odmian jest zwykle rozumiany jako zespolenie (integracja) oceny średniej genotypowej plonu i wariancji stabilności Shukli, jako miary stopnia stabilności plonowania odmiany w danym rejonie uprawy. Stopień szerokiej adaptacji odmiany zwiększa się wraz ze zwiększaniem średniej genotypowej oraz zwiększaniem stopnia stabilności wyrażonej przez zmniejszanie wariancji stabilności Shukli. Dobre miary stopnia szerokiej adaptacji odmian powinny zawierać zespoloną informację o średniej genotypowej oraz wariancji stabilności plonu. Zatem, powinny być dość silnie skorelowane z ich dwoma determinantami oraz powinny podobnie porządkować odmiany, jak te miary, które są w sposób zrównoważony uwarunkowane przez średni plon i jego stabilność. Uznaje się zwykle, że ich skorelowanie ze średnią genotypową plonu powinno być silniejsze, niż z wariancją stabilności. Miary, spełniające ten warunek odzwierciedlają wiernie stopień szerokiej adaptacji odmian. Celem pracy było zbadanie przydatności do oceny i uporządkowania stopnia szerokiej adaptacji odmian pod względem jednej miary nieparametrycznej i czterech miar parametrycznych. Rozpatrywaną miarą nieparametryczną jest miara Kanga, czyli wskaźnik średniego plonu i jego stabilności, YS . Natomiast, miarami parametrycznymi są: 1) wskaźnik niezawodności przewagi plonowania odmiany, $R(0)$, 2) średnia wartość funkcji niezawodności przewagi d plonowania odmiany, MR , 3) wskaźnik nadrzędności plonowania odmiany, P oraz 4) niezawodny plon minimalny odmiany, I . W pracy wykorzystano dane dla plonu ziarna z 3 serii doświadczeń przedrejestrowych z pszenicą ozimą, przeprowadzonych w latach 1994, 2000 i 2006. Miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ najbardziej adekwatnie, wśród badanych miar, a także powtarzalnie w seriach doświadczeń, oceniają relatywny stopień szerokiej adaptacji odmian, ponieważ porządkują odmiany podobnie pod względem stopnia szerokiej adaptacji w zbiorze wszystkich badanych odmian oraz wśród około 40% najwyższej plonujących odmian. Miary YS_i , $R_i(0)$, $MR_{i,i}$ i P_i mniej adekwatnie, niż $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ oceniają stopień szerokiej adaptacji odmian w zbiorze wszystkich badanych odmian oraz w zredukowanym do 40% najwyższej plonujących odmian - taki obraz przydatności badanych miar jest

powtarzalny w seriach doświadczeń. Miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ gorzej odzwierciedlają relatywny stopień szerokiej adaptacji odmian, w zbiorze około 20% najwyższych plonujących odmian. Miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i znacznie lepiej odzwierciedlają relatywny stopień szerokiej adaptacji, a zwłaszcza podobnie porządkują odmiany pod względem stopnia szerokiej adaptacji w zbiorze około 20% najwyższych plonujących odmian.

Słowa kluczowe: doświadczenia przedrejestrowe, miary stopnia szerokiej adaptacji odmian, plon ziarna, pszenica ozima

In experimental design and plant breeding a wide adaptation degree of the cultivar is understood as the combined information on genotypic mean of yield and Shukla's stability variance, to serve as a measure of the degree of yield stability of this cultivar in a given region of its cultivation. If both the genotypic yield mean and the degree of yield stability of the cultivar increase, the degree of wide adaptation of this cultivar also increases. The effective measures for wide adaptation degree of cultivars are expected to represent the combined information on a genotypic mean of yield and stability variance. Then, they should be strongly correlated both with a genotypic mean of yield and with stability variance, and ought to put the cultivars in order in a similar way like the measures that are in a balanced way determined by genotypic mean yield and stability variance. The measures that fulfill the above requirements are believed to reflect a relatively large degree of wide adaptation. The aim of the study was to compare the suitability of the measures to be used as criteria for selecting cultivars that show a relatively large degree of wide adaptation. In the analysis, one nonparametric measure (Kang's yield stability measure, YS) and four parametric measures: 1) reliability index of yield outperforming, $R(0)$, 2) mean value of yield outperforming reliability, MR , 3) superiority index, P , and 4) yield reliability index, I , were applied. The work was performed using data for grain yield obtained in three pre-registration cultivar trials with winter wheat done in the years 1994, 2000 and 2006. The measures $I_{i(0,90)}$ and $I_{i(0,95)}$ were found to be the most suitable tools for estimating a relative degree of wide adaptation, as they put in a similar order all the cultivars under study as well as about 40% of cultivars producing the highest yields. The measures YS_i , $R_i(0)$, MR_i and P_i appeared to be less useful in assessing a degree of wide adaptation of all winter wheat cultivars tested and of 40% of those giving the best yields. However, the measures $I_{i(0,90)}$ and $I_{i(0,95)}$, as compared to the other ones, turned out to be the worse tool in determining a relative degree of wide adaptation in 20% of the cultivars producing the highest yields.

Key words: grain yield, pre-registration trials, statistical measures, wide adaptation degree, winter wheat

WSTĘP

Naturą odmian roślin uprawnych jest ich zróżnicowana reakcja plonu i innych cech użytkowych na zmienne warunki środowiskowe w miejscowościach (polach), latach, systemach rolnictwa, systemach uprawy itp. Takie zjawisko nazywa się interakcją genotypowo-środowiskową, czyli interakcją GE. Z jej powodu w różnych środowiskach nie te same odmiany mogą relatywnie wysoko plonować. Pojęcie „relatywnie wysokie plonowanie odmiany w danym środowisku” wymaga sprecyzowania, albowiem będzie ono odgrywało dużą rolę w konstrukcji metod statystycznych w tej pracy, proponowanych do stosowania przy ocenie plonowania odmian na podstawie serii doświadczeń. Zatem, to sprecyzowanie odnosi się głównie do doświadczalnictwa odmianowego. Relatywnie wysokie plonowanie odmiany w danym środowisku (miejscowości-stacji doświadczałnej) określamy jako uzyskiwanie przez nią takiego plonu (średniego z powtórzeń w jednym roku lub średniego z powtórzeń i lat badań), który nie okazuje się istotnie (w sensie

statystycznym lub merytorycznym) niższy od średniego plonu innych badanych odmian, którymi mogą być zarejestrowane odmiany lub rody zgłoszone do testowania.

Interakcja GE dotycząca plonowania i innych ważnych cech rolniczych odmian w miejscowościach ma poważne konsekwencje dla hodowli i uprawy roślin. Hodowca, chcąc wypełnić swoją rolę niesienia postępu biologicznego w rolnictwie, może dążyć do wytworzenia odmian relatywnie wysoko plonujących tylko w przestrzennie zmiennych warunkach środowiskowych pewnego typu w obrębie rozpatrywanego rejonu uprawy, czyli odmian o wąskiej (lokalnej) adaptacji (Gauch, 1992; Gauch i Zobel, 1996; Annicchiarico, 2002), albo do uzyskania odmian plonujących relatywnie wysoko w prawie każdym, przestrzennie różnorodnych warunkach rozpatrywanego rejonu uprawy, czyli odmian o szerokiej adaptacji (Allard i Bradshaw, 1964; Kang i Pham, 1991; Annicchiarico, 2002). W praktyce rolniczej w różnych krajach, także w Polsce, preferowane są odmiany o szerokiej adaptacji (Kang i Pham, 1991; Rajfura i Mądry, 2001; Mądry, 2002; Mohammadi i Amri, 2008; Sabaghnia i in., 2008). Wykazują one dużą zdolność adaptacyjną, czyli adaptacyjność (ang. adaptability) w przestrzeni rolniczej danego rejonu uprawy.

Pojęcie szerokiej adaptacji odmiany jest powszechnie stosowane w agronomii, najczęściej zaś w doświadczalnictwie i hodowli roślin. Jednakże, nie jest ono jednoznacznie zdefiniowane, lecz rozumiane w dwojakim sensie intuicyjnym. W pierwszym sensie, szeroka adaptacja jest rozumiana jako krzywa reakcji plonu odmiany względem zmiennych warunków środowiskowych w miejscowościach serii doświadczeń, wskazująca na jej relatywnie wysokie plonowanie we wszystkich lub w większości testowanych miejscowości, stanowiących próbę reprezentatywną z danego rejonu uprawy. W drugim sensie, szeroka adaptacja odmiany jest charakterystyką, obejmującą jednocześnie relatywnie wysoką średnią genotypową plonu (średnią poprzez populację miejscowości w rejonie uprawy) i stabilne plonowanie. Takie dualne rozumienie szerokiej adaptacji odmiany jest równoważne merytorycznie, tzn. odmiana posiadająca szeroką adaptację w jednym sensie, wykazuje tę własność w drugim sensie. Z podanego, klasycznego, rozumienia szerokiej adaptacji odmiany wynika, że w badanym zbiorze odmian, jedna lub więcej może wyróżniać się szeroką adaptacją. Takie podejście do szerokiej adaptacji odmiany inspirowane do doświadczalnej oceny zbioru odmian w kategoriach zmiennej zero-jedynkowej, tzn. wskazującej odmianę (lub odmiany) o szerokiej adaptacji i resztę odmian, o których można powiedzieć, że nie posiadają szerokiej adaptacji. Ocena ta nie jest wystarczająca, albowiem na podstawie wymienionych dwóch alternatywnych podejść (kryteriów) trudno jest jednoznacznie podzielić badane odmiany na dwie grupy, tj. te, które wykazują szeroką adaptację oraz te, które nie wykazują tej własności. Czasami nawet na podstawie każdego z dwóch wymienionych, alternatywnych kryteriów i danych z doświadczeń odmianowych, może być trudno znaleźć jednoznacznie jedną lub więcej odmian o szerokiej adaptacji, jeśli interakcja GE ma duże znaczenie i powoduje bardzo zróżnicowane kształty środowiskowej funkcji reakcji plonu odmian.

Wymienione dylematy w praktycznym posługiwaniu się koncepcją szerokiej adaptacji odmiany skłaniają do wprowadzenia nowego pojęcia, które nazwiemy stopniem szerokiej adaptacji odmiany, proponując je do rozważenia w doświadczalnictwie i hodowli roślin.

Stopień szerokiej adaptacji odmiany powinien ujmować w bardziej sprawny i sformalizowany sposób, intuicyjnie zauważalną stopniowalność szerokiej adaptacji odmiany. Zatem, stopień szerokiej adaptacji odmiany określamy jako jej charakterystykę, wyrażoną przez odpowiednie zespolenie (integrację) średniej genotypowej plonu i wariancji stabilności Shukli, jako miary stopnia stabilności jej plonowania. Przyjmujemy, że stopień szerokiej adaptacji odmiany zwiększa się wraz ze zwiększaniem średniej genotypowej oraz zwiększaniem stopnia stabilności, wyrażonej przez zmniejszanie wariancji stabilności Shukli.

Do oceny stopnia szerokiej adaptacji odmian w serii doświadczeń w celu adekwatnego ich uporządkowania pod tym względem i trafnego wyboru odmian (rodów) posiadających relatywnie najwyższy stopień szerokiej adaptacji, pomocne jest zastosowanie miar parametrycznych lub nieparametrycznych (Kang i Pham, 1991; Flores i in., 1998; Mohammadi i Amri, 2008). Dobre miary stopnia szerokiej adaptacji odmian powinny zawierać zarówno informację o średniej genotypowej jak i o wariancji stabilności plonu (Kang, 1988; Kang i Pham, 1991; Kang, 1993; Rajfura i Mądry, 2001; Mądry, 2002; Sabaghnia i in., 2008). Zatem, powinny być one dość silnie skorelowane z ich dwoma determinantami, tj. średnią genotypową oraz wariancją stabilności plonu. Uznaje się zwykle, że ich skorelowanie ze średnią genotypową plonu powinno być silniejsze, niż z wariancją stabilności (Kang i Pham, 1991; Kang, 1993; Sabaghnia i in., 2008). Miary, spełniające ten warunek odzwierciedlają wiernie stopień szerokiej adaptacji odmian. Można oczekiwać, że odmiany są porządkowane podobnie (zgodnie) pod względem miar uwarunkowanych w sposób podany wyżej przez wskazane determinanty. Potwierdzenie tego przypuszczenia na podstawie silnych lub dość silnych korelacji rang odmian względem takich miar jest wzmocnieniem przekonania o ich przydatności jako kryterium do poprawnej oceny plonowania odmian pod kątem ich szerokiej adaptacji i do wyboru tych o najwyższym stopniu szerokiej adaptacji. Za gorsze lub nieodpowiednie miary stopnia szerokiej adaptacji odmian uznajemy takie, które są skorelowane ze średnią genotypową plonu oraz wariancją stabilności w sposób niepożądany, czyli skorelowane słabo z dwoma determinantami lub relatywnie za silnie z jednym z nich, w stosunku do drugiego. W ten sposób uwarunkowane miary nie stanowiłyby takiego pożądanego zespolenia średniej genotypowej plonu oraz wariancji stabilności, które jest konieczne do stworzenia efektywnego kryterium stopnia szerokiej adaptacji odmian. Należy oczekiwać, że zgodność (podobieństwo) uporządkowania odmian pod względem miar niewłaściwie uwarunkowanych przez obydwa determinanty oraz pod względem dobrych miar, opisanych wcześniej, będzie znacznie mniejsza, niż wzajemna zgodność uporządkowania odmian pod względem dobrych miar. Potwierdzenie tego na podstawie odpowiednich relacji między korelacjami rang odmian względem dobrych i gorszych lub złych miar będzie wzmocnienie przekonania o przydatności miar, uznanych za dobre (efektywne) na podstawie pożądanego ich skorelowania ze średnią genotypową i wariancją stabilności plonu.

W tej pracy podjęto metodyczno-statystyczną próbę oceny przydatności jednej miary nieparametrycznej i czterech miar parametrycznych do badania relatywnego stopnia szerokiej adaptacji odmian pszenicy ozimej. Celem prowadzonych rozważań jest 1)

określenie związku statystycznego (korelacji rang Spearmana) między każdą z tych miar stopnia szerokiej adaptacji odmian, a średnią genotypową plonu i wariancją stabilności Shukli oraz 2) ocena zgodności uporządkowania odmian pod względem rozpatrywanych miar za pomocą analizy korelacji rang. W ten sposób można sprawdzić zgodność uporządkowania odmian pod względem miar stopnia szerokiej adaptacji, uwarunkowanych w sposób pożądaný i niepożądany przez średnią genotypową plonu oraz wariancją stabilności. Badania wykonano na podstawie danych dla plonu ziarna z 3 serii doświadczeń przedrejestrów z pszenicą ozimą.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny

Serie doświadczeń przedrejestrów wykonywane są przez hodowców w kilku stacjach (miejscowościach), wybranych możliwie reprezentatywnie z rozpatrywanego rejonu uprawy (zwykle całego kraju). W seriach doświadczeń przedrejestrów obserwuje się rolniczy plon roślin badanego gatunku, np. pszenicy ozimej. Zgodnie z metodyką, przyjętą w Polsce, w każdej miejscowości, zakłada się jednoroczne doświadczenia polowe z dużą liczbą odmian (około 50), w niekompletnym układzie blokowym, w 3 lub 4 powtórzeniach. W każdym roku zestaw odmian zmienia się prawie całkowicie, jedynie te same odmiany wzorcowe są wykorzystywane przez kilka lat.

W niniejszych badaniach wykorzystano wyniki 3 serii doświadczeń przedrejestrów z odmianami pszenicy ozimej, pochodzącymi z różnych ośrodków hodowlanych w Polsce. Doświadczenia te przeprowadzono w latach 1994, 2000 i 2006 (tab. 1). Koordynatorem tych doświadczeń jest Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie. Liczba odmian w badanych seriach była różna, od 56 do 68. Rozpatrywane odmiany stanowią próbę reprezentatywną z populacji hodowlanej (puli genowej) pszenicy ozimej, z której wyprowadzane są polskie odmiany tego gatunku. Liczba miejscowości w latach zmieniała się od 14 do 7, były one wybierane spośród 15 miejscowości, reprezentujących przestrzeń rolniczą Polski. Liczba powtórzeń wynosiła 4 w latach 1994 i 2000, a w 2006 została ona zredukowana do 3. W poszczególnych latach stosowano różne odmiany wzorcowe, tzn. Emika, Almari, Kobra, Elena, Tonacja (tab. 1).

Pojedyncze doświadczenia jednoczynnikowe były zakładane w układzie bloków niekompletnych w 3 lub 4 powtórzeniach, zależnie od lat badań. Na podstawie zebranych danych dla plonu wykonano analizy wariancji w układzie blokowym w każdej miejscowości. W ten sposób obliczono średnie z powtórzeń dla odmian w doświadczeniach lokalnych (średnie poprawione dla odmian w układach blokowych) oraz średnie kwadraty odchyleń dla błędu doświadczalnego w każdej miejscowości. Przy estymacji średnich poprawionych dla odmian przyjęto restrykcje ważone na efekty odmianowe, aby były one jednoznacznie estymowane. Zastosowano program Eksplan wersja 2 (Krajewski i in., 2006).

Tabela 1

Charakterystyka serii doświadczeń przedrejestrowych z lat 1994, 2000 i 2006
Characteristics of the pre-registration cultivar trials in the years 1994, 2000 and 2006

	1994	2000	2006
Liczba odmian No. of cultivars	58	68	56
Liczba miejscowości No. of locations	14	7	7
Odmiany wzorcowe Check varieties	Emika, Almari	Kobra, Elena	Kobra, Tonacja
Liczba powtórzeń No. of replicates	4	4	3

Analiza statystyczna danych

Rozpatrywane metody i miary stopnia szerokiej adaptacji odmian zastosowano dla średnich plonu ziarna odmian z n powtórzeń (średnich genotypowych, poprawionych w układach blokowych) w każdej miejscowości. Średnie te uporządkowano w klasyfikacji dwukierunkowej krzyżowej o postaci odmiany $\times$ miejscowości z jedną obserwacją w podklasie. Wybrane miejscowości, stanowią próbę reprezentatywną dla populacji pól uprawnych, składających się na rozpatrywany rejon uprawy.

Do statystycznej analizy tych danych, obejmującej analizę wariancji i ocenę miar stopnia szerokiej adaptacji odmian, zastosowano następujący model mieszany (Shukla 1972):

$$\bar{y}_{ij} = m + g_i + e_j + ge_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

gdzie: $\bar{y}_{ij}$ jest średnią obserwacji plonu z n powtórzeń dla i -tej odmiany ($i=1, 2, \dots, I$) w j -tej miejscowości ($j=1, 2, \dots, J$), m jest średnią ogólną, g_i jest stałym efektem głównym i -tej odmiany, e_j jest losowym efektem głównym j -tej miejscowości, ge_{ij} jest losowym efektem interakcji i -tej odmiany z j -tą miejscowością, $\bar{\epsilon}_{ij}$ jest średnim błędem doświadczalnym dla (i, j) -tej kombinacji odmiany i miejscowości.

Analizę wariancji wykonano według podanego modelu Shukli za pomocą programu Statgraphics Plus wersja 4.1 oraz aplikacji napisanych w arkuszu kalkulacyjnym Excel, przygotowującej dane w klasyfikacji odmiany $\times$ miejscowości do tego programu.

Na podstawie modelu analizy wariancji określamy miarę nieparametryczną i miary parametryczne stopnia szerokiej adaptacji odmian. Rozpatrywaną miarą nieparametryczną jest miara Kanga, czyli wskaźnik średniego plonu i jego stabilności (Kang, 1993). Natomiast, miarami parametrycznymi są:

- wskaźnik niezawodności przewagi plonowania odmiany (Eskridge i in., 1992, 1993),
- średnia wartość funkcji niezawodności przewagi d plonowania odmiany,
- wskaźnik nadrzędności plonowania odmiany (Lin i Binns, 1988; Mohammadi i Amri, 2008),
- niezawodny plon minimalny odmiany (Kataoka, 1963; Annicchiarico, 2002; Mohammadi i Amri, 2008).

Miara Kanga, czyli wskaźnik średniego plonu i jego stabilności odmiany (ang. Kang's yield-stability measure, *YS*) jest klasyczną miarą, stanowiącą pewną funkcję ważoną zarówno średniej genotypowej plonu, jak i wariancji stabilności Shukli (Shukla, 1972).

Przy tworzeniu miary Kanga (wskaźnik YS_i), rangom dla odmian względem średniej i wariancji stabilności przypisuje się odpowiednie wagi, czyli waży się rangi zarówno dla średniej genotypowej, jak i dla wariancji stabilności (Kang, 1993; Rajfura i Mądry, 2001, 2002). Jeżeli jednocześnie średnia genotypowa plonu odmian (średnia poprzez badane miejscowości) rośnie i stopień stabilności plonu odmian rośnie (wariancja stabilności maleje), to wskaźnik YS_i wzrasta, co oznacza zwiększanie się stopnia szerokiej adaptacji odmiany. Im wyższa wartość miary Kanga w zbiorze badanych odmian, tym odmiana posiada relatywnie (w stosunku do innych badanych odmian) wyższy stopień szerokiej adaptacji. Algorytm obliczania wartości miary Kanga jest podany przez Kanga (1993), Kanga i Magariego (1996) oraz Rajfurę i Mądrego (2001). Miare YS_i obliczono dla danych w każdej serii doświadczeń za pomocą programu STABLE (Kang i Magari, 1995).

Funkcja niezawodności przewagi plonowania odmiany o co najmniej d ponad średnią środowiskową $R_i(d)$ (ang. reliability function of environmental yield outperforming) jest prawdopodobieństwem (częstotliwością) zdarzenia, że plon odmiany jest wyższy od środowiskowych średnich plonu (średnich z badanych odmian w danej miejscowości) o co najmniej wartość d ($d \in <0, d_{max}>$) w populacji miejscowości rozpatrywanego, tj. docelowego rejonu uprawy (Eskridge i Mumm, 1992; Eskridge i in., 1993; Iwańska i in., 2008). Funkcję $R_i(d)$ nazwiemy krótko funkcją niezawodności przewagi d plonowania odmiany. Wartość funkcji $R_i(d)$ dla określonej przewagi d nazwiemy wskaźnikiem niezawodności przewagi d plonowania odmiany.

Jeżeli przewaga plonu odmiany ponad średnią środowiskową wynosi co najmniej 0, czyli $d = 0$, wówczas wskaźnik $R_i(d)$ nazwiemy wskaźnikiem niezawodności przewagi plonowania odmiany i oznaczymy go symbolem $R_i(0)$ — (ang. reliability index of yield outperforming). Im wartość wskaźnika niezawodności przewagi plonowania odmiany, $R_i(0)$, jest bliższa 1 (100%), tym odmiana posiada wyższy stopień szerokiej adaptacji.

Do oszacowania wskaźnika niezawodności przewagi plonowania odmiany $R_i(0)$ zastosujemy estymator $\hat{R}_i(d = 0)$, , stanowiący iloraz liczby miejscowości (l_i), w których plon odmiany przekroczył średni plon środowiskowy oraz liczby badanych miejscowości (I), czyli:

$$\hat{R}_i(d = 0) = \frac{l_i}{I}$$

Średnia wartość funkcji niezawodności przewagi d plonowania odmiany, MR_i , jest średnią wartością ocen wskaźnika niezawodności przewagi d plonowania odmiany, $\hat{R}_i(d)$, przy kilku wartościach d , wybranych ze zbioru $d \in <0, d_{max}>$, np. przy $d_1 = 0$, $d_2 = 0,25(\bar{y}_{i\ max} - \bar{y})$, $d_3 = 0,5(\bar{y}_{i\ max} - \bar{y})$ i $d_{max} = 0,75(\bar{y}_{i\ max} - \bar{y})$, gdzie $(\bar{y}_{i\ max} - \bar{y})$ jest różnicą między maksymalną średnią genotypową plonu, $\bar{y}_{i\ max}$, wśród badanych odmian, a $\bar{y}$ jest średnią ogólną plonu dla danej serii doświadczeń odmianowych. Im wartość wskaźnika MR_i jest bliższa 1 (100%), tym odmiana odznacza się większym stopniem szerokiej adaptacji.

Wskaźnik nadrzędności plonowania odmiany (ang. superiority index), P_i , jest średnim kwadratem różnic plonów tej odmiany w badanych miejscowościach od plonów

maksymalnych, uzyskiwanych przez jedną lub różne odmiany w tych miejscowościach. Jest on wyrażony następująco (Lin i Binns, 1988; Mohammadi i Amri, 2008):

$$P_i = \sum_{j=1}^J (\bar{y}_{ij} - M_j)^2 / 2J$$

gdzie: P_i jest wskaźnikiem nadrzędności plonowania i -tej odmiany, $\bar{y}_{ij}$ jest średnim plonem i -tej odmiany w j -tej miejscowości, M_j jest plonem odmiany najwyżej plonującej wśród badanych odmian w j -tej miejscowości, J jest liczbą badanych miejscowości. Wskaźnik P_i można przedstawić jako następującą sumę dwóch składników:

$$P_i = \left[J(\bar{y}_i - \bar{M})^2 + \sum_{j=1}^J (\bar{y}_{ij} - \bar{y}_i - M_j + \bar{M})^2 \right] / 2J$$

$$\bar{y}_i = \sum_{j=1}^J y_{ij} / J, \quad \bar{M} = \sum_{j=1}^J M_j / J$$

Pierwszą część wskaźnika P_i stanowi połowę kwadratu odchylenia średniego plonu i -tej odmiany od średniej maksymalnych plonów, a drugą część, średni kwadrat odpowiednich efektów związanych z interakcją GE. W związku z tym, wskaźnik P_i może być traktowany jako rezultat zarówno genotypowych efektów głównych, jak i efektów interakcji GE. Im mniejsza jest wartość wskaźnika nadrzędności P_i (wartość bliska zeru lub równa zeru) tym odmiana posiada większy stopień szerokiej adaptacji, czyli plonuje ona bliżej maksymalnych plonów odmiany (lub różnych odmian) w badanych miejscowościach.

Niezawodny plon minimalny odmiany (ang. yield reliability index), $I_{i(P)}$, jest wartością plonu, przekraczaną przez tę odmianą z założonym dużym prawdopodobieństwem P w populacji miejscowości, stanowiącej rejon uprawy (Kataoka, 1963; Annicchiarico, 2002; Mohammadi i Amri, 2008). Wskaźnik $I_{i(P)}$ jest określony za pomocą wzoru:

$$I_{i(P)} = \bar{y}_i - z_P S_{E(i)}$$

gdzie: $I_{i(P)}$ jest niezawodnym plonem minimalnym i -tej odmiany, $\bar{y}_i$ jest średnią genotypową plonu, z_P jest wartością standaryzowanego rozkładu normalnego, dla której funkcja dystrybucyjna tej zmiennej losowej jest równa P (z_P jest wartością standaryzowanego rozkładu normalnego nie przekraczaną z prawdopodobieństwem P), $S_{E(i)}$ jest pierwiastkiem kwadratowym z wariancji środowiskowej plonu i -tej odmiany, czyli jej środowiskowym odchyleniem standardowym.

Im wyższa jest wartość wskaźnika, $I_{i(P)}$, tym odmiana posiada większy stopień szerokiej adaptacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji plonu, przeprowadzona według modelu mieszanego w każdej serii doświadczeń wykazała istotne efekty główne dla odmian oraz dla efektów interakcji GE we wszystkich seriach (wyników nie podano w tej pracy). Oznacza to, że badane odmiany w każdej serii doświadczeń były zróżnicowane pod względem średnich plonów oraz ich

reakcja plonowania na zmienne warunki środowiskowe w miejscowościach była odmienna. Zatem, badane odmiany posiadały zróżnicowaną stabilność plonowania. Ze względu na zróżnicowane ich średnie genotypowe, porównywane odmiany w obrębie serii doświadczeń posiadały zróżnicowany stopień szerokiej adaptacji. Zatem, uzasadniona jest ocena ich stopnia szerokiej adaptacji za pomocą proponowanych miar i badanie podobieństwa wyników tej oceny, dokonanej przez te miary.

Empiryczną ocenę zgodności uporządkowania odmian pod względem badanych miar stopnia szerokiej adaptacji odmian wykonano za pomocą analizy korelacji rang Spearmana na podstawie danych dla plonu ziarna odmiany pszenicy ozimej w 3 seriach doświadczeń przedrejestrów. Przykłady podobnych podejść znajdują się w pracach Kanga i Phama (1991), Floresa i wsp. (1998) oraz Mohammadiego i Amri (2008).

W tabelach 2, 3 i 4 przedstawiono oceny współczynników korelacji rang Spearmana pomiędzy średnią genotypową plonu i wariancją stabilności odmian oraz miarami stopnia szerokiej adaptacji odmian, a także pomiędzy poszczególnymi miarami stopnia szerokiej adaptacji, biorąc do oceny tych korelacji następujące zbiory odmian w każdej serii:

1. w zbiorze wszystkich badanych odmian (tab. 2),
2. w zbiorze około 40% średnio najwyższych plonujących odmian (tab. 3),
3. w zbiorze około 20% średnio najwyższych plonujących odmian (tab. 4).

Na podstawie ocen współczynników korelacji rang pomiędzy miarami stopnia szerokiej adaptacji odmian (w wierszach tabel 2, 3 i 4), a średnią genotypową plonu i wariancją stabilności (w dwóch kolumnach zaznaczonych na kolor szary) zbadano każdą z tych miar pod względem uwarunkowania (skorelowania) przez średnią genotypową i wariancję stabilności plonowania. W przedstawianych tabelach współczynniki korelacji rang pomiędzy miarami stopnia szerokiej adaptacji znajdują się w pięciu ostatnich kolumnach, zaznaczonych na ciemno- i jasno-szary kolor. W kolumnach ciemnoszarych podano współczynniki korelacji rang o wartościach bezwzględnych (w zakresie 0,7-0,9), natomiast w kolumnach jasno-szarych, współczynniki korelacji rang o wyraźnie mniejszych wartościach bezwzględnych (w zakresie 0,5-0,8).

W trzech seriach doświadczeń rangi odmian w całym ich zbiorze, przypisane miarom YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i , były silnie skorelowane ze średnią genotypową plonu (współczynniki korelacji były co do wartości bezwzględnych zbliżone do 0,9), zaś słabo z wariancją stabilności (współczynniki korelacji były zbliżone bezwzględnie do 0,2-0,3) - (tab. 2). Podobne wyniki dla miary P_i uzyskali Kang i Pham (1991), Flores i in. 1998, Sabaghnia i in., 2008). Miary YS_i i P_i wykazały istotnie słabe korelacje rangowe z wariancją stabilności plonowania, a miary $R_i(0)$ i MR_i były z nią nieistotnie skorelowane. Wskazuje to, że miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i okazały się lepiej odzwierciedlać średni plon odmian, niż stabilność plonu. Inaczej mówiąc, uporządkowanie odmian pod względem miar YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i było bardziej podobne do ich uporządkowania względem średniej genotypowej plonu, niż wariancji stabilności. Uwarunkowanie miar $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ przez średnią genotypową plonu i wariancję stabilności było bardziej zrównoważone, niż pozostałych miar (współczynniki korelacji ze średnią genotypową były zbliżone do 0,85, zaś z wariancją stabilności były w zakresie od -0,4 do -0,6).

Tabela 2

Współczynniki korelacji rang Spearmana między miarami stopnia szerokiej adaptacji odmian na podstawie danych dla plonu wszystkich badanych odmian pszenicy ozimej w seriach doświadczeń przedrejestrowych w latach 1994, 2000 i 2006

Spearman's coefficients of rank correlation between measures of wide adaptation degree of winter wheat cultivars on the basis of data for all tested winter wheat cultivars from pre-registration cultivar trials carried out in years 1994, 2000 and 2006

Miary stabilności i stopnia szerokiej adaptacji Stability and wide adaptation degree of measures	Serie dośw. przedrejestr. w latach 1994, 2000 i 2006 Pre-registration cultivar trials in years 1994, 2000 and 2006	Średnia genotypowa plonu Genotypic mean yield	Wariancja stabilności Stability variance	Miara YS _i Kang's yield-stability measure	R _i (0)	MR _i	P _i	I _i (0,90)
Wariancja stabilności Stability variance	1994	-0,22*						
	2000	-0,19						
	2006	-0,27**						
YS _i	1994	0,99**	-0,28**					
	2000	0,99**	-0,31**					
	2006	0,99**	-0,39**					
R _i (0)	1994	0,95**	-0,20	0,94**				
	2000	0,94**	-0,21*	0,94**				
	2006	0,85**	-0,22*	0,85**				
MR _i	1994	0,93**	0,02	0,91**	0,93**			
	2000	0,97**	-0,07	0,95**	0,95**			
	2006	0,97**	-0,08	0,9**	0,91**			
P _i	1994	-0,99**	0,31**	-0,99**	-0,94**	-0,90**		
	2000	-0,98**	0,31**	-0,99**	-0,92**	-0,92**		
	2006	-0,98**	0,4**	-0,99**	-0,84**	-0,88**		
I _i (0,90)	1994	0,83**	-0,47**	0,84**	0,8**	0,72**	-0,86**	
	2000	0,89**	-0,30**	0,9**	0,84**	0,84**	-0,9**	
	2006	0,86**	-0,58**	0,89**	0,8**	0,75**	-0,89**	
I _i (0,95)	1994	0,77**	-0,50**	0,77**	0,74**	0,65**	-0,80**	0,99**
	2000	0,85**	-0,34**	0,87**	0,80**	0,80**	-0,87**	0,99**
	2006	0,82**	-0,63**	0,86**	0,76**	0,70**	-0,86**	0,99**

(**) oznacza istotne współczynniki korelacji rang Spearmana przy poziomie istotności $\alpha=0,05$, $0,05 < P < 0,01$ ($\alpha=0,01$, $P < 0,01$); significant Spearman's coefficients of rank correlation at the level $\alpha=0,05$, $0,05 < P < 0,01$ ($\alpha=0,01$, $P < 0,01$)

Wynika stąd, że miary YS_i, R_i(0), MR_i i P_i są wskaźnikami, zawierającymi znacznie gorzej zespoloną (zintegrowaną w sposób niezrównoważony), informację o średnim plonowaniu odmian i jego stabilności, niż miary I_i(0,90) i I_i(0,95). Są one gorzej uwarunkowane przez obydwa determinanty i przez to mniej adekwatnie, niż miary I_i(0,90) i I_i(0,95) oceniają stopień szerokiej adaptacji odmian w dużym zbiorze. Silne korelacje rang między miarami YS_i, R_i(0), MR_i i P_i (współczynniki korelacji rang były powyżej 0,9) wskazują, że są one wskaźnikami, w podobny sposób oceniającymi stopień szerokiej adaptacji odmian w dużym zbiorze, chociaż mniej adekwatnie, niż miary I_i(0,90) i I_i(0,95). Silne korelacje rang między I_i(0,90) i I_i(0,95) potwierdzają dodatkowo, że te obie miary są równoważnymi

wskaźnikami, oceniającymi adekwatnie stopień szerokiej adaptacji odmian w dużym zbiorze, ponieważ porządkowały one odmiany bardzo zgodnie. Powtarzalność zgodności uporządkowania całego zbioru odmian pod względem badanych miar była duża w poszczególnych seriach doświadczeń w latach (tab. 2).

Taką samą analizę korelacji rang przeprowadzono w trzech seriach doświadczeń dla zbioru około 40% najwyższej plonujących odmian (tab. 3). Stwierdzono, że rangi przypisane odmianom ze względu na miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i były dość silnie skorelowane z rangami dla średniej genotypowej plonu (współczynniki korelacji były bezwzględnie zbliżone do 0,8-0,9) oraz umiarkowanie lub słabo skorelowane z rangami dla wariancji stabilności (współczynniki korelacji były bezwzględnie w zakresie 0,4-0,6 dla YS_i i $R_i(0)$ oraz 0,1-0,3 dla MR_i i P_i) — (tab. 3). Wskazuje to, że w znacznie zredukowanym zbiorze odmian do 40% najwyższej plonujących, miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i okazały się także być bardziej adekwatnym wskaźnikiem średniego plonowania odmian, niż stabilności plonu. Jednakże, uwarunkowanie tych czterech miar przez średnią plonu i wariancję stabilności jest trochę bardziej zrównoważone w zredukowanym zbiorze odmian, niż w ich pełnym zbiorze. Zatem, wymienione cztery miary są bardziej adekwatnym wskaźnikiem stopnia szerokiej adaptacji odmian w zredukowanym zbiorze do około połowy najwyższej plonujących odmian, niż w pełnym zbiorze. W zredukowanym zbiorze odmian miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ były umiarkowanie skorelowane ze średnią genotypową (współczynniki korelacji były w zakresie 0,6-0,7) oraz z wariancją stabilności (współczynniki korelacji były w zakresie od -0,5 do -0,6). Podobnie, jak dla miar YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i , uwarunkowanie miar $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ przez średnią plonu i wariancję stabilności było bardziej zrównoważone w zredukowanym zbiorze odmian, niż w ich pełnym zbiorze. Jednakże, miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ będąc lepiej uwarunkowane przez oba determinanty, niż miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i i w stosunku do nich lepiej też odzwierciedlają stopień szerokiej adaptacji odmian. Silne korelacje rang między $I_{i(0,90)}$ oraz $I_{i(0,95)}$ potwierdzają ich równoważną przydatność do oceny stopnia szerokiej adaptacji odmian. Są one także bardziej adekwatnym miernikiem badanej własności odmian w 40% grupie najwyższej plonujących odmian, niż miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i , które porządkują odmiany dość zgodnie (współczynniki korelacji rang w okolicach 0,9), co świadczy o ich podobnej przydatności. Powtarzalność zgodności uporządkowania odmian pod względem badanych miar w 40% grupie najwyższej plonujących odmian była także dość duża w poszczególnych seriach doświadczeń w latach (tab. 3).

W trzech rozpatrywanych seriach doświadczeń przedstawiono jeszcze ocenę współczynników korelacji rang dla zredukowanego do około 20% zbioru najwyższej plonujących odmian (tab. 4). Stwierdzono, że wyznaczone rangi dla miar YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i były dość silnie i umiarkowanie skorelowane z rangami dla średniej genotypowej plonu. Istotne współczynniki korelacji rang były w zakresie od -0,9 do -0,6 dla P_i , natomiast dla MR_i , YS_i i $R_i(0)$ były one w zakresie od 0,4 do 0,8, zaś niektóre z nich okazały się nieistotne. Wykazano dość silnie i umiarkowanie skorelowane z rangami dla wariancji stabilności (współczynniki korelacji rang były w zakresie od -0,9 do 0 dla $R_i(0)$ i MR_i oraz w zakresie 0-0,6 dla P_i), zaś w zakresie -0,9 do -0,4 dla YS_i , (tab. 4).

Tabela 3

Współczynniki korelacji rang Spearmana między miarami stopnia szerokiej adaptacji odmian podstawie danych dla plonu około 40% najwyższej plonujących odmian pszenicy ozimej w seriach doświadczeń przedrejestracyjnych w latach 1994, 2000 i 2006

Spearman's coefficients of rank correlation between measures of wide adaptation degree of winter wheat cultivars on the basis of data for 40% of tested winter wheat cultivars with the highest genotypic mean yield from pre-registration cultivar trials carried out in 1994, 2000 and 2006

Miary stabilności i stopnia szerokiej adaptacji Stability and wide adaptation degree of measures	Serie dośw. przedrejestr. w latach 1994, 2000 i 2006 Pre-registration cultivar trials in 1994, 2000 and 2006	Średnia genotypowa plonu Genotypic mean yield	Wariancja stabilności Stability variance	Miara YS _i /Kang's yield-stability measure	R _i (0)	MR _i	P _i	I _i (0,90)
Wariancja stabilności Stability variance	1994	-0,26						
	2000	0,05						
	2006	0,31						
YS _i	1994	0,96**	-0,43*					
	2000	0,86**	-0,41*					
	2006	0,87**	-0,11					
R _i (0)	1994	0,92**	-0,44*	0,94**				
	2000	0,73**	-0,41*	0,85**				
	2006	0,32	-0,66**	0,63**				
MR _i	1994	0,96**	-0,31	0,95**	0,93**			
	2000	0,87**	-0,21	0,89**	0,76**			
	2006	0,83**	-0,11	0,91**	0,50**			
P _i	1994	-0,97**	0,37	-0,96**	-0,93**	-0,95**		
	2000	-0,90**	0,21	-0,91**	-0,89**	-0,85**		
	2006	-0,79**	0,1	-0,88**	-0,56**	-0,75**		
I _i (0,90)	1994	0,71**	-0,62**	0,74**	0,71**	0,75**	-0,75**	
	2000	0,70**	-0,28	0,76**	0,64**	0,69**	-0,73**	
	2006	0,27	-0,50**	0,46**	0,67**	0,40*	-0,44*	
I _i (0,95)	1994	0,66**	-0,59**	0,67**	0,65**	0,70**	-0,68**	0,99**
	2000	0,60**	-0,38*	0,73**	0,59**	0,63**	-0,66**	0,98**
	2006	0,21	-0,53**	0,41*	0,67**	0,34	-0,41*	0,99**

(**) oznacza istotne współczynniki korelacji rang Spearmana przy poziomie istotności $\alpha=0,05$, $0,05 < P < 0,01$ ($\alpha=0,01$, $P < 0,01$); significant Spearman's coefficients of rank correlation at the level $\alpha=0.05$, $0.05 < P < 0.01$ ($\alpha=0.01$, $P < 0.01$)

Natomiast miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ były nieistotnie skorelowane ze średnią genotypową plonu (współczynniki korelacji były w zakresie 0,1-0,4) oraz dość silnie lub umiarkowanie skorelowane z wariancją stabilności (współczynniki korelacji były w zakresie od -0,7 do -0,5 i przeważnie były istotne) — (tab. 4). Inaczej mówiąc, uporządkowanie odmian pod względem miar $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ było znacznie bardziej podobne do ich uporządkowania względem wariancji stabilności, niż średniej genotypowej plonu. Wynika stąd, że w tym zbiorze najwyższej plonujących odmian, miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ były wskaźnikami, zawierającymi źle zespoloną informację o średnim plonowaniu odmian i jego stabilności i dlatego miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ nieadekwatnie odzwierciedlają stopień szerokiej adaptacji odmian. Taki wynik był powtarzalny w trzech seriach doświadczeń.

Tabela 4

Współczynniki korelacji rang Spearmana między miarami stopnia szerokiej adaptacji odmian podstawie danych dla plonu około 20% najwyższej plonujących odmian pszenicy ozimej w seriach doświadczeń przedrejestracyjnych w latach 1994, 2000 i 2006

Spearman's coefficients of rank correlation between measures of wide adaptation degree of winter wheat cultivars on the basis of data for 20% of tested winter wheat cultivars with the highest genotypic mean yield from pre-registration cultivar trials carried out in years 1994, 2000 and 2006

Miary stabilności i stopnia szerokiej adaptacji Stability and wide adaptation degree of measures	Serie dośw. przedrejestr. w latach 1994, 2000 i 2006 Pre-registration cultivar trials in 1994, 2000 and 2006	Średnia genotypowa plonu Genotypic mean yield	Wariancja stabilności Stability variance	Miara YS_i Kang's yield-stability measure	$R_i(0)$	MR_i	P_i	$I_i(0,90)$
Wariancja stabilności Stability variance	1994	0,19						
	2000	0,08						
	2006	-0,33						
YS_i	1994	0,75**	-0,41					
	2000	0,35	-0,84**					
	2006	0,64*	-0,86**					
$R_i(0)$	1994	0,77**	-0,14	0,78**				
	2000	0,10	-0,59*	0,60*				
	2006	0,47	-0,90**	0,94**				
MR_i	1994	0,85**	0,02	0,73**	0,77**			
	2000	0,49	-0,75**	0,90**	0,49			
	2006	0,71**	-0,83**	0,97**	0,91**			
P_i	1994	-0,95**	-0,06	-0,83**	-0,88**	-0,89**		
	2000	-0,67**	0,44	-0,64*	-0,73**	-0,73**		
	2006	-0,66**	0,58*	-0,80**	-0,58*	-0,76**		
$I_i(0,90)$	1994	0,10	-0,53	0,26	0,41	0,33	-0,18	
	2000	0,43	-0,50	0,74**	0,17	0,81	-0,33	
	2006	0,32	-0,78**	0,82**	0,90**	0,85**	-0,50	
$I_i(0,95)$	1994	-0,12	-0,50	0,04	0,20	0,08	0,08	0,94**
	2000	0,36	-0,56*	0,77**	0,24	0,81**	-0,32	0,98**
	2006	0,24	-0,73**	0,77**	0,86**	0,79**	-0,50	0,99**

(**) oznacza istotne współczynniki korelacji rang Spearmana przy poziomie istotności $\alpha=0,05$, $0,05 < P < 0,01$ ($\alpha=0,01$, $P < 0,01$); significant Spearman's coefficients of rank correlation at the level $\alpha=0,05$, $0,05 < P < 0,01$ ($\alpha=0,01$, $P < 0,01$)

Wyniki w tabeli 4, dotyczące uwarunkowania miar stopnia szerokiej adaptacji odmian przez dwa determinanty, wskazują, że uwarunkowanie miar YS_i i P_i przez średnią plonu i wariancję stabilności było najbardziej zrównoważone i dość powtarzalne w zredukowanym 20% zbiorze najwyższej plonujących odmian. Zatem, okazały się one być podobnie najbardziej adekwatnym wskaźnikiem stopnia szerokiej adaptacji odmian w obrębie wąskiego podzbioru o najwyższym średnim plonowaniu. Istotne i dość silne korelacje rang pomiędzy miarami YS_i i P_i (współczynniki korelacji rang były w zakresie 0,7-0,9) potwierdzają tę wstępną ocenę o równoważnej przydatności obu tych miar do wiarygodnego porządkowania odmian według ich stopnia szerokiej adaptacji odmian, co jest też ilustracją konsekwencji podobnego uwarunkowania tych miar przez dwa

determinanty. Mimo nieodpowiedniego i niepowtarzalnego uwarunkowania miar $R_i(0)$ i MR_i przez dwa determinanty, te miary były także skorelowane istotnie, dość silnie i powtarzalnie z miarami YS_i i P_i w rozpatrywanym niepełnym podzbiorze odmian. Jednakże, wzajemne korelacje rang pomiędzy miarami YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i były znacznie słabsze, niż w całym zbiorze odmian oraz w podzbiorze 40%. Uzyskane wyniki sugerują jednak, że cztery miary, tj. YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i porządkują odmiany dość zgodnie pod względem stopnia szerokiej adaptacji w zredukowanym 20% zbiorze najwyższej plonujących odmian w różnych seriach doświadczeń, mimo ich niepodobnego i niepowtarzalnego w seriach doświadczeń, uwarunkowania przez średnią genotypową plonu i jego stabilność. W przypadkach najwyższej plonujących odmian w obrębie całej serii doświadczeń, miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i można uznać za podobnie przydatne do uporządkowania odmian pod względem stopnia szerokiej adaptacji.

WNIOSKI

1. Z konstrukcji matematycznej wybranych do badań miar wynika, że mogą one być efektywne i przydatne do oceny i uporządkowania stopnia szerokiej adaptacji odmian, ponieważ zawierają informację o średniej genotypowej plonu i jego stabilności.
2. Miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ najbardziej adekwatnie, wśród badanych miar, a także powtarzalnie w seriach doświadczeń, oceniają relatywny stopień szerokiej adaptacji odmian (porządkują odmiany pod względem stopnia szerokiej adaptacji) w zbiorze wszystkich badanych odmian oraz wśród około 40% najwyższej plonujących odmian, ponieważ są one istotnie skorelowane w sposób zrównoważony z obydwoma determinantami, tzn. skorelowane w większym stopniu ze średnią genotypową plonu, zaś w mniejszym stopniu z wariancją stabilności plonowania.
3. Miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i , P_i mniej adekwatnie, niż $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ oceniają stopień szerokiej adaptacji odmian w zbiorze wszystkich badanych odmian oraz w zredukowanym do 40% najwyższej plonujących odmian, ponieważ są znacznie gorzej zintegrowane w sposób niezrównoważony ze średnią genotypową odmian i z wariancją stabilności oraz porządkują one odmiany podobnie, choć mniej adekwatnie niż miary I_i — taki obraz przydatności badanych miar jest powtarzalny w seriach doświadczeń.
4. Miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ gorzej odzwierciedlają relatywny stopień szerokiej adaptacji odmian w zbiorze około 20% najwyższej plonujących odmian, ponieważ są one istotnie i dość silnie skorelowane z wariancją stabilności plonowania, zaś nieistotnie skorelowane ze średnią genotypową plonu.
5. W podzbiorze około 20% najwyższej plonujących odmian w obrębie całej serii doświadczeń, miary $I_{i(0,90)}$ i $I_{i(0,95)}$ nie są przydatne do oceny stopnia szerokiej adaptacji, natomiast miary YS_i , $R_i(0)$, MR_i i P_i można uznać za znacznie lepiej odzwierciedlające stopień szerokiej adaptacji, a zwłaszcza podobnie porządkujące odmiany pod względem stopnia szerokiej adaptacji w podanej frakcji odmian — taki obraz przydatności badanych miar jest mniej powtarzalny w seriach doświadczeń, niż w poprzednich zbiorach odmian.

LITERATURA

- Allard R. W., Bradshaw A. D. 1964. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503 — 508.
- Annicchiarico P. 2002. Genotype-environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO Plant Production and Protection Paper No. 174. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Eskridge K. M., Mumm R. F. 1992. Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. *Theor. Appl. Genet* 84: 494 — 500.
- Eskridge K. M., Smith O. S., Byrne P. F. 1993. Comparing test cultivars using reliability functions of test-check differences from on-farm trials. *Theor. Appl. Genet.* 87: 60 — 64.
- Flores F., Moreno M. T., Cubero J. I. 1998. A comparison of univariate and multivariate methods to analyze G×E interaction. *Field Crops Research* 56:271 — 286.
- Gauch H. G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier, Amsterdam.
- Gauch H. G., Zobel R. W. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: Kang M. S., Gauch H. G. (Ed), *Genotype-by-Environment Interaction*, 85-122, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Helgadóttira A., Kristjánsdóttir T. A. 1991. Simple approach to the analysis of G×E interactions in a multilocal spaced plant trial with timothy. *Euphytica* 54:65-73.
- Iwańska M., Mądry W., Drzazga T., Rajfura A. 2008. Zastosowanie miar statystycznych do oceny stopnia szerokiej adaptacji odmian pszenicy ozimej na podstawie serii doświadczeń przedrejestrów. *Biul. IHAR* 250: 67 — 86.
- Kang M. S. 1988. A rank-sum method for selecting high-yielding, stable corn genotypes. *Cereal Res. Commun.* 16: 113 — 115.
- Kang M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. *Agron. J.* 85: 754 — 757.
- Kang M. S. 1998. Using genotype-by-environment interaction for crop cultivar development. *Adv. in Agronomy* 62: 200 — 252.
- Kang M. S., Magari R. 1995. STABLE: A BASIC program for calculating stability and yield- stability statistics. *Agron. J.* 87: 276 — 277.
- Kang M. S., Magari R. 1996. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. In: Kang M. S., Gauch H. G (Ed), *Genotype-by-Environment Interaction*, CRC Press, Boca Raton, FL.: 1 —14.
- Kang M. S., Pham H. N. 1991. Simultaneous selection for high yielding and stable crop genotypes. *Agron. J.* 83: 161 — 165.
- Kataoka S. 1963. A stochastic programming model. *Econometrika* 31: 181 — 196.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. EKSPPLAN wersja 2. Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań.
- Lin C. S., Binns M. R. 1988. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. *Can. J. Plant Sci.* 68: 193 — 198.
- Magari R., Kang M. S. 1993. Genotype selection via a new yield-stability statistic in maize yield trials. *Euphytica* 70: 105 — 111.
- Mądry W. 2002. Skuteczność kryterium YS Kanga, opartego na średniej i stabilności plonu w wyborze genotypów zbóż o szerokiej adaptacji w rejonie uprawnym. *Roczn. Nauk Roln. Seria A.* 116: 11 — 24.
- Mohammadi R., Amri A. 2008. Comparison of parametric and non-parametric methods for selecting stable and adapted durum wheat genotypes in variable environments. *Euphytica* 159: 419 — 432.
- Rajfura A., Mądry W. 2001. Metoda wyboru genotypów o szerokiej adaptacji wykorzystująca zarówno ich średnie w rejonie jak i stabilność plonowania. *Coll. Biom.*: 169 — 182.
- Sabaghnia N., Sabaghpour S. H., Dehghani H. 2008. The use of an AMMI model and its parameters to analyse yield stability in multi-environment trials. *J. Agric. Sci.* 146: 571 — 581.
- Shukla G. K. 1972. Some statistical aspects of partitioning genotype-environmental components of variability. *Heredity* 29: 237 — 245.

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI**MARIA STACHOWICZ**

Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Wielowymiarowa ocena zmienności cech jakości technologicznej ziarna rodów i odmian pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach przedrejestrowych

Multivariate analysis of the variability of traits determining technological quality of grains in strains and varieties of winter wheat assessed in pre-registration trials

Celem badań było wybranie jednej cechy lub grupy cech o dużej mocy dyskryminacyjnej wśród 13 wskaźników jakości technologicznej ziarna z 102 obiektów hodowlanych pszenicy ozimej oraz grupowanie podobnych obiektów pod względem jakości technologicznej. Zastosowano dwie metody wielowymiarowe, tj. analizę czynnikową i analizę skupień. Na podstawie analizy czynnikowej stwierdzono, że 3 cechy; liczba sedymentacji, liczba opadania i zawartość białka wyjaśniają łącznie 71% badanej zmienności obiektów pod względem wskaźników jakości technologicznej. Analiza skupień pozwoliła wyodrębnić 4 skupienia obiektów pszenicy ozimej. W grupie 1 zgromadziło się 47 form pszenicy ozimej zbliżonych wielocechowo pod względem 6 cech jakościowych wskazując na silną presję selekcyjną w kierunku hodowli jakościowej.

Słowa kluczowe: analiza czynnikowa, analiza skupień, cechy technologiczne, pszenica ozima

The aim of the work was to distinguish from among 13 traits of grain technological quality one trait or a group of traits exhibiting high discriminatory power to evaluate 102 winter wheat experimental objects, followed by grouping the objects characterized by similar technological quality. Two multivariate methods: factor analysis and cluster analysis were applied. The factor analysis showed that three traits: sedimentation value, falling number and protein content explained altogether 71% of the variability of technological quality coefficients. The cluster analysis allowed to separate four clusters of experimental objects. Group 1 included 47 winter wheat forms showing a great similarity in six qualitative traits, indicating a strong selective pressure towards the qualitative breeding.

Key words: cluster analysis, multivariate analysis, technological traits, winter wheat

WSTĘP

Prace hodowlane nad pszenicą ozimą koncentrują się na wyodrębnieniu form łączących wysoki plon z dobrymi cechami rolniczymi oraz wysoką jakością technologiczną ziarna i

mąki (Banaszak i in., 2006; Śmiałowski, 2004; Śmiałowski i in., 2007). Barierą ograniczającą możliwości badania wcześniejszych pokoleń selekcyjnych jest czasochłonność i wysoki koszt analiz technologicznych pszenicy ozimej. Poszukuje się zatem najważniejszych wskaźników jakości technologicznej, stanowiących kryterium rozróżniające materiał hodowlany pod względem jakości technologicznej wielocechowej bez konieczności wykonywania pozostałych analiz (Bichoński, 1995; Cygankiewicz, 1997). Takie cechy można nazwać cechami wskaźnikowymi lub symptomatycznymi dla badanego zespołu cech opisujących jakość technologiczną ziarna pszenicy ozimej. Muszą mieć one relatywnie największą moc dyskryminacyjną dla obiektów hodowlanych, którą poznaje się na podstawie relatywnie dużego udziału w wielocechowej zmienności badanych obiektów.

W ostatnich latach pomocą w tym zakresie okazała się dostępność statystycznych programów obliczeniowych umożliwiających rozwiązanie tego problemu. Metody te obejmują głównie analizę czynnikową, analizę skupień oraz analizę składowych głównych (Akkava i in., 2004; Almanza-Pinzon i in., 2009; Badea i in., 2008; Blashfield i in., 1978; Caliński i in., 1974; Crossa i in., 2004; Harman i in., 1976; Lawley i in., 2007; Liu i in., 1971; Santos i in., 2009; Sorrels, 2007; Wolfe, 1970). Wielowymiarowe metody zostały również wykorzystane przez polskich badaczy do grupowania obiektów podobnych wielocechowo, a także do wskazania spośród badanych cech takich, które w największym stopniu wyjaśniają zmienność wielocechowo badanego materiału (Mądry, 2007; Sieczko, 2003; Sieczko i in., 2006). Dlatego kierując się bogatą literaturą zagraniczną i opracowaniami polskich autorów założono, że istnieje możliwość wyboru jednej lub grupy najważniejszych cech z 13 cech jakości technologicznej opisujących zmienność 102 obiektów hodowlanych pszenicy ozimej oraz zgrupowanie podobnych obiektów pod względem wybranych cech.

W Polsce wielocechową analizę wskaźników jakości technologicznej pszenicy ozimej wykonali Gregorczyk i wsp. (2008) natomiast zagranicą wielowymiarowe oceny zmienności wskaźników jakości technologicznej przeprowadzili nieliczni autorzy (Anderson i in., 1994; Branland i in., 2001; Corbellini i in., 2002; Graybosch i in., 1993; Fufa i in., 2005; Pecina i in., 2000; Wikstrom i in., 1996). W polskich badaniach Gregorczyk i wsp. (2008) badając 11 cech jakościowych w 10 odmianach pszenicy ozimej stwierdzili, że 3 składowe główne z ogólnej zmienności danych wejściowych wyjaśniały prawie 80% zmienności całkowitej.

Natomiast przeprowadzona w tych samych badaniach analiza skupień pogrupowała 10 badanych odmian pszenicy na 3 grupy pod względem wielocechowego podobieństwa. Zagranicą (Pecina i in., 2000) stwierdzili, że również 3 składowe główne objaśniały aż 83% zmienności całkowitej 29 odmian pszenicy ozimej badanych pod kątem 16 cech jakościowych.

MATERIAŁ I METODA

Badano 102rody i odmiany pszenicy ozimej w 3 miejscowościach w 2006 roku. Obiekty genetyczne pochodziły z siedmiu krajowych hodowli; DANKO, Nasiona

Kobierzyc, Szelejewo, Smolice, Strzelce, Małopolskiej Hodowli Roślin i Poznańskiej Hodowli Roślin. Wysiano obiekty w ścisłych doświadczeniach hodowlanych, każde w 3 powtórzeniach na poletkach o powierzchni 10 m². Po zbiorze doświadczeń, zważeniu i dokonaniu innych ważnych pomiarów biometrycznych próbki ziarna przekazano do analiz laboratoryjnych, które polegały na ocenie 13 wskaźników jakości technologicznej ziarna i mąki tj.: liczby sedimentacji, liczby opadania, zawartości białka w suchej masie ziarna, wodochłonności mąki, rozmiękczenia ciasta, energii ciasta, wydajności mąki ogółem, objętości chleba, czasu stałości i liczby jakości (analiza farinograficzna), zawartości mokrego glutenu oraz indeks glutenu, liczby wartości chleba (L.W.CH.) jako wskaźnika jakości miękiszu. Cechy te wyrażone były w różnych jednostkach; %, liczbach naturalnych, sekundach, odznaczały się ciągłym i ilościowym charakterem. Charakterystykę statystyczną otrzymanych wyników przedstawiono w tabeli 1. Szczegółową metodykę wykonanych analiz oraz wyniki opisano w pracy dotyczącej wartości technologicznej oceny oraz zmienności fenotypowej i genotypowej badanych odmian i rodów pszenicy ozimej (Cygankiewicz, 1997; Śmiałowski i in., 2007). Zastosowano 2 metody wielowymiarowe; tj. analizę czynnikową oraz analizę skupień. Przyjęto, że wśród badanych cech jakościowych opisujących wartość technologiczną 102 obiektów pszenicy ozimej znajduje się cecha (czynnik) lub grupa cech (czynniki) opisujących ogólną zmienność pomiędzy tymi obiektami. Aby wykryć takie cechy, wykonano analizę czynnikową stosując procedurę składowych głównych. Liczbę czynników ustalono stosując kryterium Kaisera w oparciu o wartości macierzy własnych korelacji, następnie zastosowano rotację macierzy Varimax do obliczenia wartości czynników (Branlard i in., 2001; Gregorczyk i in., 2008; Johansson, 2002; Kolliker i in., 2005; Jackson, 1980; Harman, 1976; Mądry, 1997; Sieczko i in., 2006). Analiza skupień miała na celu wyznaczenie jednorodnych grup obiektów, na podstawie obserwowanych cech, a więc wyznaczenie grup obiektów podobnych wielocechowo. Do wykonania analizy skupień zastosowano hierarchiczną analizę skupień metodą Warda (Ward, 1963) na podstawie kwadratu odległości euklidesowej między badanymi obiektami. (Akkaya i in., 2004; Anderberg i in., 1974; Everitt, 1980 1973; Liu i in., 2003; Sarle, 1983; Spath, 1980; Zhang i in., 2005). Do utworzenia liczby skupień (podobnych grup obiektów) wykorzystano trzy procedury statystyczne; pseudo F, pseudo t² oraz skupień sześciennych. Są to procedury, które obiektywnie grupują badane obiekty. Obliczenia wykonano wykorzystując procedur dostępnych w SAS Enterprise Guide 4 (SAS Institute, 2004). Obliczenia wykonano na zmiennych niestandardyzowanych.

WYNIKI

Charakterystykę 13 cech jakości analizy technologicznej ziarna odmian i rodów pszenicy ozimej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka statystyczna zmienności badanych wskaźników jakości technologicznej pszenicy ozimej

Statistical characterization of variability of technological quality coefficients in winter wheat

Cechy Traits	Średnia Mean	Wariacja Variance	Odchylenie stand. SD	Wsp. zmienności CV(%)	Minimum Min.	Maksimum Max	Rozstęp Range
L.S. z SDS Sedimentation values	68,05	151,82	12,32	18,11	22,65	88,65	66
L.O. Falling number	414,27	2225,82	47,18	11,39	212,99	504,21	291,22
Zawartość białka Protein content	12,68	0,57	0,75	5,93	11,2	14,44	3,24
Wodochłonność Water absorption	58,88	4,35	2,09	3,54	52,97	63,75	10,78
Rozmiękczenie ciasta Dough softness	77,62	495,51	22,26	28,68	30,81	138,14	107,33
Energia ciasta Dough energy	71,37	654,20	25,60	35,87	8,18	132,02	123,84
Objętość chleba Bread volume	629,67	406,57	20,16	3,20	562,65	678,15	115,5
Wydajność mąki Flour yield	73,42	5,90	2,43	3,31	67,26	78,73	11,47
Czas stałości ciasta Dough stability	6,60	10,83	3,29	49,87	1,15	17,55	16,4
Liczba jakości Quality number	80,89	1139,91	33,76	41,74	24,11	212,11	188
Jakość miękiszu (LWCH) Bread quality	165,83	242,80	15,58	9,40	120,13	205,47	85,34
Ilość glutenu (mokry) Gluten content (wet)	32,85	7,90	2,81	8,56	25,76	40,1	14,34
Indeks gluten Gluten index	80,55	160,32	12,66	15,72	42,53	101,03	58,5

Odnotowano silną rozpiętość pomiędzy dolnymi a górnymi wartościami u niektórych cech (tab. 1). Zjawisko to znalazło odzwierciedlenie w obliczonych współczynnikach zmienności (tab. 1). Dużą zmiennością odznaczały się czas stałości, liczba jakości, rozmiękczenie i energia ciasta, niskim natomiast objętość chleba, wymiadowość i wodochłonność (tab. 1). Dla tak odmiennie zróżnicowanego materiału genetycznego przeprowadzono analizę czynnikową. Wartości własne, wariancję (%), wariancję skumulowaną obliczoną na podstawie macierzy korelacji 13 cech jakości technologicznej przedstawiono w tabeli 2. Stwierdzono, że tylko 3 czynniki mają wartości większe od 1 (tab. 2). Pierwszy czynnik wyjaśniał aż 41% zmienności badanych odmian, drugi i trzeci odpowiednio 16 i 14%. Wszystkie 3 czynniki główne wyjaśniały łącznie 71% obserwowanej zmienności pomiędzy badanymi obiektami. Zatem wnioskowanie dotyczące jakości technologicznej pszenicy ozimej tylko w oparciu o wyniki ograniczone do 3 analiz technologicznych (liczby sedymentacji, liczby opadania i zawartości białka) ma podstawy statystyczne co znajduje uzasadnienie we wcześniejszych spostrzeżeniach wynikających z empirycznych doświadczeń (Bichoński, 1995; Cygankiewicz, 1997; Ceglińska, 2003). Obecnie w laboratoriach technologicznych dla potrzeb szerokiej selekcji

materiału hodowlanego wykonuje się skróconą ocenę wartości wypiekowej pszenicy ograniczającą się tylko do 3 cech (liczby sedymentacji, liczby opadania i zawartości białka) (Cygankiewicz, 1997; Śmiałowski i in., 2007).

Tabela 2

Wyniki analizy czynnikowej-wartości własne i procent całkowitej wariancji
The results of factor analyses – the eigenvalue and percentage of total variances

Czynnik Factor	Nazwa zmiennych The name of variables	Wartość własna The eigenvalue	Wariancja (%) Variance	Wariancja skumulowana The accumulative variance
1	L.S. z SDS Sedimentation values	5,31	40,87	0,409
2	L.O. Falling number	2,08	15,98	0,568
3	Zawartość białka Protein content	1,81	13,9	0,707
4	Wodochłonność Water absorption	0,98	7,54	0,783
5	Rozmiękczenie ciasta Dough softness	0,86	6,64	0,849
6	Energia ciasta Dough energy	0,79	6,07	0,909
7	Objętość chleba Bread volume	0,49	3,82	0,948
8	Wydajność mąki Flour yield	0,19	1,46	0,963
9	Czas stałości ciasta Dough stability	0,17	1,28	0,975
10	Liczba jakości Quality number	0,14	1,10	0,986
11	Jakość miękiszu (LWCH) Bread quality	0,10	0,77	0,994
12	Ilość glutenu (mokry) Gluten content (wet)	0,06	0,49	0,999
13	Indeks gluten Gluten index	0,01	0,10	1,000

3 czynniki mają własności większe od 1
 3 factors have properties greater than 1

Interesującym okazała się struktura czynników objaśnianej zmienności. W tym celu wykonano kolejne procedury statystyczne w trakcie których poddano rotacji varimax macierz czynników. W tabeli 3 umieszczono obliczone wartości współczynników korelacji pomiędzy wyodrębnionymi 3 czynnikami wspólnymi a badanymi cechami. Przeprowadzona analiza wykazała, że z pierwszym czynnikiem głównym (kolumna 1) najsilniej skorelowane są; liczba sedymentacji, rozmiękczenie, energia ciasta, czas stałości, liczba jakości i indeks glutenowy, następujące zmienne; objętość chleba i liczba wartości chleba (LWCH) z drugim czynnikiem (kolumna 2), natomiast trzeci czynnik (kolumna 3) skorelowany jest z zawartością białka i glutenem mokrym (tab. 3). Zatem na podstawie obliczonych korelacji można stwierdzić, że aż dziesięć cech ma wkład do zespołu cech opisujących zmienność technologiczną badanych genotypów. Analiza ta dowodzi jednak, że ograniczenie się do wykonywania 3 podstawowych analiz technologicznych (tj. liczby

sedymantacji, liczby opadania i zawartości białka u pszenicy) nie ujawni zmienności materiału genetycznego. Pośrednio potwierdzają to spostrzeżenia inne obliczenia. Jeśli podniesiemy do kwadratu wartości czynników 1, 2 i 3 to będą one stanowiły udziały w wyjaśnianej wariancji. Np. dla liczby sedymantacji wartość własna czynnika 1 po podniesieniu do kwadratu i przedstawieniu w skali procentowej stanowiła tylko 45,6% wyjaśnianej wariancji, natomiast pozostałe 2 czynniki objaśniały odpowiednio 19,57% (czynnik 2) i 7,89% (czynnik 3) zmienności analizowanych cech pszenicy. Odmienny wynik stwierdzono dla czasu stałości, dla którego wartość kwadratu (czynnika 1) po przeliczeniu wynosi aż 89,5% objaśnianej wariancji, natomiast na 2 i 3 czynnik przypada mniej niż 1% (tab. 3). Ten trudny do interpretacji wynik sugeruje silne pośrednie związki pomiędzy czasem stałości a badanymi cechami potwierdzone wcześniejszymi badaniami (Śmiałowski i in., 2008). Zjawisko to również odnotowano w innych badaniach, w których stwierdzono silne związki korelacyjne pomiędzy czasem stałości a pozostałymi cechami jakości technologicznej (Ceglińska i in., 2003; Cygankiewicz i in., 1997). Kolejną ocenę wielowymiarową była analizy skupień (CA) klasyfikująca badane genotypy pszenicy ozimej (SAS, 2004).

Tabela 3

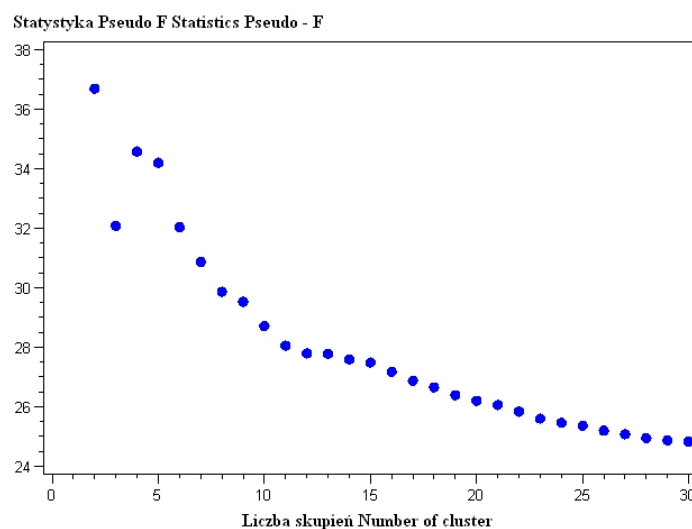
Ładunki czynnikowe po rotacji varimax (wartości pogrubione są większe od 0,7)
The matrix of factors after the varimax rotation (values in bold are higher than 0.7)

Cecha Trait	Czynnik 1 Factor1	Czynnik 2 Factor2	Czynnik 3 Factor3
L.S. z SDS Sedimentation values	0,675	0,442	0,281
L.O. Falling number	0,150	0,402	0,093
Zawartość białka Protein content	0,473	-0,034	0,749
Wodochłonność Water absorption	-0,083	0,283	0,574
Rozmiękczenie ciasta Dough softness	-0,912	-0,178	-0,118
Energia ciasta Dough energy	0,897	0,101	-0,097
Objętość chleba Bread volume	0,153	0,923	0,075
Wydajność mąki Flour yield	0,019	0,475	0,056
Czas stałości ciasta Dough stability	0,945	0,047	0,057
Liczba jakości Quality number	0,906	0,050	0,167
Jakość miękiszu (LWCH) Bread quality	0,115	0,876	-0,025
Ilość glutenu (mokry) Gluten content (wet)	-0,051	0,032	0,937
Indeks glutenowy Gluten index	0,803	0,298	-0,320

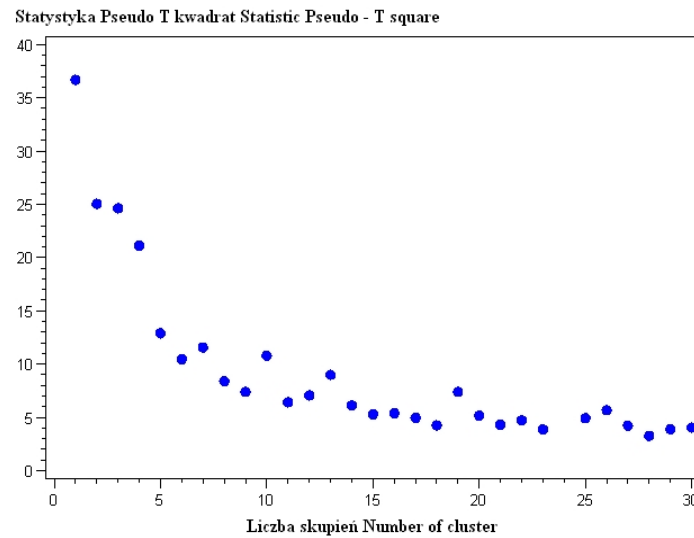
Tabela 4

Charakterystyka wydzielonych 4 grup pszenicy ozimej
Characteristics of the four distinguished groups of winter wheat

Obiekty Objects	G 1		G 2		G 3		G 4	
	$\bar{x}$	CV (%)	$\bar{x}$	CV (%)	$\bar{x}$	CV (%)	$\bar{x}$	CV (%)
Liczba Sedymantacji SDS Sedimentation values	71,26	13,83	55,9	19,47	65,27	8,82	65,52	13,32
Liczba opadania Falling number	431,40	7,54	411,1	7,39	406,25	9,89	335,48	12,95
Zawartość białka Protein content	12,67	5,01	12,3	6,27	12,26	4,57	12,52	6,11
Wodochłonność Water absorption	59,15	3,90	58,9	3,14	56,42	3,00	58,41	3,17
Rozmiękczenie ciasta Dough softness	73,42	18,42	103,9	13,06	74,93	9,38	82,52	13,43
Energia ciasta Dough energy	76,97	21,82	40,7	32,53	68,74	23,76	68,93	18,08
Objętość chleba Bread volume	634,52	3,11	618,2	3,31	601,30	1,64	628,35	3,37
Wydajność mąki Flour yield	73,50	3,05	73,1	3,42	70,21	2,27	73,33	4,69
Czas stałości ciasta Dough stability	6,37	26,11	3,4	31,10	7,04	31,33	5,97	21,68
Liczba jakości Quality number	77,86	21,30	50,5	20,53	79,24	31,45	71,26	17,84
Jakość miękiszu (LWCH) Bread quality	168,85	9,74	157,6	9,49	158,46	6,86	165,78	7,24
Ilość glutenu (mokry) Gluten content (wet)	32,65	9,95	33,5	7,82	31,67	4,25	32,14	7,79
Indeks glutenowy Gluten index	84,43	8,28	65,7	17,64	77,13	7,19	79,90	13,46

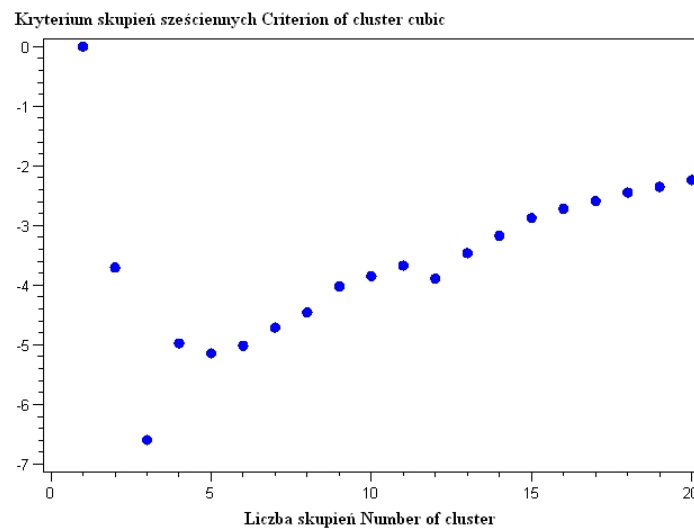


Rys. 1. Wykresy podobieństw obiektów pszenicy ozimej wykonane za pomocą statystyki pseudo-F
Fig. 1. Similarity graphs for objects of winter wheat drawn by statistics Pseudo



Rys. 2. Wykresy podobieństw obiektów pszenicy ozimej wykonane za pomocą statystyki pseudo T kwadrat

Fig. 2. Similarity graphs for objects of winter- wheat drawn by statistics Pseudo-T squares



Rys. 3. Wykresy podobieństw obiektów pszenicy ozimej wykonane za pomocą kryterium skupień sześciennych

Fig. 3. Similarity graphs for objects of winter wheat drawn by statistics Criterion of cluster cubic

W oparciu o wyliczenia wykreślono wykresy podobieństwa badanych obiektów (rys. 1, 2, 3). Z wykresu statystyki pseudo- F (rys. 1) wynika podział na 4 grupy, z wykresu statystyki pseudo- t kwadrat (rys. 2) wynika podział na 4 lub 8 lub 11 grup, z wykresu statystyki CCC wynika podział na 4 lub 11 grup (rys. 3). Kierując się uzyskanymi wynikami, interpretując rysunki przyjęto podział na 4 grupy skupienia obiektów (Sieczko, 2003). Charakterystykę wydzielonych cech w 4 grupach podano w tabeli 4. Porównując wartość średnich dla cech w poszczególnych grupach można zauważyć, że genotypy z grupy 1 różniły się od genotypów zgrupowanych w 2, 3 i 4 grupie pod względem niektórych cech; szczególnie liczbą sedymentacji i liczbą opadania i nieco słabiej energią ciasta, objętością chleba i gluten indeksem oraz rozmiękczeniem. Nazwy genotypów pszenicy ozimej zlokalizowanych w 4 grupach podano w tabeli 5. Grupa pierwsza liczyła 47 obiektów pszenicy ozimej, druga grupa 25 obiektów, trzecia grupa 17 obiektów a czwarta grupa 13 obiektów (tab. 5).

Tabela 5

Bezkierunkowa klasyfikacja obiektów według stacji hodowlanych i grup jednorodnych
The non-directional classification of objects according to breeding stations and homogenous groups

Symbol stacji hodowlanej The symbol of plant breeding station	Stacja Hodowli Roślin Plant breeding station	Firma hodowlana The firm of breeding	Grupy Groups				Razem Total
			1	2	3	4	
CHD	Choryń		4		1	2	7
DED	Dębina	HR Danko	6	1		1	7
LAD	Laski		2		1		3
AND	Antoniny	Poznańska Hodowla Roślin	4		1	1	6
NAD	Nagradowice		6	1	1		8
KBH	Henryków	Hodowla Roślin	4		1		5
KBP	Pustków	Kobierzyce	2		2	2	6
SZD	Szelejewo	Grupa Szelejewo	2	8			11
MOB	Modzurów		2	1	5		8
POB	Polanowice	Małopolska Hodowla Roślin	3		1	3	7
MIB	Mikulice			2			2
STH	Strzelce	HR Strzelce	6	9	2		17
SMH	Smolice	HR Smolice	4	3	2	3	13
Wzorzec — Standard			2			1	3
Razem — Total			47	25	17	13	102

Stosunkowo duża prawie 50% frekwencja obiektów w tej grupie dowodzi skutecznej pracy selekcyjnej mającej na celu wyodrębnienie jakościowych pszenic w programach hodowlanych. Struktura pochodzenia obiektów pszenicy ozimej zgromadzonych w tej grupie okazała się niezwykle zróżnicowana, obejmowała obiekty z wszystkich 7 programów hodowlanych realizowanych przez polskie firmy (tab. 6). Wyniki klasyfikacji wskazują na stopień zaangażowania poszczególnych polskich hodowli pod względem liczby obiektów w realizacji programu hodowli pszenicy ozimej o wysokiej wartości technologicznej (tab. 6).

Przeprowadzona wielowymiarowa analiza wykorzystująca 2 metody; czynnikową i skupień okazała się przydatna do oceny zmienności wskaźników jakości technologicznej ziarna i mąki oraz klasyfikacji genotypów pszenicy ozimej z polskiej hodowli zbóż.

Uzyskane wyniki korespondowały z pracami Gregorczyka (2008) i Peciny (2000). Okazało się podobnie jak w cytowanych pracach liczba sedymentacji wnosila najwięcej do zmienności cech jakościowych badanych genotypów (Śmiałowski i in., 2008).

Tabela 6

Grupy obiektów pszenicy ozimej wydzielone za pomocą analizy skupień metodą Warda
The groups of winter wheat objects distinguished out by cluster analysis (Ward)

Grupa Group	Liczebność Amount	Obiekty Objects			
1	47	AND-726/03 DED 12028/02 KBH 1526/04 MOB 2892/02 POB 170/04 STH 3195 CHD 1048/03 DED 6732/02 KBP 04.269 NAD 070/04 SMH 7809 STH C 3505	AND-728/03 DED 12274/02 KBH 1827/03 MOB 3393/02 POB 679/03 STH 504 CHD 429/03 DED 773/02 Kobra wz. NAD 071/04 SMH 7818 SZD 2226/04	AND-73/03 DED 12604/02 KBH 422/04 NAD 034/02 POB 93/04 STH 507 CHD 433/03 Finezja wz. LAD 682/03 NAD 15-6310 SMH 7874 SZD 4185/03	AND-828/01g DED 5259/02 KBP 02.930/1 NAD 056/02 SMH 7803 STH B 3532 A CHD 464/02 KBH 1430/04 LAD 687/03 NAD 162/02 STH 3004
2	25	SMH 7809 STH C 3505 STH CM 7113 NAD 020/04 STH 511 SZD 3753/02 SZD 4276/04	SMH 7818 SZD 2226/04 SZD 2560/04 SMH 7727 STH 512 SZD 3901/02	SMH 7874 SZD 4185/03 SZD 3138/04 SMH 7838 STH 537 SZD 3935/02	STH 3004 STH 505 SZD 3368/02 SMH 7852 STH Ar 1 SZD 3959/03
3	17	AND-1055/02 MOB 2353/02 KBP 04.71 POB 20/04 STH 2703.1	CHD 571/03 MOB 2358/02 LAD 237/03 SMH 7619	KBH 1434/03 MOB 4441/03 MOB 2345/02 SMH 7817	KBP 02.876 NAD 055/02 MOB 2350/02 STH 1488
4	13	AND-833/01g KBP 04.226 POB 748/03 Tonacja wz.	CHD 1054/03 KBP 04.59 SMH 7723	CHD 884/03 POB 107/04 SMH 7753	DED13998/02 POB 114/04 SMH 7785

WNIOSKI

1. Przeprowadzone analizy; czynnikowa oraz skupień okazały się przydatne do oceny zmienności i wzajemnych zależności cech jakości technologicznej ziarna, mąki i ciasta dla dużej liczby genotypów pszenicy ozimej.
2. Wykonana na podstawie macierzy korelacji 13 cech jakości technologicznej analiza czynnikowa, ujawniła trzy składowe, które objaśniały aż 71% zmienności całkowitej. Stwierdzono, że cechami o dużej mocy dyskryminacyjnej określającymi zmienność badanego materiału okazały się liczba sedymentacji, liczba opadania, zawartość białka.
3. Zjawisko to potwierdza praktyczną możliwość wykorzystania cech do wstępnej skróconej oceny materiału hodowlanego pod względem jakości technologicznej.

4. Pogłębiona analiza składowych głównych wykazała, że spośród 13 badanych cech aż dziesięć wpływa na jakość technologiczną badanych genotypów. Należy to uwzględnić przy typowaniu obiektów hodowlanych jako odmian o wysokiej jakości technologicznej.
5. Wykonana aglomeracja obiektów genetycznych ujawniła w jednej grupie blisko 50% badanych obiektów o wyższych wartościach od przeciętnej cech jakościowych. Może to wskazywać na skuteczną selekcję linii i rodów pszenicy ozimej w kierunku wysokiej jakości technologicznej.

LITERATURA.

- Akkaya M. S., Buyukunal-Bal E. B. 2004. Assessment of genetic variation of bread wheat varieties using microsatellite markers. *Euphytica* 135: 179–185.
- Almanza-Pinzon M. I., Khairallah M., Fox P.N., Warburton M. L. 2003. Comparison of molecular markers and coefficients of parentage for the analysis of genetic diversity among spring bread wheat accessions. *Euphytica* 130: 77 — 86.
- Anderberg M. R. 1973. *Cluster Analysis for Applications*. New York: Academic Press, Inc.
- Anderson R., Hamalainen M., Aman P. 1994. Predictive modeling of bread-making performance and dough properties of Wheat. *J. Cereals Sci.* 20: 129 — 138.
- Badea A., Eudes F., Graf R. J., Laroche A., Gaudet D. A., Sadasivaiah R. S. (2008). Phenotypic and marker-assisted evaluation of spring and winter wheat germplasm for resistance to fusarium head blight. *Euphytica* 164: 803 — 819
- Banaszak Z., Majchrzycki D. 2006. Pszenica jakościowa- od hodowcy do młynarza. *Przegląd Zbożowo-Młynarski*: 17 — 19.
- Bichonński A. 1995. Ocena wybranych cech technologicznych z kolekcji pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*. 194. 131 — 138.
- Blashfield R. K., Aldenderfer M. S. 1978. The Literature on Cluster Analysis. *Multivariate Behavioral Research*. 13: 271 — 295.
- Branlard G., Dardevet, M., Saccomano R., Lagoutte F., Gourdon J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality *Euphytica* 119: 59 — 67.
- Caliński T., Harabasz J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Comm. Stat.* 3: 1 — 27.
- Ceglińska A., Cacak Pietrzak. G., Haber T. 2003. Współzależność pomiędzy cechami jakościowymi rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 230: 65 — 70.
- 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.
- Crossa J., Franco J. 2004. Statistical method for classifying genotypes. *Euphytica* 137: 19 — 37.
- Cygankiewicz A. 1997. Wartość technologiczna ziarna materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na tle badań własnych i światowych. *Biul. IHAR* 204: 219 — 238.
- Everitt B. S. 1984. *An Introduction to Latent Variable Methods*. London: Chapman & Hall.
- Fufa H., Baenziger P.S., Beecher B.S., Dweikat I., Graybosch R.A., Eskridge K. M. 2005. Comparison of phenotypic and molecular marker-based classifications of hard red winter wheat cultivars *Euphytica* 145: 133 — 146.
- Graybosch R., Paterson C. J., Moore K. J., Steams M., Grant D. J. 1993. Comparative effects of wheat flour protein, lipid and pentosan composition in relation to baking and milling quality. *Cereal Chem.* 70: 95 — 101.
- Gregorczyk A., Smagacz J., Hury G., Ułasik S. 2008. Zastosowanie metod wielowymiarowych do oceny współzależności cech użytkowych ziarna i mąki wybranych odmian pszenicy ozimej. *Coll. Biom.* 38: 23 — 31.
- Harman, H. H. 1976. *Modern Factor Analysis*, Third Edition, Chicago: University of Chicago Press.

- Kolliker R., Bollner B., Widmer F. 2005. Marker assisted polycross breeding to increase diversity and yield in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) Euphytica 146: 55 — 65.
- Jackson, J. E. 1980. Principal Components and Factor Analysis: Part I – Principal. Components, Journal of Quality Technology, 12, 201 — 213.
- Johansson E. 2002. Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number, amylase activities, and protein concentration and composition. Euphytica 126: 143 — 149.
- Lawley, D. N. and Maxwell, A.E. 1971. Factor Analysis as a Statistical Method. New York: American Elsevier Publishing Company.
- Liu J., Liu L., Hou N., Zhang A., Liu C. 2007. Genetic diversity of wheat gene pool of recurrent selection assessed by microsatellite markers and morphological traits. Euphytica 155: 249 — 258.
- Liu J., He Z., Zhao Z., Pena R., Rajaram S. 2003. Wheat quality traits and quality parameters of cooked dry white Chinese Noodles. Euphytica 131: 147 — 154.
- Mądry W. 1997. Studia statystyczne nad wielowymiarową oceną zróżnicowania cech ilości w kolekcjach zasobów genowych zbóż. Wydawnictwo SGGW: Rozprawy Naukowe i Monografie, Warszawa.
- Pecina M., Gunjaca J. 2000. Multivariate distance and classification of winter wheat breeding program. 22 Int. Conf. Information Technology Interphases ITI 2000. Pula, Croatia: 232 — 328.
- Santos T. M., Gananca F., Slaski J., Miguel A., Pinheiro de Carvalho A. 2009. Morphological characterization of wheat genetic resources from the Island of Madeira, Portugal. Genet Resour Crop. Vol. 56: 363–375.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.1 users guide. Cary, NC, USA: SAS Publishing. SAS Institute Inc.
- Sarle W. S. 1983, The Cubic Clustering Criterion. SAS Technical Report A-108, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Spath H. 1980. Cluster Analysis Algorithms, Chichester, England: Ellis Horwood.
- Sieczko L. 2003. Kryterium wstępnego przecięcia dendrogramu w hierarchicznej analizie skupień. Coll. Biom. 23: 249 — 258.
- Sieczko L., Mądry W., Zieliński A. 2006. Zastosowanie analizy składowych w badaniach nad wielocechową charakterystyką zmienności genetycznej w kolekcjach zasobów genowych pszenicy twardej (*Triticum durum* L.) Coll. Biom. 34. 223 — 239.
- Sorrels M.E. 2007. Application of new knowledge, technologies, and strategies to wheat improvement. Euphytica 157: 299 — 306.
- Śmiałowski T. 2004. Ocena rodów pszenicy ozimej z polskiej hodowli w doświadczeniach przed rejestrowych w roku 2004. Biul. IHAR 235: 13 — 22.
- Śmiałowski T., Stachowicz M. 2007. Ocena wartości technologicznej nowych polskich rodów i odmian pszenicy ozimej z doświadczeń wstępnych w latach 2005–2006. Biul. IHAR: 57 — 66.
- Śmiałowski T., Stachowicz M. 2008. Wykorzystanie analizy ścieżek do oceny współzależności pomiędzy cechami technologicznymi pszenicy ozimej. Coll. Biom. 38: 79 — 87.
- Ward J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. Journal of the American Statistical Association 58: 236 — 244.
- Wolfe, J. H. 1970. Pattern Cluster by Multivariate Mixture Analysis. Multivariate Behavioral Research 5: 329 — 350.
- Wikstrom K., Bohlin L. 1996. Multivariate analysis as a tool to predict bread volume from mixograph parameters. Cereal Chem. 73 (6): 686 — 690.
- Zhang Y., Zhang Y., He Z., Ye G. 2005. Milling quality and protein properties of autumn-sown Chinese wheat evaluated through multi-location trials. Euphytica 143: 209 — 222.

RYSZARD WEBER¹**DARIUSZ ZALEWSKI**²**JAN KACZMAREK**²¹ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy

Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

² Katedra Genetyki, Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Analiza zmienności masy tysiąca ziaren odmian pszenicy ozimej w seriach doświadczeń PDO na Dolnym Śląsku*

Variability analysis of thousand-grain weight of winter wheat varieties on the post-registration experiments (PDO) in Lower Silesia

W latach 2004–2006 oceniano stabilność masy tysiąca ziaren (MTZ) jedenastu odmian pszenicy ozimej na podstawie wyników Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Badania przeprowadzono w pięciu stacjach doświadczalnych różniących się warunkami glebowymi i klimatycznymi. Analizowano masę tysiąca ziaren 11 odmian w dwu wariantach uprawy. Wariant intensywny różnił się od standardowego wyższym o 40 kg/ha nawożeniem azotowym, pełną ochroną chemiczną przed chorobami grzybowymi, stosowaniem antywylegacza oraz dolistnym dokarmianiem roślin preparatem wieloskładnikowym. Celem pracy była analiza stabilności masy tysiąca ziaren 11 odmian pszenicy ozimej w zależności od warunków przyrodniczych Dolnego Śląska. Istotna interakcja odmian ze środowiskami stacji doświadczalnych wskazuje na zróżnicowaną reakcję masy tysiąca ziaren na warunki środowiska. Zmienne warunki pogodowe w trzech latach badań a szczególnie deficyt wody w okresie wegetacji roślin spowodowały mniejszą stabilność MTZ odmian pszenicy w miejscowościach Naroczyce i Tarnów. Stabilność masy tysiąca ziaren w dużym stopniu uwarunkowana jest genetycznie, jednak niektóre odmiany odznaczają się znaczną zmiennością tej składowej plonu.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, masa tysiąca ziaren, pszenica ozima

In 2004–2006, the stability of weight of thousand grains in winter wheat cultivars was estimated based on the results of Post-registration Variety Testing System (PDO) experiments. The study was conducted at five experimental sites differing in edaphic and climatic conditions. Weight of thousand grains in eleven cultivars grown in two cultivation variants was determined. The intensive variant as compared to the standard one, included nitrogen fertilization higher by 40 kg/ha, full chemical control of fungal diseases and application of a growth factor and foliar feeding of the plants with a multi-component nutrient. Significant interaction of the cultivars with the environments indicates that the

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

performance of particular winter wheat genotypes can vary depending on the location. Changing weather conditions in three years of the study, and especially water deficit during the vegetation season of plants, resulted in the decreased stability of weight of thousand grains in the investigated cultivars in the environments of Naroczyce and Tarnów. Stability of thousand-grain weight is a feature largely determined by genetics, but some cultivars show quite high variability of this yield component.

Key words: genotype by environment interaction, winter wheat, weight of thousand grains

WSTĘP

Obecnie gatunkiem dominującym w strukturze zasiewów Polski i Europy Zachodniej jest pszenica ozima. Poszukiwane są odmiany charakteryzujące się wysokim i stabilnym plonem w warunkach obniżonej intensywności uprawy (Brancourt-Hulmel i in., 2005). Wyniki badań na obszarze Polski wykazały zróżnicowaną reakcję odmian na poziom nawożenia i intensywność ochrony roślin (Kulig i in., 2001; Oleksiak i Mańkowski, 2005; Laudański i in., 2007). Nowe odmiany powinny być w początkowym okresie rozwoju konkurencyjne w stosunku do chwastów, wykazywać przyspieszone wschody, odporność na zasolenie gleby jak również na niedobory wody w trakcie wegetacji roślin (Brancourt-Hulmel i in., 2003; Farooq i Azam, 2007; Joshi i in., 2007). Większość publikacji stwierdza, że podstawowymi składowymi plonu jest liczba kłosów z jednostki powierzchni, liczba ziaren z kłosa i masa tysiąca ziaren — MTZ (Van Oosterom i in., 2006; Gonzalez i in., 2007). Wysokie plony są najczęściej uwarunkowane wysokimi wartościami dwóch składowych przy małej redukcji trzeciego komponentu (Mądry i in., 2007 a). Składowe plonu kształtują sumaryczny plon ziarna w zróżnicowany sposób. Często obserwowanym zjawiskiem jest ich kompensacja (Vargas i in., 2007; Weber i Biskupski, 2007). Kompensacja komponentów plonu jest wynikiem efektów plejotropowych, sprzężenia genów lub może być wywołana sekwencyjnym kształtowaniem składowych w trakcie ontogenezy jak również współzawodnictwem roślin o makro- i mikroelementy (Mądry i in., 2007 a, b; Moragues i in., 2006). Badania Mądrego (2007 a) wykazały, że odmiany różnią się znacznie pod względem składowych plonu w poszczególnych środowiskach. Często zmienność składowych plonu pomiędzy badanymi miejscowościami jest większa niż zróżnicowanie plonów ziarna analizowanych odmian. Dlatego analiza poszczególnych składowych może się przyczynić do lepszego zrozumienia efektów interakcji genotypowo-środowiskowych dla plonów badanych odmian. Zwykle stwierdza się, że masa tysiąca ziaren jest komponentem odznaczającym się mniejszą reakcją na zmiany środowiska (Drzazga i Krajewski, 2006; Matysik i in., 2007). Wysoka odziedziczalność (powtarzalność) w szerokim sensie, uzyskana w wielu seriach doświadczeń, świadczy również o silnej genetycznej determinacji tej cechy (Nawracała, 2004). Jednak nieliczne doniesienia oceniające stabilność masy tysiąca ziaren w zróżnicowanych środowiskach skłaniają do tego, aby tę składową plonu dokładnie przeanalizować pod względem jej zmienności w zależności od warunków glebowo-klimatycznych, pogodowych i uprawowych.

Celem pracy była analiza stabilności masy tysiąca ziaren kilku odmian pszenicy ozimej w warunkach Dolnego Śląska na podstawie doświadczeń Porejstrowego Doświadczalnictwa Odmianowego.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Analizę stabilności masy tysiąca nasion wykonano na podstawie doświadczeń Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) w pięciu miejscowościach na Dolnym Śląsku (tab. 1, 2).

Tabela 1

Warunki środowiska w miejscowościach w serii doświadczeniach PDO w latach 2004–2006
Environmental conditions at locations of PDO experiments in 2004–2006

Wyszczególnienie Specification	Tarnów	Naroczycze	Zybiszów	Tomaszów	Krościna
Kompleks gleb Soil complex	2	4	1	5	2
Klasa bonitacyjna gleby Soil bonitation class	IIIa	IVa	II	IVb	IIIa
Zasobność gleby P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ content in soil	17,7	17,1	31,0	21,2	85,0
Zasobność gleby K ₂ O K ₂ O content in soil	25,0	20,6	43,4	13,6	24,8
Zasobność gleby Mg Mg content in soil	12,6	6,0	8,4	7,4	7,8
pH gleby pH of soil	6,1	6,5	7,0	6,4	6,6
Nawożenie N na poziomie a1 Nitrogen rates a1 (kg/ha)	110	80	120	130	150
Nawożenie N na poziomie a2 Nitrogen rates a2 (kg/ha)	150	120	160	170	190
Nawożenie P ₂ O ₅ Phosphoric rates (kg/ha)	64	90	80	56	54
Nawożenie K ₂ O K ₂ O fertilization	104	84	100	116	111
Zaprawa nasienna Seed dressing	Funaben T	Funaben T	—	Sarfun T	Funaben T
Herbicyd Herbicide	Arelon Fox	Chwastox Lentipur	Granstar 15 Starane 0,4 l	Cougar	Chisel 60g Granstar 10
Fungicydy na a2 Fungicide a2	Juvel, Tango	Alert 1 l	Amistar Juvel	Juvel, Tango	Alert 1 l
Nawóz dolistny na a2 Foliar fertilization – a2	Plonvit	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Plonvit Z

W doświadczeniach rozpatrywano 11 odmian w wariantach uprawy podstawowym i intensywnym. Poziom intensywny różnił się od standardowego wyższym o 40 kg/ha nawożeniem azotowym, pełną ochroną chemiczną przed chorobami grzybowymi, stosowaniem antywylegacza oraz dolistnym dokarmianiem roślin preparatem wieloskładnikowym. Nawożenie pozostałymi makroelementami oraz inne zabiegi agrotechniczne wykonywano w jednakowym zakresie na wszystkich poletkach analizowanych doświadczeń. Każde doświadczenie było założone w układzie pasów prostopadłych w 2 powtórzeniach.

Tabela 2

Wartości średnie masy tysiąca nasion (g) badanych odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO w latach 2004–2006

Means of thousand grain weight (g) for tested cultivars of winter wheat in PDO experiments in 2004–2006

genotyp genotype	Wariant standardowy uprawy — Standard cultivation variant				
	miejscowości — locations				
	Naroczyce	Zybiszów	Tarnów	Tomaszów	Krościna
Kobra	46,04	43,75	50,81	48,31	49,23
Tonacja	46,04	45,43	49,36	47,53	51,66
Finezja	44,64	40,95	47,95	44,43	46,27
Mewa	50,81	46,63	52,35	46,41	53,37
Zyta	48,46	44,91	52,39	49,12	51,57
Soraja	48,02	45,40	53,38	48,79	51,07
Sukces	46,49	46,77	49,82	49,16	51,16
Nadobna	40,19	40,34	47,27	42,75	48,60
Rapsodia	44,42	42,47	49,03	46,46	48,75
Rubens	36,90	32,85	43,95	35,46	42,03
Trend	49,36	44,67	50,08	45,87	50,27
Wariant intensywny uprawy — Intensive cultivation variant					
Kobra	47,03	45,96	53,08	46,90	51,52
Tonacja	44,68	46,71	54,36	46,05	51,53
Finezja	41,97	42,40	50,26	45,48	47,43
Mewa	48,01	46,91	54,33	45,78	53,94
Zyta	45,38	46,56	54,06	47,51	50,83
Soraja	46,70	44,98	55,05	46,48	52,57
Sukces	45,09	46,18	51,59	46,13	50,61
Nadobna	40,28	42,55	49,87	41,78	49,07
Rapsodia	44,13	43,40	51,01	42,14	48,89
Rubens	37,04	34,98	46,27	35,28	42,77
Trend	46,24	45,37	52,84	45,39	48,47

Analizowano 3-letni okres badań tych odmian pszenicy w latach 2004–2006 (lata zbioru). Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 10 m². Warunki atmosferyczne w zimie na przełomie roku 2004/2005 nie stwarzały zagrożeń dla wegetacji odmian pszenicy ozimej. Niekorzystny rozkład opadów w trakcie wegetacji pszenicy oraz późna i chłodna wiosna w tym rejonie uprawy, spowodowały znaczne zróżnicowanie masy tysiąca ziaren w poszczególnych miejscowościach. Deficyt wody w maju lub czerwcu w stacjach doświadczalnych na glebach lżejszych wpłynął obniżenie tej składowej plonu. Zima na przełomie roku 2005/2006 oznaczała się zwiększonymi opadami, niestety susza pod koniec wegetacji roślin wywarła negatywny wpływ na wielkość plonów i masę tysiąca nasion odmian pszenicy ozimej. Na podstawie warunków atmosferycznych trzylecia można stwierdzić, że podstawowym czynnikiem różnicującym masę tysiąca ziaren badanych odmian w analizowanym trzyleciu były zróżnicowane opady deszczu w badanych punktach doświadczalnych. Obliczenia przeprowadzono biorąc za podstawę średnią masę tysiąca nasion uzyskaną z każdego poletka w 5 miejscowościach w okresie 3 lat. Analizę statystyczną zmienności masy tysiąca ziaren wykonano na podstawie metody zaproponowanej przez Calińskiego i wsp. (1987). W badaniach wykorzystano program Sergen 4. Analiza statystyczna w tym programie opiera się na następującym modelu matematycznym: $Y_{ijk} = \mu_i + \alpha_i^E(j,k) + e_{ijk}^*$, gdzie: μ_i oznacza przeciętny potencjalny plon

genotypu i , natomiast $\alpha_i^E(j,k)$ oznacza reakcję plonowania genotypu i na warunki środowiskowe miejsca, w którym założono doświadczenie w miejscowości j oraz roku k . Średni błąd ważony dla genotypu i w miejscowości j oraz roku k oznaczono symbolem e_{ijk}^* . Przyjmuje się że, μ_i jest efektem stałym modelu, a składniki $\alpha_i^E(j,k)$ oraz e_{ijk}^* są zmiennymi losowymi. Obliczenia wykonano oddzielnie dla wariantu intensywnego i standardowego uprawy.

WYNIKI BADAŃ

Wstępna analiza wariancji masy tysiąca ziaren dla wariantu uprawy intensywnej lub standardowej w każdym środowisku (miejscowości $\times$ lata), miejscowości i roku wykazała znaczące różnice w masie tysiąca ziaren pomiędzy analizowanymi odmianami pszenicy ozimej.

Tabela 3

Łączna analiza wariancji dla MTZ odmian pszenicy ozimej w serii doświadczeń PDO w latach 2004–2006

Overall analysis of variance for thousand-grain weight of winter wheat cultivars in PDO experiments in 2004–2006

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody N. of degrees of freedom	Wariant standardowy Standard cultivation variant Średni kwadrat Mean square	Wariant intensywny Intensive cultivation variant Średni kwadrat Mean square
Lata — Years	2	902,39**	1224,34**
Miejscowości — locations	4	9,45*	458,26*
Środowiska (lata $\times$ miejscowości) Environments (years $\times$ locations)	8	34,39**	80,78**
Odmiany — cultivars	10	173,66**	137,98*
odmiany $\times$ lata cultivars $\times$ years	20	10,11	6,67
odmiany $\times$ miejscowości cultivars $\times$ locations	40	5,56	3,78
odmiany $\times$ środowiska cultivars $\times$ environments	80	7,24**	6,30**
Regresja wz. środowiska Regression on environments	10	9,99	15,65
Odchylenie od regresji Regression deviation	70	6,84**	4,96**
Błąd doświadczeń Experimental error	467	0,79	0,79

* Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Następnie przeprowadzono łączną analizę wariancji dla danych z miejscowości i lat (tab. 3), która umożliwiła weryfikację następujących hipotez:

- O równości wszystkich efektów głównych dla lat,
- O równości wszystkich efektów głównych dla odmian,
- O równości wszystkich efektów głównych dla miejscowości,
- O braku interakcji odmian z miejscowościami,
- O braku współdziałania odmian z latami,

— O braku interakcji odmian ze środowiskami (odmiany $\times$ miejscowości $\times$ lata).

W rozważanych wariantach standardowym i intensywnym hipotezy o równości efektów głównych dla lat, miejscowości i środowisk oraz o braku interakcji odmian ze środowiskami ($G \times E$) zostały odrzucone na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Natomiast z powodu zwiększonej liczby analizowanych odmian w porównaniu z miejscowościami nie było możliwości dokładnego testowania hipotezy o braku różnic między efektami głównymi genotypów. Zróżnicowaną reakcję odmian na zmiany warunków środowiska nie można wyjaśnić ich regresją liniową względem efektów środowiskowych. Istotne odchylenia od regresji w obu rozważanych wariantach wskazują, że interakcja odmian z badanymi środowiskami nie może być opisana prostą zależnością regresyjną.

W tabeli 4 przedstawiono odchylenia poszczególnych odmian od średniej masy tysiąca nasion oraz wartości statystyki F dla interakcji odmian z latami, miejscowościami i środowiskami. W wariacie standardowym i intensywnym uprawy Mewa, Zyta i Soraja odznaczały się dodatnimi efektami głównymi. Odmiany te w analizowanych środowiskach odznaczają się istotnie wyższą masą tysiąca ziaren w porównaniu do średniej ogólnej wszystkich badanych obiektów.

Tabela 4

Testowanie poszczególnych odmian i ich interakcji z środowiskami w doświadczeniach PDO dla MTZ
Testing of cultivars and their interaction with environments in PDO experiments for thousand-grain weight

Odmiana Cultivar	Wariant standardowy — Standard variant			Wariant intensywny — Intensive variant		
	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat.F dla efektu głównego F stat for main effect	stat. F dla interakcji ze środowiskami ¹ F stat. for interaction with environments	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat.F dla efektu głównego F stat for main effect	stat. F dla interakcji ze środowiskami F stat. for interaction with environments
Kobra	0,89	2,13	7,84	1,955*	35,09	2,26
Tonacja	1,27*	18,71	1,80	1,722*	14,55	4,23
Finezja	-1,88	2,80	26,25	-1,433	2,70	15,79
Mewa	3,18*	23,52	8,94	2,851*	32,65	5,17
Zyta	2,56*	61,54	2,21	1,927*	60,14	1,28
Soraja	2,60*	14,48	9,71	2,213*	6,27	16,24
Sukces	1,95*	34,14	2,31	0,977*	4,46	4,45
Nadobna	-2,90*	30,98	5,65	-2,235*	11,84	8,76
Rapsodia	-0,51	0,31	17,15	-1,026	2,11	10,38
Rubens	-8,49*	131,78	11,37	-7,67*	79,72	15,34
Trend	1,32	5,17	6,98	0,720	3,30	3,27
Wartości krytyczne $\alpha=0,05$ Critical value		5,32	1,96		3,84	1,96

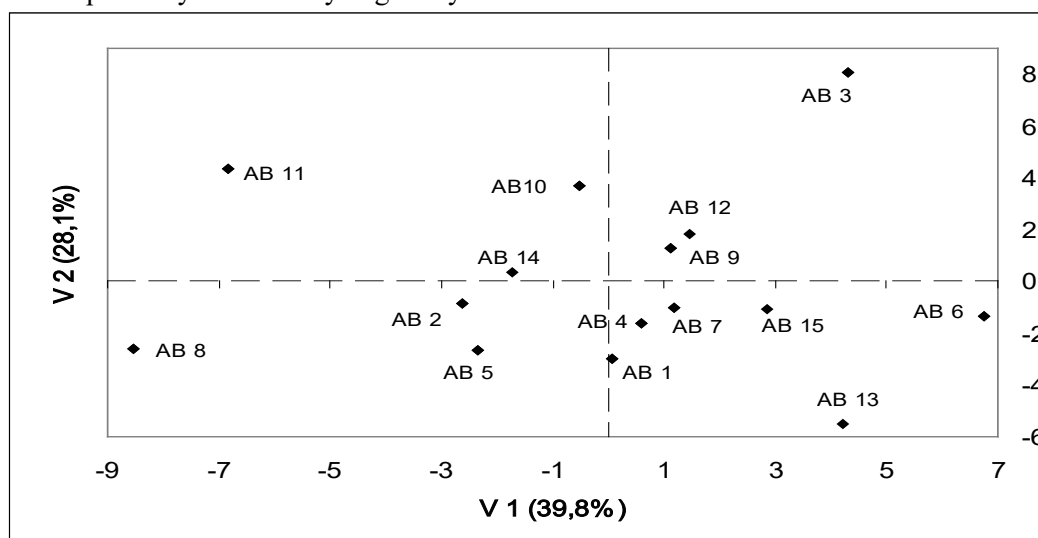
*- Istotne na poziomie istotności $\alpha = 0,05$; Significant at $\alpha = 0.05$

¹ Środowiska (lata $\times$ miejscowości); Environments (years $\times$ locations)

Niższą masą tysiąca ziaren w 5 analizowanych miejscowościach charakteryzowały się odmiany Rubens i Nadobna. Większość odmian odznaczała się nie stabilną masą tysiąca ziaren w trzech analizowanych latach w 5 miejscowościach co wskazuje na istotne efekty

interakcji $G \times E$. Jedynie Tonacja w wariancie standardowym i Zyta w systemie intensywnym charakteryzowały się wysoką stabilnością masy tysiąca nasion niezależną od lat badań i miejscowości. Świadczy o tym niska wielkość statystyki F interakcji z środowiskami dla tych odmian w porównaniu z wartością graniczną = 1,96.

Ocenę analizowanych środowisk i genotypów pod względem interakcji $G \times E$ przeprowadzono poprzez podział statystyki F tej interakcji na składniki odpowiadające poszczególnym kontrastom między genotypami. Odpowiednia statystyka F wyrażona w procentach statystyki F dla interakcji $G \times E$ z ogólnej analizy wariancji pokazuje, jaką część tej interakcji pochłania dany kontrast. W celu graficznego przedstawienia zmienności MTZ w środowiskach w przestrzeni dwuwymiarowej wykorzystano metodę składowych głównych. Rysunek 1 przedstawia rozmieszczenie środowisk na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych składowych głównych.



Środowiska; Environments

2004	2005	2006
AB1 — Naroczyce	AB6 — Naroczyce	AB11 — Naroczyce
AB2 — Zybyszów	AB7 — Zybyszów	AB12 — Zybyszów
AB3 — Tarnów	AB8 — Tarnów	AB13 — Tarnów
AB4 — Tomaszów	AB9 — Tomaszów	AB14 — Tomaszów
AB5 — Krościna	AB10 — Krościna	AB15 — Krościna

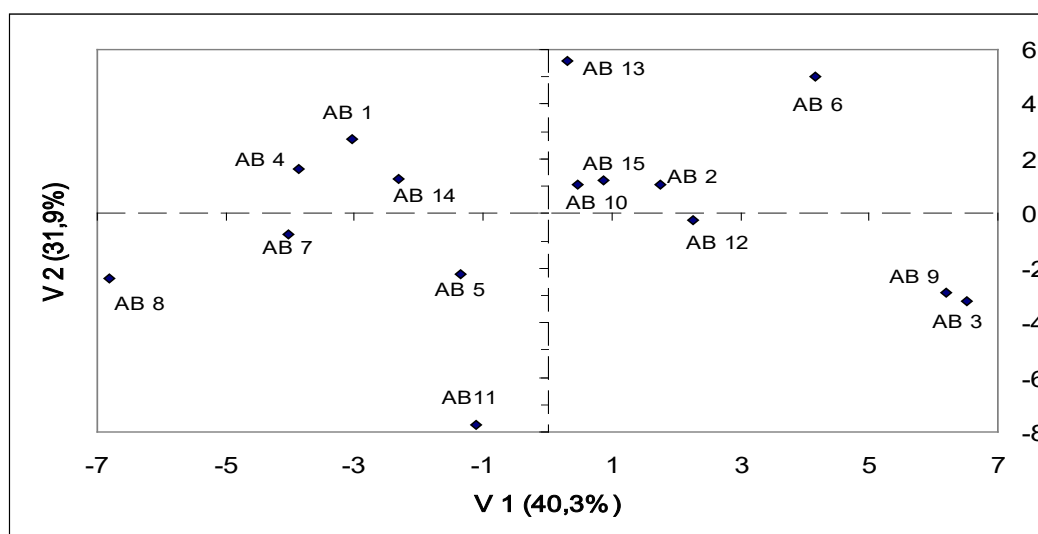
Rys. 1. Przedstawienie środowisk dla MTZ w układzie składowych głównych — wariant standardowy
Fig. 1. Distribution of environments for thousand-grain weight in the system of principal components — standard variant

Środowisko o wysokim udziale w interakcji $G \times E$ odznacza się dużą odległością od początku układu współrzędnych. Analizując wariant standardowy można stwierdzić, że bliskie sąsiedztwo punktów AB4, AB9 i AB14 reprezentujących środowisko Tomaszów w latach 2004, 2005 i 2006. Niewielkie oddalenie tych punktów od początku układu świadczy o małym wpływie warunków pogodowych na zróżnicowanie masy tysiąca ziaren w tej

stacji oceny nasion i dobrej reprezentacji tej miejscowości dla obszaru Dolnego Śląska w różnych warunkach pogodowych lat.

Większym udziałem w sumie kwadratów odchyleń interakcji genotypowo środowiskowej cechowały się środowiska Kobierzyce (AB5, AB10, AB15) i Zybiszów (AB2, AB7 i AB12). Świadczą o tym większe odległości wymienionych punktów od początku układu współrzędnych. Największy udział w sumie kwadratów odchyleń dla interakcji $G \times E$ wykazują środowiska AB3, AB8 i AB13 oraz AB6 i AB11 oznaczające miejscowości Tarnów i Naroczycze. Wymienione stacje oceny nasion wywierały znacznie zróżnicowany wpływ na masę tysiąca nasion badanych odmian w poszczególnych latach badań w porównaniu do innych stacji.

Rysunek 2 przedstawia środowiska w układzie dwu pierwszych składowych głównych dla wariantu intensywnego.



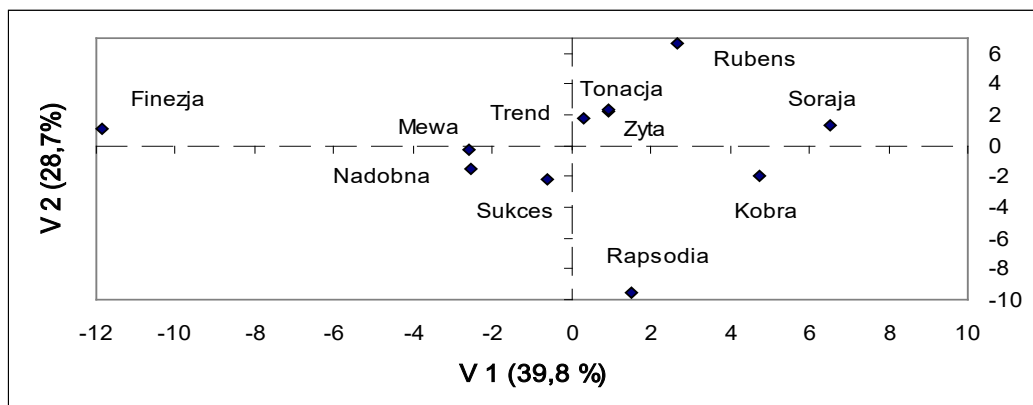
Rys. 2. Przedstawienie środowisk dla MTZ w układzie składowych głównych — wariant intensywny
Fig. 2. Distribution of environments for thousand-grain weight in the system of principal components — intensive variant

Porównując rysunek 1 z rozmieszczeniem środowisk w wariancie intensywnym można stwierdzić znaczne różnice ułożenia punktów określających poszczególne miejscowości w tym systemie uprawy. W wariancie intensywnym uprawy najmniejszą zmienność masy tysiąca ziaren w latach 2004–2006 stwierdzono w miejscowości Kobierzyce (AB5, AB10 i AB15). Położenie tych punktów blisko początku układu wskazuje również na znaczne podobieństwo średnich masy tysiąca ziaren odmian w tej stacji z średnimi wynikami uzyskanymi na terenie Dolnego Śląska. Pewnym podobieństwem pod względem zmienności tego komponentu plonu u odmian cechuje się środowisko Zybiszów. Świadczą o tym małe odległości euklidesowe pomiędzy punktami AB15, AB10 i AB2, AB12. Do drugiej grupy środowisk odznaczających się zwiększonym wpływem na zmienność

analizowanego komponentu plonu u odmian należy zaliczyć Tomaszów (AB4 — 2004 rok, AB14 — 2006 rok) i Naroczyce AB1 — 2004. Środowiska te mieszczą się w lewej górnej ćwiartce wykresu. Odmienny wpływ na zmienność masy tysiąca nasion odmian wywierają środowiska Tomaszów (AB9 — 2005 rok) i Tarnów (AB3 — 2004 rok) wstępujące w prawej dolnej ćwiartce omawianego wykresu. W wariancie intensywnym uprawy środowiska AB3, AB8 i AB13 oraz AB6 i AB11 oznaczające miejscowości Tarnów i Naroczyce wykazywały masę tysiąca ziaren w dużym stopniu uzależnioną od zmiennych warunków klimatycznych w danym roku badań. Świadczy o tym duży rozrzut punktów w układzie dwóch pierwszych składowych głównych.

Znaczne odległości punktów reprezentujących poszczególne stacje w latach w wariancie intensywnym lub ekstensywnym upraw wskazują na dużą odmienną zróżnicowania masy tysiąca ziaren badanych odmian pszenicy ozimej w zależności od typu gleby, nawożenia lub środków ochrony roślin jak również warunków atmosferycznych panujących w danym roku.

Posługując się analizą składowych dualnych można także analizować strukturę interakcji $G \times E$ ze względu na odmiany. Wektorowe przedstawienie odmian w układzie składowych głównych dla wariantu standardowego przedstawiono na rysunku 3.



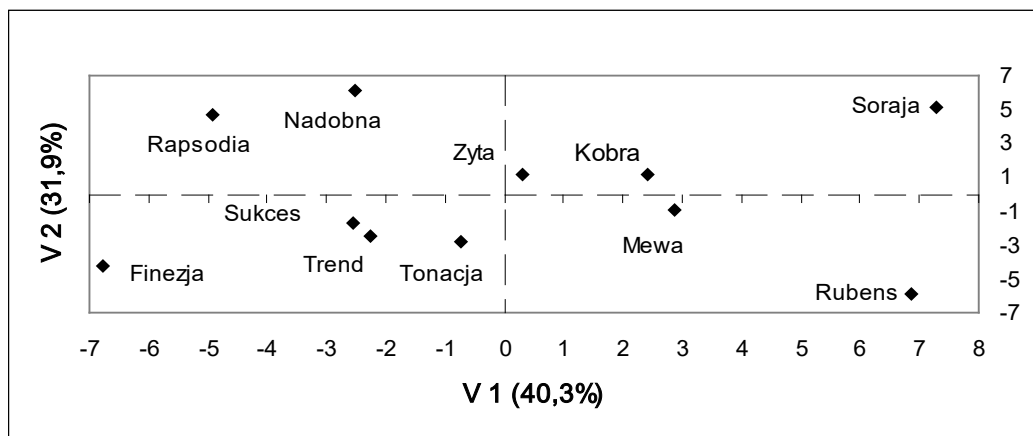
Rys. 3. Wektorowe przedstawienie odmian dla MTZ interakcji (odmiany $\times$ środowiska) w układzie składowych głównych — wariant standardowy

Fig. 3. Vectors of cultivars for thousand-grain weight for ($G \times E$) interaction in the system of principal components — standard variant

Wielkość interakcji odmian ze środowiskami obrazuje długość wektora wyprowadzonego od punktu dla każdej odmiany do początku układu. Na podstawie wykresu obrazującego wariant standardowy uprawy można wyróżnić odmiany Trend, Zyta i Tonacja nie wykazujące znacznej interakcji z analizowanymi środowiskami pod względem masy tysiąca ziaren. Są to odmiany stabilne dla MTZ. Do drugiej grupy odmian wykazujących odmienną reakcję na uprawę w badanych miejscowościach lecz również o niskiej interakcji $G \times E$ i stabilności dla MTZ należy zaliczyć odmiany Mewa, Nadobna i Sukces.

Trzecią grupę odmian o większym udziale w sumie kwadratów odchyłeń dla interakcji $G \times E$ wykazują w wariancie standardowym odmiany Rapsodia i Kobra. Są to odmiany niestabilne dla MTZ. Odmiany te odznaczają się bardziej zróżnicowaną masą tysiąca ziaren w badanych środowiskach niż pozostałe obiekty. Znacznie odmienną reakcją na analizowane środowiska odznacza się odmiana Finezja występująca w lewej górnej ćwiartce analizowanego wykresu. Odmiana ta charakteryzuje największym udziałem w sumie kwadratów odchyłeń dla interakcji $G \times E$.

W wariancie intensywnym (rys. 4) podobną reakcją na zmienne warunki środowiskowe odznaczają się odmiany Kobra i Mewa. Drugą grupę tworzą odmiany Sukces, Trend i Tonacja znajdujące się w lewej dolnej ćwiartce wykresu. Nieco większym udziałem w interakcji $G \times E$ odznaczają się odmiany Rapsodia i Nadobna. Odmiana Zyta znajduje się blisko początku układu współrzędnych i wykazuje najmniejszą interakcję z środowiskiem. Natomiast odmiany Soraja, Rubens lub Finezja stanowią odrębne grupy jednoelementowe o znacznej odmiennej reakcji (pod względem masy tysiąca ziaren) na uprawę w analizowanych środowiskach.



Rys. 4. Wektorowe przedstawienie odmian dla MTZ interakcji (odmiany $\times$ środowiska) w układzie składowych głównych — wariant intensywny

Fig. 4. Vectors of cultivars for thousand-grain weight for ($G \times E$) interaction in the system of principal components — intensive variant

Głównym czynnikiem różnicującym masę tysiąca nasion wymienionych odmian były prawdopodobnie niewyrównane opady deszczu w okresie formowania się ziarna w kłosie w analizowanych miejscowościach. Wprawdzie w warunkach kompleksów pszennych (Tarnów, Krościna) można stwierdzić tendencję do wyższej masy tysiąca ziaren badanych odmian, jednak niedobory wody w glebie w krytycznych fazach rozwoju pszenicy wpłynęły w największym stopniu na wielkość tego komponentu plonu. Powyższy wniosek potwierdzają badania innych autorów (Kulig i in., 2001). Głównym powodem niższej masy tysiąca ziaren odmian na glebach lekkich były również niedobory wody w okresie wegetacji pszenicy co potwierdza również w swych badaniach Mittler (2000).

Przedstawione wyniki badań wskazują, że stabilność masy tysiąca ziaren w dużym stopniu uwarunkowana genetycznie, podlega jednak znacznym zmianom w zależności od sposobu uprawy roli. Część odmian w warunkach standardowego wariantu uprawy odznacza się na obszarze Dolnego Śląska zwiększoną stabilnością. Są to odmiany Tonacja i Trend. Natomiast intensywny system uprawy sprzyja zwiększonej stabilności MTZ u odmiany Zyta. Na uwagę zasługuje również grupa odmian (Finezja, Rapsodia, Rubens, Soraja) odznaczająca się znaczną niestabilnością masy tysiąca ziaren w warunkach Dolnego Śląska zarówno w wariancie intensywnym jak również standardowym uprawy.

WNIOSKI

1. Istotna interakcja genotypowo-środowiskowa wskazuje na nie jednakową reakcję badanych odmian pod względem masy tysiąca ziaren na zróżnicowane warunki przyrodnicze i pogodowe.
2. Największym udziałem w sumie kwadratów odchyłeń dla interakcji $G \times E$ odznaczały się stacje Naroczyce i Tarnów niezależnie od intensywności uprawy. Zróżnicowanie odmian pod względem masy tysiąca ziaren w tych miejscowościach było także nie jednakowe w poszczególnych latach badań.
3. Zróżnicowane pod względem intensywności systemy uprawy spowodowały znaczne różnice w stabilności masy tysiąca ziaren u analizowanych odmian. W wariancie standardowym uprawy najniższą interakcję $G \times E$ i największą stabilność stwierdzono u odmiany Tonacja natomiast w warunkach intensywnego sposobu uprawy u odmiany Zyta.

LITERATURA

- Brancourt-Hulmel M., Heurez E., Pluchard P., Beghin D., Depatureaux C., Giraud A., Le Gouis J. 2005. Indirect versus direct selection of winter wheat for low-input or high-input levels. *Crop Sci.* 45: 1427 — 1431.
- Brancourt-Hulmel M., Lecomte C. 2003. Effect of environmental varieties on genotype $\times$ environment interaction of winter wheat. *Crop Sci.* 43: 608 — 617.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years. I. Theory. *Biul. Oceny Odm.*, 10: 7 — 33.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987. A model for the analysis of series of experiments repeated at several places over a period of years. II. Example. *Biul. Oceny Odm.* 10: 35 — 71.
- Drzazga T., Krajewski P. 2006. Analiza zależności plonu od wybranych cech użytkowych na podstawie doświadczeń hodowlanych z pszenicą ozimą. *Biul. IHAR* 240/241: 5 — 11.
- Farooq S., Azam F. 2007. A new allopolyploid wheat for stressed lands and poverty alleviation. *Field Crops Res.* 100, (2/3): 369 — 373.
- Gonzalez A., Martin I., Ayerbe L. 2007. Response of barley genotypes to terminal soil moisture stress : phenology, growth, and yield. *Aust. J. Agric. Res.* 58: 29 — 37.
- Joshi A. K., Chand R., Arun B., Singh R. P., Ortiz R. 2007. Breeding crops for reduced-tillage management in the intensive, rice-wheat systems of South Asia. *Euphytica* 153 (1/2): 135 — 151.
- Kulig B., Kania S., Szafranski W., Zajac T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219, 117 — 126.

- Laudański Z., Mańkowski D. R., Sieczko L. 2007. Próba oceny technologii uprawy pszenicy ozimej na podstawie danych ankietowych gospodarstw indywidualnych. Część II. Ocena technologii uprawy. Biul. IHAR 244 : 45 — 57.
- Matysik P., Nita Z., Matysik E.. 2007. skuteczność kryteriów selekcji pszenicy ozimej w pokoleniu F4 na podstawie komponentów plonu. Biul. IHAR 244: 99 — 109.
- Mądry W. Gozdowski D., Rozbicki J, Pojmaj M., Samborski S. 2007 a. Związki między plonem ziarna a jego składowymi w populacji rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w trzech stacjach doświadczalnych. Biul. IHAR 245: 77 — 94.
- Mądry W. Gozdowski D., Rozbicki J, Pojmaj M., Samborski S. 2007 b. Formowanie się plonu ziarna przez jego składowe u rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w różnych warunkach środowiskowych. Biul. IHAR 244: 127 — 143.
- Moragues M., Gracia del Moral L. F., Moralejo M., Royo C. 2006. Yield formation strategies of durum wheat landraces with distinct pattern of dispersal within the Mediterranean basin. I Yield components. Field Crops Res. 95: 194 — 205.
- Mittler S. 2000. Ökoviabilität von Winterweizen unter Standortbedingungen Nordostdeutschlands. Dissertation Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin, 4 — 155.
- Nawracała J. 2004. Zarys genetyki zbóż – Genetyczne podstawy hodowli pszenicy (*Triticum aestivum* L.) t. 1, (praca zbior. Red. A. G.) Górný IGR PAN Poznań: 181 — 327.
- Oleksiak T., Mańkowski D.R. 2005. Interakcja odmian pszenicy ozimej w zmiennych warunkach środowiskowych na podstawie wyników badań ankietowych. Biul. IHAR 235: 5 — 11.
- Van Oosterom E. J., Weltzien E., Yadav O. P., Bidinger F. R. 2006. Grain yield components of pearl Millet under optimum conditions can be used to identify germplasm with adaptation to arid zones. Field Crop Res. 96: 407 — 421.
- Vargas M., Crossa J., Reynolds M.P., Dhungana P., Eskridge K. M. 2007. Structural equation modeling for studying genotype × environment interactions of physiological traits affecting yield in wheat. J. Agric. Sci. 145:151 — 161.
- Weber R. Biskupski A. 2007. Wpływ gęstości oraz terminu siewu na elementy struktury plonu i plon odmian pszenicy ozimej w warunkach gleby lekkiej. Acta Sci. Pol. Agricultura 6 (3): 77 — 85.

TADEUSZ DRZAZGA¹**JAKUB PADEREWSKI**²**WIESŁAW MĄDRY**²**PAWEŁ KRAJEWSKI**³¹ Hodowla Roślin Rolniczych „Nasiona Kobierzyc”² Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki SGGW³ Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu

Ocena rodzajów reakcji plonowania odmian pszenicy ozimej w doświadczeniach PDO na przestrzennie zmienne warunki przyrodnicze w kraju

The estimation of winter wheat field response to variable environmental conditions in post-registration cultivar trials

Analizowano wyniki plonowania 31 odmian pszenicy ozimej, uzyskane w wielokrotnej i wieloletniej (2005–2007) serii doświadczeń PDO wykonanych w 20 Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO), należących do COBORU przy pierwszym (niższym) poziomie intensywności agrotechniki. Celem pracy było określenie rodzajów funkcji średniej wieloletniej plonu ziarna odmian pszenicy ozimej pod wpływem zmiennych warunków przyrodniczych (środowiskowych) w Polsce. Na podstawie średnich z powtórzeń, stanowiących 3-kierunkową klasyfikację odmiany $\times$ miejscowości $\times$ lata (klasyfikacja GLY) wykonano trójczynnиковą analizę wariancji według modelu mieszanego. Dla średnich plonu poprzez lata (kombinacje GL), wykonano analizę AMMI. Badane odmiany pszenicy ozimej zostały podzielone na grupy o podobnym profilu efektów interakcji GL za pomocą analizy skupień metodą Warda. Odmiany w każdej takiej grupie jednorodnej podzielono na rozłączne podgrupy o jednorodnych średnich genotypowych stosując niehierarchiczną analizę skupień Calińskiego i Corstena (1985).

Słowa kluczowe: pszenica ozima, doświadczenia PDO, analiza AMMI, analiza skupień

The yields of 31 winter wheat cultivars were assessed in post-registration cultivar trials (PDO) done in the years 2005–2007 in 20 locations. The aim of this work was to determine the patterns of grain yield response to environmental conditions, as related to the multi-year means. For the three-way classification of the GLY (genotypes $\times$ locations $\times$ years) combinations, the analysis of variance according to the mixed model was done. The AMMI analysis was carried out on the GL combinations (means for replications and years). The genotypes were classified in groups on the basis of similar GL interaction effects, measured according to Ward's method of cluster analysis. The groups were divided into subgroups based on the uniform values of genotypic means for yield. Non-hierarchical cluster analysis, developed by Caliński and Corsten in 1985 was used.

Key words: winter wheat, post-registration cultivar trials, AMMI analysis, cluster analysis

WSTĘP

Głównym celem hodowli ważnych roślin rolniczych jest tworzenie nowych odmian o dużej zdolności adaptacyjnej do zmiennych warunków środowiskowych w obrębie danego rejonu uprawy. Zdolność adaptacyjna odmiany do zmiennych warunków środowiskowych wyraża się poprzez jej relatywne plonowanie względem innych odmian. Wyróżnia się dwa rodzaje adaptacji odmian, tj. szeroką i wąską. Odmiany plonujące relatywnie wysoko i stabilnie w obrębie dużego docelowego rejonu uprawy, zwykle o znaczącej zmienności warunków środowiskowych, nazywane są odmianami o szerokiej adaptacji. Natomiast, odmiany plonujące średnio relatywnie wysoko i stabilnie w obrębie podrejonu, zwykle o ograniczonej zmienności warunków środowiskowych, nazywane są odmianami o wąskiej adaptacji (Gauch i Zobel, 1997; Sivapalan i in., 2000; Annicchiarico, 2002 a, b; Mądry i in., 2003; Lillemo i in., 2005; Samonte i in., 2005; Annicchiarico i in., 2006; Gauch i in., 2008; Rodriguez i in., 2008; Roozeboom i in., 2008). Odmiany o szerokiej adaptacji mają większy potencjał plonowania i tolerancję na niesprzyjające warunki środowiskowe w porównaniu do odmian o wąskiej adaptacji (Singh i in., 2007; Trethowan i Crossa, 2007). Chociaż zwykle preferuje się odmiany o szerokiej adaptacji, to jednak dostrzegane są także zalety odmian o wąskiej adaptacji (Annicchiarico, 2002 a, b; Annicchiarico i in., 2006; Zhang i in., 2006; Singh i in., 2007).

Hodowla odmian o szerokiej lub wąskiej adaptacji pszenicy ozimej, podobnie jak innych roślin rolniczych, wymaga oceny i wykorzystania zarówno średniej genotypowej plonu (średniej poprzez miejscowości i lata w wielokrotnej i wieloletniej serii doświadczeń odmianowych) oraz efektów interakcji genotypowo-środowiskowej testowanych rodów w programie hodowlanym, złożonym z dwóch składowych, tj. posiadanej puli genowej i docelowego rejonu uprawy (Allard i Bradshaw, 1964; Yan i Hunt, 1998; Trethowan i in., 2002; Mądry i in., 2003; Annicchiarico, 2002 a, b; Annicchiarico i in., 2006; Mądry i in., 2006; Trethowan i Crossa, 2007; Roozeboom i in., 2008). Oceny średniej genotypowej plonu i efektów interakcji genotypowo-środowiskowej przypisane danej odmianie, tworzą empiryczną funkcję (krzywą) reakcji plonu odmiany na zmienne warunki przyrodnicze w badanych stacjach. Środowiskowe funkcje reakcji plonu odmian charakteryzują rodzaje ich adaptacji do różnorodnych warunków, tj. szeroką i wąską adaptację oraz relatywne nieprzystosowanie do danego rejonu uprawy. Wspomnianą ocenę rodzaju adaptacji nowo zarejestrowanych odmian ważnych gatunków roślin uprawnych wykonuje się w Polsce w ramach doświadczeń PDO. Dostarcza ona informacji niezbędnych w doskonaleniu doradztwa odmianowego i wdrażania odmian do uprawy w poszczególnych rejonach jednorodnych przyrodniczo lub w całym kraju.

Celem pracy było określenie rodzajów adaptacji odmian pszenicy ozimej na podstawie oceny ich funkcji reakcji plonu ziarna na przestrzennie zmienne warunki przyrodnicze (środowiskowe) w Polsce i przy stosowaniu pierwszego poziomu (A1) intensywności agrotechniki w doświadczeniach PDO.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny

W badaniach analizowano dane dla plonu ziarna 31 odmian pszenicy ozimej, uzyskane w wielokrotnej i wieloletniej (2005–2007) serii doświadczeń PDO wykonanych w 20 Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO), należących do COBORU przy pierwszym (niższym) poziomie intensywności agrotechniki. Doświadczenia PDO należały do tzw. serii L (z szerokim doбором odmian ustalany przez specjalistów COBORU) i były przeprowadzone na dwóch poziomach intensywności agrotechniki: A1 i A2. Poziom A1 (niższy, czyli umiarkowanie intensywny) nie obejmuje zabiegów ochrony roślin tylko standardowe nawożenie, dostosowane do warunków danej stacji doświadczalnej. Na poziomie A2 (wyższym, czyli intensywnym) stosowano zwiększone nawożenie azotem o 40 kg/ha w porównaniu do poziomu A1 oraz ochronę przed chorobami roślin i wyleganiem. Pozostałe zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne były takie same dla obu poziomów agrotechnicznych. Dla obu poziomów agrotechniki obsada ziaren podczas siewu na glebach kompleksów 1, 2, 3, 10 i 11 wynosiła od 400 do 450 szt./m² w zależności od odmiany. Na glebach kompleksu przydatności rolniczej 4 obsadę ziaren zwiększano o 50 szt./m², a na glebach kompleksu 5 — o 100 szt./m².

Tabela 1

Odmiany pszenicy ozimej badane w serii doświadczeń PDO przeprowadzonych w 20 Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO) i powtórzonych w latach 2005–2007
Winter wheat cultivars evaluated in post-registration (PDO) trials done in the years 2005–2007

Odmiana Cultivar	Rok Year	Hodowca Breeding company	Odmiana Cultivar	Rok Year	Hodowca Breeding company
Kobra Plus	1992	Nasiona Kobierzyc	Flair	2002	Hans Schweiger
Tonacja	2001	HR Strzelce	Aristos	2003	Saaten Union
Finezja	2002	HR Danko	Kobiera	2003	Nasiona Kobierzyc
Bogatka	2004	HR Danko	Nadobna	2003	PHR Tulce
Sakwa	1996	HR Strzelce	Rapsodia	2003	Monsanto
Kaja	1997	PHR Tulce	Rubens	2003	G.I.E Recherche
Mewa	1998	HR Danko	Rywalka	2003	HR Strzelce
Symfonia	1999	HR Smolice	Trend	2003	Lochow_petkus
Zyta	1999	HR Strzelce	Dorota	2004	RAGT Semences
Soraja	2000	HR Strzelce	Fregata	2004	HR Strzelce
Kris	2000	Monsanto	Satyna	2004	Nasiona Kobierzyc
Nutka	2001	HR Strzelce	Olivin	2004	RAGT Semences
Sława	2001	PHR Tulce	Smuga	2004	HR Danko
Sukces	2001	HR Strzelce	Zawisza	2004	HR Smolice
Turnia	2001	Małopolska Hodowla Roślin	Muza	2004	Małopolska Hodowla Roślin
Pegassos	2001	Saaten Union			

Liczba ocenianych odmian była różna w latach, od 36 do 41, natomiast liczba miejscowości (stacji) w latach wynosiła 21 lub 22. Do badań wykorzystano dane dla plonu ziarna tych 31 odmian pszenicy ozimej, które były badane we wszystkich 20 stacjach doświadczalnych PDO w 3 latach 2005–2007, ograniczając się do pierwszego poziomu (A1) intensywności agrotechniki. Zatem, kombinacje odmiany × miejscowości × lata stanowiły kompletną klasyfikację trójkierunkową krzyżową. Badane odmiany i ich ogólna

charakterystykę przedstawiono w tabeli 1, natomiast lokalizację stacji oceny odmian na rysunku 1. Z rysunku 1 wynika, że rozmieszczenie stacji doświadczalnych dobrze reprezentuje zmienność przestrzenną warunków przyrodniczych (glebowych, klimatycznych i biotycznych) w Polsce, ważnych dla uprawy pszenicy ozimej. Stacje te są ułożone także w głównych rejonach uprawy tego gatunku w kraju.



Rys. 1. Lokalizacja Stacji Doświadczalnych Oceny Odmian (SDOO), należących do COBORU, w których przeprowadzono wielokrotną serię doświadczeń PDO z odmianami pszenicy ozimej w latach 2005–2007

Fig. 1. Location map of the experimental stations at which the investigations were conducted

Doświadczenia PDO z serii L zakładano w dwóch powtórzeniach w dwuczynnikowym układzie split-block, zwanym także układem pasów prostopadłych (Elandt, 1964). Na jednych podblokach w obrębie bloków były rozlosowane odmiany (od 36 do 58, zależnie od miejscowości i roku), zaś na drugich podblokach były rozlosowane dwa poziomy intensywności agrotechniki. Powierzchnia poletek wynosiła 15 m². W niniejszym opracowaniu wykorzystano dane dla plonu ziarna, obserwowane dla pierwszego poziomu intensywności agrotechniki, czyli A1 (poziom przeciętny).

Analiza statystyczna danych

Dla danych, dotyczących plonu ziarna z poletka w każdej miejscowości i roku badań wykonano analizę wariancji jednoczynnikową w układzie losowanych bloków, oddzielnie dla każdego poziomu intensywności agrotechniki. Na podstawie średnich z powtórzeń, stanowiących 3-kierunkową klasyfikację odmiany $\times$ miejscowości $\times$ lata (klasyfikacja GLY) wykonano trójczynnikową analizę wariancji według modelu mieszanego, w której czynnikami stałymi były odmiany i miejscowości, zaś czynnikiem losowym były lata (SAS Institute, 2001).

Do oceny funkcji reakcji plonu ziarna na przestrzennie zmienne warunki środowiskowe w Polsce zastosowano nową metodę łącznej analizy AMMI i analizy skupień, opisaną w pracy Paderewskiego (2008).

Dla średnich plonu poprzez lata, dotyczących kombinacji odmiany $\times$ miejscowości (GL), wykonano analizę AMMI (Gauch, 1992; Annicchiarico, 2002 b). Istotność składowych głównych dla efektów interakcji GL określono za pomocą testu F_R (Cornellius, 1993) przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Oceny AMMI efektów interakcji GL, uważane za dokładniejsze oceny populacyjnych efektów interakcji niż średnie kombinacji GL (Annicchiarico, 2002 b; Gauch, 1992; Gauch i Zobel, 1996; Gauch i in., 2008) posłużyły do dalszych analiz. Badane odmiany pszenicy ozimej zostały podzielone na grupy o podobnym profilu efektów interakcji GL (grupy jednorodnej) za pomocą analizy skupień metodą Warda, w której miarą odległości pomiędzy miejscowościami był kwadrat odległości Euklidesa dla efektów interakcji GL.

O funkcji reakcji plonu danej odmiany na środowiska w stacjach decyduje zarówno kształt reakcji plonu na środowiska (genotypowy profil efektów interakcji GL), jak i średnia genotypowa. Odmiany w każdej grupie jednorodnej (pod względem kształtu reakcji plonu na środowiska), podzielono na rozłączne podgrupy o jednorodnych średnich genotypowych (na poziomie istotności $\alpha = 0,05$), stosując niehierarchiczną analizę skupień Calińskiego i Corstena (1985). Funkcje reakcji plonu ziarna odmian na warunki środowiskowe w stacjach zostały wyznaczone przez sumę ocen:

- a) średniej ogólnej,
- b) efektu głównego danej miejscowości,
- c) średniego efektu głównego odmian w podgrupie (jednorodnej ze względu na efekt główny odmian),
- d) średniej efektów interakcji GL odmian w grupie (o podobnych efektach interakcji GL) z daną miejscowością.

W ten sposób uzyskano średnie funkcje reakcji plonu ziarna odmian w danej podgrupie jednorodnej ze względu na kształt funkcji reakcji i odmianowy efekt główny. Średnie reakcje podgrup odmian pod względem plonu ziarna na zmienne warunki środowiskowe w stacjach zostały przedstawione na wykresach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wariancji

Analiza wariancji przedstawiona w tabeli 2, wykazała istotny wpływ efektów głównych odmian, stacji i lat oraz wzajemnych interakcji. Suma kwadratów odchyleń dla plonu w kombinacjach GLY była wyjaśniona przez efekty główne odmian (w 3,1%), efekty główne miejscowości (49,7%), efekty główne lat (18,5%) i efekty interakcji.

Tabela 2

Analiza wariancji według modelu AMMI dla plonu ziarna pszenicy ozimej z serii doświadczeń PDO w wariancie agrotechniki A1

The analysis of variance according to AMMI model for winter wheat grain yield obtained in post-registration cultivar trials at A1 growing level

Źródło zmienności Source of variability	Suma kwadratów Sum of squares	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square	F _{emp}	P _{Value}	
Efekty główne — Main effects						
Odmiany — Cultivars	11647,8	30	388,26	8,25	0,000	**
Miejscowość — Locations	188709,0	19	9932,03	5,61	0,000	**
Lata — Years	70115,0	2	35057,50	9112,96	0,000	**
Interakcje — Interaction						
Odmiany × Miejscowości Cultivars × Locations	15860,7	570	27,83	1,35	0,000	**
AMMI						
IPC1	1471,5	48	30,66	4,46	0,000	**
IPC2	745,4	46	16,20	2,36	0,000	**
IPC3	467,5	44	10,62	1,55	0,014	*
IPC4	448,4	42	10,68	1,55	0,014	*
IPC5	431,4	40	10,78	1,57	0,014	*
IPC6	362,7	38	9,55	1,39	0,060	
Odmiany × Miejscowości Cultivars × Locations	2823,4	60	47,06	12,23	0,000	**
Miejscowości × Lata Locations × Years	67236,3	38	1769,38	459,94	0,000	**
Odmiany × Miejscowości × Lata Cultivars × Locations × Years	23504,5	1140	20,62	5,36	0,000	**
Błąd średniej Error of the mean		2179	3,85			

Wyniki te potwierdzają ogólną prawidłowość polegającą na tym, że kluczowym źródłem zmienności plonu różnych gatunków roślin uprawnych w przestrzeni rolniczej jest przeciętny wpływ środowisk, czyli miejscowości i lat (Annicchiarico, 2002 b; Mądry i in., 2006). Pozostała zmienność plonowania odmian była związana interakcją: genotypy × miejscowości (GL, 4,2%), genotypy × lata (GY, 0,7%), miejscowości × lata (LY, 17,7%) i genotypy × miejscowości × lata (GLY, 6,2%). Efekty interakcji GL oraz GLY mają duże znaczenie w kształtowaniu rodzaju funkcji reakcji plonu (lub innej cechy) odmian na warunki środowiskowe, zmienne w przestrzeni i czasie. Efekty interakcji GL decydują o rodzaju wieloletniej funkcji reakcji (średniej reakcji poprzez lata) badanej cechy odmian na warunki środowiskowe zmienne w przestrzeni określonego rejonu uprawy. Natomiast,

efekty interakcji GLY są wyrazem niepowtarzalności w latach funkcji reakcji odmian pod względem badanej cechy na przestrzennie zmienne warunki środowiskowe (Annicchiarico, 2002 b; Annicchiarico i in., 2006; Mądry i in., 2006; Roozeboom i in., 2008). Udział sumy kwadratów odchyłeń dla efektów interakcji zarówno GL, jak i GLY, dotyczących plonu ziarna, w całkowitej sumie kwadratów, wynoszące odpowiednio 4,2% i 6,2%, jest większy niż udział sumy kwadratów dla efektów głównych odmian, wynoszący 3,1%. Wskazuje to na relatywnie większe znaczenie obu efektów interakcji (GL i GLY) w uwarunkowaniu zmienności plonu ziarna w wykonanej serii doświadczeń, w porównaniu do efektów głównych odmian. Wynika stąd, że rodzaje reakcji plonowania badanych odmian na warunki przyrodnicze w stacjach doświadczalnych były znacząco zróżnicowane i dość słabo powtarzalne (zmienne) w latach. Ten fakt uzasadnia podjętą w niniejszej pracy, szczegółową analizę i wykrywanie różnorodnych średnich wieloletnich funkcji reakcji plonu odmian na przestrzennie zmienne warunki przyrodnicze. W ten sposób można wskazać odmiany o szerokiej i wąskiej adaptacji w odniesieniu do warunków przyrodniczych w Polsce.

Dla średnich plonu ziarna z powtórzeń i lat badań, w klasyfikacji GL, przeprowadzono analizę wariancji na podstawie modelu stałego AMMI (tab. 2). Sumę kwadratów dla efektów interakcji GL rozłożono na składniki przyporządkowane interakcyjnym składowym głównym, z których pierwsze pięć istotnych wyjaśniało łącznie 78,9% wymienionej sumy kwadratów (odpowiednio: 30,66%, 16,2%, 10,60% i 10,62% dla każdej z kolejnych składowych głównych). Do oceny efektów interakcji GL wykorzystano pięć istotnych interakcyjnych składowych głównych, uzyskując w ten sposób oceny AMMI(5) efektów interakcji GL (Gauch, 1992, 2006; Gauch i in., 2008).

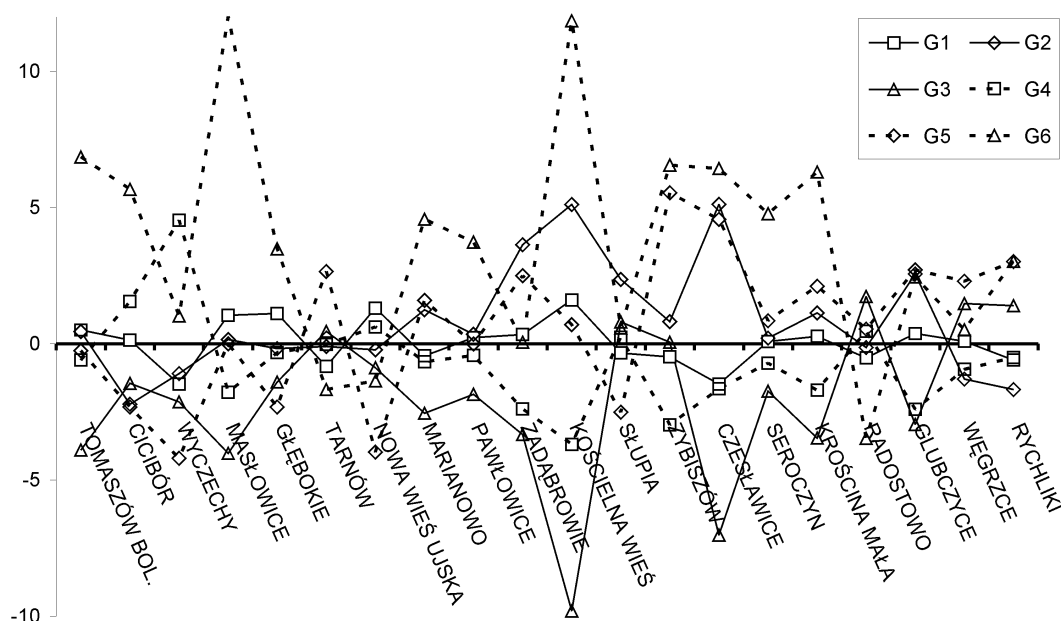
Grupowanie odmian podobnych pod względem kształtu reakcji plonowania na środowiska w miejscowościach za pomocą analizy skupień metodą Warda

Oceny AMMI(5) efektów interakcji GL w dalszej części pracy będą nazywane ocenami efektów interakcji GL. Wydzielono 6 grup odmian o podobnych profilach efektów interakcji GL dla plonu ziarna (o podobnych kształtach średniej wieloletniej funkcji reakcji plonu ziarna na środowiska w miejscowościach). Średnie grupowe ocen AMMI(5) efektów interakcji GL, obrazujące przeciętne kształty środowiskowej reakcji plonu odmian w poszczególnych grupach jednorodnych przedstawiono na rysunku 2. Na osi poziomej tych wykresów podano miejscowości w kolejności rosnących środowiskowych (stacyjnych) średnich plonów, zaś na osi pionowej podano oceny grupowych średnich ocen AMMI(5) efektów interakcji GL dla odmian w każdej grupie (Sivapalan i in., 2000; Zhang i in., 2006).

Grupy te podzielono na podgrupy o jednorodnych średnich genotypowych plonu, stosując analizę skupień Calińskiego i Corstena (1985). Przeciętne grupowe funkcje wieloletniej (średniej poprzez lata) reakcji plonu ziarna odmian pszenicy ozimej na warunki przyrodnicze w 20 Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian przedstawiono na wykresie (rys. 3). Miejscowości na osi poziomej zostały ułożone w kolejności rosnących średnich środowiskowych plonu (Sivapalan i in., 2000; Samonte i in., 2005; Zhang i in., 2006). Szarą linią na rysunku 3 przedstawiono średnią reakcję plonu wszystkich odmian na warunki środowiskowe w miejscowościach. Linia ta powstała przez przyporządkowanie

miejscowościom średnich środowiskowych plonu (średnich plonu wszystkich badanych odmian w miejscowości — średnio poprzez lata).

Na podstawie wykresu można stwierdzić, które podgrupy odmian wykazały się szeroką adaptacją do zmiennych warunków środowiskowych w przestrzeni rolniczej kraju. Zgodnie z ideologią przyjmowaną w hodowli roślin (Allard i Bradshaw, 1964; Sivapalan i in., 2000; Annicchiarico, 2002 a, b; Trethowan i in., 2002; Fufa i in., 2005; Samonte i in., 2005; Rodriguez i in., 2008), odmiany o szerokiej adaptacji są formami, które plonują powyżej średniej środowiskowej w znaczącej większości środowisk. O stopniu szerokiej adaptacji decyduje częstość plonowania danej odmiany powyżej średniej środowiskowej oraz wielkość tej przewagi. Odmianą o wąskiej adaptacji są obiekty, które plonują powyżej średniej środowiskowej w mniejszej grupie środowisk — stacji doświadczalnych.



Rys. 2. Średnie grupowe oceny AMMI(5) efektów interakcji GL dla plonu ziarna odmian pszenicy ozimej, obrazujące przeciętne grupowe kształty reakcji (średnio poprzez lata) plonu odmian na zmienne warunki środowiskowe w stacjach

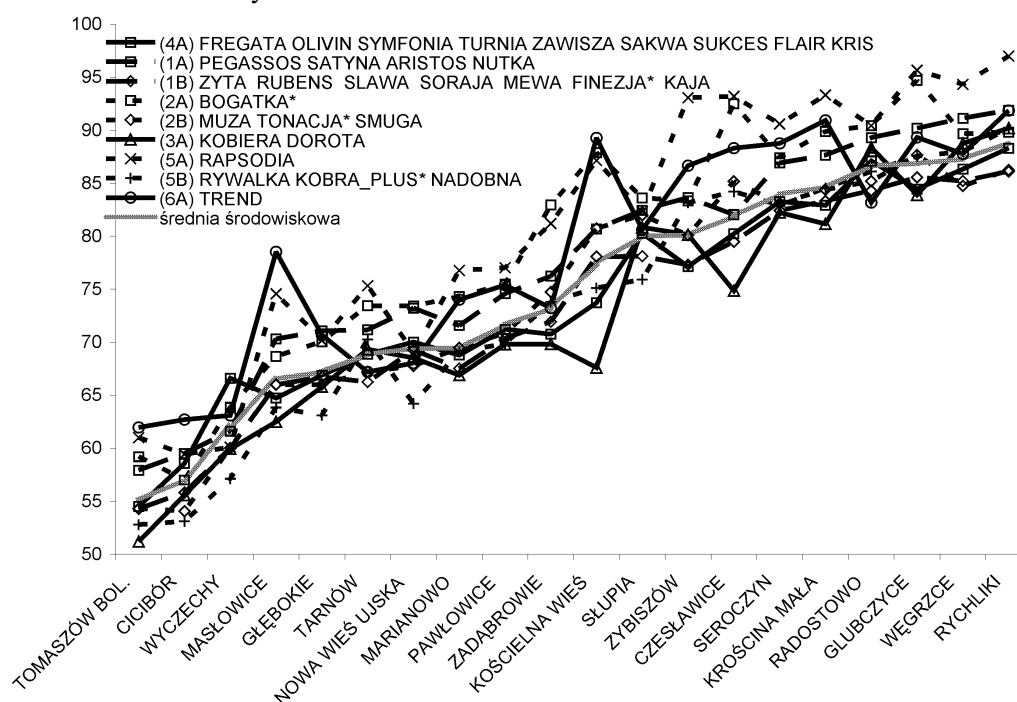
Fig. 2. The AMMI(5) estimates of GL interaction effects for grain yield of winter wheat genotypes within groups

Szeroką adaptację do różnych warunków środowiskowych w miejscowościach wykazały odmiany zaliczone do podgrup: 5A (Rapsodia), 2A (Bogatka) oraz 1A (Pegassos, Satyna, Aristos i Nutka). Odmiana Rapsodia plonowała powyżej średniej środowiskowej w 18 spośród 20 miejscowościach, co świadczy o jej bardzo wysokich zdolnościach adaptacyjnych zarówno w miejscowościach o niskim jak i wysokim potencjale plonowania, przy czym widoczne jest przystosowanie do wysokoproduktywnych (sprzyjających)

warunków przyrodniczych. Tylko w warunkach stacji Wyczechy plonowanie tej odmiany było niższe od średniej środowiskowej.

Szeroką adaptacją wykazała się odmiana Bogatka. Jej plonowanie było w 16 miejscowościach wyższe od średniej środowiskowej, w pozostałych plonowała na poziomie średniej wszystkich badanych odmian. Bardzo stabilnie plonowały odmiany z grupy 1A, zawsze powyżej średniej środowiskowej w zróżnicowanych warunkach Polski.

Do odmian o wąskiej adaptacji możemy zaliczyć odmiany z grupy 3A (Kobiera i Dorota) i 5B (Rywalka, Kobra Plus i Nadobna). Odmiany Kobiera i Dorota plonowały lepiej w środowiskach o wyższej produktywności. W tych warunkach, również odmiany Rywalka, Kobra Plus i Nadobna wykazały się stabilnym plonowaniem na poziomie średnich środowiskowych.



Rys. 3. Różne rodzaje przeciętnych grupowych funkcji (średniej poprzez lata) plonu ziarna odmian pszenicy ozimej pod wpływem warunków środowiskowych w 20 Stacjach Doświadczalnych Oceny Odmian
Fig. 3. The effects of environmental conditions on yielding of winter wheat cultivars classified in homogeneous groups (mean for the years)

Do odmian relatywnie słabiej plonujących w warunkach przyrodniczych Polski należy grupa odmian 4A. W skład tej grupy wchodzi odmiany starsze (wcześniej zarejestrowane: Sakwa, Symfonia, Kris, Turnia), jak i wprowadzone do Rejestru odmian w ostatnich latach (Fregata, Olvin, Zawisza). Niższe plonowanie odmian starszych jest wynikiem rejestracji nowych odmian o coraz wyższej plenności, co świadczy o ciągłym postępie genetycznym

produktywności pszenicy ozimej w Polsce. Odmiany: Fregata, Oliwin i Zawisza należą do grupy jakościowej A. W przypadku tego typu odmian, ich wysoka przydatność w przemyśle młynarskim i piekarniczym, jest jednym z głównych czynników decydujących o ich rozpowszechnieniu w uprawie. Szerokie wprowadzenie do uprawy gwarantuje sukces ekonomiczny odmiany na rynku nasiennym, dostarczając środków finansowych na pokrycie kosztów prac hodowlanych, co umożliwia ich dalszy postęp w danej firmie.

Łączna analiza AMMI i skupień pozwoliła na wiarogodny podział odmian o podobnych genotypowych profilach efektów interakcji GE dla plonu na rozłączne podgrupy jednorodne pod względem średniej genotypowej, wydzielić 9 grup odmian o jednorodnej środowiskowej reakcji plonu. Ułatwiło to klasyfikację odmian ze względu na rodzaj adaptacji. Dzięki tego rodzaju postępowaniu można wskazać grupy odmian wykazujących się szeroką i wąską adaptacją (intensywną, ekstensywną lub przystosowaną do specyficznych warunków środowiskowych). Poznanie rodzaju adaptacji zarejestrowanych odmian na podstawie ich funkcji środowiskowej reakcji plonu w oparciu o dane doświadczeń porejestrowych, jak i rejestrowych, powinno być jedną z podstawowych analiz dostarczających dodatkowych informacji niezbędnych w doskonaleniu doradztwa odmianowego i wdrażania odmian do uprawy w poszczególnych rejonach jednorodnych przyrodniczo lub w całym kraju.

WNIOSKI

1. Głównym źródłem zmienności plonu odmian pszenicy ozimej badanych w ramach doświadczeń porejestrowych był przeciętny wpływ miejscowości (stacji doświadczalnych) i lat.
2. Rodzaje reakcji plonowania badanych odmian na warunki przyrodnicze w stacjach doświadczalnych były znacząco zróżnicowane i dość słabo powtarzalne (zmienne) w latach, o czym świadczy relatywnie większe znaczenie (w porównaniu do efektów głównych odmian) efektów interakcji GL i GLY w uwarunkowaniu zmienności plonu ziarna pszenicy ozimej w wykonanej serii doświadczeń.
3. Szeroką adaptację do różnych warunków przyrodniczych w miejscowościach wykazały odmiany: Rapsodia, Bogatka, Pegassos, Satyna, Aristos i Nutka. Do odmian o wąskiej adaptacji można zaliczyć Kobierę i Dorotę, które plonowały lepiej w środowiskach o wyższej produktywności oraz Rywalkę, Kobrę Plus i Nadobną, które plonowały na poziomie średnich środowiskowych w tych warunkach.
4. W grupie odmian, które nie wykazały wyraźnej interakcji ze środowiskami w stacjach są odmiany wzorcowe, tj. Finezja i Tonacja. Zatem, stabilność ich plonowania w zróżnicowanych warunkach Polski wskazuje na efektywny dobór odmian wzorcowych dla Porejestrowego Doświadczeń Odmianowego.
5. Do odmian relatywnie słabiej plonujących w warunkach przyrodniczych Polski należy zaliczyć: Sakwa, Symfonia, Kris, Turnia, Fregata, Olvin i Zawisza.

LITERATURA

- Allard R. W., Bradshaw A. D. 1964. Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Sci.* 4: 503 — 508.
- Annicchiarico P. 2002 a. Defining adaptation strategies and yield stability targets in breeding programmes. In: Quantitative genetics, genomics and plant breeding. Kang M.S. (Ed.), CABI, Wallingford, UK. 165 — 183.
- Annicchiarico P. 2002 b. Genotype-environment interactions: challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. FAO Plant Production and Protection Paper No. 174. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Annicchiarico P., Bellah F., Chiari T. 2006. Repeatable genotype-location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. *Eur. J. Agron.* 24: 70 — 81.
- Caliński T., Corsten L. C. A. 1985. Clustering means in ANOVA by simultaneous testing. *Biometrics* 41: 39 — 48.
- Cornelius P. L. 1993. Statistical tests and retention of terms in the additive main effects and multiplicative interaction model for cultivar trials. *Crop Sci.* 33: 1186 — 1193.
- Elandt R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. PWN, Warszawa.
- Fufa H., Baenziger P.S., Beecher B. S., Graybosch R.A., Eskridge K. M., Nelson L. A. 2005. Genetic improvement trends in agronomic performances and end-use quality characteristics among hard red winter wheat cultivars in Nebraska. *Euphytica* 144: 187 — 198.
- Gauch H. G. 1992. Statistical analysis of regional yield trials. AMMI analysis of factorial designs. Elsevier Science, New York.
- Gauch H. G. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. *Crop Sci.* 46: 1488 — 1500.
- Gauch H. G., Zobel R. W. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: Genotype by environment interaction. M. S. Kang, H. G. Gauch (Ed.). CRC Press, Boca Raton: 85 — 122.
- Gauch H. G., Zobel R. W. 1997. Identifying mega-environments and targeting genotypes. *Crop Sci.* 37: 311 — 326.
- Gauch H. G., Piepho H. P., Annicchiarico P. 2008. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE: Further considerations. *Crop Sci.* 48: 866 — 889.
- Kaczmarek Z. 1986. Analiza doświadczeń wielokrotnych zakładanych w blokach niekompletnych. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu*: 155.
- Lillemo M., van Ginkel M., Trethowan R.M., Hernandez E., Crossa J. 2005. Differential adaptation of CIMMYT bread wheat to global high temperature environments. *Crop Sci.* 45: 2443 — 2453.
- Mądry W., Drzazga T., Laudański Z., Rajfura A., Krajewski P., Sieczko L. 2003. Statystyczna analiza adaptacji genotypów pszenicy ozimej na podstawie mieszanych modeli genotypowo-środowiskowych. *Fragm. Agron.* 80: 10 — 31.
- Mądry W., Talbot M., Ukalski K., Drzazga T., Iwańska M. 2006. Podstawy teoretyczne znaczenia efektów genotypowych i interakcyjnych w hodowli roślin na przykładzie pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 240/241: 13 — 31.
- Paderewski J. 2008. Przydatność modelu AMMI do badania reakcji roślin rolniczych na warunki środowiskowe. Praca doktorska, Wydział Rolnictwa i Biologii SGGW, Warszawa.
- Rodriguez M., Rau D., Papa R., Attene G. 2008. Genotype by environment interactions in barley (*Hordeum vulgare* L.): different responses of landraces, recombinant inbred lines and varieties to Mediterranean environment. *Euphytica* 163: 231 — 247.
- Roozeboom K. L., Schapaugh W.T., Tuinstra M. R., Vanderlip R. L., Milliken G. A. 2008. Testing wheat in variable environments: genotype, environment, interaction effects and grouping test locations. *Crop Sci.* 48: 317 — 330.
- Samonte S. O., Wilson L. T., McClung A. M., Medley J. C. 2005. Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE biplot analyses. *Crop Sci.* 45: 2414 — 2424.
- SAS Institute. 2001. SAS system for Windows. v. 8.2. SAS Inst., Cary, NC.

- Singh R. P., Huerta-Espino J., Sharma R., Joshi A. K., Trethowan R. 2007. High yielding spring bread wheat germplasm for global irrigated and rainfed production systems. *Euphytica* 157: 351 — 363.
- Sivapalan S., O'Brien L., Ortiz-Ferrera G., Hollamby G. J., Barclay I., Martin P. J. 2000. An adaptation analysis of Australian and CIMMYT/ICARDA wheat germplasm in Australian production environments. *Aust. J. Agric. Res.* 51: 903 — 915.
- Trethowan R., Crossa J. 2007. Lessons learnt from forty years of international spring bread wheat trials. *Euphytica* 157: 385 — 390.
- Trethowan R. M., van Ginkel M., Rajaram S. 2002. Progress in breeding wheat for yield and adaptation in global drought affected environments. *Crop Sci.* 42: 1441 — 1446.
- Yan W., Hunt L. A. 1998. Genotype by environment interaction and crop yield. *Plant Breed. Rev.* 16:135 — 179.
- Zhang Y., He Z., Zhang A., van Ginkel M., Ye G. 2006. Pattern analysis on grain yield of Chinese and CIMMYT spring wheat cultivars grown in China and CIMMYT. *Euphytica* 147: 409 — 420.

GRAŻYNA PODOLSKA

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — PIB w Puławach

Reakcja odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych*

The response of winter wheat cultivars to nitrogen fertilization in plot experiments

W latach 2006–2008 przeprowadzono doświadczenie wazonowe, którego celem było określenie reakcji sześciu odmian pszenicy ozimej na dawkę azotu. W schemacie doświadczenia uwzględniono dawki: 1,2; 2,4; 3,6 g N na wazon. Stwierdzono, że odmiany: Nord 97200/17, Samuraj, SZD 331-50, CHD 752/01, BR 03/008, wykazały istotny wzrost plonu pod wpływem zwiększenia dawki do 3,6 g N/wazon. Odmiana DED 13/743/01 wykazała wzrost plonu do zastosowania azotu w ilości 2,4 g na wazon. Dodatni wpływ azotu na plon ziarna był związany ze wzrostem liczby kłosów, liczby ziaren z rośliny i MTZ. Wszystkie odmiany reagowały znacznym wzrostem zawartości białka w ziarnie pod wpływem zwiększenia dawki azotu.

Słowa kluczowe: odmiany, pszenica ozima, dawka N, plon ziarna, struktura plonu, zawartość białka

The effects of nitrogen fertilization on grain yield and yield components of six winter wheat cultivars were tested in the pot experiment conducted in 2006–2008. Three doses of nitrogen 1.2; 2.4; and 3.6 g N per pot were included. The cultivars Nord 97200/17, Samuraj, SZD 331-50, CHD 752/01, and BR 03/008 showed significant increase in grain yield with increasing N rate to 3.6 g N per pot. The cultivar DED 13/743/01 produced the highest yield when a dose of 2.4 g N per pot was used. The increase in grain yield was associated with the greater number of heads and of kernels per plant and with the higher weight of 1000 kernels. Large increase in protein content of grain with increasing N rate was recorded.

Key words: cultivars, winter wheat, nitrogen dose, grain yield, yield components, protein content

WSTĘP

Poziom plonowania zbóż, w tym pszenicy ozimej jest wynikiem współdziałania warunków pogody, właściwości odmiany i agrotechniki. Każda odmiana charakteryzuje się genetycznie uwarunkowaną plennością, oraz specyficznymi wymaganiami co do czynników agrotechniki, których spełnienie umożliwia realizację genetycznie zakodowanej plenności (Mazurek i Sułek, 1995; Podolska 1997, 2004; Ruszkowski i in., 1991).

*Opracowanie wykonano w ramach zad. 2.5 w programie wieloletnim IUNG — PIB

Nawożenie azotem jest jednym z głównych czynników plonotwórczych. Jego działanie bezpośrednio oddziałuje na wzrost i rozwój rośliny wpływając na intensywność fotosyntezy, rozkrzewienie produkcyjne, powierzchnię asymilacyjną. Dostateczna ilość azotu działa dodatnio na rozmiary kwiatostanu powodując wzrost liczby kwiatków i kłosków w kłosie oraz liczby ziaren w kłosie (Kocoń, 2008; Podolska i in., 2001, 2004; Ruszkowski i in., 1991). Jak wskazują wcześniejsze badania wazonowe, odmiany pszenicy niejednakowo reagują na dawkę azotu. Można je podzielić na dwie grupy. Do pierwszej zalicza się odmiany efektywnie wykorzystujące średnie dawki azotu, do drugiej duże dawki azotu (Mazurek i Sułek, 1995; Podolska 1995, 2004; Ruszkowski i in., 1991). Na podstawie badań literaturowych dotyczących pobrania azotu i stanu odżywienia zbóż przez azot (Fotyma i Pecio, 1999; Greenwood i in., 1991) można wnioskować, że odmianom pierwszej grupy do optymalnego zaopatrzenia w azot wystarcza mniejsza dawka, dalsza dawka azotu najprawdopodobniej powoduje u nich nadmierny stan odżywienia rośliny.

W prezentowanych badaniach założono, że nowe odmiany wpisywane do Rejestru Odmian cechuje również różna reakcja na nawożenie azotem. Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanych dawek azotu na plon ziarna i cechy struktury plonu nowych odmian pszenicy ozimej. Uważa się, że wyniki badań dadzą podstawę do wydzielenia grup odmian o różnej reakcji na dawkę azotu.

MATERIAŁ I METODY

Realizując cel badań w latach 2006–2008 przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenia wazonowe, metodą serii niezależnych w wazonach Mitscherlicha w czterech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu była dawka nawożenia azotem. Uwzględniono 3 poziomy N: 1,2; 2,4 i 3,6 g N/wazon. Czynnikiem drugiego rzędu była odmiana (Nord 97200/17, Samuraj, SZD 331-50, CHD 752/01, BR 03/008, DED 13/743/01). Wazony wypełniono glebą pseudobielicową zmieszaną z piaskiem wiślanym w stosunku 5:2 w ilości 7 kg. Azot podano w formie NH_4NO_3 , stosując $\frac{1}{2}$ dawki przed siewem i $\frac{1}{2}$ dawki w fazie strzelania w źdźbło. Nawożenie pozostałymi składnikami na wazon wynosiło: P_2O_5 — 1 g w postaci KH_2PO_4 , K_2O — 1,5 g w postaci K_2SO_4 , Mg — 0,6 g w postaci $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Ponadto do podłoża dodano żelazo (50 mg), bor 5 mg i miedź (3 mg). Liczba roślin w wazonie wynosiła 10 sztuk. Wilgotność gleby utrzymywana była przez cały okres wegetacji na poziomie 60% ppw. (polowej pojemności wodnej). W okresie wegetacji notowano długość faz wzrostu i rozwoju. Zbiór wykonano w fazie dojrzałości pełnej. W przypadku pojawienia się patogenów stosowano środki chemiczne zgodnie z wytycznymi IOR. Określono plon ziarna z wazonu oraz cechy struktury plonu. Po zbiorze ziarno oddano do laboratorium celem oznaczenia zawartości N. Ilość białka w ziarnie oznaczono stosując przelicznik $\text{N} \times 5,7$. Wyniki pomiarów i oznaczeń opracowano za pomocą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono za pomocą testu Tukeya, przy $\alpha = 0,05$.

WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Zarówno nawożenie azotem, jak i lata badań miały wpływ na długość okresu wegetacji oraz daty osiągnięcia przez pszenicę faz wzrostu i rozwoju. Odmiany osiągnęły poszczególne fazy wzrostu i rozwoju w tym samym czasie. Okres wegetacji w sezonie 2006/2007 był krótszy o około 13 dni w porównaniu do sezonu 2007/2008. Wydłużał się on wraz ze wzrostem dawki azotu. Stosowanie średniej dawki azotu 2,4 g N wazon spowodowało jego wydłużenie o 8 (2007) i 7 (2008), a wysokiej dawki — 3,6 g N/wazon o 17 (2007) i 11 (2008) dni w odniesieniu do dawki 1,2 g N/wazon. Większe nawożenie azotem spowodowało wydłużenie okresu od fazy strzelania w źdźbło do początku kłoszenia i okresu od pełni kłoszenia do dojrzałości mleczej oraz od dojrzałości woskowej do dojrzałości pełnej (tab. 1, 2). Na kilkudniowe wydłużanie się okresu wegetacji pszenicy ozimej pod wpływem większego nawożenia mineralnego zwraca uwagę Wojcieszka i wsp. (1990)

Tabela 1

Daty występowania oraz długość poszczególnych faz w okresie wegetacji u pszenicy ozimej w zależności od dawki azotu w sezonie 2006/2007

Time and length of particular phases of winter wheat vegetation period depending on the rate of nitrogen in the season 2006/2007

Faza Phase	Dawka azotu w g/wazon, Nitrogen fertilization per pot					
	1,2		2,4		3,6	
	data date	ilość dni days	data date	ilość dni days	data date	ilość dni days
Siew — wschody Sowing — emergence	2.10–10.10	8	2.10–10.10	8	2.10–10.10	8
Wschody — krzewienie Emergence — start of tillering	10.10–3.11	24	10.10–3.11	24	10.10–3.11	24
Krzewienie — strzelanie w źdźbło Tillering — shooting	3.11–6.04	155	3.11–6.04	155	3.11–6.04	155
Strzelanie w źdźbło — początek kłoszenia Shooting — start of heading	6.04–14.05	38	6.04–19.05	43	6.04–19.05	43
Początek kłoszenia — pełnia kłoszenia Start of heading — full heading	14.05–17.05	3	19.05–21.05	2	19.05–21.05	2
Pełnia kłoszenia — dojrzałość mleczna Full heading — milk maturity	17.05–4.06	18	21.05–9.06	19	21.05–13.06	23
Dojrzałość mleczna — dojrzałość woskowa Milk maturity — wax maturity	4.06–15.06	11	9.06–19.06	10	13.06–22.06	9
Dojrzałość woskowa — dojrzałość pełna Wax maturity — full maturity	15.06–26.06	11	19.06–4.07	15	22.06–13.07	21
Długość okresu wegetacji Length of vegetation	268		276		285	

Stwierdzono istotny wpływ nawożenia azotem na plon ziarna pszenicy ozimej, współdziałanie nawożenia z odmianami, a także zróżnicowanie plonu między odmianami

(tab. 3, 4). Wszystkie odmiany w wyniku zaaplikowania 2,4 g N na wazon plonowały wyżej w stosunku do dawki 1,2 g N na wazon. Stosując azot w dawce 3,6 g N na wazon odmiany: NORD 97200/17, Samuraj, SZD 331-50, CHD 752/01, BR 03/008 wykazały istotny wzrost plonu ziarna. Procentowy wzrostu plonu ziarna zależał od odmiany i roku badań. Odpowiednio w latach 2007 i 2008 wzrost plonu w wyniku zastosowania azotu w dawce 3,6 g na wazon w odniesieniu do 2,4g N wynosił: NORD 97200/17 – 10 i 15%, Samuraj – 19 i 9%, SZD 331-50 – 12 i 13%, CHD 752/01 – 22 i 9%, BR 03/008 – 28 i 6%. U odmiany DED 13/743/01 stosując najwyższe nawożenie stwierdzono w 2007 roku 6% wzrost plonu, natomiast w 2008 – 5% obniżkę.

Tabela 2

Daty występowania oraz długość poszczególnych faz w okresie wegetacji u pszenicy ozimej w zależności od dawki azotu w sezonie 2007/2008

Time and length of particular phases of winter wheat vegetation period depending on the rate of nitrogen in the season 2007/2008

Faza Phase	Dawka azotu w g/wazon Nitrogen rate g/ pot					
	1,2		2,4		3,6,2	
	data – date	ilość dni days	data – date	ilość dni days	data – date	ilość dni days
Siew — wschody Sowing — emergence	28.09–8.10	10	28.09–8.10	10	28.09–8.10	10
Wschody — krzewienie Emergence — start of tillering	8.10–5.11	28	8.10–5.11	28	8.10–5.11	28
Krzewienie — strzelanie w źdźbło Tillering — shooting	5.11–7.04	154	5.11–7.04	154	5.11–7.04	154
Strzelanie w źdźbło — początek kłoszenia Shooting — start of heading	7.04–14.05	37	7.04–16.05	39	7.04–19.05	42
Początek kłoszenia — pełnia kłoszenia Start of heading — full heading	14.05–23.05	9	16.05–23.05	7	19.05–2.06	14
Pełnia kłoszenia — dojrzałość młeczną Full heading — milk maturity	23.05–4.06	12	23.05–4.06	12	2.06–5.06	3
Dojrzałość młeczna — dojrzałość woskowa Milk maturity — wax maturity	4.06–9.06	5	4.06–9.06	5	5.06–10.06	5
Dojrzałość woskowa — dojrzałość pełna Wax maturity — full maturity	9.06–7.07	28	9.06–14.07	35	10.06–18.07	38
Długość okresu wegetacji Length of vegetation	283		290		294	

W 2007 roku wzrost plonu był wynikiem większej liczby kłosów (Samuraj), liczby ziaren z rośliny (NORD 97200/17, CHD 752/01, BR 03/008) lub MTZ (SZD 331-50). Stwierdzono interakcję dawki azotu z odmianą w kształtowaniu MTZ. Wzrost MTZ w wyniku zaaplikowania najwyższego nawożenia azotem wykazały odmiany: NORD 97200/17, Samuraj, BR 03/008, CHD 752/01. Odmiana DED 13/743/01 reagowała obniżką MTZ, natomiast odmiana SZD 331-50 nie wykazała zmian w MTZ pod wpływem dawki azotu. W roku 2008 wzrost plonu ziarna był efektem zwiększenia liczby kłosów z wazonu,

liczby ziaren z rośliny i MTZ. Istotny wzrost wymienionych cech struktury plonu nastąpił po zwiększeniu dawki azotu z 1,2 g N na wazon do 2,4 g N. Stwierdzono interakcję dawki azotu z odmianą w stosunku do liczby ziaren z rośliny i MTZ. U odmian: NORD 97200/17, CHD 752/01, BR 13/743/01 każdy wzrost dawki azotu powodował wzrost liczby ziaren z rośliny. U odmian: Samuraj, SZD 331-50, DED 13/743/01 wzrost liczby ziaren nastąpił po zastosowaniu azotu w dawce 2,4 g N/wazon w odniesieniu do 1,2 g azotu. Istotny wzrost MTZ wraz ze wzrostem dawki azotu stwierdzono u odmian: Samuraj, BR 03/008.

Tabela 3

Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna odmian pszenicy ozimej i elementy struktury plonu
Effect of nitrogen fertilization on grain yield and its components in winter wheat cultivars

2007						
odmiana cultivar	dawka N g/wazon N rate g/pot	plon ziarna w g z wazonu grain yield g/pot	liczba kłosów z wazonu head number per pot	liczba ziaren z rośliny grain number per plant	liczba ziaren w kłosie grain number per head	MTZ 1000 grains weight
NORD 97200/17	1,2	46,3	32,7	131	40,4	35,65
	2,4	61,3	43,7	167	40,6	35,33
	3,6	67,9	43,0	177	39	40,82
	X	58,5	39,8	158	40,0	37,27
Samuraj	1,2	40,6	27,3	122	45,4	33,76
	2,4	51,4	39,7	164	41,4	31,63
	3,6	63,3	38,7	174	45,8	34,68
	X	51,8	35,2	153	44,2	33,36
SZD 331-50	1,2	38,9	29,3	98	33,5	39,54
	2,4	62,7	38,3	159	41,6	40,42
	3,6	70,8	39,0	177	45,7	40,50
	X	57,5	35,5	145	40,3	40,15
CHD 752/01	1,2	39,5	30,3	130	42,8	30,91
	2,4	51,9	39,3	160	40,9	32,87
	3,6	66,5	41,7	194	46,5	34,86
	X	52,6	35,5	161	43,4	32,88
BR 03/008	1,2	40,8	33,0	139	42,2	29,72
	2,4	51,4	42,0	172	41,2	30,73
	3,6	71,3	43,7	218	50,0	33,50
	X	54,5	39,5	176	44,5	31,23
DED 13/743/01	1,2	40,4	29,0	133	46,0	30,72
	2,4	53,7	39,0	182	43,3	33,06
	3,6	57,4	40,0	192	51,6	28,73
	X	50,5	36,0	169	47,0	30,84
Średnio Mean	1,2	41,0	30,3	126	41,8	33,38
	2,4	55,4	40,3	167	41,5	34,01
	3,6	66,2	41,0	190	46,5	35,47
NIR (0,05) dla odmian LSD (0.05) for cultivars		7,133	3,956	21,8	6,920	4,143
NIR (0,05) dla dawki N LSD (0.05) for N rate		4,102	2,275	12,6	3,980	r.n
NIR (0,05) dla interakcji LSD (0.05) for interaction		3,987	r.n	r.n	r.n	2,006

Lata badań miały wpływ na poziom plonowania pszenicy. W roku 2008 odmiany plonowały średnio o 20% wyżej niż w roku 2007. Stwierdzono różny poziom plonowania

odmian. W roku 2007 istotna różnica w poziomie plonowania wystąpiła między odmianą NORD 97200/17, a DED 13/743/01. W roku 2008 istotnie wyższy plon wydały odmiany: CHD 752/01, BR 03/008 w porównaniu do NORD 97200/17 i DED 13/743/01.

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna odmian pszenicy ozimej i elementy struktury plonu
Effect of nitrogen fertilization on grain yield and its components in winter wheat cultivars

2008						
odmiana cultivar	dawka N g/wazon N rate g/pot	plon ziarna w g z wazonu grain yield g/pot	liczba kłosów z wazonu head number per pot	liczba ziaren z rośliny grain number per plant	liczba ziaren w kłosie grain number per head	MTZ 1000 grains weight
NORD 97200/17	1,2	52,5	26,3	131	49,9	40,41
	2,4	61,3	34,7	151	43,5	40,78
	3,6	71,9	34,3	168	49,1	43,48
	X	61,9	31,8	150	47,5	41,56
Samuraj	1,2	50,3	24,7	136	55,1	37,72
	2,4	72,1	31,7	179	56,6	40,91
	3,6	78,8	34,0	182	53,4	44,11
	X	67,1	30,1	166	55,0	40,91
SZD 331-50	1,2	57,8	24,3	148	61,0	39,42
	2,4	65,8	35,7	188	54,2	35,42
	3,6	75,3	36,7	190	52,1	40,04
	X	66,3	32,2	176	55,7	38,29
CHD 752/01	1,2	57,6	26,0	133	51,3	43,66
	2,4	80,6	39,0	164	42,4	50,19
	3,6	88,2	41,0	182	44,1	49,08
	X	75,5	35,3	159	45,9	47,64
BR 03/008	1,2	55,2	24,7	118	47,7	47,43
	2,4	79,6	37,7	169	45,0	47,81
	3,6	84,1	38,3	183	47,8	46,39
	X	73,0	33,6	157	46,8	47,21
DED 13/743/01	1,2	53,1	28,3	154	54,5	34,99
	2,4	68,0	40,7	178	46,2	37,20
	3,6	64,2	40,3	175	43,5	36,97
	X	62,1	36,4	172	48,1	36,38
Średnio Mean	1,2	54,4	25,7	137	53,3	40,60
	2,4	72,2	36,7	172	48,4	41,81
	3,6	76,3	37,3	178	47,9	43,58
NIR _(0,05) dla odmian LSD _(0,05) for cultivars		8,601	4,95	21,59	5,90	3,093
NIR _(0,05) dla dawki N LSD _(0,05) for N rate		5,946	2,85	12,42	r.n	1,778
NIR _(0,05) dla interakcji LSD _(0,05) for interaction		4,423	r.n	10,23	r.n	4,356

Na istotny wzrost plenności odmian pszenicy ozimej w zależności od dawki azotu zwraca uwagę wielu badaczy. W licznych pracach wykazano różny poziom plonowania odmian w latach badań, co wskazuje na istnienie interakcji warunków pogody z odmianą. W przedstawionym doświadczeniu wilgotność gleby utrzymywana była przez cały okres wegetacji na tym samym poziomie, niemniej uzyskano różnicę w plonie odmian w latach. Badania potwierdzają zależność, że również temperatura powietrza i usłonecznienie

wywierają wpływ na akumulację masy, wykorzystanie azotu przez rośliny, a poprzez to na wzrost, rozwój i w konsekwencji poziom plonowania i jego składowe (Giza, 1991; Wojcieszka i in., 1990).

We wcześniejszych badaniach wazonowych (Ruszkowski i in., 1991; Mazurek i Sułek, 1995; Podolska 1997, Podolska i in., 2001) wykazano różnice odmianowe w reakcji na dawkę azotu. Wszystkie odmiany reagowały wzrostem poziomu plonowania zwiększając dawkę azotu z 1,2 g N do 2,4 g N na wazon, a tylko nieliczne istotnym wzrostem plonu stosując azot w dawce 3,6 g N na wazon. W prezentowanych badaniach uzyskano w zależności od lat wzrost poziomu plonowania 38% (2007) i 30% (2008) po zastosowaniu najwyższej dawki azotu w odniesieniu do dawki najmniejszej. Podobny wzrost poziomu plonowania bo 40% uzyskała Podolska (1997).

Badania innych autorów (Ruszkowski i in., 1991; Mazurek i Sułek, 1995; Podolska 1997; Podolska i in., 2001) wskazują na istotny wpływ nawożenia azotem na liczbę kłosów, rozkrzewienie produkcyjne, liczbę ziaren z rośliny, natomiast na małą zależność MTZ od dawki N. Nie potwierdziły tej zależności niniejsze badania wskazując raczej na różnice w reakcji odmian w kształtowaniu MTZ w zależności od dawki azotu.

Nawożenie azotem miało istotny wpływ na zawartość białka w ziarnie (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ nawożenia azotem na zawartość białka w ziarnie odmian pszenicy ozimej (średnio w latach 2007–2008)
Effect of nitrogen fertilization on protein content in grain of winter wheat cultivars (average for 2007–2008)

Dawka azotu w g na wazon N rate g/pot	Odmiana Cultivar						Średnio Mean
	NORD 97200/17	Samuraj	SZD 331-50	CHD 752/01	BR 03/008	DED 13/743/01	
1,2	10,3	10,6	11,3	11,3	10,8	11,5	10,9
2,4	14,4	15,8	14,6	15,0	14,9	15,5	15,0
3,6	15,2	16,0	15,6	15,5	16,1	16,8	15,8
Średnio Mean	13,3	14,1	13,8	13,9	13,9	14,6	

NIR dla: LSD for:
 Odmiany — cultivar — not significant
 Dawki — rate — 3,25
 Interakcji — interaction — not significant

Po zastosowaniu azotu w dawce 2,4 i 3,6 g N na wazon stwierdzono 4,1% i 4,9% wzrost zawartości białka w ziarnie w porównaniu do dawki 1,2 g N na wazon. Nie stwierdzono różnic odmianowych w zawartości białka w ziarnie, niemniej odmiana DED 13/743/01 i Samuraj wykazały tendencje większej zawartości białka w ziarnie w porównaniu do pozostałych. Autorzy (Goodling i in., 1998; Knapowski, Ralcewicz, 2004) są zgodni, że w miarę wzrostu poziomu nawożenia następuje zwiększenie zawartości białka w ziarnie. W badaniach Cacak-Pietrzak (1999), wzrost dawki N z 40 do 80 kg N·ha⁻¹ spowodował wzrost zawartości białka o 1,8%. Mazurek i wsp. (1999) wskazują na 2% wzrost zawartości białka przy zwiększeniu dawki N z 50 do 90 kg·ha⁻¹. Wróbel i Szempliński (1999) wskazali, że

wzrost zawartości azotu od 0 do 160 kg N·ha⁻¹ powodował wzrost zawartości białka o 3,3%, Podobne wyniki uzyskała Podolska i wsp. (2005).

WNIOSKI

1. Wszystkie badane odmiany dodatnio reagowały na zwiększenie dawki azotu z 1,2 do 2,4 g N wazon. Odmiany NORD 97200/17, Samuraj, SZD 331-50, CHD 752/01, BR 03/008 wykazały dalszy wzrost poziomu plonowania w wyniku wzrostu dawki azotu do 3,6 g N/wazon.
2. Dodatni wpływ wzrastającej dawki nawożenia azotem na plon odmian pszenicy ozimej był efektem zwiększenia się liczby kłosów z wazonu i liczby ziaren z rośliny, a u niektórych odmian masy tysiąca ziaren.
3. Zastosowanie średniej dawki azotu zwiększało zawartość białka w ziarnie wszystkich badanych odmian.
4. Różna reakcja odmian na poziom azotu pozwoliła na zaliczenia ich do dwu grup: Grupę pierwszą stanowią odmiany produktywnie wykorzystujące średnią dawkę azotu 2,4 g N/wazon, zaliczono do niej odmianę DED 13/743/01, grupę drugą odmiany produktywnie wykorzystujące dużą dawkę azotu 3,6g N/wazon, zaliczono do niej pozostałe odmiany.
5. Różna reakcja odmian na nawożenie azotem wskazuje na potrzebę takich badań, przyczyny różnej reakcji mogłyby być wyjaśnione poprzez określenie wskaźników pobrania i wykorzystania azotu.

LITERATURA

- Cacak-Pietrzak G, Ceglińska A, Haber T. 1999. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. Pam. Puł z 118: 45 — 56.
- Fotyła E., Pecio A. 1999. Zależność pomiędzy zawartością azotu a nagromadzeniem suchej masy przez zboża. Pam. Puł 114: 93 — 100
- Giza A. 1991. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez ozime formy pszenżyta, pszenicy i żyta w warunkach zróżnicowanego żywienia NPK. II. Pobieranie azotu i aktywność reduktazy azotanowej. Pam. Puł 99:75 — 87.
- Goodling M. J., Smith G. P. 1998. The potential to use climate, variety and nitrogen relationships to optimise wheat quality, Fifth Congress ESA, Vol. I: 229 — 230.
- Greenwood D. J., Gastal F., Lemaire G., Draycott A., Millard P., Neetson J. J. 1991. Growth rate and % N of field grown crops: theory and experiments, Ann. Bot. 67: 181 — 190.
- Kocoń A., Podolska G. 2008. Wpływ niedoboru wody w glebie na plon i jakość ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 1 (97): 16 — 17.
- Knapowski T., Ralcewicz M. 2004. Ocena wskaźników jakościowych ziarna i mąki pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Annales UMCS, sec. E*, 59,2: 959 — 968.
- Mazurek J., Sułek A. 1995. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 194: 77 — 80.
- Podolska G. 1997. Reakcja odmian I rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Część III. Wpływ nawożenia azotem na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 203:169 — 172.
- Podolska G.: 2004. Efektywność agrotechnicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonowania pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 231: 55 — 64.

- Podolska G., Krasowicz S., Sułek A. 2005. Ocena ekonomiczna i jakościowa uprawy pszenicy ozimej przy różnym poziomie nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 139: 175 — 188.
- Podolska G., Mazurek J., Stypuła G. 2001. Określenie wymagań agrotechnicznych nowych rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 220: 23 — 33.
- Ruszkowski M., Iwanejko M., Sułek A. 1991. Struktura plonu rodów pszenicy ozimej w zależności od poziomu nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 177: 115 — 121.
- Wojcieszka U., Wolska E., Giza A. 1990. Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez ozime formy pszenżyta i pszenicy Żyta w warunkach zróżnicowanego żywienia NPK. I. Wzrost, rozwój i struktura plonu. *Pam. Puł.* 97: 65 — 81.
- Wróbel E., Szempliński W. 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu *Pam. Puł.* 118: 463 — 470.

MONIKA LANGNER

BOLESŁAW P. SALMANOWICZ

Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu

Identyfikacja puroindolinowych alleli w krajowych odmianach pszenicy przy zastosowaniu markerów molekularnych

Identification of puroindoline alleles in Polish wheat cultivars by molecular markers

Twardość endospermu odgrywa ważną rolę w charakterystyce jakościowej ziarna pszenicy uprawnej (*Triticum aestivum* L.) i ma znaczący wpływ na mielenie, wypiek i jakość końcową produktu. Zmienność genowej sekwencji oraz mutacje dwóch puroindolinowych genów (*Pina-D1* i *Pinb-D1*), zlokalizowanych w lokus *Ha* na chromosomie 5D, w większości wyjaśniają zakres zmienności tekstury pszenicznych ziarniaków. Celem przedstawionych badań było charakteryzowanie form allelicznych puroindolinowych genów w odmianach pszenicy zarejestrowanych w Polsce. Łącznie dla 69 odmian przeprowadzono pomiary SKCS twardości ziarna oraz zidentyfikowano obecność puroindolinowych alleli stosując markery molekularne. Na podstawie średnich wartości SKCS twardości, 8 odmian zakwalifikowano do twardego typu pszenic, 60 odmian do pośredniego oraz 1 odmianę do miękkiego. Wszystkie krajowe odmiany posiadały allel *Pina-D1a*. Do rozróżnienia alleli genu *Pinb-D1*, produkty PCR tego genu rozkładano na mniejsze fragmenty stosując enzym restrykcyjny *BsrBI*. Wśród badanych prób, 35 odmian posiadało allel dzikiego-typu *Pinb-D1a*.

Słowa kluczowe: enzym restrykcyjny, PCR, pszenica, puroindoliny, twardość ziarna, zmienność alleliczna

Endosperm hardness plays an important role in quality characteristics of cultivated wheat (*Triticum aestivum* L.) and has a significant effect on milling and baking processes and on the quality of the final product. Gene sequence variation and mutations to the two puroindoline genes (*Pina-D1* and *Pinb-D1*), located at the *Ha* locus on the chromosome 5D, account for the majority of variation in wheat kernel texture. The objective of the presented study was to characterize the allelic forms of puroindoline genes in Polish wheat cultivars. For a total of 69 wheat cultivars the measurement of SKCS grain hardness was performed, and puroindoline alleles were identified by molecular markers. On the basis of mean SKCS hardness eight cultivars were classified as a hard type, 60 cultivars as a mixed one and one as a soft type. In all the cultivars the *Pina-D1a* allele was identified. To identify alleles of *Pinb-D1* gene, PCR product of this gene was digested to small fragments by *BsrBI* restriction enzyme. Among the grain samples, 35 cultivars were found to possess the wild-type *Pinb-D1a* allele.

Key words: allelic variation, kernel hardness, PCR, puroindolines, restriction enzyme, wheat

WSTĘP

Tekstura endospermu tj. twardość lub miękkość ziarna jest ważną cechą determinującą szereg własności technologicznych, mającą bezpośredni wpływ na wartość przemiałową, wartość wypiekową (wodochłonność, test sedymentacyjny, objętość chleba w próbnym wypieku) oraz końcową jakość produktu. Mąka z twardego ziarna pszenicy nadaje się do wypieku chleba, natomiast ziarna miękkie bardziej do wypieku ciast i ciastek (Morris i Rose, 1996).

Twardość ziarna pszenicy w znacznym stopniu determinowana jest kompleksem białek friablinowych. W skład frakcji friablinowej wchodzi głównie puroindoliny oraz białka *GSP-1*. Geny kodujące tę klasę białek są silnie sprzężone i występują w genomie D pszenicy. Twardość ziarna jest w znacznym stopniu kontrolowana przez gen *Ha* (Hardness) zlokalizowany na krótkim ramieniu chromosomu 5D (gen dominujący *Ha* determinuje ziarno miękkie, a allel recesywny ziarno twarde) (Law i in., 1978; Giroux i Morris, 1997, 1998). Obecność tego genu nie tłumaczy jednak całego spektrum zmienności obserwowanej w twardości ziarna (Sourdille i in., 1996; Perretant i in., 2000). Geny trzech polipeptydów (puroindoliny-a, puroindoliny-b i białka *GSP-1*) zostały zidentyfikowane jako ściśle związane z genem *Ha* (Gazza i in., 2005). Geny zlokalizowane na chromosomach 5DS (*Pina-D1* i *Pinb-D1*) kodujące białka puroindolinowe są ogólnie uznawane jako markery genetyczne tekstury endospermu ziarna pszenicy (Swan i in., 2006). Dotychczas zidentyfikowano dziewięć alleli genu *Pina-D1*: *Pina-D1a* – kodujący dziki-typ, *Pina-D1b* – nullowa forma (twarde ziarno) i *Pina-D1c-h, o* (Giroux i Morris, 1997; Massa i in., 2004; Chen i in., 2006). W locus *Pinb-D1* wyróżnia się obecnie 17 alleli różniących się między sobą pojedynczymi nukleotydowymi mutacjami (Lillemo i Morris, 2000; Morris i in., 2001; Chang i in., 2006; Chen i in., 2007; Li i in., 2007; Wang i in., 2008). Bielmo miękkie występuje wtedy kiedy w obydwu genach znajdują się allele dominujące (*Pina-D1a*, *Pinb-D1a*), natomiast bielmo twarde jest efektem mutacji jednego lub obydwu genów.

Głównym celem pracy była identyfikacja form allelicznych genów *Pina* i *Pinb* kodujących białka puroindolinowe odpowiedzialne za twardość ziarna w krajowych odmianach pszenicy przy zastosowaniu markerów molekularnych. Uzyskane dane porównano z wynikami oznaczonymi na podstawie pomiaru twardości ziarna techniką SKCS, celem oceny przydatności zastosowanych markerów molekularnych dla praktyki.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny

Badania objęły 69 odmian pszenicy zwyczajnej ozimej i jarej znajdujące się w Krajowym Rejestrze Odmian Roślin Uprawnych w roku 2007/2008 wyhodowanych w Hodowli Roślin Strzelce oraz 14 wzorcowych odmian pochodzących z Kanady, USA i Australii (AC Corine, Amazon, Bellevue, Benhur, Chinese Spring, Fortuna, Franklin, Galaxie, Glenavon, Glenlea, Norvin, Super X, Wildcat oraz Yecora Royo).

Pomiar twardości ziarna

Do pomiaru twardości ziarna zastosowano Perten Single Kernel Characterization System (SKCS) 4100 (firmy Perten Instruments AB, Huddinge, Sweden), postępując zgodnie z normą AACC Metod 55-31. Wskaźniki SKCS twardości uzyskiwano krusząc 300 oczyszczonych, niepołamanych ziarniaków dla każdej z badanych odmian. Na podstawie wyznaczonych wartości średnich dla 300 pomiarów (SKCS indeks) oraz wielkości odchyłeń standardowych przeprowadzono klasyfikację twardości ziarniaków poszczególnych odmian pszenicy do trzech klas: pszenic miękkich (średnia wartość SKCS <40), pośrednich (średnia wartość SKCS od 40 do 60) oraz twardych (SKCS >60). Dodatkowo na podstawie rozkładu danych dla pojedynczych ziarniaków wyróżniono cztery klasy twardości ziarniaków w następujących przedziałach ≤ 33 , 34-46, 47-59, ≥ 60 jednostek pomiarowych.

Ekstrakcja DNA i analizy PCR

Izolację genomowego DNA z tygodniowych siewek przeprowadzono wg zmodyfikowanej procedury Horn i Rafalski (1992). Na każdą próbę składało się pięć roślin. Ekstrakty były doprowadzane do stężenia 100 ng/ μ l i przechowywane w -20°C.

Amplifikacja DNA przebiegała w roztworze reakcyjnym (25 μ l) zawierającym: 1 $\times$ bufor (Qiagen), 2mM MgCl₂, 200mM każdego z dNTP, 0,2mM każdego ze starterów, 50 ng genomowego DNA oraz 0,5U HotStar Taq Polimerazy (Qiagen). Reakcje przeprowadzono w termocyklerze PTC200 (MJ Research, USA) w warunkach: 95°C 15 min; 35 cykli: 94°C 1 min, 48-58°C 1 min (zgodnie z Tm starterów), 72°C 2,30 min; 72°C 10 min. Produkty PCR rozdzielano w 2% żelu agarozowym z dodatkiem bromku etydyny przy napięciu 80 V w buforze TBE i wizualizowano na transiluminatorze w świetle UV.

Produkty PCR wielkości 469 bp uzyskane w wyniku amplifikacji przy zastosowaniu pary starterów HD3 trawiono enzymem restrykcyjnym *BsrBI* (Dubcovsky i in., 1999). Inkubacja 30 μ l mieszaniny reakcyjnej zawierającej enzym restrykcyjny *BsrBI*, 10x bufor Tango oraz mieszaninę PCR, przebiegała 3 godziny w temperaturze 37°C. Denaturację prowadzono w temperaturze 65°C przez 20 min. Strawione produkty frakcjonowano w 2% żelu agarozowym z dodatkiem bromku etydyny przy napięciu 80 V w buforze TBE i wizualizowano na transiluminatorze w świetle UV.

WYNIKI I DYSKUSJA

Rozkład SKCS twardości ziarna krajowych odmian pszenicy

Na podstawie SKCS indeksu twardości ziarna (wartość średnia dla 300 ziarniaków) 8 odmian pszenicy zostało zakwalifikowanych jako twarde, 60 jako pośrednie oraz jedna jako miękka (odmiana Rapsodia). Dla poszczególnych odmian SKCS indeks twardości wahał się od 14,34 (odm. Rapsodia) do 68,86 (odm. Brillant), przy czym dla większości krajowych odmian SKCS indeks wynosił od 40 do 50 jednostek. Kwalifikując odmiany w oparciu o rozkład danych dla poszczególnych ziarniaków do klasy pszenic twardych zaliczono 8 odmian, średnio-twardych 28 odmian, średnio-miękkich 30 odmian oraz miękkich — 3 odmiany (tab. 1). Lillemo i Morris (2000) badając m.in. 179 europejskich

odmian pszenic również wskazywali na niski udział odmian o typowo miękkich ziarniakach.

Tabela 1

Częstotliwość występowania klas SKCS twardości ziarna w krajowych odmianach pszenicy
Frequency distribution for SKCS grain hardness of Polish wheat cultivars

A

SKCS klasy twardości ziarna (wartość średnia)		
Mean SKCS grain hardness classes		
Miękkie (Soft)	Pośrednie (Mixed)	Twarde (Hard)
< 40	40 – 60	> 60
1 (1,5 %)	60 (86,9 %)	8 (11,6 %)

B

Klasy twardości wg rozkładu twardości pojedynczych ziarniaków			
Hardness classes according to distribution of individual grain hardness data			
Miękkie (Soft)	Średnio-miękkie (Mixed-soft)	Średnio-twarde (Mixed-hard)	Twarde (Hard)
≤ 33	34-46	47-59	≥ 60
3 (4,3 %)	30 (43,5 %)	28 (40,6 %)	8 (11,6 %)

Zmienność alleliczna genów *Pina-D1* i *Pinb-D1* w krajowych odmianach pszenicy

W prezentowanych badaniach zastosowano 9 zestawów starterów opracowanych na podstawie znajomości pojedynczych nukleotydowych mutacji sekwencji DNA kodujących białka puroindolinowe pszenicy (tab. 2) (Caparelli i in., 2003; Chang i in., 2006; Chen i in., 2006, 2007; Li i in., 2007).

Tabela 2

Zestawienie markerów molekularnych do identyfikacji puroindolinowych alleli pszenicy
List of markers for identification of puroindoline alleles in wheat cultivars

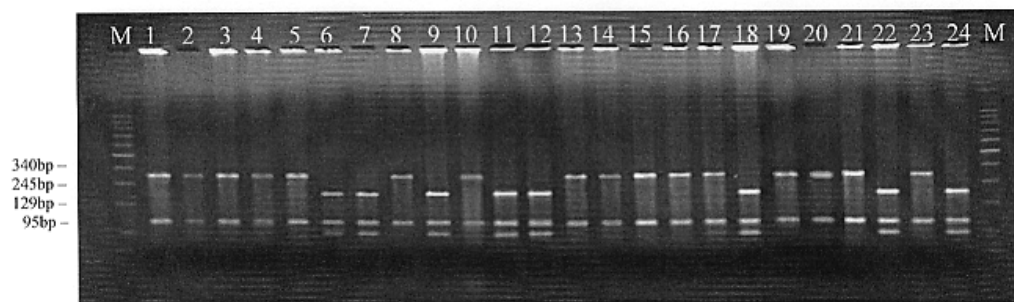
Nazwy starterów: Names of primers:	Sekwencje starterów (5'-3'): Forward and reverse primer sequences (5'-3'):	Allele/geny Alleles/genotypes	Wielkość produktów Product size of
HD1	5'- ATG AAG GCC CTC TTC CTC A - 3' 5'- TCA CCA GTA ATA GCC AAT AGT G - 3'	<i>Pina-D1a</i>	447 bp
HD2	5'- CAT CTA TTC ATC TCC ACC TGC - 3' 5'- GTG ACA GTT TAT TAG CTA GTC - 3'	<i>Pina-D1a</i>	524 bp
HD3	5'- ATG AAG ACC TTA TTC CTC CTA - 3' 5'- GGC ACG AAT AGA GGC TAT ATC A - 3'	<i>Pinb-D1</i>	469 bp
HD4	5'- TTG AAA ACA TGA AGA CCT TAT T - 3' 5'- GAG GAG GCT ATA TCA TCA CCA GTA A - 3'	<i>Pinb-D1</i>	524 bp
HD5	5'- GAG CCT CAA CCC ATC TAT TCA TC - 3' 5'- CAA GGG TGA TTT TAT TCA TAG - 3'	<i>Pinb-D1</i>	597 bp
HD6	5'- ATG AAG ACC TTA TTC CTC CTA - 3' 5'- CCT CAT GCT CAC AGC CGC C - 3'	<i>Pinb-D1a</i>	250 bp
HD7	5'- ATG AAG ACC TTA TTC CTC CTA - 3' 5'- CCT CAT GCT CAC AGC CGC T - 3'	<i>Pinb-D1b</i>	250 bp
HD8	5'- ATG AAG ACC TTA TTC CTC CTA - 3' 5'- CTC ATG CTC ACA GCC GCT - 3'	<i>Pinb-D1a</i>	223 bp
HD9	5'- ATG AAG ACC TTA TTC CTC CTA - 3' 5'- CTC ATG CTC ACA GCC GCC - 3'	<i>Pinb-D1b</i>	223 bp

Markery weryfikowano stosując wzorcowe odmiany zawierające poszczególne warianty genów *Pina-D1* i *Pinb-D1*. Dwa zestawy starterów HD1 i HD2 (tab. 2) posłużyły do identyfikacji odmian posiadających allel *Pina-D1a*, dając odpowiednio produkty amplifikacji o wielkości 447 bp i 524 bp (rys. 1).



Rys. 1. PCR produkt uzyskany przy zastosowaniu zestawu starterów HD1 charakterystyczny dla allelu *Pina-D1a*. Linie: M-100 bp DNA Ladder (Promega); 1- Alcazar, 2- Cytra, 3- Sława, 4- Sukces, 5- Figura, 6- Franklin, 7- Amazon, 8- Fortuna, 9- Yecora Royo, 10- Mewa, 11- Kobiera, 12- Henika, 13- Slade, 14- Wildcat, 15- Glenlea, 16- Sakwa, 17- Chinese Spring, 18- Rubens, 19- Radunia, 20- Tonacja, 21- Super X, 22- AC Corine, 23- Hewilla, 24- Koksa. Odmiany pszenicy zawierające allel *Pina-D1a* ujawniały fragment wielkości 447 bp

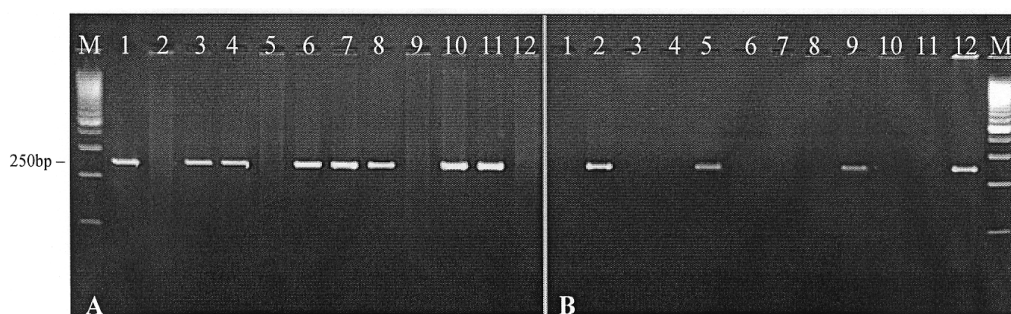
Fig. 1. PCR product of primer set HD1 specific for *Pina-D1a*. Lanes: M-100 bp DNA Ladder (Promega); 1- Alcazar, 2- Cytra, 3- Sława, 4- Sukces, 5- Figura, 6- Franklin, 7- Amazon, 8- Fortuna, 9- Yecora Royo, 10- Mewa, 11- Kobiera, 12- Henika, 13- Slade, 14- Wildcat, 15- Glenlea, 16- Sakwa, 17- Chinese Spring, 18- Rubens, 19- Radunia, 20- Tonacja, 21- Super X, 22- AC Corine, 23- Hewilla, 24- Koksa. Wheat cultivars containing *Pina-D1a* show a DNA



Rys. 2. Identyfikacja alleli *Pinb-D1a* i *Pinb-D1b* przy użyciu enzymu restrykcyjnego *BsrBI*. Linie: M-100 bp DNA Ladder (Promega); 1- Nutka, 2- Broma, 3- Hewilla, 4- Milvus, 5- Pasteur, 6- Muza, 7- Nawra, 8- Chinese Spring, 9- Franklin, 10- Jubilatka, 11- Batuta, 12- Brillant, 13- Bombona, 14- Rapsodia, 15- Zadra, 16- Galaxie, 17- Trend, 18- Dorota, 19- Bogatka, 20- Żura, 21- Tybalt, 22- Finezja, 23- Benhur, 24- Ludwig. *BsrBI* rozkłada produkt PCR (469 bp) na dwa fragmenty (340 bp, 129 bp) dla *Pinb-D1a* lub trzy fragmenty (245 bp, 129 bp i 95 bp) dla *Pinb-D1b*

Fig. 2. Identification of *Pinb-D1a* or *Pinb-D1b* using restriction enzyme *BsrBI*. Lanes: M-100 bp DNA Ladder (Promega); 1- Nutka, 2- Broma, 3- Hewilla, 4- Milvus, 5- Pasteur, 6- Muza, 7- Nawra, 8- Chinese Spring, 9- Franklin, 10- Jubilatka, 11- Batuta, 12- Brillant, 13- Bombona, 14- Rapsodia, 15- Zadra, 16- Galaxie, 17- Trend, 18- Dorota, 19- Bogatka, 20- Żura, 21- Tybalt, 22- Finezja, 23- Benhur, 24- Ludwig. *BsrBI* digests the PCR product (469 bp) to two fragments (340- and 129 bp) for *Pinb-D1a* or three fragments (245-, 129- and 95 bp products) for *Pinb-D1b* allele

Produktów PCR nie otrzymywano u odmian z formą nullową tego genu (allel *Pina-D1b*). Uzyskane dane potwierdzają informacje wcześniej przedstawione przez Lillemo i Morrisa (2000), którzy wśród 179 europejskich pszenic tylko u jednej odmiany stwierdzili obecność allelu *Pina-D1b*. Allel *Pina-D1b* zidentyfikowano natomiast u 8 odmian wzorcowych pochodzących z USA, Kanady i Australii (tab. 3). Warianty alleliczne genu *Pinb-D1* wykrywano stosując siedem par starterów (HD3-HD9) (tab. 2). Zestawy HD3-HD5 dawały kolejno produkty PCR wielkości 469 bp, 524 bp i 597 bp u wszystkich badanych odmian, potwierdzając obecność genu *Pinb-D1*, lecz nie rozróżniały jego form allelicznych. Do identyfikacji alleli tego genu zastosowano enzym restrykcyjny *BsrBI*. W wyniku analizy restrykcyjnej produktu PCR wielkości 469 bp otrzymano dwa profile prążkowe (rys. 2). Produkty wielkości 340 bp i 129 bp wyróżniały odmiany posiadające allel *Pinb-D1a*. Profil trzech prążków wielkości 245 bp, 129 bp oraz 95 bp wyróżniał odmiany z mutacją tego genu i charakteryzował pszenice z allelem *Pinb-D1b*, który występował u 31 badanych form (tab. 3). Wyniki analizy restrykcyjnej potwierdziły reakcje PCR z zastosowaniem kolejnych par starterów. Zestawy HD6 i HD7 różnicowały odmiany z allelami *Pinb-D1a* i *Pinb-D1b* amplifikując produkty wielkości 250 bp (rys. 3).



Rys. 3. Pary starterów HD6 i HD7 amplifikują charakterystyczny fragment PCR wielkości 250 bp odpowiednio dla alleli *Pinb-D1a* (A) i *Pinb-D1b* (B). Linie: M-100 bp DNA Ladder (Promega); 1- Parabola, 2- Franklin, 3- Nutka, 4- Zyta, 5- Mikula, 6- Clever, 7- Bryza, 8- Yecora Royo, 9- Almari, 10- Boomer, 11- Chinese Spring, 12- Ostka Strzelecka

Fig. 3. HD6 and HD7 primer pairs produce a characteristic PCR fragment of 250 bp for the alleles *Pinb-D1a* (A) and *Pinb-D1b* (B), respectively. Lanes: M-100 bp DNA Ladder (Promega); 1- Parabola, 2- Franklin, 3- Nutka, 4- Zyta, 5- Mikula, 6- Clever, 7- Bryza, 8- Yecora Royo, 9- Almari, 10- Boomer, 11- Chinese Spring, 12- Ostka Strzelecka

Podobnie pary starterów HD8 i HD9 jednoznacznie identyfikowały te allele dając prążki wielkości 223 bp (tab. 1). Reasumując, frekwencja poszczególnych alleli puroindolinowych w badanym materiale kształtowała się następująco: u wszystkich 69 odmian pszenicy zarejestrowanych w Polsce występował allel *Pina-D1a*, 35 odmian posiadało allel *Pinb-D1a*, natomiast allel *Pinb-D1b* zidentyfikowano u 34 badanych form (tab. 3).

Tabela 3

Skład puroindolinowych alleli loci *Pina-D1* and *Pinb-D1* zidentyfikowanych w badanych odmianach pszenicy

Allele compositions at the puroindoline loci *Pina-D1* and *Pinb-D1* in investigated wheat cultivars

Odmiany pszenicy zwyczajnej z allelami <i>Pina-D1a</i> i <i>Pinb-D1a</i> Common wheat cultivars with alleles <i>Pina-D1a</i> and <i>Pinb-D1a</i>			
Alkazar (M/S)	Clever (M/S)	Korweta (M/S)	Sława (M/S)
Biscay (M/S)	Cytra (M/S)	Milvus (M/S)	Sukces (M/S)
<i>Bellevue</i> (S)	<i>Galaxie</i> (S)	Monsun (M/S)	Tonacja (M/H)
<i>Benhur</i> (S)	Garantus (M/S)	Naridiana (M/S)	Trend (M/S)
Bogatka (M/S)	Hewilla (M/H)	Nutka (M/H)	Tybal (M/S)
Bombona (M/H)	Izyda (M/S)	Olcha (S)	Zadra (M/S)
Boomer (M/S)	Jawa (M/S)	Parabola (M/H)	Zorza (S)
Broma (M/S)	Jubilatka (M/S)	Pasteur (M/S)	Żura (M/S)
Bryza (M/S)	Kaja (M/S)	Radunia (M/S)	Zyta (M/S)
<i>Chinese Spring</i> (S)	Koksa (M/S)	Rapsodia (S)	
Odmiany pszenicy zwyczajnej z allelami <i>Pina-D1a</i> i <i>Pinb-D1b</i> Common wheat cultivars with alleles <i>Pina-D1a</i> and <i>Pinb-D1b</i>			
Almari (M/H)	<i>Franklin</i> (H)	Mikula (M/H)	Partyzan (H)
Anthus (M/H)	Fregata (M/H)	Monsun (M/H)	Rubens (M/H)
Batuta (M/H)	Henika (M/H)	Muza (M/H)	Sakwa (M/H)
Brillant (H)	Kobiera (M/H)	Nadobna (M/H)	Slade (M/H)
Buteo (M/H)	Legenda (M/H)	Nateja (M/S)	Tortija (M/H)
Dorota (M/H)	Ludwig (M/H)	Nawra (M/S)	Trappe (H)
Figura (H)	Markiza (H)	<i>Norvin</i> (H)	Turkis (M/H)
Finezja (M/H)	Meteor (H)	Oliwin (M/H)	Wydma (H)
Flair (M/H)	Mewa (M/S)	Ostka Strzelecka (H)	Zawisza (M/H)
Odmiany pszenicy zwyczajnej z allelami <i>Pina-D1b</i> i <i>Pinb-D1a</i> Common wheat cultivars with alleles <i>Pina-D1b</i> and <i>Pinb-D1a</i>			
<i>AC Corine</i> (H)	<i>Fortuna</i> (H)	<i>Glenlea</i> (H)	<i>Super X</i> (H)
<i>Amazon</i> (H)	<i>Glenavon</i> (H)	<i>Yecora Royo</i> (H)	<i>Wildcat</i> (H)

Oznaczenie twardości (S- miękkie, M-średnie, H- twarde) w oparciu o rozkład danych dla poszczególnych ziarniaków
Hardness (S - soft, M - mixed, H - hard) marked on basis of data distribution for individual grains

Kursywą oznaczono zagraniczne odmiany wzorcowe; Foreign standard cultivars are distinguished by italic characters

Porównanie wyników oznaczeń twardości ziarniaków wykonanych metodą SKCS z danymi uzyskanymi przy zastosowaniu markerów molekularnych (tab. 3) wskazuje na przydatność markerów w praktyce hodowlanej. W zdecydowanej większości przypadków krajowe odmiany zawierające allele *Pina-D1a* i *Pinb-D1a* charakteryzują się bardziej miękkim ziarnem niż odmiany posiadające allele *Pina-D1a* i *Pinb-D1b*. Uzyskane dane są zgodne z doniesieniami literaturowymi (Lillemo i Morris, 2000; Morris i in., 2001; Gazza i in., 2005; Swan i in., 2006; Li i in., 2007; Wang i in., 2008). Z uwagi na fakt że większość krajowych odmian pszenicy wykazuje twardość pośrednią, dla lepszego różnicowania odmian pod względem twardości, należy w dalszych badaniach zastosować nowe zestawy markerów molekularnych uwzględniające występowanie mutacji w obu genach kodujących białka puroindolinowe.

WNIOSKI

1. Znaczną większość zarejestrowanych w Polsce odmian pszenicy należy zaliczyć, na podstawie indeksu SKCS twardości do pośredniej klasy twardości ziarna z wyjątkiem

- dwóch odmian; Rapsodia, która posiada ziarniaki typowo miękkie oraz Brillant — ziarniaki typowo twarde.
2. W badanych odmianach miękkiej, dziki-typ puroindolin a i b (*Pina-D1a* i *Pinb-D1a*) stwierdzono u połowy krajowych odmian pszenic (35 odmian).
 3. Przedstawione wyniki potwierdzają, że zastosowane dwa zestawy markerów molekularnych umożliwiające identyfikację czterech form allelicznych genów *Pina* (*Pina-D1a* i *Pina-D1b*) oraz *Pinb* (*Pinb-D1a* i *Pinb-D1b*) kodujących białka puroindolinowe mogą być przydatne we wstępnej ocenie twardości/miękkości ziarna pszenicy.

LITERATURA

- Capparelli R., Borriello M., Giroux M. J., Amoroso M. G. 2003. Puroindoline A-gene expression is involved in association of puroindolines to starch. *Theor. Appl. Genet.* 107: 1463 — 1468.
- Chang C., Zhang H., Xu J., Li W., Liu G., You M., Li B. 2006. Identification of allelic variations of puroindoline genes controlling grain hardness in wheat using a modified denaturing PAGE. *Euphytica* 152: 225 — 234.
- Chen F., He Z. H., Xia C. F., Xia L. Q., Zhang X. Y., Lillemo M., Morris C. F. 2006. Molecular and biochemical characterization of puroindoline a and b alleles in Chinese landraces and historical cultivars. *Theor. Appl. Genet.* 112: 400 — 409.
- Chen F., Yu Y., Xia X. 2007. Prevalence of a novel puroindoline b allele in Yunnan endemic wheat (*Triticum aestivum* ssp. *yunnanense* King). *Euphytica* 156: 39 — 46.
- Dubcovsky J., Tranquillini D., Lijavetzky D., Muzzi G. 1999. Genetic and physical characterization of grain texture-related loci diploid wheat. *Mol. Gen. Genet.* 262: 846 — 850.
- Gazza L., Nocente F., Ng P.K.W., Pogna N.E. 2005. Genetic and biochemical analysis of common wheat cultivar lacking puroindoline a. *Theor. Appl. Genet.* 110: 470 — 478.
- Giroux M.J., Morris C. F. 1997. A glycine to serine change in puroindoline b is associated with wheat grain hardness and low levels of starch-surface friabilin. *Theor. Appl. Genet.* 95: 857 — 862.
- Giroux M.J., Morris C., 1998. Wheat grain hardness results from highly conserved mutations in the friabilin components Pina and b. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* 95: 6262 — 6266.
- Horn P., Rafalski A. 1992. Non-destructive RAPD genetic diagnostics of microspore-derived *Brassica* embryos. *Plant Mol. Biol. Rep.* 10: 285 — 293.
- Law J., Yang C.F., Brown J. W. S., Snape J. W., Worland A. J. 1978. The study of grain protein control in wheat using whole chromosome substitution lines. Seed protein improvement by nuclear technique. IAEA, Vienna: 483 — 502.
- Li G., He Z., Lillemo M., Sun Q., Xia X. 2007. Molecular characterization of allelic variations at *Pina* and *Pinb* loci in Shandong wheat land races, historical and current cultivars. *Journal of Cereal Science* 47: 510 — 517.
- Lillemo M., Morris C. F. 2000. A leucine to proline mutation in *Puroindoline b* is frequently present in hard wheats from Northern Europe. *Theor. Appl. Genet.* 100: 1100 — 1107.
- Massa A. N., Morris R., Gill B. S. 2004. Sequence diversity of puroindoline-a, puroindoline-b, and the grain softness protein genes in *Aegilops tauschii* cross. *Crop Sci.* 44: 1808 — 1816.
- Morris C. F., Lillemo M., Simeone M.C., Giroux M.J., Babb S.L., Kidwell K.K. 2001. Prevalence of puroindoline grain hardness genotypes among historically significant North American spring and winter wheat. *Crop Sci.* 41: 218 — 228.
- Morris C. F., Rose S. P. 1996. Wheat. In: *Cereal Grain Quality* (eds. Henry, Kettwell). Chapman and Hall, New York: 3 — 54.
- Perretant M. R., Cadalen T., Charmet G., Sourdille P., Nicolas P., Boeuf C., Tixier M. H. 2000. QTL analysis of bread-making quality in wheat using a doubled haploid population. *Theor. Appl. Genet.* 100: 1167 — 1175.

- Swan C. G., Meyer F. D., Hogg A. C., Martin M. J., Giroux M. J. 2006. Puroindoline B limits binding of puroindoline A to starch and grain softness. *Crop Sci.* 46: 1656 — 1665.
- Sourdille P., Perretant M. R., Charmet G., Leroy P., Gautier M. F., Joudrier P., Nelson J. C., Sorrells M. E., Bernard M. 1996. Linkage between RFLP markers and genes affecting kernel hardness in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 93: 580 — 586.
- Wang L., Li G., Xia X., He Z., Mu P. 2008. Molecular characterization of Pina and Pinb allelic variations in Xinjiang landraces and commercial wheat cultivars. *Euphytica* 164: 745 — 752.

JACEK WAGA**MARIA STACHOWICZ****KATARZYNA KARSKA**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Polimorfizm białek gliadynowych i gluteninowych a zmienność cech technologicznych u mieszańców orkiszu i pszenicy zwyczajnej

Polymorphism of gliadins and HMW glutenins and variability in quality traits in hybrid genotypes of spelt and common wheat

Czterdzieści osiem linii mieszańcowych orkiszu i pszenicy zwyczajnej (Oberkummler Rotkorn × LAD 480) analizowano pod kątem różnicowania białek zapasowych (gliadyn i glutenin wysokocząsteczkowych [HMW]) oraz ważniejszych cech jakościowych: liczby sedimentacji, procentowej zawartości białka ogółem, zawartości glutenu, a także właściwości reologicznych określonych na podstawie analizy farinograficznej i ekstensograficznej. Badane linie podzielono na trzy grupy. Każda grupa obejmowała po dwa, blisko spokrewnione biotypy. Rośliny w obrębie grupy były jednolite fenotypowo natomiast biotypy różniły się gliadynami kontrolowanymi przez dwa alleliczne warianty w obrębie jednego locus. Na podstawie testu *t* Studenta stwierdzono istotne różnicowanie średnich wartości liczby sedimentacji biotypów różniących się pod względem białek warunkowanych przez locus *Gli B2* (chromosom 6B) oraz brak takiego różnicowania w przypadku locus *Gli B1* (chromosom 1B). Z kolei biotypy różniące się pod względem trzech loci (*Gli B1*, *Gli D1* oraz *Gli A2*) oraz podjednostek glutenin [HMW] (5+10 i 2+12 kontrolowanych chromosomem 1D) wykazywały znaczne różnicowanie większości cech technologicznych — liczby sedimentacji, procentowej zawartości białka ogółem oraz parametrów reologicznych. Uzyskane wyniki dowodzą, że bloki białek gliadynowych warunkowanych przez locus *Gli B2* są silnie powiązane ze zmiennością cech jakościowych co sugeruje możliwość ich wykorzystania do selekcji genotypów mieszańcowych o lepszych właściwościach technologicznych.

Słowa kluczowe: orkisz, gliadyny, gluteniny, cechy jakościowe

Spelt wheat cultivar Oberkummler Rotkorn and common wheat breeding line LAD 480 differ in the composition of storage proteins and in some important quality traits. Moreover, cv. Oberkummler Rotkorn contains two specific gliadin blocks coded by chromosomes 1B and 6B (*Gli B1-6* and *Gli B2-3*). Such blocks have not so far been observed among wheat genotypes cultivated and examined in Poland. The aim of the study was to estimate the genetic relationships between spelt specific gliadin protein blocks and variability in sedimentation value, total protein content and gluten content as well

as rheological properties evaluated by farinograph and extensograph analyses. Differentiation of average values for quality traits in closely related F₅ hybrid genotypes was estimated by Student *t* test. Significant differences in sedimentation values between the genotypes varying in gliadins coded by the chromosome 6B, but not 1B, were found. In hybrid lines differing in three gliadin coding *loci* (*Gli B1*, *Gli D1* and *Gli A2*) significant differences in sedimentation value, protein content and rheological parameters were observed. As the HMW glutenin subunits in all the genotypes analyzed were uniform, a conclusion can be drawn that the examined gliadin protein blocks were the main factors responsible for the observed differentiation in technological parameters.

Key words: spelt, gliadins, glutenins, wheat quality

WSTĘP

Orkisz (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) jest jednym z sześciu podgatunków pszenicy heksaploidalnej (MacKey, 1966). Od pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*) różni się między innymi składem oraz budową fizykochemiczną białek zapasowych — gliadyn i glutenin o wysokiej masie cząsteczkowej (gluteniny [HMW]). Liczne prace badawcze z wykorzystaniem technik rozdzielu elektroforetycznego dostarczyły informacji na temat specyfiki oraz zróżnicowania frakcji białkowych w odmianach uprawnych i formach prymitywnych orkisz. Za jedną z takich cech charakterystycznych uważa się brak kilku prążków zlokalizowanych w strefie wolno migrujących ω -gliadyn określanych symbolem ω -1.2 (w odróżnieniu od szybciej migrujących — w warunkach elektroforezy A-PAGE — frakcji ω -5) (Federmann i in., 1992). Podobne zjawisko obserwowano w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie (ZRZb IHAR) z tym, że w naszych pracach częstotliwość nietypowych wariantów białkowych była zbyt niska, aby można uznać je za cechę specyficzną (wyniki nie opublikowane). Badania porównawcze białek gluteninowych [HMW] wykazały, że podjednostki 13+16 warunkowane przez *locus Glu B1* pojawiają się znacznie częściej u orkisz niż pszenicy zwyczajnej (Piergiorgianni i Blanco, 1999). Z kolei analiza związku genetycznego frakcji białek zapasowych z różnymi cechami użytkowymi pozwoliła stwierdzić, że obecność lub brak jednego spośród kilku zidentyfikowanych prążków elektroforetycznych γ -gliadyn jest powiązana z miękką lub twardą strukturą bielma ziarniaków w odmianach jarych (Abdel-Aal i in., 1996 a).

Badania prowadzone w ZRZb IHAR pozwoliły zidentyfikować kilka specyficznych dla orkiszu bloków gliadyn, których nie obserwowano wcześniej u odmian i rodów pszenicy zwyczajnej. Na szczególną uwagę zasługuje grupa prążków ω -5 obecnych w odmianie Oberkummler Rotkorn. Stanowią one blok białkowy, który oznaczono symbolem *Gli B1-6*, a który w grupie mieszańców z odmianą Elena wykazywał silne powiązanie z wysoką zawartością białka w ziarniakach (Waga, 2003). Ponadto stwierdzono, że jest on markerem czerwonego zabarwienia kłosów co wynika ze sprzężenia *locus Glu B1* z genem *rgl* odpowiadającym za syntezę barwnika. Specyficzne kombinacje prążków obserwowano też w strefie β -gliadyn, gdzie nakładają się białka warunkowane chromosomami 6B i 6D (bloki *Gli B2-3* oraz *Gli D2-2*) (Waga, 2005). Natomiast analiza białek gluteninowych [HMW] pozwoliła nam zidentyfikować obecność dwóch nowych podjednostek, z których jedna (typu x) wykazuje masę cząsteczkową pośrednią w stosunku do *Glu B1-6* i *Glu B1-7*, natomiast druga (typu y) jest nieco cięższa od podjednostki *Glu B1-8* (wyniki nie

opublikowane). Ich lokalizacja na obrazie elektroforetycznym pozwala przypuszczać, że są one warunkowane przez *locus* na chromosomie 1B.

Polimorfizm białek zapasowych jest jednym z ważniejszych czynników odpowiedzialnych za zmienność cech reologicznych oraz wypiekowych odmian i rodów pszenicy. Konsekwencją specyficznej budowy fizykochemicznej białek są nietypowe właściwości technologiczne orkiszu. W powszechnej opinii jest on uważany za formę wysokobiałkową. Jednakże wysoka zawartość białka nie jest skorelowana z wysoką jakością (Ranhotra i in., 1995). W efekcie gluten charakteryzuje się znaczną rozciągliwością, lecz słabą elastycznością, a ciasto ma stosunkowo niską energią określoną na podstawie wyników analizy ekstensograficznej. Jako jedną z przyczyn niekorzystnych cech jakościowych białek orkiszu wymienia się między innymi zbyt wysoki stosunek frakcji o niskiej masie cząsteczkowej do frakcji cięższych (Schober i in., 2006). Przytoczona charakterystyka nie jest jednak uniwersalna. Wśród znanych form orkiszu których — podobnie jak u odmian i rodów pszenicy zwyczajnej — można także obserwować zróżnicowanie właściwości technologicznych (Bonafaccia i in., 2000).

Mimo wielu cech prymitywnych, charakterystycznych dla starych form pszenicy (łamliwa osadka kłosowa, grube i twarde plewy, trudno wymłacalne ziarno), orkisz ma także szereg cech korzystnych, jak np. wspomniana wcześniej podwyższona zawartość białka czy lepsze — w porównaniu do pszenicy zwyczajnej — właściwości odżywcze i zdrowotne. Hodowcy usiłują przenieść te korzystne cechy do odmian uprawnych, jednakże dotychczas nie została zarejestrowana w Polsce jeszcze żadna odmiana pochodząca z krzyżowań orkiszu i pszenicy zwyczajnej.

Celem niniejszego opracowania było stwierdzenie czy specyficzne dla orkiszu bloki białek gliadynowych, warunkowane przez *loci Gli B1* oraz *Gli B2*, są powiązane ze zmiennością cech jakościowych i czy mogą być one wykorzystane do selekcji genotypów o podwyższonej jakości technologicznej w populacjach mieszańcowych orkiszu i pszenicy zwyczajnej.

MATERIAŁ I METODY

Material roślinny

Przedmiotem badań były linie mieszańcowe uzyskane z kombinacji krzyżowań wykonanych pomiędzy orkiszem (Oberkummler Rotkorn [OKR]) i rodem LAD 480. Począwszy od pokolenia F₂ włącznie prowadzono selekcję genotypów pod kątem zróżnicowania frakcji białek gliadynowych warunkowanych przez *loci Gli B1* oraz *Gli B2*. Wybierano genotypy ujednolicone pod względem cech fentypowych, składu białek gluteninowych [HMW] białek gliadynowych warunkowanych przez *loci Gli A1*, *Gli D1*, *Gli A2* oraz *Gli D2*. W pokoleniu F₅ uzyskano trzy zestawy linii mieszańcowych odpowiadających założonym kryteriom selekcji. W obrębie każdego zestawu uzyskano po dwa biotypy różniące się jednym blokiem gliadyn. Pierwszy zestaw obejmował 20 linii (10 zawierających blok *Gli B1-1* i 10 zawierających blok *Gli B1-6*). Drugi zestaw obejmował 14 linii (siedem z blokiem *Gli B2-1* i siedem z blokiem *Gli B2-3*). W trzecim zestawie biotypy

różniły się pod względem trzech loci (*Gli B1*, *Gli D1* oraz *Gli A2*), a każdy z biotypów obejmował siedem linii mieszańcowych.

Uzyskane linie rozmnażano przez trzy kolejne lata (2006, 2007 i 2008) w ZRZb IHAR. W pierwszych dwóch latach zakładano poletka 5-rzędowe natomiast w ostatnim roku materiały wysiano na poletkach o powierzchni 2 m². Zebrany materiał przeznaczano do badań laboratoryjnych.

Analizy elektroforetyczne

We wszystkich latach badań wykonywano analizy białek gliadynowych oraz glutenin [HMW] metodami rozdzielu elektroforetycznego na żelu poliakryloamidowym. Gliadyny rozdzielano metodą elektroforezy natywnej w środowisku buforu mleczanowo-glinowego, pH = 3,1 (A-PAGE), natomiast gluteniny [HMW] metodą elektroforezy w środowisku zasadowym buforu tris-HCl z dodatkiem soli sodowej siarczanu dodecyłu (SDS-PAGE) (Bushuk i Zillman, 1978; Laemmli, 1970). Stosowano standardowe procedury rozdzielu wprowadzając nieznaczne modyfikacje pozwalające dostosować je do warunków laboratoryjnych ZRZb IHAR. Szczegóły techniczne obu metod opisano we wcześniejszych pracach (Waga, 1997).

Analizowano po 20 ziarniaków każdej linii. Obrazy elektroforetyczne białek gliadynowych interpretowano na podstawie katalogu opracowanego w ZRZb IHAR, natomiast podjednostki glutenin [HMW] na podstawie katalogu P.I. Payne'a (Payne i Lawrence, 1983; Waga, 2007).

Ocena jakości technologicznej

Cechy jakościowe badanych linii mieszańcowych określono na podstawie średnich wartości liczby sedymentacji oraz procentowej zawartości białka ogółem (zawartości białka) uzyskanych na przestrzeni trzech lat badań. Liczbę sedymentacji oznaczano testem Axfora, który stanowi modyfikację tradycyjnej metody opracowanej przez Zeleny'ego polegającą na dodaniu 2% SDS do 26 mM roztworu kwasu mlekowego (Axford i in., 1979; Zeleny i in., 1960). Zawartość białka oznaczano metodą NIR przy użyciu aparatu Infratec 1255 Food and Feed Analyzer. Istotność zróżnicowania trzyletnich średnich wartości badanych wskaźników jakościowych między biotypami w obrębie trzech zestawów linii mieszańcowych oszacowano na podstawie testu *t*-Studenta.

Właściwości reologiczne badanych mieszańców oceniono dla materiałów zebranych w ostatnim roku badań. Analizy farinograficzne wykonywano standardową metodą ISO 5530-1 wykorzystaniem aparatu firmy Brabender (GmbH, Germany) natomiast analizy extensograficzne wykonywano na aparacie Brabendera metodą opracowaną przez International Cereal Chemists (ICC Standard 114).

WYNIKI

Formy rodzicielskie użyte do krzyżowań różniły się pod względem składu białek gliadynowych, glutenin [HMW], liczby sedymentacji i zawartości białka (tab. 1). Spośród sześciu bloków gliadynowych tylko jeden (*Gli A1-5*) był wspólny dla orkisz i rodu LAD 480. Białka z grupy ω -1.2 warunkowane chromosomem 1D (*Gli D1-1.1* i *Gli-D1-1.2*) były zbliżone do siebie, choć nie identyczne.

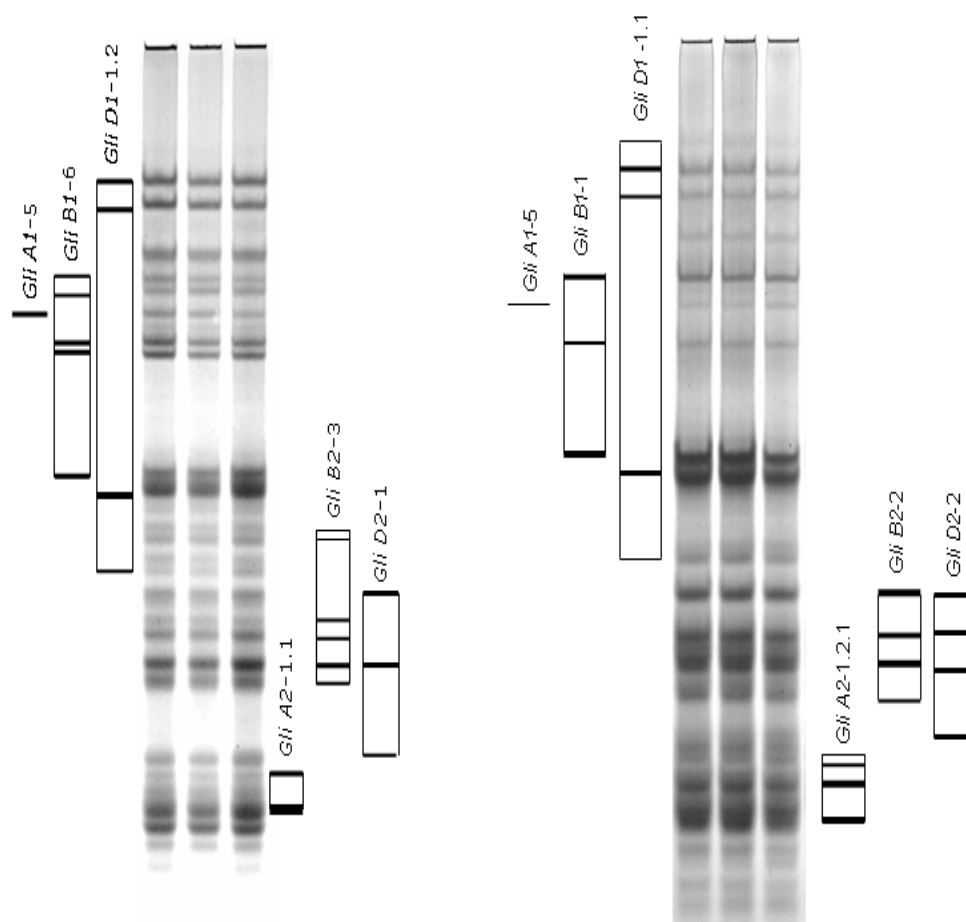
Tabela 1

Bloki białek gliadynowych, gluteninowych HMW oraz wartości liczby sedymantacji i procentowej zawartości białka ogółem dla form rodzicielskich
Gliadin and HMW glutenin protein blocks, sedimentation value and total protein content of parental components

Genotyp Genotype	<i>Gli A1</i>	<i>Gli B1</i>	<i>Gli D1</i>	<i>Gli A2</i>	<i>Gli B2</i>	<i>Gli D2</i>	<i>Glu A1</i>	<i>Glu B1</i>	<i>Glu D1</i>	Ls	Białko Protein
LAD 480	5	1	1.1	1.2.1	2	2	null	7+9	5+10	74	12,40
Orkisz	5	6	1.2	1.1	3	1	null	or	2+12	57	17,10

Ls — Liczba sedymantacji (ml); Sedimentation value (ml)

Białko — Procentowa zawartość białka ogółem; Total protein content (%)



Rys. 1. Bloki białek gliadynowych charakterystyczne dla orkiszu Oberkummler Rotkorn i rodu LAD 480
Fig. 1. Gliadin protein blocks of spelt wheat (Oberkummler Rotkorn) and breeding line LAD 480

Należą one do jednej rodziny bloków, za czym przemawia obecność zarówno prążków identycznych, jak i specyficznych w obrębie każdego bloku. Pozostałe frakcje białkowe warunkowane chromosomami 1B, 6A, 6B i 6D wykazywały istotne zróżnicowanie budowy fizykochemicznej (rys. 1). Wśród białek gluteninowych [HMW] zidentyfikowano podjednostki *Glu D1-5+10* dla rodu LAD 480 oraz *Glu D1-2+12* dla orkisz. Ponadto orkisz zawierał dwie specyficzne podjednostki warunkowane chromosomem 1B (*Glu B1-or*). Pod względem rozpatrywanych cech jakościowych ród LAD 480 charakteryzował się wyższymi wartościami liczby sedymentacji natomiast orkisz wykazywał znacznie wyższą zawartość białka we wszystkich latach badań.

Tabela 2

Formuły elektroforetyczne białek gliadynowych i gluteninowych [HMW] wytworzonych linii mieszańcowych
Electrophoretic formulas of gliadins and HMW glutenins in analyzed hybrid genotypes

Biotypy Biotypes	Gli A1	Gli B1	Gli D1	Gli A2	Gli B2	Gli D2	Glu A1	Glu B1	Glu D1
A	5	1	1.2	1.1	2	1	N	or	2+12
B	5	6	1.2	1.1	2	1	N	or	2+12
C	null	1	1.2	1.1	2	1	N	or	2+12
D	null	1	1.2	1.1	3	1	N	or	2+12
E	5	1	1.1	1.2.1	3	1	N	or	2+12
F	5	6	1.2	1.1	3	1	N	or	5+10

Celem określenia związku genetycznego białek zapasowych z cechami jakościowymi porównywano średnie wartości liczby sedymentacji oraz procentowej zawartości białka ogółem blisko spokrewnionych biotypów w trzech grupach linii mieszańcowych, a istotność zróżnicowania średnich oszacowano testem *t*-Studenta. W pierwszej grupie mieszańców biotypy A i B różniły się blokami warunkowanymi przez *locus* na chromosomie 1B (biotyp A — blok *Gli B1-1*, biotyp B — blok *Gli B1-6*). Analiza statystyczna nie wykazała istotnego zróżnicowania średnich wartości porównywanych cech ani dla liczby sedymentacji ani dla zawartości białka (tab. 3).

Tabela 3

Test *t*-Studenta dla liczby sedymentacji oraz procentowej zawartości białka ogółem linii mieszańcowych zróżnicowanych pod względem białek gliadynowych warunkowanych chromosomem 1B (*locus Gli B1*)

Student *t* test for sedimentation value and total protein content of hybrid genotypes differentiated in respect of gliadin proteins coded by the chromosome 1B (*locus Gli B1*)

Cecha Trait	Biotypy Biotypes	N	Średnia Mean	T
Liczba sedymentacji (ml) Sedimentation value (ml)	A	10	62,70	1,182
	B	10	58,50	
Zawartość białka (%) Total protein content (%)	A	10	13,17	1,848
	B	10	12,10	

W drugiej grupie mieszańców biotypy C i D różniły się blokami warunkowanymi chromosomem 6B (biotyp C — blok *Gli B2-2*, biotyp D — blok *Gli B2-3*). Porównanie

średnich wartości liczby sedymentacji dowodzi silnego zróżnicowania tej cechy ($p < 0,001$) przy czym linie w obrębie biotypu C, w których zidentyfikowano blok pochodzący z rodu LAD 480, wykazywały znacznie wyższe wartości niż linie D zawierające blok z orkisz (tab. 4). Rozpatrywane bloki gliadyn nie różnicowały natomiast biotypów C i D pod względem zawartości białka. W trzeciej grupie biotypy E i F różniły się trzema blokami gliadyn warunkowanych chromosomami 1B, 1D i 6A. W przypadku linii E wszystkie trzy bloki pochodziły z rodu LAD 480 natomiast w liniach F z orkisz. Pozostałe bloki warunkowane chromosomami 6B i 6D były identyczne w obu biotypach i pochodziły z orkisz (*Gli B2-3* oraz *Gli D2-1*). Tak więc biotyp F zawierał pięć natomiast E tylko dwa bloki gliadyn pochodzące z orkisz. Ponadto oba biotypy różniły się składem białek gluteninowych [HMW]: E zawierał podjednostki 2+12 natomiast F — podjednostki 5+10. Oszacowanie średnich wartości liczby sedymentacji i zawartości białka obu biotypów na podstawie testu *t* Studenta wykazało istotne zróżnicowanie obu cech (odpowiednio: $t = 16,397$ i $t = 10,823$), przy czym zdecydowanie wyższe wartości obu wskaźników jakościowych stwierdzono w przypadku biotypu F łączącego białka gliadynowe orkisz i podjednostki 5+10 z rodu LAD 480 (tab. 5).

Tabela 4

Test *t*-Studenta dla liczby sedymentacji oraz procentowej zawartości białka ogółem linii mieszańcowych zróżnicowanych pod względem gliadyn warunkowanych chromosomem 6B (*locus Gli B2*)
Student *t* test for sedimentation value and total protein content of hybrid genotypes differentiated in respect of gliadin proteins coded by the chromosomes 6B (*locus Gli B2*)

Cecha Trait	Biotypy Biotypes	N	Średnia Mean	T
Liczba sedymentacji (ml)	C	7	52,0	9,677***
Sedimentation value (ml)	D	7	41,1	
Zawartość białka (%)	C	7	14,16	0,735
Total protein content (%)	D	7	14,34	

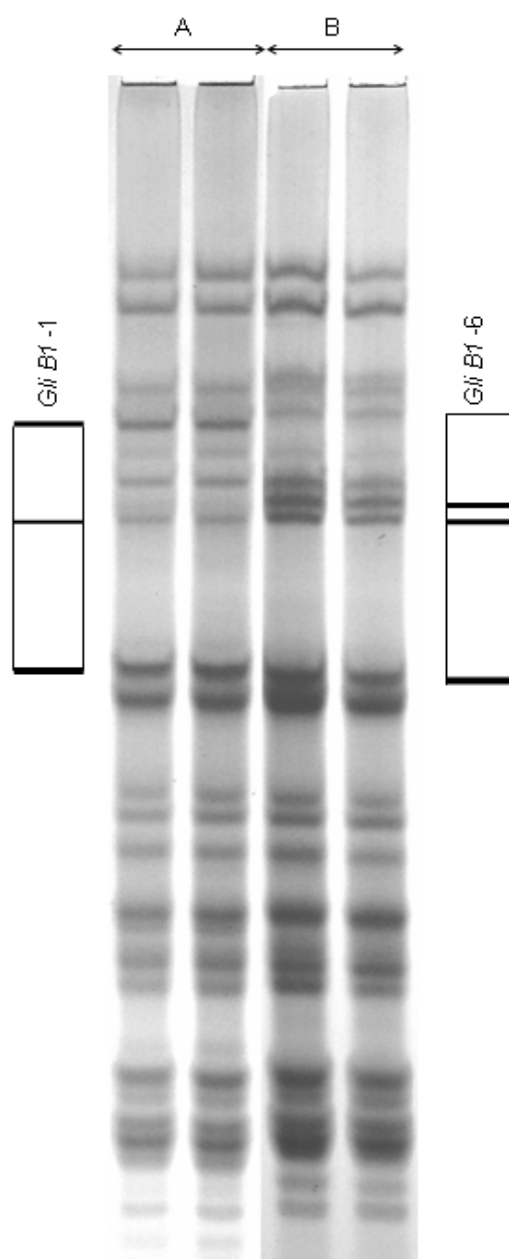
*** Istotne dla $P = 0,001$; Significant at $P = 0.001$

Tabela 5

Test *t*-Studenta dla liczby sedymentacji oraz procentowej zawartości białka ogółem linii mieszańcowych zróżnicowanych pod względem gliadyn warunkowanych chromosomami 1B, 1D, 6A i 6D
Student *t* test for sedimentation value and total protein content of hybrid genotypes differentiated in respect of gliadin proteins coded by the chromosomes 1B, 1D, 6A and 6D

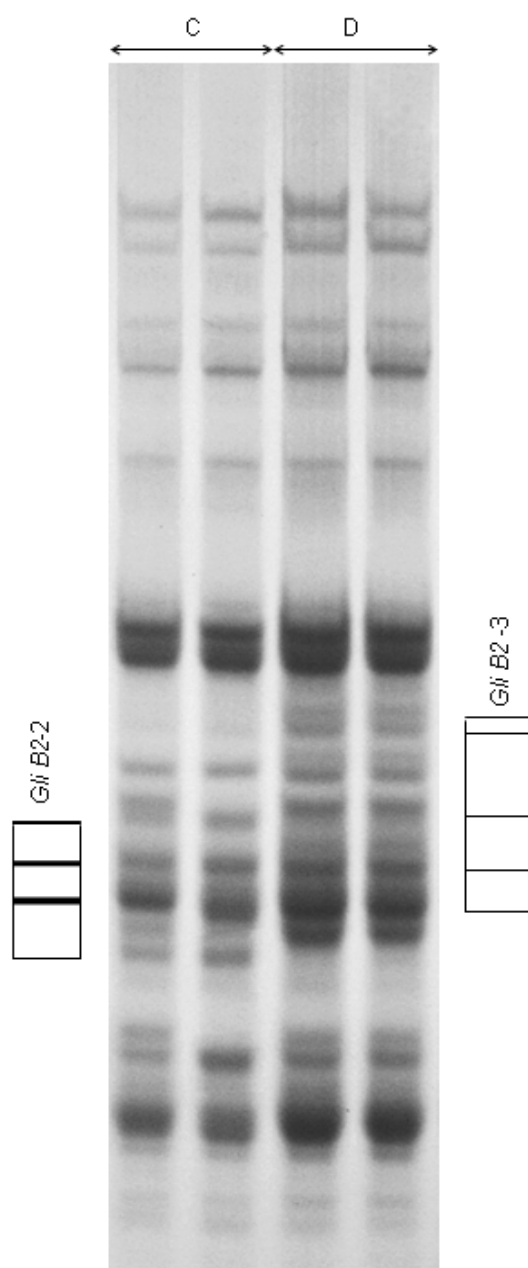
Cecha Trait	Biotypy Biotypes	N	Średnia Mean	T
Liczba sedymentacji (ml)	E	7	52,25	16,397***
Sedimentation value (ml)	F	7	80,60	
Zawartość białka (%)	E	7	12,94	10,823***
Total protein content (%)	F	7	15,76	

*** Istotne dla $P = 0,001$; Significant at $P = 0.001$

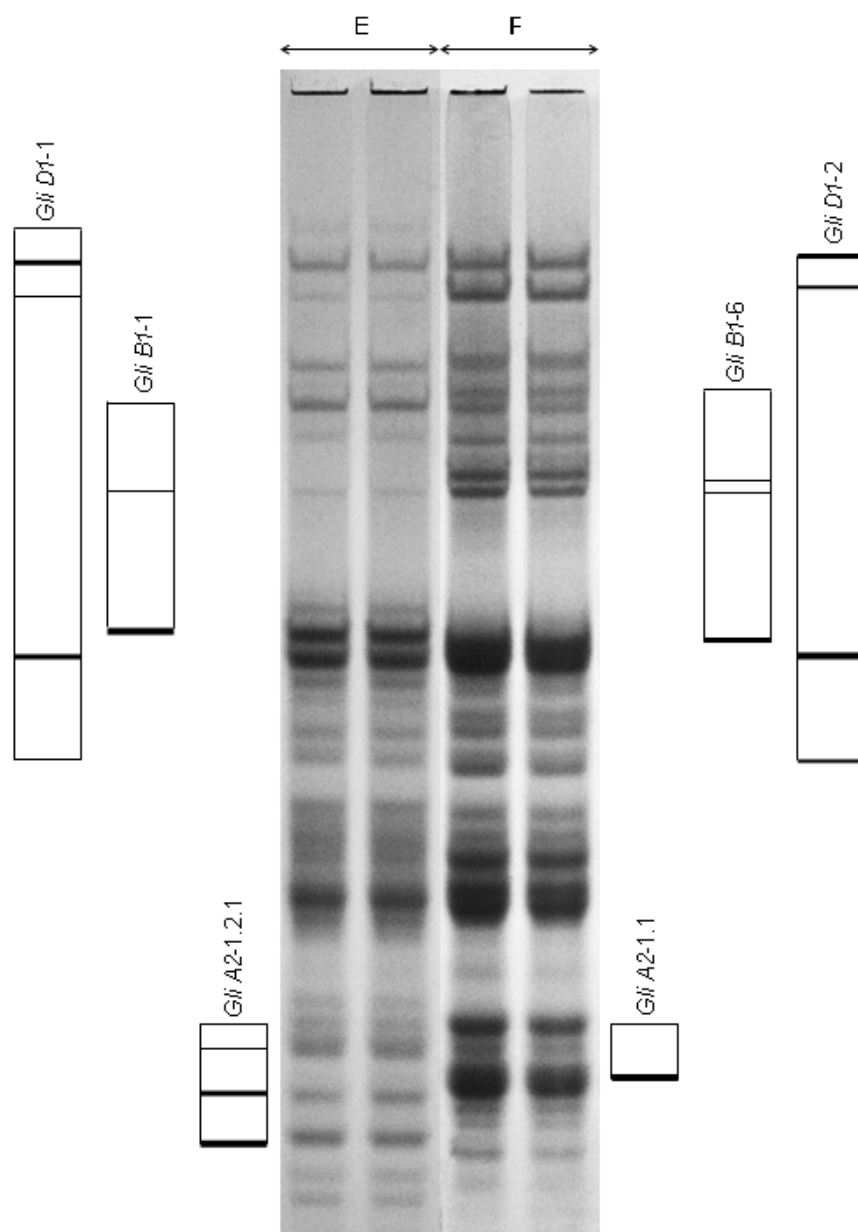


Rys. 2. Obraz elektroforetyczny dwóch linii mieszańcowych (A i B) zróżnicowanych pod względem gliadyn warunkowanych chromosomem 1B

Fig. 2. Electrophoregram of two hybrid genotypes (A and B) differing in gliadin protein blocks coded by chromosome 1B



Rys. 3. Obraz elektroforetyczny dwóch linii mieszańcowych (A i B) zróżnicowanych pod względem gliadyn warunkowanych chromosomem 6B
Fig. 3. Electrophoregram of two hybrid genotypes (A and B) differing in gliadin protein blocks coded by chromosome 6B



Rys. 4. Obraz elektroforetyczny dwóch linii mieszańcowych (A i B) zróżnicowanych pod względem gliadyn warunkowanych chromosomami 1B, 1D i 6A.
 Fig. 4. Electrophoregram of two hybrid genotypes (A and B) differing in gliadin protein blocks coded by chromosomes 1B, 1D and 6A

Porównanie wyników analizy farinograficznej i ekstensograficznej wykazało brak zdecydowanych różnic pod względem cech reologicznych w przypadku biotypów A i B oraz silne zróżnicowanie większości analizowanych parametrów między biotypami C i D oraz E i F (tab. 6). Szczególnie wysokie różnice odnotowano dla następujących parametrów: rozmięczenie, czas stałości ciasta, energia ciasta oraz liczba jakości. Korzystne wartości wymienionych cech stwierdzono dla biotypów C i F, gorsze dla D i E (podobnie jak w przypadku liczby sedimentacji i zawartości białka). Biotyp C charakteryzował się szczególnie wysoką rozciągliwością ciasta. W przypadku indeksu glutenowego obserwowano znaczne różnice wartości tego wskaźnika dla biotypów C i D (przy wyższej wartości biotypu C) natomiast u biotypów E i F były one niemal identyczne.

Tabela 6

Właściwości reologiczne linii mieszańcowych orkiszu i pszenicy zwyczajnej zróżnicowanych pod względem czterech loci warunkujących syntezę białek gliadynowych
Rheological properties of hybrid genotypes of spelt and common wheat differing in four loci determining the synthesis of gliadin proteins

Biotypy Biotypes	W	R	EC	Wm	CS	LJ	GM	GI
A	53,0	140	81	66,2	3,5	43	38,4	47,5
B	53,2	140	84	68,9	4,1	46	36,7	50,0
C	58,5	100	68	65,6	5,1	68	40,9	61,4
D	59,0	115	48	65,2	3,7	56	44,0	43,5
E	56,7	100	55	62,9	4,0	52	36,3	73,9
F	60,2	80	85	68,2	7,3	92	40,0	72,3
LAD 480	56,5	60	119	69,9	10,0	106	31,9	93,9

W — Wodochłonność (ml/100g); Water absorption

R — Rozmięczenie (FU); Weakening

EC — Energia ciasta (cm²); Dough strength (cm²)

Wm — Wymiał (%); Yield

CS — Czas stałości (min); Stability time

LJ — Liczba jakości (mm); Quality number

GM — Gluten mokry (%); wet gluten

GI — Indeks glutenowy; Index gluten

DYSKUSJA

Genetycznie uwarunkowany polimorfizm białek zapasowych jest jedną z ważniejszych przyczyn zróżnicowania właściwości technologicznych odmian i rodów pszenicy. Powszechnie uważa się, iż pierwszorzędą rolę w kształtowaniu cech jakościowych odgrywają gluteniny [HMW]. Stanowią one wielkocząsteczkowe polimery zbudowane z podjednostek połączonych za pośrednictwem międzyłańcuchowych wiązań disulfidowych (Shewry i Tatham, 1997). Wysoka energia tych wiązań przekłada się na właściwości mechaniczne glutenu, z których najbardziej unikalną w porównaniu do innych gatunków roślin zbożowych, a jednocześnie najbardziej specyficzną dla pszenicy jest elastyczność (Shewry i in., 2003). W odróżnieniu od białek gluteninowych [HMW], gliadyny stanowią zbiór monomerów, które łączą się z innymi białkami za pośrednictwem wiązań niekowalencyjnych (Bietz, 1997). Z uwagi na znaczny polimorfizm gliadyn ich obraz

elektroforetyczny ułatwia identyfikację odmian i rodów pszenicy, umożliwia analizę genetyczną mieszańców w pokoleniu F_2 , a także służy do określania dystansu genetycznego między odmianami, rodami czy gatunkami pszenicy (Branlard i in., 2001). Przypisuje się im natomiast drugorzędną rolę w aspekcie związku z cechami jakościowymi (MacRitchie, 1992).

Wyniki przedstawionych badań zdają się przeczyć takiemu stereotypowi i dowodzą, że niektóre bloki gliadyn — podobnie jak gluteniny [HMW] — mogą mieć znaczący wpływ na kształtowanie cech jakościowych. W niniejszej pracy koncentrowano się głównie na wariantach białkowych kontrolowanych przez homeologiczne *loci* (*Gli B1* oraz *Gli B2*) na chromosomach 1B i 6B. Wykazano, że *locus* na chromosomie 6B warunkuje syntezę dwóch bloków gliadynowych, z których jeden (*Gli B2-2* z rodu LAD 480) zdecydowanie poprawia, a drugi (*Gli B2-3* z orkisz) pogarsza jakość genotypów mieszańcowych określoną na podstawie liczby sedimentacji. Co więcej, wyniki badań sugerują, że blok *Gli B2-2* może być powiązany z wysoką rozciągliwością ciasta i jego odpornością na zrywanie, co obserwowano w trakcie analizy ekstensograficznej. Zróżnicowanie wartości tego parametru w liniach różniących się pod względem allelicznych wariantów białkowych kontrolowanych przez *locus Gli 2* potwierdza istnienie związku gliadyn z rozciągliwością co jest zgodne z ogólną wiedzą na temat struktury i funkcji białek prolaminowych pszenicy, zgodnie z którą frakcja gluteniny odpowiada za elastyczność, a gliadyny za rozciągliwość matrycy glutenowej (Wrigley i in., 2006). Nasze wyniki dodatkowo wskazują na *Gli B2* jako na *locus* silnie powiązany ze zmiennością tej cechy.

Z kolei fakt, iż bloki białkowe *Gli B1-1* oraz *Gli B1-6* nie wykazywały obecnie istotnego wpływu na wartości analizowanych parametrów jakościowych dowodzi relatywnego charakteru zależności gliadyn ze zmiennością tych cech. Kształtuje się on różnie w zależności od tła genetycznego badanych mieszańców i komponentów rodzicielskich użytych do krzyżowań. Sugeruje to fakt, iż w naszych wcześniejszych doświadczeniach nad mieszańcami pochodzącymi z kombinacji Oberkummler Rotkorn $\times$ Elena blok orkisz *Gli B1-6* zdecydowanie podwyższał zawartość białka w ziarniakach analizowanych genotypów (Waga, 2003). Wpływ tła genetycznego na charakter zależności białkowo-technologicznych został też stwierdzony przez innych autorów (Branlard i Metakovsky, 2007).

W trakcie badań uzyskano dwa typy rekombinantów, z których jeden zawierał białka gliadynowe rodu LAD 480 i podjednostki gluteninowe [HMW] 2+12 pochodzące z orkisz (linie E), natomiast drugi zawierał gliadyny orkisz i podjednostki 5+10 z rodu LAD 480 (linie F). Wyniki badań technologicznych wykazały, że wartości oznaczonych parametrów jakościowych dla linii F były znacznie bardziej korzystne niż w przypadku linii E, a obserwowane różnice okazały się statystycznie istotne. Uzyskane wyniki sugerują, że łączenie na drodze rekombinacji gliadyn orkisz z podjednostkami 5+10, a następnie identyfikacja pożądaných rekombinantów na podstawie analizy elektroforetycznej może w przyszłości okazać się właściwym podejściem do problemu identyfikacji genotypów o optymalnych właściwościach technologicznych w populacjach mieszańcowych orkisz i pszenicy zwyczajnej. Weryfikacja tej hipotezy będzie celem naszych przyszłych badań.

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy stanowią kolejny dowód, iż analiza elektroforetyczna połączona z identyfikacją bloków białek gliadynowych i gluteninowych [HMW] może stanowić efektywną metodę selekcji pozwalającą ułatwić wybór genotypów o lepszych cechach jakościowych w populacjach mieszańcowych orkisz i pszenicy zwyczajnej.

LITERATURA

- Abdel-Aal E. S. M., Salama D. A., Hucl P., Sosulski F. W., Cao W. 1996 a. Electrophoretic characterization of spring spelt wheat gliadins. *J. Agric. Food Chem.* 44: 2117 — 2123.
- Axford D. W. E., McDermott E. E., Redman D. G. 1979. Note on the sodium dodecyl sulfate test of breadmaking quality: comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chem.* 56: 582 — 584.
- Bietz J. A. 1997. Recent advances in the isolation and characterization of cereal proteins. *Cereal Foods World* 24:199 — 202.
- Bonafaccia G., Galli V., Francisci R., Mair V., Skranbanja V., Kreft I. 2000. Characteristics of spelt wheat products and nutritional value of spelt wheat-based bread. *Food Chem.* 68: 437 — 441.
- Branlard G.P., Dardevet M., Saccomano R., Lagoutte F., Gourdon J. 2001. Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality. *Euphytica* 119: 59 — 67.
- Branlard G.P., Metakovsky E.V. Some *Gli* alleles related to common wheat dough quality. In: Gliadin and glutenin. The unique balance of wheat quality. Wrigley C., Bekes F., Bushuk W. eds. AACC International, St. Paul, Minnesota, USA. 2007: 115 — 139.
- Bushuk W., Zillman R. R. 1978. Wheat cultivar identification by gliadin electrophoregrams. I. Apparatus, method and nomenclature. *Can. J. Plant Sci.* 58:505 — 515.
- Federmann G. R., Goecke E. U., Steiner A. M. 1992. Research note: Detection of adulteration of flour of spelt (*Triticum spelta* L.) with flour of wheat (*Triticum aestivum* L. emend. Fiori et Paol.) by electrophoresis. *Plant Var. Seeds.* 5:123 — 125.
- ICC. 1992. Standard methods of the International Association for Cereal Science and Technology. Standard No. 114/1. Method for using the Brabender Extensograph. The Association: Detmold, Germany.
- ISO. 1988. International Organization for Standardization. Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph. 5530-1. ISO: Geneva.
- Leamml U. K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680 — 685.
- MacKey J. 1966. Species relationships in *Triticum*. *Proc. Int. Wheat Genet. Symp.*, 2nd. (Hereditas Suppl.). 2: 237 — 276.
- MacRitchie F. 1992. Physicochemical properties of wheat proteins in relation to functionality. *Adv. Food Nut. Res.* 36: 1 — 85.
- 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.
- Piergiovanni A. R., Blanco A. 1999. Variation of HMW glutenin and γ -gliadin subunits in selected accessions of *Triticum dicoccon* (Shrank) and *T. spelta* (L.). *Cereal Res. Comm.* 27:205 — 211.
- Ranhotra G. S., Gelroth J. A., Glaser B. K., Lorenz K. J. 1995. Baking and nutritional qualities of a spelt wheat sample. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28:118 — 122.
- Schober T. J., Bean S. R., Kuhn M. 2006. Gluten proteins from spelt (*Triticum aestivum* ssp. *spelta*) cultivars: a rheological and size-exclusion high-performance liquid chromatography study. *J. Cereal Sci.* 44: 161 — 173.
- Shewry P. R., Tatham A. S. 1997. Disulphide bonds in wheat gluten proteins. *J. Cereal Sci.* 25:207 — 227.
- Shewry P. R., Halford N. G., Belton P. S., Tatham A. S. 2003. Gluten, the elastomeric protein of wheat seed. In: Elastomeric Proteins. Shewry P. R., Tatham A. S., Bailey A. J. Eds. Cambridge University Press: 279 — 301.

- Waga J. 1997. Polimorfizm białek gliadynowych i gluteninowych a jakość pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.), Biul. IHAR 204: 205 — 218.
- Waga J. 2003. Zmienność niektórych frakcji ω -gliadyn a zawartość białka ogółem w potomstwie orkisz i odmiany Elena. Biul. IHAR 228: 61 — 69.
- Waga J. 2005. Dziedziczenie wybranych frakcji białek gliadynowych u mieszańców orkisz z pszenicą zwyczajną. Biul. IHAR 236: 25 — 40.
- Waga J. 2007. Katalog bloków białek gliadynowych polskich odmian i rodów pszenicy zwyczajnej. Biul. IHAR 243:3 — 23.
- Wrigley C. W., Bekes F., Bushuk W. 2006. Gluten: a balance of gliadin and glutenin. In: Gliadin and glutenin — the unique balance in wheat quality. Eds. C. Wrigley, F. Bekes and W. Bushuk: 3 — 35.
- Zeleny L., Greenway W. T., Gurney G. M., Fifield C. C., Lebsock K. L. 1960. Sedimentation value as the index of dough mixing characteristics in early-generation wheat selections. Cereal Chem. 37: 673.

FELICYTA WALCZAK**ANNA TRATWAŁ****KAMIŁA ROSIAK**

Instytut Ochrony Roślin — PIB, Poznań

Wpływ zasiewów mieszanych i czystych pszenicy ozimej na występowanie mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) i szkodników zbóż oraz plonowanie

**The influence of winter wheat cultivation in mixtures and pure stands on plant
yielding and the occurrence of powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*)
and cereal pests**

W ostatnich latach w Polsce ponad 70% ogólnej powierzchni upraw rolniczych stanowią zboża, a najczęściej uprawianym gatunkiem jest pszenica ozima i jara. Często są to duże areale, kilkunasto-, a niekiedy kilkusethektarowe, obsiane rok po roku tym samym gatunkiem zboża lub nawet tą samą odmianą. Do strat związanych z obniżeniem wysokości i jakości plonu zbóż, oprócz niekorzystnych czynników klimatycznych i glebowych, przyczyniają się przede wszystkim choroby powodowane przez grzyby (głównie mączniak prawdziwy *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) i szkodniki (głównie skrzypionki — *Oulema* spp., mszyce — *Aphididae* i miniarki *Agromyzidae*). W zasiewach mieszanych, w porównaniu do siewów czystych, w przypadku chorób, a głównie mączniaka prawdziwego zbóż odnotowano redukcję nasilenia występowania, a w przypadku szkodników redukcję liczebności skrzypionek. Odnotowano również przyrost plonu w mieszkach w stosunku do zasiewów czystych.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, mieszanki odmian, mączniak prawdziwy, szkodniki zbóż

In recent years over 70% of the agricultural area in Poland has been occupied by cereal crops, mainly by winter wheat and spring wheat. The crops can reach several thousand hectares, and plants of the same cereal species or even cultivar are grown there year after year. The decrease in quantity and quality of cereal yields may result from unfavourable weather and/or soil conditions and from the crop infection by fungal diseases (especially by powdery mildew caused by *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) and by pests (particularly by leaf beetle — *Oulema* spp., aphids — *Aphididae*, and leaf-miner flies — *Agromyzidae*). The results of the investigations presented in this paper show that cultivation of winter wheat in mixtures, compared to pure stands, resulted in the increase in yield. Moreover, the cultivation in mixtures reduced both the occurrence of powdery mildew and the population of leaf beetles.

Key words: grain pests, powdery mildew, spring wheat, winter wheat

WSTĘP

W ochronie zbóż przed chorobami i szkodnikami dostępne są różne metody, tj. hodowla nowych odpornych odmian, różnego rodzaju zabiegi agrotechniczne mające na celu utrzymanie roślin w dobrej kondycji, biologiczne zwalczanie, chemiczna ochrona oraz wprowadzanie do praktyki alternatywnej formy uprawy — zasiewów mieszanych (Gacek, 2000). Poprzez pojęcie zasiewów mieszanych zbóż rozumie się zarówno mieszanki międzygatunkowe, jak i międzyodmianowe — wewnątrz tego samego gatunku.

Najważniejszą zaletą uprawy zbóż w siewie mieszanym jest wprowadzenie bioróżnorodności, która dzięki odrębności uprawianych roślin pozwala na lepsze wykorzystanie zasobów środowiska, bez zakłócania jego równowagi biologicznej. Ponadto w przeciwieństwie do monokultur odmianowych w genetycznie zróżnicowanych zasiewach mieszanych funkcjonują rozmaite biologiczne (genetyczno-epidemiologiczne) mechanizmy redukcji nasilenia występowania chorób (Łacicowa, 1984; Wolfe i in., 1997; Finckh i in., 2000).

Celem badań było określenie wpływu zróżnicowanych genetycznie mieszanek na rozwój najważniejszych chorób i szkodników zbóż oraz plonowanie.

MATERIAŁ I METODY

W ciągu sezonów wegetacyjnych (2005/2006 i 2006/2007) prowadzono doświadczenia ściśle ze zróżnicowanymi genetycznie odmianami pszenicy ozimej Finezja i Clever, różniącymi się między innymi typem odporności na mączniaka prawdziwego oraz mieszkanką wymienionych odmian.

Doświadczenie zlokalizowano w dwóch miejscowościach zróżnicowanych pod względem warunków glebowych i meteorologicznych, tj. w Terenowej Stacji Doświadczalnej Instytutu Ochrony Roślin — PIB Winna Góra (woj. wielkopolskie) i Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o. Grupa IHAR Oddział Bąków (woj. opolskie). W doświadczeniu nie stosowano ochrony fungicydowej ani insektycydowej.

W każdym sezonie wegetacyjnym, co 7–10 dni przeprowadzano ocenę nasilenia występowania chorób. Do oceny nasilenia chorób stosowano 9-stopniową skalę podatności roślin, gdzie 1 oznacza pełną podatność, a 9 pełną odporność (brak objawów choroby). Uzyskane wyniki przekształcano na wartości procentowe porażenia przez chorobę poszczególnych roślin odmian i mieszanek, a następnie wyliczano wartość AUDPC — powierzchnię pod krzywą rozwoju choroby wg wzoru. Procent redukcji nasilenia mączniaka w mieszkankach (RAUDPC) wyliczano porównując średnie porażenie mieszanki ze średnim porażeniem odmian w siewie czystym (komponentów mieszanki).

$$\text{AUDPC} = [x_{i1} \times y_0 + x_{i1} \times ((y_1 - y_0)/2)] + [x_{i2} \times y_1 + x_{i2} \times ((y_2 - y_1)/2)] + \dots + [x_{in} \times y_{n-1} + x_{in} \times ((y_n - y_{n-1})/2)]$$

gdzie:

AUDPC — powierzchnia pod krzywą rozwoju choroby (area under disease progress curve),

xi — liczba dni pomiędzy obserwacjami,

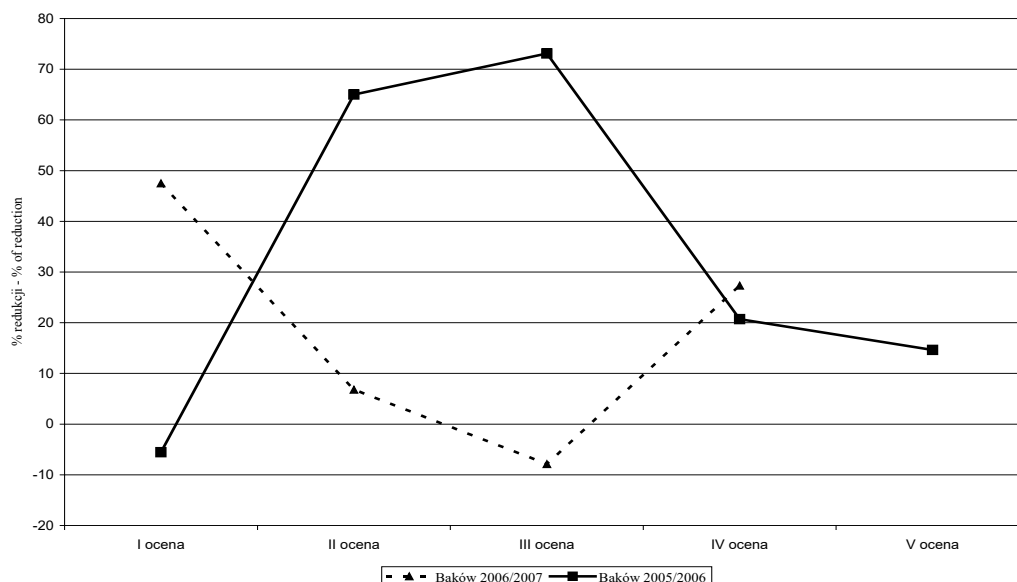
yn — wielkość porażonej powierzchni przez mączniak prawdziwy podczas kolejnych ocen.

Ocenę liczebności szkodników wykonano w takim momencie ich rozwoju kiedy zalecany jest zabieg chemiczny przeciwko danemu szkodnikowi, jeśli jego liczebność przekroczy próg ekonomicznej szkodliwości. W każdym powtórzeniu odnotowywano liczbę zaobserwowanych osobników skrzypionek, miniarek i mszyc na 30 analizowanych źdźbłach lub kłosach. W przypadku szkodników, które wystąpiły liczniej obliczono procent redukcji liczebności w mieszanke odmian w stosunku do siewów czystych.

Plon oznaczano na wszystkich obiektach. Po zbiorze kombajnem poletkowym plon z każdego poletka został zważony przeliczony na dt/ha.

WYNIKI

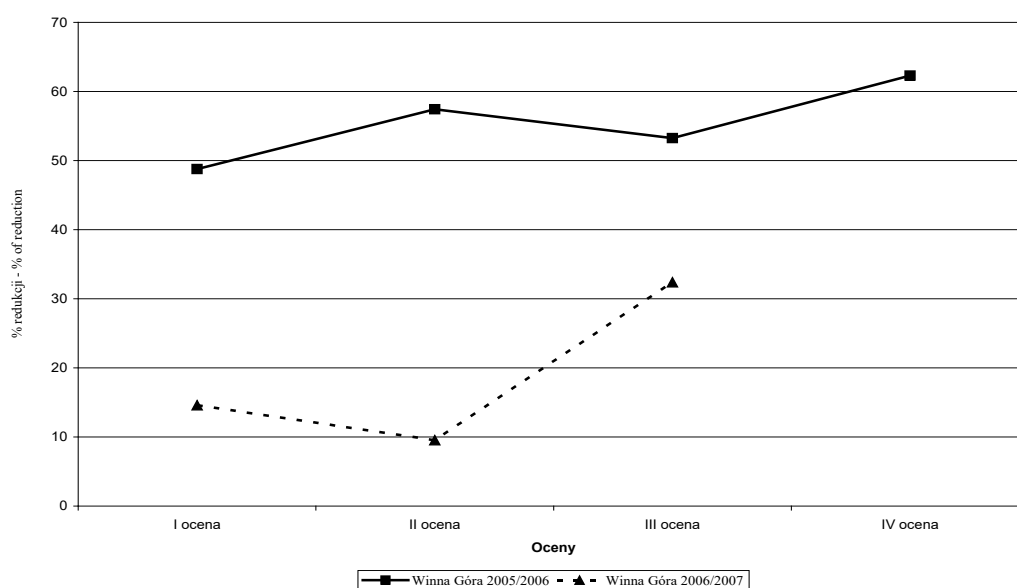
W sezonach wegetacyjnych 2005/06 oraz 2006/07 spośród chorób obserwowanych na pszenicy ozimej w większym nasileniu notowano mączniaka prawdziwego zbóż (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). Inne choroby jak septorioza plew (*Septoria nodorum*), rdza brunatna (*Puccinia triticea*) czy rynchosporioza (*Rhynchosporium secalis*) obserwowano w niewielkim nasileniu, nie stanowiącym znaczenia gospodarczego.



Rys. 1. Redukcja nasilenia występowania mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) w mieszanke pszenic ozimych w porównaniu do siewów czystych podczas kolejnych ocen porażenia w Bąkowie

Fig. 1. Powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) reduction in winter wheat mixture in successive field evaluations in Bąków

W ciągu dwóch analizowanych sezonów wegetacyjnych, podczas kolejnych ocen porażenia zbóż przez mączniaka prawdziwego, wielkość redukcji nasilenia występowania choroby w mieszance różniła się od porażenia odmian w siewie czystym w obydwu miejscowościach. W Bąkowie, w sezonie 2005/06 najwyższą redukcję nasilenia występowania choroby notowano podczas III oceny (około 70% w porównaniu do siewów czystych), podczas gdy w kolejnym roku badań analogiczna wartość była najniższa (rys. 1). W Winnej Górze odnotowano podobne wyniki (rys. 2). W Bąkowie, w sezonie 2005/06, jak i w 2006/07, odnotowano wyższe niż w Winnej Górze porażenie pszenicy ozimej przez mączniaka prawdziwego. W sezonie 2005/06 w Bąkowie odmiana Finezja była silniej porażona przez chorobę niż odmiana Clever, natomiast w Winnej Górze porażenie odmian w siewie czystym było zbliżone. Redukcję mączniaka prawdziwego w mieszance w porównaniu do siewów czystych rzędu od 40,6% do 61,3% obserwowano w obydwu miejscowościach.



Rys. 2. Redukcja nasilenia występowania mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) w mieszance pszenic ozimych w porównaniu do siewów czystych podczas kolejnych ocen porażenia w Winnej Górze

Fig. 2. Powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) reduction in winter wheat mixture in successive field evaluations in Winna Góra

W sezonie 2006/07 w obydwu miejscowościach, odmiana Finezja była silniej porażona przez chorobę niż odmiana Clever. W drugim roku badań notowano niższe redukcje mączniaka prawdziwego w mieszance w porównaniu do siewów czystych wynosząca około 30% redukcji (tab. 1).

Tabela 1

Występowanie (AUDPC) i redukcja nasilenia występowania (RAUDPC) mączniaka prawdziwego (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) na pszenicy ozimej w siewach czystych i mieszance
Powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*) occurrence (AUDPC) and reduction of occurrence (RAUDPC) in winter wheat pure stands and mixtures

Rok Year	Miejscowość Localization		Finezja	Clever	Fin/Clev
2005–2006	Bąków	AUDPC	751,6	513,6	349,2
		RAUDPC	—	—	40,6
	Winna Góra	AUDPC	337,2	326,6	127,6
		RAUDPC	—	—	61,3
2006–2007	Bąków	AUDPC	333,03	493,3	282,4
		RAUDPC	—	—	30,6
	Winna Góra	AUDPC	260,6	171,1	168,1
		RAUDPC	—	—	26,0

Zbliżone wartości redukcji nasilenia porażenia mieszanek pszenic ozimych w porównaniu do siewów czystych, na poziomie 6–60%, odnotowali również inni autorzy w swoich badaniach (Mahmood i in., 1991; Welling i Olsen, 1991; Finckh i Mundt, 1992; Manthey i Fehrmann, 1993; Gacek i in., 1997).

W sezonie wegetacyjnym 2005/2006 niskie temperatury utrzymujące się długo wiosną spowodowały, że rozwój szkodników zbóż był zahamowany i pojawiły się one na plantacjach później niż zwykle, a ich liczebność nie przekraczała progów szkodliwości.

Na pszenicy ozimej skrzypionki wystąpiły w większym nasileniu w Bąkowie, gdzie odnotowano ok. 14% redukcję ich liczebności w porównaniu do siewów czystych. W Winnej Górze liczebność skrzypionek w mieszance była nieznacznie niższa niż średnia liczebność w obu komponentach mieszanki i nie odnotowano redukcji ich liczebności. Liczebność miniarek na pszenicy ozimej w obu lokalizacjach doświadczenia była podobna. Zarówno w Bąkowie, jak i w Winnej Górze nie odnotowano redukcji liczebności tych szkodników w mieszkach w porównaniu do siewów czystych. W przypadku mszyc zarówno na liściach i łodygach, jak i na kłosach zaobserwowano tylko pojedyncze osobniki.

W sezonie wegetacyjnym 2007 ze względu na łagodną zimę i szybkie nadejście wiosny szkodniki pojawiły się na plantacjach wcześniej niż zwykle, jednak w stosunkowo małej liczebności. W obu lokalizacjach doświadczenia progi szkodliwości nie zostały przekroczone.

W sezonie wegetacyjnym 2006/07 skrzypionki (*Oulema* spp.) na pszenicy ozimej liczniej wystąpiły w Winnej Górze, gdzie odnotowano redukcję ich liczebności względem średniej z siewów czystych o 41,6%. W Bąkowie liczebność skrzypionek była znacznie mniejsza, a uprawa pszenicy ozimej w mieszance nie spowodowała redukcji ich liczebności. Miniarki (*Agromyzidae*) na pszenicy ozimej zarówno w Winnej Górze jak i w Bąkowie występowały nielicznie i nie odnotowano redukcji ich liczebności (tab. 2).

W przypadku mszyc (*Aphididae*) zarówno na liściach i łodygach jak i na kłosach zaobserwowano tylko pojedyncze osobniki.

Plon ziarna w mieszkach przedstawiono wyliczając wartość plonu oczekiwanego — średni plon z siewów czystych (komponentów mieszanki) w porównaniu do plonu

uzyskanego z mieszanki. W Bąkowie, w ciągu lat badań odnotowano przyrost plonu w mieszance w porównaniu do siewów czystych 1,3–1,5 dt/ha. W Winnej Górze pomimo obserwowanej redukcji nasilenia występowania mączniaka prawdziwego w siewie mieszanym w pierwszym roku badań nie odnotowano pozytywnego wpływu uprawy mieszanek w postaci przyrostu plonu. W sezonie wegetacyjnym 2006/07 przyrost plonu odnotowano w wysokości 0,9 dt/ha. Prace innych badaczy wskazują na przyrosty plonu w mieszankach nawet do 6,8 dt/ha w porównaniu do siewów czystych (Gacek i in., 1997). Mahmood i wsp. w swoich badaniach uzyskali 11–26% wzrost plonów w mieszankach odmian pszenic ozimych w porównaniu do siewów czystych. (Mahmood i in., 1991), a Manthey i Fehrmann 2–5% (Manthey i Fehrmann, 1993).

Tabela 2

Średnia liczebność/redukcja skrzypionek (*Oulema* spp.) i miniarek (*Agromyzidae*) na pszenicy ozimej w siewach czystych i mieszance
Average number and reduction in occurrence of cereal leaf beetle (*Oulema* spp.) and leaf mines (*Agromyzidae*) in winter wheat pure stands and mixtures

Rok Year	Agrofag / Miejscowość Pest / Localization	Średnia liczebność szkodników (szt./30 źdźbeł)/ redukcja (%) liczebności Average number of pests (pieces/30 stems)/reduction (%)		
		Finezja	Clever	Finezja/Clever
2005/2006	<i>Oulema</i> spp. Winna Góra	liczebność number	2,5	4,5
		redukcja reduction	-	brak redukcji no reduction
	<i>Oulema</i> spp. Bąków	liczebność number	9,5	9
		redukcja reduction	-	14,4
	<i>Agromyzidae</i> Winna Góra	liczebność number	5,5	5,5
		redukcja reduction		brak redukcji no reduction
	<i>Agromyzidae</i> Bąków	liczebność number	5,5	4,7
		redukcja reduction		brak redukcji no reduction
2006/2007	<i>Oulema</i> spp. Winna Góra	liczebność number	3,2	6,7
		redukcja reduction		41,6
	<i>Oulema</i> spp. Bąków	liczebność number	0,7	2,2
		redukcja reduction		brak redukcji no reduction
	<i>Agromyzidae</i> Winna Góra	liczebność number	1,5	2,5
		redukcja reduction		brak redukcji no reduction
	<i>Agromyzidae</i> Bąków	liczebność number	1,2	1,7
		redukcja reduction		brak redukcji no reduction

Tabela 3

Plon ziarna w siewach czystych i mieszance pszenic ozimych w sezonach wegetacyjnych 2005/2006 i 2006/2007

Grain yield in winter wheat pure stands and mixtures in the vegetation seasons 2005/2006 and 2006/2007

Rok Year	Miejscowość Localization	Plon ziarna w dt/ha — Grain yield (dt/ha)		
		średnia z siewów czystych pure stands-average	mieszanka mixtures	przyrost increase
2005/2006	Bąków	71,9	73,2	+1,3
	Winna Góra	59,4	58,1	-1,3
2006/2007	Bąków	79,8	81,3	+1,5
	Winna Góra	50,3	51,2	+0,9

Tabela 4

Masa tysiąca ziaren w siewach czystych i mieszance pszenic ozimych w sezonach wegetacyjnych 2005/2006 i 2006/2007

Thousand kernels weight in winter wheat pure stands and mixtures in the vegetation seasons 2005/2006 and 2006/2007

Rok Year	Miejscowość Localization	Masa tysiąca ziaren (g) — Thousand kernels weight		
		Finezja	Clever	Finezja/Clever
2005/2006	Bąków	39,2	33,1	34,8
	Winna Góra	40,6	39,7	38,9
2006/2007	Bąków	37,1	34,7	33,1
	Winna Góra	32,1	36,2	32,3

Tabela 5

Liczba ziaren/kłos w siewach czystych i mieszance pszenic ozimych w sezonach wegetacyjnych 2005/2006 i 2006/2007

Number of kernels per ear in winter wheat pure stands and mixtures in the vegetation seasons 2005/2006 and 2006/2007

Rok Year	Miejscowość Localization	Liczba ziaren/kłos — Number of kernels per ear		
		Finezja	Clever	Finezja/Clever
2005/2006	Bąków	42	44	41
	Winna Góra	50	48	42
2006/2007	Bąków	44	44	41
	Winna Góra	42	49	43

Tabela 6

Waga kłosa w siewach czystych i mieszance pszenic ozimych w sezonach wegetacyjnych 2005/2006 i 2006/2007

Ear weight in winter wheat pure stands and mixtures in the vegetation seasons 2005/2006 and 2006/2007

Rok Year	Miejscowość Localization	Waga kłosa (g) — Ear weight (g)		
		Finezja	Clever	Finezja/Clever
2005/2006	Bąków	1,6	1,5	1,4
	Winna Góra	2,0	1,9	1,7
2006/2007	Bąków	1,9	1,7	1,6
	Winna Góra	1,9	1,7	1,6

Przed zbiorem ziarna, na podstawie pobranej próbki 50 kłosów oznaczono elementy struktury plonu, tj. masę tysiąca ziaren, liczbę ziaren/kłos i wagę kłosa. Wartości w poszczególnych miejscowościach w siewach czystych, jak i w mieszance nie były zróżnicowane (tab. 4–6).

WNIOSKI

1. Porażenie pszenicy ozimej przez mączniak prawdziwy w Winnej Górze było wyraźnie niższe niż w Bąkowie.
2. Redukcja nasilenia występowania mączniaka prawdziwego w mieszance odmian pszenic ozimych wystąpiła w obydwu miejscowościach.
3. Niskie temperatury utrzymujących się długo wiosną 2006 zahamowały rozwój szkodników pszenicy ozimej.
4. W uprawie pszenicy ozimej w mieszance odmian tylko w Bąkowie odnotowano redukcję liczebności skrzypionek. W przypadku miniarek w żadnej z miejscowości nie stwierdzono redukcji liczebności szkodnika w mieszance.
5. Przyrost plonu w mieszance pszenic ozimych w porównaniu do siewów czystych notowano do 1,5 dt/ha.
6. Szkodniki w sezonie wegetacyjnym 2007 pojawiły się na poletkach doświadczzeń wcześniej niż rok wcześniej, jednak w stosunkowo małej liczebności.
7. W uprawie pszenicy ozimej w mieszance odmian redukcje liczebności odnotowano tylko w przypadku skrzypionek w Winnej Górze. W przypadku miniarek w żadnej z miejscowości nie stwierdzono redukcji liczebności szkodników w mieszance.

LITERATURA

- Finckh M. R., Gacek E. S., Goyeau H., Lannou Ch., Merz U., Mundt C. C., Munk L., Nadziak J., Newton A. C., de Vallavieille-Poppe C., Wolfe M. S. 2000. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie* 20: 813 — 837.
- Finckh M. R., Mundt Ch. C. 1992. Stripe rust, yield, and plant competition in wheat cultivar mixtures. *Phytopathology* 82: 905 — 913.
- Gacek E. 2000. Wykorzystanie różnorodności genetycznej roślin w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. *Postępy Nauk Rolniczych* 5: 17 — 25.
- Gacek E., Czembor H. J., Nadziak J. 1997. Zastosowanie mieszanin odmian do poprawy zdrowotności oraz wysokości plonowania pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 201: 81 — 93.
- Łacicowa B. 1984. Systemy ochrony roślin rolniczych przed chorobami. *Mat. V Zjazdu PTFiT*, Wrocław.
- Mahmood T., Marshall D., Mc Daniel M. E. 1991. Effect of winter wheat cultivar mixtures on leaf rust severity and grain yield. *Phytopathology* Vol. 81, No 4: 470 — 474.
- Manthey R., Fehrman H. 1993. Effects of cultivar mixtures in wheat on fungal diseases, yield and profitability. *Crop Protection* Vol. 12, 63 — 68.
- Welling B., Olsen C. Ch. 1991. Variety mixtures of winter wheat 1987–1989. *Tidsskrift for Planteavl.* 95: 21 — 30.
- Wolfe M. S., Lannou C., Pope C., Finckh M. R., Munk L., Merz U., Valenghi D., Gacek E. 1997. Variety mixtures in theory and practice. *Cost Action 817*. Compiled by Working Group 2. INRA-Grignon-France, May 1997.

KATARZYNA PANASIEWICZ**WIESŁAW KOZIARA****HANNA SULEWSKA**

Katedra Uprawy Roli i Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Reakcja pszenicy ozimej *Triticum durum* Desf. odmiany Komnata na gęstość siewu i nawożenie azotem

The response of winter wheat *Triticum durum* Desf. cv Komnata to different sowing density and nitrogen fertilization

W pracy badano wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plon i komponenty plonu ozimej formy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Doświadczenia na odmianie Komnata, przeprowadzono w latach 2006–2007 na polach ZDD Gorzyń filia Złotniki należących do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Eksperyment założono metodą bloków losowanych w 4 powtórzeniach, na glebie zaliczanej do kompleksu żyniego bardzo dobrego. Wykazano, że pszenica twarda odmiany Komnata uprawiana w warunkach gleb lekkich wydała plon ziarna przekraczający średnio $4,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Stan odżywienia roślin azotem wyrażony indeksem zazielenienia na obiektach najwyższej plonujących osiągał wartość 520–530 jednostek SPAD.

Słowa kluczowe: pszenica twarda, gęstość siewu, nawożenie azotem, plon, komponenty plonowania, SPAD indeks

The field experiment with triticum durum (*Triticum durum* Desf.), cv. Komnata was conducted in the years 2006–2007 at Poznań University of Life Sciences, experimental station in Złotniki. The experiment of split-block type was carried out in four replications on a very good rye soil complex. It was shown that *Triticum durum* cv. Komnata grown on the light soil produced the grain yield exceeding $4.0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nitrogen nutritional status of plants in the plots producing the highest yields reached the SPAD readings up to around 530.

Key words: nitrogen fertilization, sowing density, SPAD index, triticum durum, yield components, yield

WSTĘP

Podstawowym gatunkiem pszenicy uprawianym w Polsce jest pszenica zwyczajna (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare*). Coraz częściej poszukuje się jednak możliwości uprawy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.), co podyktowane jest zarówno wzrostem spożycia produktów uzyskiwanych z tego gatunku (makarony, kasze), jak również wysoką ceną tego

zboża na rynkach międzynarodowych (Rachoń i Szumiło, 2006). Wprowadzenie krajowych odmian pszenicy twardej pozwoliłoby na obniżenie kosztów produkcji makaronu przy zachowaniu doskonałej jakości i jednocześnie dało szansę praktyce rolniczej na zwiększenie opłacalności produkcji (Rachoń i in., 2002). Wymaga to jednak możliwie dokładnego rozpoznania czynników warunkujących wzrost i rozwój tego gatunku zboża.

Pomimo dość licznych badań wykonanych w ostatnich latach, stan wiedzy z zakresu reakcji pszenicy twardej na różnorodne czynniki środowiskowe jak i agrotechniczne wymaga dalszych uściśleń, zwłaszcza w odniesieniu do regionalnych uwarunkowań przyrodniczo-rolniczych.

Wielkopolska posiada użytki rolne z dużym udziałem gleb lekkich oraz niskie i nierównomiernie rozłożone opady (Koźmiński i Michalska, 2001), a przy tym charakteryzuje się wysokim poziomem intensywności produkcji rolniczej. Takie uwarunkowania sprawiają, że efekty uprawy wielu roślin rolniczych w tym regionie, zależą szczególnie od układu warunków meteorologicznych w okresie wegetacji.

Głównym czynnikiem plonotwórczym w uprawie roślin jest nawożenie azotem (Delogu i in., 1998; Gonzalez Ponce i in., 1993; Beher i in., 2000). Zwiększanie dawki azotu może znacznie aktywizować wzrost roślin, ale jak podaje Wojcieszka (1994) oraz Blackmer i Schepers (1994) nadmiar tego składnika może być zjawiskiem niepożądanym, a nawet ograniczającym plony ziarna. Stan odżywienia roślin azotem wykazuje związek z ilością wytwarzanego chlorofilu i tym samym decyduje o zabarwieniu liści. Wykorzystując chlorofilometr można zatem pośrednio oceniać zapotrzebowanie roślin w azot (Jaśkiewicz, 2009). O barwie roślin, obok dostępności azotu, decyduje również ich zagęszczenie w łanie i wynikające z tego zjawisko konkurencyjności (Lemaire i Gastal, 1997). Składnik ten odgrywa podstawową rolę w żywieniu roślin, a zależność pomiędzy tworzeniem biomasy i koncentracją azotu wykazali Justes i wsp. (1994).

Celem badań było określenie plonowania pszenicy twardej, odmiany Komnata uprawianej na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego oraz ocena wpływu gęstości siewu i nawożenia azotem na plon ziarna i jego komponenty.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia na pszenicy twardej odmiany Komnata przeprowadzono w latach 2006–2007 na polach ZDD Gorzyń filia Złotniki należących do Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Wykonano je w układzie bloków losowanych kompletnych w 4 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 25 m². Gleba pola doświadczalnego należy do klas bonitacyjnych IVa i IVb, a według przydatności rolniczej do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry).

Czynnikiem I — rzędu była gęstość siewu (200, 350, 500, 650 ziaren/m²), a II — rzędu dawka azotu (0, 50, 100, 150 kg N·ha⁻¹).

Nawożenie azotem, zgodnie ze schematem doświadczenia, stosowano w dawce 50 kg N·ha⁻¹ przed siewem i po 50 kg N·ha⁻¹ w fazie krzewienia (BBCH 21) oraz w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 51).

Ponadto przed siewem stosowano nawożenie fosforowe ($34,9 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$) i potasowe ($83 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$). Pszenicę twardą wysiewano po rzepaku ozimym, w trzeciej dekadzie września. Jesienią stosowano ochronę herbicydową preparatem Cougar 600 SC w dawce $1,25 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, a późną wiosną fungicydy Amistar 375 SC w dawce $1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ (2006) lub Jubel TT 483 SC $1,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ (2007). Pozostałe zabiegi uprawowe wykonywano zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki pszenicy ozimej.

Zawartość białka ogólnego w ziarnie oznaczono metodą Kjeldahla w laboratorium chemicznym Katedry Uprawy Roli Roślin.

Stan odżywienia roślin azotem (SPAD) oceniono w fazie wczesnej dojrzałości mlecznej (BBCH 71-73), za pomocą urządzenia N — Tester, a stosunek powierzchni asymilacyjnej liści roślin pszenicy do powierzchni pola LAI, wyznaczono LAI — metrem firmy Li — Cor w fazie dojrzałości mlecznej (BBCH 73-75).

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej metodą analizy wariancji dla układów zrandomizowanych kompletnych *split-plot* (Elandt, 1964). Test szczegółowy wykonano wg Tukey'a na poziomie ufności $P = 0,95$.

Układ warunków termiczno-wilgotnościowych w latach badań był zróżnicowany (tab. 1). Pierwszy rok cechował się chłodną i suchą zimą oraz ciepłą i przeciętnie wilgotną wiosną co korzystnie przełożyło się na plonowanie tego gatunku. Drugi rok był ciepły i obfity w opady w zimie ale suchy wiosną, co skutkowało bardzo szybkim ruszeniem wegetacji (początek lutego) i zredukowaniem zawiązków kłosów i ziarniaków oraz zmniejszeniem aparatu asymilacyjnego pszenicy.

WYNIKI

Średnio za dwuletni okres badań plon ziarna pszenicy twardej, odmiany Komnata wynosił $4,12 \text{ t/ha}$. Warunki pogodowe w latach badań, w dużym stopniu wpłynęły na wielkość uzyskanych plonów ziarna tego gatunku. Analiza sum opadów z okresu badań potwierdza zmienność pod tym względem poszczególnych lat jak i okresów rozwoju o największej wrażliwości roślin na niedobory wody.

Liczba dni wegetacji omawianego gatunku od siewu do dojrzałości pełnej wynosiła 301 w pierwszym roku oraz 309 w drugim roku badań. Wynikało to w części z różnic w terminach siewu, ale także ze zróżnicowanych warunków pogodowych w okresie wegetacji, które modyfikowały tempo wzrostu i rozwoju roślin. W obydwu latach badań odnotowano wyższą średnią temperaturę w okresie wegetacji roślin niż średnia temperatura dla tego okresu z wielolecia. Z kolei opady były niższe od sum z wielolecia odpowiednio o $17,3$ i $5,6 \text{ mm}$.

Stosunkowo duże różnice pomiędzy latami prowadzenia doświadczeń, wystąpiły w długości trwania poszczególnych faz rozwojowych. Okres od siewu do wschodów odpowiednio dla lat badań trwał 17 i 13 dni, od wschodów do krzewienia 47 i 50 dni, od krzewienia do strzelania w źdźbło 160 i 155 dni, a okres od fazy strzelania w źdźbło do kłoszenia 31 i 30. Okres kłoszenia do kwitnienia trwał 8 i 10 dni, a kwitnienia do uzyskania dojrzałości mlecznej 15 i 20 dni. Okres od stadium dojrzałości mlecznej do dojrzałości pełnej wynosił 23 i 31 dni.

Średnią temperaturę powietrza i sumy opadów w poszczególnych okresach wzrostu pszenicy twardej przedstawiono w tabeli 1. W pierwszym roku uprawy pszenicy, odnotowano niższą średnią temperaturę w okresach od siewu do kwitnienia. Natomiast okres od kwitnienia do dojrzałości pełnej charakteryzował się znacznie wyższą temperaturą niż w drugim roku uprawy. W obydwu latach wysokie opady odnotowano w okresie krzewienie-strzelanie w źdźbło, jest to najdłuższy z rozpatrywanych okresów, i wynosiły one odpowiednio 185,2 i 233,2 mm.

Tabela 1

Średnia temperatura powietrza i opady w okresach rozwojowych pszenicy twardej
Average temperature and rainfall during different phases of triticum durum development

Faza rozwojowa Development phase	Temperatura Temperature		Opady Rainfall	
	2006	2007	2006	2007
Siew — wschody Sowing — emergence	14,9	16,5	11,0	14,2
Wschody — krzewienie Emergence — tillering	8,0	8,70	15,7	35,9
Krzewienie — strzelanie w źdźbło Tillering — shooting	1,8	6,2	185,2	233,2
Strzelanie w źdźbło — kłoszenie Shooting — heading	14,8	15,9	42,0	69,9
Kłoszenie — kwitnienie Heading — flowering	17,9	22,8	2,9	6,9
Kwitnienie — dojrzałość mleczna Flowering — milk maturity	23,7	21,8	25,1	6,8
Dojrzałość mleczna — pełna Milk maturity — full maturity	24,8	19,8	14,0	91,8

Tabela. 2

Wpływ gęstości siewu i nawożenia azotem na plon ziarna, komponenty plonowania i zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenicy twardej
Influence of sowing density and N fertilization on grain yield, yield components and content of crude protein in grain of durum wheat

Czynnik Factor	Poziom Level	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	Liczba kłosów Ear number (szt·m ⁻²)	Liczba ziaren w kłosie Grain number in spike (szt)	Masa tysiąca ziaren 1000 grains weight (g)	Białko ogólne Crude protein (% sm)
Gęstość siewu Sowing density (szt·m ⁻²)	200	4,67	348	28,6	48,3	16,3
	350	4,45	376	28,3	47,3	16,4
	500	3,68	397	27,5	45,7	16,7
	650	3,69	431	27,9	44,7	16,5
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,39	39,2	1,05	1,31	r.n.*
Nawożenie azotem N fertilization (kg N·ha ⁻¹)	0	3,58	339	27,6	47,0	16,0
	50	4,14	403	28,4	47,0	16,5
	100	4,34	401	28,2	46,2	16,6
	150	4,43	410	28,1	45,8	16,9
	NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,37	41,2	r.n.	r.n.	0,49

r.n.* - różnice nieistotne- not significant differences

Gęstość siewu istotnie modyfikowała plon ziarna pszenicy twardej (tab. 2). Największy plon ($4,67 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) odnotowano w wariantcie o obniżonej obsadzie, przy czym nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy pomiędzy plonami uzyskanymi na gęstościach 200 i $350 \text{ szt} \cdot \text{m}^2$. Zwiększenie gęstości siewu do $500 \text{ szt} \cdot \text{m}^2$ spowodowało istotne obniżenie plonu.

Wyliczony współczynnik regresji wskazuje, że można oczekiwać prostoliniowego spadku plonu ziarna wraz ze zwiększaniem ilości wysiewu (tab. 3).

Tabela 3

Równania regresji wybranych cech w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem
Regression equations for some features depending on sowing density and N fertilization

Cecha Feature	Czynnik Factor	Równanie regresji Regression equation	Współczynnik determinacji Determination coefficient
Plon ziarna ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$) Grain field ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	gęstość siewu sowing density	$y = -0,0025x + 5,17$	0,87
	nawożenie azotem N fertilization	$y = 0,055x + 3,71$	0,86
Liczba ziaren w kłosie Grain number in spike (szt)	gęstość siewu sowing density	$y = -0,0083x + 50,01$	0,99
Masa 1000 ziaren (g) 1000 grains weight (g)	gęstość siewu sowing density	$y = -0,0019x + 28,89$	0,61
Indeks powierzchni liści Leaf area index (LAI)	nawożenie azotem N fertilization	$y = 0,0039x + 2,42$	0,88
Białko ogólne (% sm) Crude protein (% d.m.)	nawożenie azotem N fertilization	$y = 0,0056x + 16,08$	0,93

Zwiększanie gęstości siewu powodowało również istotne obniżenie masy 1000 ziaren oraz liczby ziaren w kłosie. W stosunku do obiektu o najmniejszej obsadzie istotne zmniejszenie zarówno liczby ziaren jak i masy tysiąca ziaren odnotowano na gęstości $500 \text{ szt} \cdot \text{m}^2$. Wyliczone współczynniki regresji prostej dla tych cech wskazują na prostoliniowy spadek ich wartości wraz ze wzrostem gęstości siewu. Zwiększanie ilości wysiewu sprzyjało wzrostowi obsady kłosów i najwyższą ich ilość roślin odnotowano po wysiewie $650 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^2$.

Gęstość siewu nie modyfikowała istotnie zawartości białka ogólnego w ziarnie, zaznaczyła się jedynie tendencja wyższej koncentracji tego składnika w suchej masie ziarna przy wysiewie $500 \text{ ziaren} \cdot \text{m}^2$.

Średnio dla dwóch lat badań nawożenie azotem zwiększało plon ziarna pszenicy twardej z $3,58 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na obiekcie bez nawożenia do $4,43 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ na najwyższym z zastosowanych poziomów nawożenia. Istotny wzrost w stosunku do obiektu kontrolnego odnotowano na wszystkich obiektach na których stosowano azot, przy czym różnice pomiędzy zastosowanymi dawkami azotu nie zostały potwierdzone statystycznie. Wyliczony współczynnik regresji wskazuje, że zwiększenie nawożenia o $1 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ powoduje wzrost plonu ziarna o $5,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Spośród komponentów plonowania nawożenie azotem istotnie modyfikowało jedynie obsadę kłosów. Podobnie w odniesieniu do plonu ziarna istotny wzrost liczby kłosów w stosunku do obiektu bez nawożenia stwierdzono na wszystkich

poletkach nawożonych, przy czym nie wykazano zróżnicowania pomiędzy ocenianymi dawkami azotu.

Nawożenie azotem zwiększyło również zawartość białka ogólnego w ziarnie pszenicy twardej. Z tym, że w analizie wariancji istotność zróżnicowania udowodniono tylko pomiędzy obiektami nawożonymi a kontrolą. Z kolei obliczony rachunek regresji pozwala oczekiwać prostoliniowego wzrostu zawartości białka w suchej masie ziarna wraz ze zwiększaniem nawożenia azotem.

Stosowanie azotu istotnie wpływało na wskaźnik powierzchni liści. Wraz ze wzrostem dawki tego składnika zaobserwowano zwiększenie powierzchni asymilacyjnej liści roślin pszenicy. Wyniki pomiarów wykonanych LAI-metrem w okresie dojrzałości młecznej wskazują, że wraz ze wzrostem nawożenia azotem zwiększyła się powierzchnia asymilacyjna liści. Średnio dla gęstości siewu, wartości wskaźnika LAI ze skrajnych dawek azotu wynosiły 2,77 oraz 2,99. W odniesieniu do tej cechy spodziewać się można również prostoliniowej zależności od nawożenia azotem.

Gęstość siewu i nawożenie azotem oddziaływały również na stan odżywienia roślin wyrażany w jednostkach SPAD (tab. 4).

Tabela 4

Indeks zazielenia liści (SPAD) w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem
Green index (SPAD) values depending on sowing density and N fertilization

Gęstość siewu Sowing density	Nawożenie azotem (kg N·ha ⁻¹) N fertilization (kg N·ha ⁻¹)				Średnio Average
	0	50	100	150	
200	397	531	521	537	496
350	360	391	443	422	404
500	373	489	447	437	436
650	326	331	455	474	397
Średnio Average	364	436	466	468	-

Ponadto analiza statystyczna wykazała współdziałanie tych dwóch czynników w kształtowaniu wartości jednostek SPAD. Zwiększanie nawożenia azotem, średnio dla gęstości powodowało na ogół wzrost liczby jednostek SPAD i taką zależność obserwowano przy wszystkich gęstościach siewu. Natomiast wpływ gęstości siewu nie był tak jednoznacznie ukierunkowany. Powtarzającą się zależnością była jedynie przewaga najrzadszego wysiewu nad trzema pozostałymi gęstościami.

DYSKUSJA

Tempo wzrostu jak i długość trwania poszczególnych faz rozwojowych roślin zależą przede wszystkim od układu warunków hydrotermicznych. W Wielkopolsce pogoda w skali roku kształtowana jest głównie napływem powietrza polarno-morskiego (59%) i polarno-kontynentalnego (28%) (Olejniczak, 1989). W efekcie klimat Wielkopolski charakteryzuje się różnorodnością typów pogody, co udowadniają obserwacje własne jak i wcześniejsze doniesienia literaturowe (Małecka 2003; Panasiewicz i Koziara, 2007). W literaturze trudno jest doszukać się prac dotyczących wpływu warunków pogodowych

w poszczególnych fazach rozwojowych roślin na wzrost i plonowanie pszenicy twardej. We wcześniejszych badaniach nad pszenicą ozimą (Małecka, 2003), pszenżytem ozimym (Kozłara, 1996) oraz jęczmieniem jarym (Panasiewicz i Kozłara, 2004) wykazano, że zróżnicowanie długości trwania poszczególnych faz rozwojowych związane było głównie z temperaturą powietrza.

W badaniach własnych największą część wegetacji *Triticum durum* stanowił okres od fazy krzewienia do strzelania w źdźbło. Zaznaczyć jednak należy, że na okres ten składa się również zimowe zahamowanie wzrostu.

Jednym z podstawowych elementów agrotechniki decydujących o wzroście i plonowaniu roślin jest gęstość siewu. Według Mazurek i Podolskiej (1995) zwiększanie ilości wysiewu pszenicy powoduje wzrost liczby kłosów na 1 m², jednocześnie zmniejszając liczbę ziaren w kłosie oraz masę 1000 ziaren.

W badaniach własnych, gęstość siewu istotnie modyfikowała zarówno plon ziarna pszenicy twardej, jak i komponenty plonowania. Wyższe plony odnotowano z rzadszych siewów (200 i 350 ziaren·m²), a dalsze zwiększanie gęstości siewu powodowało istotne obniżenie wielkości tej cechy. Ponadto zwiększanie obsady roślin powodowało zmniejszanie liczby ziaren w kłosie oraz masy tysiąca ziaren, co jest zbieżne z wcześniejszymi badaniami Webera i Biskupskiego (2007). Również Wood i wsp. (2003) wyższy plon ziarna pszenicy uzyskali przy wysiewie 250 ziarna·m² niż przy 350 ziaren·m², co wynikało z wyższej liczby ziaren w kłosie i masy ziarna.

Z kolei Arduini i wsp. (2006) wykazali, iż najwyższy plon ziarna pszenica twarda wydała przy wysiewie 400 ziaren·m². Podobnie według Ghaffari i wsp. (2001) optymalną obsadą tego gatunku w warunkach klimatu umiarkowanego jest obsada pomiędzy 300 a 400 ziaren·m².

Zastosowane w doświadczeniach nawożenie azotem przyczyniło się do wzrostu plonu ziarna pszenicy twardej.

Hakoomat i wsp. (2005) wykazali wzrost plonu pszenicy twardej wraz ze zwiększaniem nawożenia azotem i najwyższą wartość tej cechy odnotowali przy dawce 210 kg N·ha⁻¹. Z kolei Rachoń i wsp. (2002) w badaniach nad tym gatunkiem zaobserwowali, iż korzystniejszą okazała się dawka 90 kg N·ha⁻¹. Z kolei we wcześniejszych badaniach tego samego autora (Rachoń, 1999) najwyższy plon ziarna odnotowano po zastosowaniu dawki 60 kg N·ha⁻¹, co wynikało z dużej obsady kłosów na jednostce powierzchni oraz masy ziarna z kłosa.

W badaniach własnych nawożenie azotem już w dawce 50 kg N·ha⁻¹ powodowało istotny wzrost zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenicy twardej. Dalsze zwiększanie nawożenia podtrzymywało tendencję wzrostu zawartości białka, przy czym różnice te nie zostały potwierdzone statystycznie. Z kolei Ciołek i Makarska (2004) wykazały istotny wzrost zawartości tego składnika pomiędzy dawkami 90 i 180 kg N·ha⁻¹. Również wcześniejsze badania Arduiniego i wsp. (2006) wskazują na dużą zależność zawartości białka w ziarnie od odmiany i nawożenia azotem. Natomiast Szwed-Urbaś (1990) oraz Rachoń i Szumiło (2002) donoszą o znacznym zróżnicowaniu zawartości białka ogólnego w ziarnie pszenicy w zależności od odmiany.

Według Czerednika i Nalborczyka (2000) podstawowym parametrem struktury łanu jest indeks powierzchni liści (LAI). Wartość LAI zależy do cech genetycznych, ale także od czynników środowiskowych i agrotechnicznych (Biskupski i in., 2004). W badaniach własnych odnotowano, że wartość LAI zależała jedynie od nawożenia azotem, a wzrost dawek tego składnika zwiększał powierzchnię asymilacyjną liści roślin pszenicy twardej. Potwierdzają to również wcześniejsze badania Biskupskiego i wsp. (2004) na pszenicy jarej oraz Olsena i Weinera (2007) na pszenicy zwyczajnej, którzy to autorzy wykazali ponadto wzrost wartości tego indeksu wraz ze zwiększaniem gęstości siewu.

Woźniak i wsp. (2005) podają, że wartości indeksu LAI dla pszenicy twardej zależały od przebiegu pogody oraz udziału tego zboża w zmianowaniu.

Osiągnięcie wysokich plonów ziarna odpowiedniej jakości, zadawalających efektów ekonomicznych i bezpieczeństwo ekologiczne wymagają dokładnego ustalenia zapotrzebowania roślin na azot w poszczególnych fazach rozwoju (Samborski i Rozbicki, 2004). Niedobór azotu, roślina sygnalizuje jaśniejszym kolorem liści starszych i ich żółknięciem na końcach liści. Natomiast nadmiar tego składnika powoduje między innymi obniżenie zawartości glutenu w ziarnie pszenicy konsumpcyjnej (Mercik, 2004). Określenie zapotrzebowania roślin na azot wykonuje się na podstawie ilościowych lub jakościowych metod oceny odżywienia roślin tym składnikiem nazywanych również testami roślinnymi. Testy te wykorzystują informacje zawarte w roślinach. Jednym z pośrednich testów roślinnych jest metoda wykorzystująca chlorofilometr SPAD. Jest to urządzenie do nie destrukcyjnej, optycznej oceny względnej zawartości chlorofilu w liściach, przy czym wyniki podawane są w jednostkach niemianowanych, nazywanych odczytami SPAD (Samborski i Rozbicki, 2004).

W badaniach własnych stwierdzono istotne współdziałanie gęstości siewu i nawożenia azotem w kształtowaniu wartości indeksu zazielenienia liści (SPAD). Wzrost obsady roślin na jednostce powierzchni powodował obniżanie wartości SPAD, co również dowodzą wcześniejsze badania Jaśkiewicz (2009) w pszenicy ozimym. Według tej autorki prawdopodobnie w gęstszych łanach następuje większe „rozcieńczenie” azotu w roślinach, co objawia się niższymi odczytami SPAD. Malejącą zmienność odczytów SPAD wraz z poprawą stanu odżywienia roślin azotem wykazali wcześniej Fotyma i Bezdusznik (2000).

Według Bezdusznika (1997) krytyczną wartością testu indeksu zazielenienia liści dla pszenicy odmiany Almari jest około 530 jednostek SPAD, a pszenżyta Prego 570. W badaniach własnych pszenica twarda najwyżej plonowała na obiektach z rzadszymi siewami i nawożeniem azotem w granicach 100-150 kg N·ha⁻¹. W tych warunkach indeks zazielenienia osiągał wartości 520-530 jednostek SPAD.

WNIOSKI

1. Pszenica twarda odmiany Komnata uprawiana w warunkach gleb lekkich wydała plon ziarna przekraczający średnio 4,0 t·ha⁻¹.
2. Gęstość siewu i nawożenie azotem kształtowały plon ziarna pszenicy twardej i jego komponenty w sposób niezależny. Wyznaczone linie trendu pozwalają oczekiwać

korzystnego oddziaływania na plon i inne oceniane parametry pszenicy twardej wzrastającego nawożenia azotem. Przeciwny trend zaznaczył się dla wzrastającej gęstości siewu.

3. Stan odżywienia roślin azotem wyrażony indeksem zazielenienia na obiektach najwyżej plonujących osiągał wartość 520–530 jednostek SPAD.

LITERATURA

- Arduini I., Masoni A., Ercoli L., Mariotti M. 2006. Grain yield, and dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in durum wheat as affected by variety and seeding rate. *Eur. J. Agron.* 25: 309 — 318.
- Behar U. K., Chougule R. S., Thakur K. N., Ruwali R. C., Bhawsar, Padney H. N. 2000. Influence of planting dates and nitrogen levels on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum*) *Indian J. Agric. Sci.* 70: 434 — 436.
- Bezdużniak D. 1997. Ocena stanu odżywienia pszenicy ozimej na podstawie zawartości chlorofilu metodą optyczną (SPAD). Praca doktorska. IUNG Puławy.
- Biskupski A., Kuś A., Pabın J., Włodek S. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wskaźnik powierzchni liści (LAI), średni kąt nachylenia liści (MTA) i plon wybranych odmian pszenicy jarej. *Ann. UMCS, Sec. E*, 59 (2): 649 — 654.
- Blackmer T. M., Schepers J. S. 1994. Techniques for monitoring crop nitrogen status in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25: 1791 — 1800.
- Ciołek A., Makarska E. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony chemicznej na wybrane parametry jakościowe ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) *Ann. UMCS, E*, 59: 777 — 784.
- Czerednik A., Malborczyk E. 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. *Biul. IHAR* 215: 13 — 22.
- Delogu G., Cattivelli L., Pecchioni N., DeFalcis D., Maggiore T., Stanca A. M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *Eur. J. Agron.* 9: 11 — 20.
- Elandt R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczych. PWRiL, Warszawa.
- Fotyła E., Bezdużniak D. 2000. Valuation of nitrogen nutritional status of winter cereals on the ground of leaf greenness index. *Fragm. Agron.* 4: 29 — 45.
- Gaffari A., Cook H. F., Lee H. C. 2001. Simulating winter wheat yields under temperate conditions: exploring different management scenarios. *Eur. J. Agron.* 15: 231 — 240.
- Gonzalez Ponce R., Salas M. L. 1993. Nitrogen Use efficiency by winter barley under different climatic conditions. *J. of Plant Nutr.* 16 (7): 1249 — 1261.
- Hakoomat A., Shakeel A., Hina A., Faheem S. H. 2005. Impact of nitrogen application on growth and productivity of wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agric Soc. Sci.* 1/3: 216 — 218.
- Hassan U., Ogunlela V., Sinha T. 1987. Agronomic performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) as influenced by moisture stress at various growth stages and seeding rate. *J. Agron. Crop Sci.* 158: 172 — 180.
- Jaśkiewicz B. 2009. Indeks zazielenienia liści (SPAD) pszenżyta ozimego w zależności od jego obsady i nawożenia NPK. *Acta Agrophysica* 13 (1): 131 — 139.
- Justes E., Mary B., Meynard J. M., Machet J. M., Thelier-Huches L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Annals of Botany* 74: 397 — 407.
- Koziara W. 1996. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta jarego i ozimego w zależności od czynników meteorologicznych i agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań, Rozp. Nauk. zesz.* 269.
- Koźmiński C., Michalska B. 2001. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce. AR w Szczecinie.
- Lemaire G., Gastal F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: *Diagnosis of the nitrogen status in crops*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg: 3 — 43.
- Małecka I. 2003. Studia nad plonowaniem pszenicy ozimej w zależności od warunków pogodowych i niektórych czynników agrotechnicznych. *Rocz. AR Poznań*, 335: 121.

- Mazurek J., Podolska G. 1995. Wpływ ilości wysiewu na plonowanie i strukturę plonu nowych odmian pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 194: 71 — 75.
- Mercik S. 2004. Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne. Wydawnictwo SGGW. Warszawa: 212 — 218.
- Olejniczak E. 1989. Warunki przyrodnicze produkcji rolnej. IUNG Puławy, A 76: 32.
- Olsen, J., Weiner, J. 2007. The influence of *Triticum aestivum* density, sowing pattern and nitrogen fertilization on leaf area index and its spatial variation. Basic and Applied Ecology 8: 252 — 257.
- Panasiewicz K., Koziara W. 2004. Wpływ deszczowania, nawożenia azotem oraz stymulatorów odporności na plon i komponenty plonowania jęczmienia jarego. Roczn. AR w Poznaniu CCCLXI: 13 — 25.
- Panasiewicz K., Koziara W. 2007. Plonowanie i wartość siewna ziarna pszenicy ozimej w zależności od uwarunkowań wodnych i sposobu uprawy roli. Fragm. Agron. 4 (96): 65 — 72.
- Rachoń L. 1999. Plonowanie i jakość pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. Pam. Puław. 118: 349 — 355.
- Rachoń L., Szumiło G. 2002. Plonowanie i jakość niektórych polskich odmian i linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Pam. Puław. 130: 619 — 624.
- Rachoń L., Szumiło G. 2006. Plonowanie a opłacalność uprawy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Pam. Puław. 142: 403 — 409.
- Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Seigt Z. 2002. Plonowanie nowych linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. Annales UMCS, Sec. E, 2002, 57, 71 — 76.
- Samborski S., Rozbicki J. 2004. Kalibracja chlorofilometru do oceny odżywienia zbóż azotem. Postępy Nauk Roln. 5: 27 — 37.
- Weber R., Biskupski A. 2007. Wpływ gęstości siewu oraz terminu siewu na elementy struktury plonu i plon odmian pszenicy ozimej w warunkach gleby lekkiej. Acta Sci. Pol., Agricultura 6 (3): 77 — 85.
- Wojciska U. 1994. The effect of nitrogen nutrition of wheat on plant growth and CO₂ exchange parameters. Acta Physiol. Plant. 16: 269 — 272.
- Wood G. A., Welsh J. P., Godzin R. J., Taylor J. C., Earl R., Knight S. M. 2003. Real-time measures of canopy size as a basis for spatially varying nitrogen applications to winter wheat sown at different seed rates. Biosyst. Eng. 84: 513 — 531.
- Woźniak A. 2005. Wpływ przedplonów na plon i jakość technologiczną ziarna pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Annales UMCS, Sec. E, 60: 103 — 112.

TOMASZ SEKUTOWSKIInstytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

Ocena wybranych cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej w zależności od terminu stosowania herbicydu i formy aplikacji azotu

Characteristics of selected quality parameters of winter wheat grain depending on the time and method of plant treatment with a herbicide and nitrogen fertilizer

Badania prowadzono w latach 2003–2005 w uprawie pszenicy ozimej odmiany Mewa. W doświadczeniu zastosowano nawóz azotowy w postaci saletry amonowej i mocznika, który stosowano w dawce $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dawka ta została podzielona na trzy części i aplikowana w trzech terminach: początek wegetacji wiosennej, w fazie końca krzewienia oraz w fazie kłoszenia pszenicy ozimej. W doświadczeniu stosowano herbicyd Sekator 6,25 WG, który również aplikowano w trzech terminach: pełnia krzewienia, koniec krzewienia, ale siedem dni przed zastosowaniem drugiej dawki saletry amonowej lub koniec krzewienia łącznie z mocznikiem oraz w końcu krzewienia, ale siedem dni po zastosowaniu drugiej dawki saletry amonowej. W zależności od zastosowanej kombinacji, istnieje możliwość uzyskania np. wysokiego plonu ziarna i MTZ o wysokiej zawartości glutenu i białka ogólnego, lecz o nieco słabszych pozostałych parametrach jakościowych i odwrotnie — wysokie parametry jakościowe, ale przy średnim plonie ziarna.

Słowa kluczowe: herbicyd, jakość ziarna, mocznik, pszenica ozima, saletra amonowa, termin stosowania

Strict field experiments on winter wheat cv. Mewa were carried out in the years 2003–2005. Nitrogen fertilization was applied in the form of ammonium nitrate and coated urea at a dose of $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. The fertilization dose was divided into three parts and applied in three terms: at the beginning of spring vegetation, at the end of tillering and at the heading stage of plants. Herbicide Secator 6,25 WG was also applied at three terms: in the period of full tillering, at the end of tillering but seven days before application of the second dose of ammonium sulphate or at the end of tillering stage with coated urea and at the end of tillering, but seven days after application of the dose of fertilizer. Depending on the experiment combination, it is possible to obtain a high yield of grain and high weight of 1000 grains, associated with a high content of gluten and protein but simultaneously with lower other quality parameters, or adversely - high grain quality parameters but only average grain yield.

Key words: ammonium nitrate, coated urea, grain quality, herbicide, time of application, winter wheat

WSTĘP

W dobie coraz większej konkurencji rynkowej i zwiększonych wymagań konsumentów, co do oferowanego produktu, przemysł młynarski oraz przetwórczy kładzie zdecydowanie większy nacisk na zdrowotność i jakość uzyskanego produktu. Możliwość zbytu ziarna oraz cena, jaką uzyskuje się po jego wyprodukowaniu jest ściśle powiązana z jego czystością, zdrowotnością oraz jakością. Ziarno przeznaczone na cele konsumpcyjne powinno odznaczać się dobrą wartością technologiczną określaną przez takie parametry jakościowe ziarna jak: zawartość białka i glutenu, wskaźnik sedymentacji, liczba opadania, wyrównanie i gęstość ziarna, wodochłonność mąki czy objętość pieczywa. Dane literaturowe oraz badania własne wskazują na to, że osiągnięcie odpowiedniej wielkości wymienionych wyróżników jakościowych, uzależnione jest od kilku czynników, takich jak: odmiana, warunki pogodowe oraz prawidłowa agrotechnika (np.: ochrona herbicydowa czy szczególnie istotne w tym przypadku nawożenie azotowe) (Gonzalez-Ponce i in., 1990; McCloskey i in., 1998; Wróbel i Szempliński, 1999; Cacak-Pietrzak i in. 1999; Urban i in., 2001; Podolska i Sułek, 2002; Domaradzki i Sekutowski 2004). Stosowanie herbicydów oraz nawozów azotowych w zbożach jest niezbędnym elementem agrotechniki wpływającym nie tylko na wielkość plonu, ale również na jakość technologiczną ziarna (Rola i Banach, 2001; Gil i in., 2004). W związku z tym nasuwa się pytanie, czy istnieje związek pomiędzy terminami stosowania herbicydu nawozu azotowego oraz jego formą a poszczególnymi cechami jakościowymi ziarna?

Celem podjętych badań była ocena działania wybranych nawozów azotowych w połączeniu z herbicydem w warunkach zróżnicowanych terminów stosowania, na wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej.

MATERIAŁY I METODY

Materiał do analizy stanowiły próbki ziarna pobrane z doświadczenia polowego przeprowadzonego na polu produkcyjnym pszenicy ozimej odmiany Mewa. Badania prowadzono w latach 2003–2005 w gospodarstwie indywidualnym w Turowie (okolice Wrocławia) na glebie kl. II, kompleksu pszennego dobrego o zawartości próchnicy = 4,1% i pH 6,1. Eksperyment prowadzono metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 20 m². Nawóz azotowy w postaci 34% saletry amonowej oraz 46% mocznika w dawce 120 kg·ha⁻¹ czystego składnika, podzielono na trzy części i aplikowano w następujących fazach rozwojowych pszenicy ozimej: początek wegetacji wiosennej (50% zalecanej dawki, termin T-1), w fazie końca krzewienia (25% zalecanej dawki, termin T-3) oraz w fazie kłoszenia (25% zalecanej dawki, termin T-5).

W doświadczeniu użyto herbicyd o nazwie handlowej Sekator 6,25 WG w zalecanej przez producenta dawce 0,30 kg·ha⁻¹ w następujących fazach rozwojowych pszenicy ozimej: T-2 = pełnia krzewienia (BBCH — 25), T-3 = koniec krzewienia (BBCH — 27), ale siedem dni przed zastosowaniem drugiej dawki saletry amonowej lub koniec krzewienia łącznie z mocznikiem, T-4 = koniec krzewienia (BBCH — 29), ale siedem dni po zastosowaniu drugiej dawki saletry amonowej. Dokładny schemat doświadczenia przedstawia tabela 1.

Przy oznaczaniu faz rozwojowych pszenicy ozimej posłużono się kluczem wg Adamczewskiego i Matysiak (2005).

Tabela 1

Schemat doświadczenia**Trial plan**

	Obiekt Treatment	Termin stosowania; Time of application	Dawka — Dose (kg·ha ⁻¹)
A	Kontrola Untreated	—	—
B	Saletra amonowa — Ammonium nitrate (34%) Mocznik — Coated urea (46%)	T-1 T-3, T-5	176,5 65,25 + 65,25
C	Saletra amonowa — Ammonium nitrate (34%)	T-1, T-3, T-5	176,5 + 88,25 + 88,25
D	Sekator 6,25 WG Saletra amonowa — Ammonium nitrate (34%)	T-2 T-1, T-3, T-5	0,30 176,5 + 88,25 + 88,25
E	Sekator 6,25 WG Saletra amonowa — Ammonium nitrate (34%)	T-3 T-1, T-4, T-5	0,30 176,5 + 88,25 + 88,25
F	Sekator 6,25 WG Saletra amonowa — Ammonium nitrate (34%)	T-4 T-1 T-3, T-5	0,30 176,5 + 88,25 + 88,25
G	Sekator 6,25 WG Saletra amonowa — Ammonium nitrate (34%) Mocznik — Coated urea (46%)	T-3 T-1 T-3, T-5	0,30 176,5 65,25 + 65,25

T-1 — Początek okresu wegetacji (Beginning of vegetation season), T-2 — Pełnia krzewienia (full tillering), T-3 — Koniec krzewienia, ale siedem dni przed zastosowaniem drugiej dawki saletry amonowej, lub koniec krzewienia łącznie z mocznikiem (The end of tillering, seven days before ammonium nitrate application, and together with coated urea), T-4 — Koniec krzewienia, ale siedem dni po zastosowaniu drugiej dawki saletry amonowej (The end of tillering, seven days after ammonium nitrate application), T-5 — Początek kłoszenia (Beginning of heading)

Nawożenie fosforem i potasem stosowano przed siewem pszenicy ozimej i było ono jednakowe dla wszystkich obiektów doświadczalnych (69 kg·ha⁻¹ P₂O₅ i 90 kg·ha⁻¹ K₂O).

Sposób przeprowadzenia obserwacji i pomiarów został dokładnie opisany w metodyce (Domaradzki i in., 2001). Zbiór przeprowadzono w fazie dojrzałości pełnej, kombajnem poletkowym "Nusermayser Elite Z 035" firmy Wintersteiger. Po zbiorze oznaczono plon, a następnie próbki ziarna poddano analizie laboratoryjnej oznaczając: zawartość glutenu - metodą wagową (przez wymywanie w 2% NaCl), liczbę opadania — metodą Hagberga-Pertena, wskaźnik sedymantacji — metodą Zeleny'ego, natomiast białko ogółem — metodą Kjeldahla (przeliczając białko ziarna pszenicy = %N × 5,7). Gęstość ziarna w stanie zsypanym oznaczono zgodnie z Polską Normą (PN-73/R-74007), a wyrównanie ziarna wykonano zgodnie z Normą Branżową (BN-69/9131-02). Wyniki badań obliczono statystycznie stosując analizę wariancji na poziomie istotności $NIR_{\alpha=0,05}$.

Charakterystyka badanej odmiany pszenicy ozimej**Odmiana — MEWA — wpisana do Krajowego Rejestru Odmian w 1998 roku**

- wartość technologiczna (grupa B — chlebową), zawartość białka i glutenu dość duża,
- liczba opadania duża do bardzo dużej,
- MTZ dość duża (47,2 g), szklistość ziarna mała, wyrównanie średnie,
- plenność dobra, na poziomie 6,9 t·ha⁻¹,
- mrozoodporność dobra (6°),

- rośliny średniej wysokości (101 cm), mało odporne na wyleganie (konieczny zabieg CCC),
- termin kłoszenia średni, dojrzewania dość wczesny, odporność na porastanie w kłosach poniżej średniej,
- zdrowotność dobra, duża odporność na rdzę brunatną i fuzariozę kłosów, przeciętna na choroby podstawy źdźbła, septoriozę liści i plew, natomiast mała odporność na mączniaka,
- wymagania glebowe i w odniesieniu do kultury roli — średnie, również średnia tolerancja na zakwaszenie gleby,
- norma wysiewu 210-240 kg·ha⁻¹.

Charakterystyka stosowanych nawozów

Saletra amonowa — NH₄(NO)₃

- jednoskładnikowy nawóz mineralny (zawartość azotu całkowitego 34% ± 0,6), powstający w wyniku neutralizacji kwasu azotowego amoniakiem,
- saletra amonowa jest produktem bardzo higroskopijnym, łatwo rozpuszczalnym w wodzie i mocno reaktywnym chemicznie, działa szybko dostarczając roślinie azot, który zawarty jest w dwóch formach. Pierwsza to szybko działająca forma azotanowa, druga to forma amonowa, zatrzymywana przez kompleks sorpcyjny gleby i udostępniona roślinie w dłuższym okresie po wysiewie, dlatego saletra amonowa nadaje się zarówno do nawożenia przedsiewnego, jak i pogłównego. Układ taki zapewnia maksymalne zaopatrzenie rośliny w azot w każdych warunkach glebowych i we wszystkich technologiach upraw.
- stosowanie saletry amonowej wpływa na poprawę wielkości i jakości plonu, wypełnienie ziarna, przedłużenie okresu wegetacji, wzrost masy nadziemnej części rośliny. Zwiększa zawartość, jakość aminokwasów i białek w roślinie oraz polepsza wartość technologiczną plonów.
- saletra amonowa może być stosowana pod wszystkie rośliny uprawne i na wszystkich glebach,
- saletrę amonową można mieszać bezpośrednio przed wysiewem z superfosfatem granulowanym, fosforanem amonu, nawozami potasowymi oraz większością nawozów wieloskładnikowych.

Mocznik — (NH₂)₂CO

- uzyskiwany przez syntezę amoniaku z dwutlenkiem węgla. Jest produktem higroskopijnym i łatwo rozpuszcza się w wodzie. Należy chronić go przed zawilgoceniem.
- zawiera 46% N w formie amidowej (NH₂), która w glebie przechodzi w dostępną dla roślin formę amonową, a następnie azotanową, która jest zatrzymywana przez glebę, dzięki czemu straty azotu na skutek wymywania są małe.
- mocznik jest nawozem uniwersalnym, może być stosowany przedsiewnie i pogłównie, zarówno doglebowo, jak i dolistnie. W przypadku nawożenia dolistnego stężenie mocznika musi być dostosowane do odporności danego gatunku roślin (zawartość mocznika w roztworze użytym do opryskiwania może wynosić 0,5-10%). Można łączyć go wówczas ze środkami ochrony roślin (wg zaleceń Instytutu Ochrony Roślin), czy

nawadnianiem i takim roztworem opryskiwać pole. Oprysk należy wykonywać w godzinach rannych lub wieczornych; nie należy stosować roztworu mocznika w fazie kwitnienia zbóż.

- nadaje się do nawożenia wszystkich roślin uprawianych na różnych glebach, z wyjątkiem gleb bardzo kwaśnych, silnie zasadowych lub świeżo zwapnowanych, w których znacznie ograniczone są procesy przemiany mocznika. Szczególnie korzystnie działa na glebach próchnicznych, ciepłych i zasobnych w wodę.

CHARAKTERYSTYKA STOSOWANEGO HERBICYDU

Sekator 6,25 WG — środek chwastobójczy w formie granulatu do sporządzania zawiesiny wodnej, stosowany nalistnie, przeznaczony do powschodowego zwalczania chwastów dwuliściennych w zbożach ozimych i jarych.

Substancjami aktywnymi są: jodosulfuron metylosodowy (związek z grupy pochodnych sulfonilomocznika) — 1,25% sól jednosodowa estru metyloвого kwasu 4-jodo-2-[3-(4-metoksy-6-metylo-1,3,5-triazyn-2-yl)-ureidosulfonylo] benzoowego, amidosulfuron (związek z grupy pochodnych sulfonilomocznika) — 5% 1-(4,6-dimetoksypirymidin-2-yl)-3-metanosulfonylo-(metylo)-sulfamoiomocznik.

Środek jest herbicydem o działaniu systemicznym, pobierany jest poprzez korzenie oraz liście chwastów i przemieszczany w roślinie, powodując zahamowanie rozwoju i wzrostu chwastów. Najskuteczniej niszczy chwasty jednoroczne znajdujące się w fazie 2-3 liści. Efekt chwastobójczy uzyskuje się po upływie 14–18 dni. Opryski stosuje się wiosną po rozpoczęciu wegetacji roślin do końca fazy krzewienia, a zalecana dawka: 0,30 kg·ha⁻¹.

Warunki klimatyczne w trakcie prowadzenia badań

Rozkład temperatur i opadów w okresie prowadzenia doświadczenia w poszczególnych latach przedstawiają tabele 2 i 3.

Tabela 2

Średnia temperatura (°C) powietrza oraz odchylenie od średniej wieloletniej Average temperature (°C) and deviations from long-term average

Miesiąc Month	2003		2004		2005	
	średnia average	odchylenie deviation	średnia average	odchylenie deviation	średnia average	odchylenie deviation
Październik — October	7,7	-1,1	5,5	-3,3	10,5	1,7
Listopad — November	4,8	1,1	5,1	1,4	4,6	0,9
Grudzień — December	-4,2	-4,3	1,5	1,4	1,2	1,1
Styczeń — January	-2,3	-0,8	-3,7	-2,2	1,9	2,4
Luty — February	-4,0	-3,7	1,1	1,4	-2,1	-1,8
Marzec — March	3,0	-0,2	3,9	0,7	1,3	-1,9
Kwiecień — April	7,5	-0,5	9,4	1,4	9,3	1,3
Maj — May	15,7	2,4	12,9	-0,4	14,2	0,9
Czerwiec — June	19,7	3,1	17,0	0,4	17,0	0,4
Lipiec — July	19,8	1,6	18,6	0,4	19,9	1,7
Średnio — Average	6,8	-0,2	7,1	0,1	7,8	0,7

Tabela 3

Suma opadów (mm) oraz odchylenie od średniej wieloletniej Sum of rainfall (mm) and deviations from long-term average						
Miesiąc Month	2003		2004		2005	
	suma sum	odchylenie deviation	suma sum	odchylenie deviation	suma sum	odchylenie deviation
Październik — October	63,3	24,9	50,6	12,2	49,6	11,2
Listopad — November	51,2	12,9	30,7	-7,6	77,4	39,1
Grudzień — December	19,7	-14,7	44,6	10,2	16,2	-18,2
Styczeń — January	37,9	10,7	39,5	12,3	39,6	12,4
Luty — February	6,1	-19,4	49,0	23,5	55,4	29,9
Marzec — March	16,2	-14,9	63,6	32,5	12,3	-18,8
Kwiecień — April	21,2	-16,4	27,0	-10,6	23,7	-7,4
Maj — May	57,7	-3,6	37,3	-24,0	86,2	24,9
Czerwiec — June	30,4	-41,0	46,8	-24,6	24,6	-46,8
Lipiec — July	77,7	-2,3	55,3	-24,7	123,7	43,7
Średnio — Average	381,4	-63,8	444,4	-0,8	508,7	70,0

Wiosenna wegetacja w roku 2003 ruszyła w III dekadzie marca, jednak niskie średnie temperatury w kwietniu spowodowały przejściowe zahamowanie wzrostu pszenicy ozimej. Okres wiosenno-letni charakteryzował się wysokimi temperaturami powietrza i stosunkowo małą ilością opadów (tab. 2–3). Wysokie temperatury w czerwcu i lipcu w połączeniu z małą ilością opadów, spowodowały szybsze dojrzewanie pszenicy ozimej (tab. 2–3).

Wznowienie wegetacji roślin w 2004 roku nastąpiło w ostatnim tygodniu marca. Wiosna i lato tego roku charakteryzowały się stosunkowo, jak na tę porę roku, niskimi temperaturami powietrza (tab. 2). Pod względem uwilgotnienia gleby sezon ten należał do stosunkowo suchych. Warunki takie nie wywarły jednak negatywnego wpływu na wzrost i rozwój pszenicy ozimej.

W roku 2005 wegetacja roślin ruszyła w I dekadzie kwietnia. W miesiącu tym odnotowano niedobór opadów w porównaniu do średniej z wielolecia, natomiast w maju wystąpił znaczny wzrost średniej dobowej temperatury powietrza w połączeniu ze średnią ilością opadów dla tego okresu (tab. 2–3). W czerwcu wystąpił bardzo duży niedobór wody w glebie w stosunku do średniej z wielolecia (tab. 3). Natomiast obfite opady deszczu w lipcu spowodowały opóźnienie w dojrzewaniu pszenicy ozimej co skutkowało utrudnieniami w terminowym zbiorze rośliny uprawnej (tab. 3).

WYNIKI

Największy plon ziarna oraz najwyższą wartość MTZ pszenicy ozimej odmiany Mewa, uzyskano po zastosowaniu dawek dzielonych saletry amonowej w fazie początku wegetacji (50% zalecanej dawki, termin T-1), w fazie końca krzewienia (25% zalecanej dawki, ale tydzień po zastosowaniu herbicydu Sekator 6,25 WG, termin T-3) oraz w fazie kłoszenia (25% zalecanej dawki, termin T-5). Zbliżone efekty stwierdzono również po łącznej aplikacji herbicydu Sekator 6,25 WG z mocznikiem pod koniec krzewienia pszenicy ozimej (25% zalecanej dawki termin T-3) oraz w fazie kłoszenia (25% zalecanej dawki, termin T-5). W obiekcie, w którym zastosowano jedynie nawożenie saletrą amonową

(termin T-1, T-3 i T-5), plon ziarna oraz MTZ były istotnie niższe, niż w obiekcie w którym oprócz saletry amonowej (termin T-1) zastosowano mocznik w terminie T-3 i T-5 oraz w obiektach z ochroną herbicydową i nieznacznie (różnice nieistotne) tylko przewyższał plon i MTZ uzyskane z kontroli absolutnej (bez nawozu azotowego i herbicydu) (tab. 4).

Tabela 4

Plon oraz masa tysiąca ziaren pszenicy ozimej odmiany Mewa
Grain yield and thousand grains weight of winter wheat cultivar Mewa

Wyszczególnienie Specification		Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)				Masa tysiąca ziaren Thousand grains weight (g)			
obiekt treatment	termin stosowania time of application	2003	2004	2005	średnia mean	2003	2004	2005	średnia mean
A	—	3,8	3,5	4,1	3,8	45,4	46,2	45,9	45,8
B	T-1, T-3, T-5	5,1	4,8	5,5	5,1	47,3	48,1	47,8	47,7
C	T-1, T-3, T-5	4,2	4,0	4,4	4,2	46,4	47,7	47,3	47,1
D	T-2, T-1, T-3, T-5	7,2	6,8	7,4	7,1	47,5	48,2	48,1	47,9
E	T-3, T-1, T-4, T-5	8,2	7,9	8,6	8,2	48,3	48,8	49,1	48,7
F	T-4, T-1 T-3, T-5	6,9	6,5	7,3	6,9	47,2	47,5	48,4	47,7
G	T-3, T-1, T-3, T-5	7,9	7,7	8,1	7,9	47,3	48,4	48,9	48,3
NIR _(0,05) obiekty		0,84	0,57	0,89	0,87	1,03	1,07	1,11	1,22
LSD _(0,05) treatments									
Średnie z lat		6,2	5,9	6,5	—	47,1	47,8	47,9	—
Mean for the years									
NIR _(0,05) lata		0,85			—	1,37			—
LSD _(0,05) years									
Interakcja lata×obiekty		0,96			—	1,74			—
Interaction years× treatments									

Objaśnienia w rozdziale Materiał i metody; Explanations in chapter Material and methods

Najwyższy poziom glutenu oraz zawartość białka ogólnego stwierdzono w ziarnie z obiektu, w którym stosowano saletrę amonową w fazie początku wegetacji (50% zalecanej dawki, termin T-1), w fazie końca krzewienia (25% zalecanej dawki, ale tydzień po zastosowaniu herbicydu Sekator 6,25 WG, termin T-3). Natomiast najniższe wartości tych cech obserwowano w ziarnie z obiektu kontrolnego oraz z obiektów, w których stosowano jako uzupełnienie nawożenia dolistne samym mocznikiem, a także kiedy stosowano herbicyd łącznie z mocznikiem w fazie końca krzewienia (termin T-3) (tab. 5).

Aktywność alfa-amylazy określona pośrednio poprzez pomiar liczby opadania była istotnie najwyższa w ziarnie uzyskanym z obiektu, w którym stosowano tylko nawożenie saletrą amonową oraz z obiektu, gdzie aplikowano herbicyd pod koniec krzewienia pszenicy ozimej, ale tydzień po zastosowaniu drugiej dawki saletry amonowej. Relatywnie niższe wartości omawianej cechy stwierdzono również dla obiektów, w których stosowano jako nawożenie uzupełniające, dolistne - mocznik w fazie końca krzewienia oraz na początku kłoszenia pszenicy ozimej. Najniższą wartość dla liczby opadania stwierdzono w ziarnie z obiektu kontrolnego oraz z obiektu, w którym stosowano herbicyd w fazie pełni krzewienia pszenicy, a saletrę amonową zastosowano w terminach T-1, T-3 i T-5 (tab. 6).

Tabela 5

Zawartość glutenu oraz białka ogólnego w ziarnie pszenicy ozimej odmiany Mewa
Gluten and crude protein content in grain of winter wheat cultivar Mewa

Wyszczególnienie Specification		Zawartość glutenu Gluten content (%)				Białko ogółem Crude protein (%)			
obiekt treatment	termin stosowania time of application	2003	2004	2005	średnia mean	2003	2004	2005	średnia mean
A	—	26,8	26,5	26,2	26,5	11,3	11,5	10,6	11,1
B	T-1, T-3, T-5	35,5	35,7	35,3	35,5	12,8	12,2	11,9	12,3
C	T-1, T-3, T-5	36,9	37,3	36,7	37,0	13,1	12,6	12,4	12,7
D	T-2, T-1, T-3, T-5	36,5	36,0	35,7	36,0	14,3	13,6	13,2	13,7
E	T-3, T-1, T-4, T-5	39,5	38,1	37,9	38,5	14,6	14,1	13,9	14,2
F	T-4, T-1 T-3, T-5	38,1	36,3	36,6	37,0	13,5	13,3	13,1	13,3
G	T-3, T-1, T-3, T-5	36,9	36,5	36,1	36,5	13,2	12,9	12,6	12,9
NIR _(0,05) obiekty LSD _(0,05) treatments		1,94	1,99	1,85	1,44	1,16	1,29	1,5	1,19
Średnie z lat Mean for the years		35,5	35,2	34,9	—	13,5	12,9	12,6	—
NIR _(0,05) lata LSD _(0,05) years		1,15			—	1,07			—
Interakcja lata×obiekty Interaction years× treatments		1,46			—	1,26			—

Objaśnienia w rozdziale Materiał i metody ; Explanations in chapter Material and methods

Tabela 6

Liczba opadania oraz wskaźnik sedymentacji dla ziarna pszenicy ozimej odmiany Mewa
Falling number and sedimentation index for grain of winter wheat cultivar Mewa

Wyszczególnienie Specification		Liczba opadania Falling number (s)				Wskaźnik sedymentacji Sedimentation index (ml)			
obiekt treatment	termin stosowania time of application	2003	2004	2005	średnia mean	2003	2004	2005	średnia mean
A	—	298	303	300	300	27,7	27,1	26,9	27,2
B	T-1, T-3, T-5	321	324	327	324	34,2	33,9	33,6	33,9
C	T-1, T-3, T-5	335	340	342	339	37,6	36,8	37,0	37,1
D	T-2, T-1, T-3, T-5	315	310	320	315	36,2	35,1	35,5	35,5
E	T-3, T-1, T-4, T-5	324	330	321	325	37,2	36,3	36,9	36,8
F	T-4, T-1 T-3, T-5	337	344	339	340	36,4	35,1	35,3	35,6
G	T-3, T-1, T-3, T-5	325	324	329	326	35,9	35,1	35,5	35,5
NIR _(0,05) obiekty LSD _(0,05) treatments		17,30	19,49	15,76	14,25	1,28	1,17	1,22	1,62
Średnie z lat Mean for the years		322	325	326	—	35,1	34,2	34,4	—
NIR _(0,05) lata LSD _(0,05) years		18,25			—	1,57			—
Interakcja lata×obiekty Interaction years× treatments		14,65			—	1,70			—

Objaśnienia w rozdziale Materiał i metody; Explanations in chapter Material and methods

Najwyższą wartość wskaźnika sedymentacji, świadczącego o jakości użytkowej ziarna, a w szczególności o przydatności do celów piekarniczych, stwierdzono w ziarnie pobranym z obiektu nawozowego, gdzie stosowano tylko saletrę amonową oraz z obiektu, w którym aplikowano herbicyd pod koniec krzewienia, ale na tydzień przed drugą dawką saletry

amonowej. Najniższą wartość tej cechy stwierdzono w obiekcie kontrolnym oraz w obiekcie, gdzie stosowano pierwszą dawkę saletry amonowej na początku wegetacji, a następne dwie dawki azotu stosowano w postaci płynnego roztworu mocznika w fazie końca krzewienia i początku kłoszenia pszenicy ozimej (tab. 6).

Kolejna badana cecha to gęstość ziarna w stanie zsypanym. Najwyższe wartości tej cechy przyjmowało ziarno uzyskane z obiektu, w którym stosowano tylko nawożenie azotowe w postaci trzech dawek dzielonych saletry amonowej oraz z obiektu w którym łączono aplikację herbicydu Sekator 6,25 WG z mocznikiem pod koniec krzewienia pszenicy ozimej (25% zalecanej dawki azotu, termin T-3). Zbliżone efekty stwierdzono również dla obiektu, w którym aplikowano herbicyd pod koniec krzewienia pszenicy ozimej, ale tydzień po zastosowaniu drugiej dawki saletry amonowej. Najniższe wartości dla gęstości ziarna w stanie usypowym stwierdzono dla kontroli absolutnej (tab. 7).

Tabela 7

Gęstość w stanie zsypanym oraz wyrównanie ziarna pszenicy ozimej odmiany Mewa
Test weight and grain uniformity of winter wheat cultivar Mewa

Wyszczególnienie Specification		Gęstość ziarna; Test weight (kg·hl ⁻¹)				Wyrównanie ziarna; Grain uniformity (%)			
obiekt treatment	termin stosowania time of application	2003	2004	2005	średnia mean	2003	2004	2005	średnia mean
A	-	79,2	77,7	77,4	78,1	87,2	85,5	83,5	85,4
B	T-1, T-3, T-5	80,5	81,1	79,9	80,5	88,7	88,2	87,5	88,1
C	T-1, T-3, T-5	79,1	79,7	80,4	79,7	87,4	88,3	88,0	87,9
D	T-2, T-1, T-3, T-5	78,9	80,1	79,5	79,5	87,1	87,7	87,5	87,4
E	T-3, T-1, T-4, T-5	78,6	79,3	78,8	78,9	87,3	86,5	86,3	86,7
F	T-4, T-1 T-3, T-5	78,6	79,3	80,1	79,3	85,2	85,9	85,2	85,4
G	T-3, T-1, T-3, T-5	81,7	81,4	80,9	81,3	88,4	89,2	88,8	88,7
NIR _(0,05) obiekty LSD _(0,05) treatments		1,10	1,16	1,15	1,73	1,23	1,31	1,40	1,84
Średnie z lat Mean for the years		79,5	79,8	79,6	—	87,3	87,4	86,7	—
NIR _(0,05) lata LSD _(0,05) years		1,24			—	1,07			—
Interakcja lata×obiekty Interaction years× treatments		1,39			—	1,28			—

Objaśnienia w rozdziale Materiał i metody; Explanations in chapter Material and methods

Ostatnia z badanych cech jakościowych — wyrównanie ziarna, pośrednio świadcząca o wydajności maki, a przy przemiale mówiąca o wyciągu ogólnym, zawierała się w przedziale od 85,4% do 88,7%. Ziarno najbardziej wyrównane uzyskiwano z obiektów, w których stosowano dawkę „startową” saletry amonowej (50% zalecanej dawki) w okresie ruszenia wegetacji pszenicy oraz dzielone dawki mocznika w postaci roztworu, którym opryskiwano rośliny pszenicy ozimej w fazie końca krzewienia i początku kłoszenia. Natomiast najniższą wartość tej cechy stwierdzono dla ziarna pobranego z kontroli absolutnej oraz z obiektu, w którym stosowano herbicyd Sekator 6,25 WG i saletrę amonową pod koniec krzewienia pszenicy ozimej, ale tydzień po zastosowaniu drugiej dawki saletry amonowej (tab. 7).

DYSKUSJA

Czynnikami mającymi duży wpływ na jakości ziarna, a przez to pośrednio lub bezpośrednio mogącymi indukować wartość mąki, uzyskiwanej w procesie przemiału są: warunki pogodowe, odmiana, prawidłowo zastosowane nawożenie azotowe oraz ochrona herbicydowa. Na trzy ostatnie czynniki plantator ma bardzo istotny wpływ, które powinien w odpowiedni sposób wykorzystywać w celu poprawy jakości oraz wielkości plonu ziarna zbóż (Rola i Kieloch, 2000; Kocoń, 2005; Nowak i in., 2005; Podolska i in., 2005; Rola i Kieloch, 2005). Wyniki uzyskane z przeprowadzonego doświadczenia świadczą o wzajemnym oddziaływaniu takich czynników jak: nawożenie azotowe, ochrona herbicydowa oraz termin i forma ich stosowania na wielkość i jakość plonu ziarna pszenicy ozimej odmiany Mewa. W literaturze można spotkać zbliżone wyniki badań, świadczące o wzajemnym oddziaływaniu wymienionych czynników na plon i wartość technologiczną ziarna zbóż (Rola i Banach, 2001; Domaradzki i Sekutowski, 2004). W nawożeniu pszenicy ozimej azotem, ważne jest nie tylko określenie całkowitej wielkości dawki, ale również sposobów i terminów aplikacji oraz formy (amonowej czy amidowej) tego nawozu. Z danych literaturowych o efektywności wykorzystania azotu przez zboża wynika, że najkorzystniej jest aplikować azot w trzech dawkach dzielonych, odpowiednio do fazy rozwojowej rośliny uprawnej (Knapp i Harms, 1988; Klupczyński, 1996; Kopcewicz i Lewak, 1998; Podolska i Sułek, 2002). Wyniki własne potwierdziły tę zależność, gdyż najlepsze efekty uzyskano po zastosowaniu herbicydu i nawozu azotowego w postaci saletry amonowej, pod koniec krzewienia pszenicy ozimej, ale tydzień przed zastosowaniem drugiej dawki saletry amonowej. Reakcja rośliny uprawnej na stosowaną formę i dawkę oraz późniejsze dokarmianie dolistne mocznikiem była zmienna. Jednak w efekcie końcowym, zbliżone rezultaty (w porównaniu do obiektu, w którym stosowano herbicyd i saletrę pod koniec krzewienia rośliny uprawnej, ale tydzień przed zastosowaniem drugiej dawki saletry amonowej), osiągnięto stosując łączną aplikację herbicydu z mocznikiem pod koniec krzewienia oraz w fazie kłoszenia pszenicy ozimej (druga dawka roztworu mocznika - oprysk nalistny), co uzyskuje potwierdzenie w wynikach innych autorów (Podolska i Stankowski, 2001; Rola i Banach, 2001; Chrzanowska-Drózd i in., 2004; Domaradzki i Sekutowski, 2004). Rozpatrując zachodzące zmiany w plonie oraz w zawartości poszczególnych cech jakościowych ziarna takich jak: białko, gluten, gęstość ziarna w stanie zsylnym, wyrównanie ziarna, liczba opadania i wskaźnik sedymentacji daje się zauważyć, że w większości przypadków kombinacja herbicyd — nawóz — termin stosowania — forma aplikacji, powodował zwiększenie lub obniżenie plonowania i wartości rozpatrywanych parametrów jakościowych. Pozytywny wpływ na wielkość plonu, MTZ, zawartość glutenu i białka stwierdzono w przypadku stosowania herbicydu i saletry amonowej pod koniec krzewienia pszenicy, ale tydzień przed zastosowaniem drugiej dawki saletry amonowej. Natomiast podniesienie wartości pozostałych cech jakościowych ziarna takich jak: liczba opadania, wskaźniki sedymentacji i gęstość ziarna stwierdzono również po zastosowaniu herbicydu i saletry amonowej w fazie końca krzewienia, ale siedem dni po zastosowaniu drugiej dawki saletry amonowej. Pośrednie efekty w porównaniu do omawianych wcześniej

kombinacji, stwierdzono w efekcie łącznej aplikacji płynnej mieszanki mocznika i herbicydu Sekator 6,25 WG pod koniec krzewienia oraz samego mocznika w formie płynnej w fazie kłoszenia pszenicy ozimej. Kombinacja ta najlepiej wpływała na plon ziarna i MTZ oraz na gęstość i wyrównanie ziarna. Zbieżne wyniki uzyskali w swoich badaniach Podolska i Stankowski (2001), Rola i Banach (2001), Chrzanowska-Dróżdż i wsp. (2004), Domaradzki i Sekutowski (2004).

PODSUMOWANIE

Analizując różnice powstałe przede wszystkim w wielkości plonu ziarna oraz w zawartości poszczególnych parametrów jakościowych w zależności od terminu, sposobu i formy stosowania, stwierdzono, że zarówno forma aplikacji (amonowa czy amidowa), sposób (oddzielnie lub łącznie), jak i termin stosowania herbicydu i nawozów (saletry amonowej i mocznika) miały istotny wpływ na wielkość i jakość uzyskanego plonu ziarna pszenicy ozimej odmiany Mewa. W zależności od zastosowanej kombinacji, możliwe stało się uzyskanie np. wysokiego plonu ziarna i MTZ o wysokiej zawartości glutenu i białka ogólnego ale o nieco słabszych pozostałych parametrach jakościowych (liczba opadania, wskaźnik sedymentacji) i niektórych cechach fizycznych (gęstość i wyrównanie ziarna). Jednocześnie możliwe jest uzyskanie plonu ziarna na średnim poziomie, ale o pożądanych przez przemysł młynarski czy piekarski cechach fizyko-chemicznych i jakościowych ziarna.

Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do ustalenia optymalnej formy i terminu stosowania nawozu azotowego i herbicydu potrzebnych do uzyskania plonu ziarna o najbardziej pożądanych parametrach technologicznych przez przemysł przetwórczy.

LITERATURA

- Adamczewski K., Matysiak K. 2005. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. IOR, Poznań: 134 ss.
- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T. 1999. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. Pam. Puł. 118: 45 — 56.
- Chrzanowska-Dróżdż B., Gil Z., Liszewski M., Malarz W. 2004. Wysokość i jakość plonu ziarna pszenicy ozimej w zależności od dawki i sposobu nawożenia azotem. Biul. IHAR. 233: 29 — 38.
- Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T. 2001. Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe. Wyd. IUNG Puławy: 167 ss.
- Domaradzki K., Sekutowski T. 2004. Wpływ terminów nawożenia azotem i herbicydami na regulację zachwaszczenia i niektóre cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 44 (2): 657 — 660.
- Gil Z., Narkiewicz-Jodko M., Urban M. 2004. Wpływ herbicydów na wartość przemiałową ziarna i wypiekową mąki odmian pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 44 (2): 683 — 685.
- Gonzalez-Ponce R., Lamela A., Salas M. L. 1990. Effects of nitrogen and herbicide on grain yield and protein content of tall and a semi-dwarf wheat (*Triticum aestivum*) cultivar in semi-arid conditions. Plant Nutrition: 565 — 568.
- Kłupczyński Z. 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Wpływ nawożenia na cechy jakościowe roślin. (pod red. Czuba R.) Wyd. Zakłady Chemiczne "Police" S.A.: 369 — 377.

- Knapp J. S., Harms C. L. 1988. Nitrogen fertilization and plant growth regulator effects on yield and quality of four wheat cultivars. *J. Prod. Agric.* 1(2): 94 — 98.
- Kocoń A. 2005. Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.* 139: 55 — 64.
- Kopcewicz J., Lewak S. 1998. *Gospodarka mineralna roślin. Podstawy fizjologii roślin.* PWN, Warszawa: 188 — 228.
- McCloskey M. C., Firkbank L.G., Watkinson A.R., Webb D.J. 1998. Interactions between weeds of winter wheat under different fertilizer, cultivation and weed management treatments. *Weed Res.* 38: 11 — 24.
- Norma Branżowa - BN-69/9131-02. Ziarno zbóż. Oznaczanie wyrównania ziarna. Wyd. Norm. „Alfa”, Warszawa 1987, Wydanie 4.
- Nowak Wł., Sowiński J., Pietr S., Kita Wł. 2005. Wpływ sposobu ochrony pszenicy ozimej na jakość ziarna konsumpcyjnego. *Pam. Puł.* 139: 117 — 127.
- Urban M., Gil Z., Narkiewicz-Jodko M. 2001. Wpływ herbicydów na plonowanie i jakość ziarna kilku odmian pszenicy ozimej. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 41(2): 826 — 829.
- Podolska G., Sułek A. 2002. Główne elementy technologii produkcji decydujące o wysokiej jakości ziarna pszenicy. *Pam. Puł.* 130: 597 — 605.
- Podolska G., Krasowicz S., Sułek A. 2005. Ocena ekonomiczna i jakościowa uprawy pszenicy ozimej przy różnym poziomie nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 139: 175 — 188.
- Polska Norma - PN-73/R-74007. Ziarno zbóż. Oznaczanie gęstości. Wyd. Norm., Warszawa 1973.
- Rola H., Kieloch R. 2000. Reakcja odmian pszenicy ozimej na mieszanki F8426/MCPA i F8426/2,4-D. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 40 (1): 395 — 400.
- Rola H., Banach P. 2001. Współdziałanie herbicydów i nawozów na cechy jakościowe ziarna pszenicy ozimej. *Biul. Nauk. UWM.* 12: 67 — 74.
- Rola H., Kieloch R. 2005. Wpływ chlorotoluronu na plonowanie oraz wybrane parametry jakościowe ziarna odmian pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 139: 199 — 209.
- Wróbel E., Szempliński W. 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.* 118: 463 — 470.

RENATA KIELOCH**KRZYSZTOF DOMARADZKI**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

Wpływ gęstości siewu pszenicy ozimej odmian Kobra i Tonacja na skuteczność działania herbicydów

The influence of sowing rates of winter wheat on herbicides efficacy in cultivars Kobra and Tonacja

W latach 2006–2008 wykonano doświadczenia polowe nad oceną skuteczności czterech herbicydów stosowanych w odmianach pszenicy ozimej Tonacja i Kobra. Każdą z odmian wysiano z różną gęstością: standardowa (400 szt./m²) i zredukowana (200 szt./m²). Badane środki stosowano w dwóch terminach: jesienią, w fazie 2–4 liści pszenicy 1/ — pendimetalina 250 g/l + izoproturon 125 g/l; 2/ diflufenikan 150 g/l + jodosulfuron metylosodowy 3 g/l + mezosulfuron metylowy 9 g/l oraz wiosną w fazie pełni krzewienia — 3/ 2,4-D 417,5 g/l + dikamba 32,5 g/l, 4. mekoprop 300 g/l + MCPA 200 g/l + dikamba 40 g/l. Badane odmiany nie różniły się stopniem zachwaszczenia. W odmianie Tonacja wystąpiły różnice w nasileniu występowania chwastów w zależności od gęstości siewu. Gęstość siewu nie zróżnicowała skuteczności badanych środków u obu badanych odmian pszenicy.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, odmiany, herbicydy, gęstość siewu, zwalczanie chwastów

In the years 2006–2008 the field experiments were conducted to assess the efficiency of four herbicides in controlling weeds in winter wheat cultivars Kobra and Tonacja. The cultivars were sown at two sowing rates: recommended (400 seeds per m²) and reduced (200 seeds per m²). The tested herbicides were applied in two terms: in the autumn, at wheat plants stage of 2–4 leaves (pendimethalin 250 g/l + isoproturon 125 g/l and diflufenican 150 g/l + iodosulfuron-methyl-sodium 3 g/l + mesosulfuron-methyl 9 g/l), and in the spring time, at the stage of full tillering of plants (2,4-D 417.5 g/l + dicamba 32.5 g/l and mecoprop 300 g/l + MCPA 200 g/l + dicamba 40 g/l). No difference between the two cultivars in the degree of weed infestation was found. In cv. Tonacja, weed infestation was affected by the wheat sowing rate. No effects of sowing rate upon the efficiency of the herbicides applied were observed in neither wheat cultivar.

Key words: winter wheat, cultivars, herbicides, sowing rate, weed control

WSTĘP

O skuteczności zabiegów chwastobójczych decyduje szereg czynników dotyczących nie tylko właściwości samego herbicydu, ale także chwastów oraz rośliny uprawnej.

Istotnym czynnikiem w regulacji zachwaszczenia jest wybór odmiany. Wynika to z faktu, że odmiany różnią się pod względem konkurencyjności w stosunku do chwastów. Cecha ta zależy głównie od tempa wschodów i wzrostu roślin, wczesności dojrzewania, cech morfologicznych decydujących o zacienieniu ładu i wysokości roślin (Christensen, 1995; Jędruszczak i in., 2004).

Gęstość siewu wpływa na zdolność krzewienia, tworzenie rozgałęzień i odporność na wyleganie. Rośliny wysiane w większym zagęszczeniu silniej konkurują z wschodzącymi chwastami, ograniczając ich wschody i nie dopuszczając do wytworzenia zbyt dużej ilości biomasy (Domaradzki, 2006).

Celem przeprowadzonych badań była ocena skuteczności wybranych środków chwastobójczych zastosowanych w dwóch odmianach pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu.

MATERIAŁY I METODY

W latach 2006–2008 przeprowadzono doświadczenia polowe nad oceną skuteczności herbicydów stosowanych w odmianach pszenicy ozimej: Tonacja i Kobra, w zależności od gęstości siewu. Zlokalizowano je w okolicach Wrocławia, na czarnej ziemi, należącej do klasy IIa, na stanowisku po rzepaku ozimym. Doświadczenia 3-czynnikowe założono w układzie doświadczalnym split-split-plot, w czterech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu były herbicydy, drugiego rzędu – gęstość siewu, a trzeciego – odmiany. Powierzchnia poletek doświadczalnych wynosiła 12 m². W pierwszym roku badań pszenicę wysiano w ostatniej dekadzie października, natomiast w kolejnych okresach badawczych w drugiej dekadzie października. U każdej z odmian uwzględniono 2 poziomy gęstości siewu: 1. siew standardowy (400 szt./m²), 2. siew rzadki (200 szt./m²). Zabiegi uprawowe i nawożenie przeprowadzono zgodnie z zaleceniami dla tej rośliny.

W badaniach uwzględniono cztery herbicydy, o różnym mechanizmie działania. Charakterystykę herbicydów, wraz z wysokością zastosowanej dawki oraz terminem ich aplikacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Charakterystyka badanych herbicydów
The characteristics of tested herbicides

Herbicyd Herbicide	Dawka Dose	Termin stosowania Term of application
pendimetalina (pendimethalin) 250 g/l + izoproturon (isoproturon) 125 g/l	4 l/ha	jesień – faza 2-4 liści pszenicy autumn – 2-4 of wheat leaves
diflufenikan (diflufenican) 150 g/l + jodosulfuron metylosodowy (iodosulfuron – methyl-sodium) 3 g/l + mezosulfuron metylowy (mesosulfuron- methyl) 9 g/l	1 l/ha	
2,4-D 417,5 g/l + dikamba (dicamba) 32,5 g/l	3 l/ha	wiosna – faza pełni krzewienia pszenicy
mekoprop (mecoprop) 300 g/l + MCPA 200 g/l + dikamba (dicamba) 40 g/l	2 l/ha	spring – full tillering of wheat

Herbicydy aplikowano opryskiwaczem plecakowym „Gloria” z ciśnieniem 0,25 MPa i wydatkiem cieczy użytkowej 250 l·ha⁻¹. W dniu stosowania środków chwastobójczych określono stan zachwaszczenia pszenicy ozimej trzykrotnie na powierzchni 0,25 m² z nie-

opryskiwanych poletok, podając liczbę chwastów dla każdego gatunku oddzielnie w przeliczeniu na 1 m². Szacunkową ocenę zachwaszczenia przeprowadzono w terminie 4–6 tygodni po wykonaniu zabiegu herbicydowego, porównując stopień zniszczenia chwastów pod wpływem działania herbicydów w stosunku do nieopryskiwanej kontroli. W fazie dojrzałości pełnej przeprowadzono zbiór ziarna kombajnem Nurserymaster Elite Z 035 i określono wielkość plonu w przeliczeniu na 14% wilgotności.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej na podstawie trzyczynnikowej analizy wariancji przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, gdzie obliczono NIR posługując się testem Tukeya. Wartości NIR obliczono dla czynników: odmiany, gęstość siewu, herbicydy oraz interakcji testowanych czynników.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wpływ gęstości siewu na zachwaszczenie pszenicy

Na polach, na których prowadzono doświadczenia dominującym chwastem był *Viola arvensis*, którego nasilenie kształtowało się w granicach 74–84 szt./m², w zależności od odmiany. Ponadto dość licznie występowały takie gatunki, jak: *Descurainia sophia*, *Polygonum convolvulus*, *Brassica napus*, *Thlaspi arvense*.

Tabela 2

Stan zachwaszczenia badanych odmian pszenicy ozimej (szt./m²)
Weed infestation of investigated winter wheat cultivars

Gatunek chwastu Weed species	Tonacja			Kobra		
	siew standardowy standard sowing	siew rzadki sparse sowing	średnio dla Tonacja average for Tonacja	siew standardowy standard sowing	siew rzadki sparse sowing	średnio dla Kobra average for Kobra
<i>Viola arvensis</i>	66	102	84	61	90	74
<i>Galium aparine</i>	4	8	6	4	4	4
<i>Descurainia sophia</i>	15	25	20	18	19	18
<i>Anthemis arvensis</i>	9	11	10	6	7	6
<i>Brassica napus</i>	10	8	10	6	8	7
<i>Thlaspi arvense</i>	10	16	13	6	12	9
<i>Polygonum convolvulus</i>	12	22	11	21	20	20
<i>Spergula arvensis</i>	—	10	5	10	4	7
<i>Papaver rhoeas</i>	7	6	6	4	6	5
<i>Aethusa cyanapium</i>	0	0	0	9	4	7
<i>Cirsium arvense</i>	0	0	0	3	6	4
<i>Myosotis arvensis</i>	0	3	1	0	3	1
<i>Polygonum aviculare</i>	0	0	0	12	12	12
Średnio Average	133	211	171	160	195	176

NIR_{0,05} dla — (LSD_{0,05} for): odmian – cultivars r.n.; gęstości siewu – sowing rate 39,5

r.n. – różnice nieistotne (not significant differences)

Stopień zachwaszczenia obu odmian pszenicy ozimej kształtował się na podobnym poziomie, niezależnie od gęstości siewu. Dla odmiany Tonacja wynosił on 166 szt./m², a dla odmiany Kobra 191 szt./m². Badane odmiany różniły się stopniem zachwaszczenia w zależności od gęstości siewu. Zachwaszczenie w odmianie Kobra było zbliżone na obu

poziomach gęstości siewu. W przypadku odmiany Tonacja różnice wystąpiły w odnośnie gęstości siewu — przy siewie rzadkim były one znacznie wyższe (210 szt./m²) niż przy standardowym (131 szt./m²). Ponadto zaobserwowano różnice pod względem składu gatunkowego. W odmianie Kobra wystąpiło kilka gatunków, których nie zanotowano w drugiej z badanych odmian np. *Aethusa cynapium*, *Cirsium arvense*, *Myosotis arvensis*, *Polygonum aviculare*.

Zaobserwowano również różnice w zachwaszczeniu gatunkami dominującymi, jak np. *Viola arvensis*, który występował w dwukrotnie większym nasileniu w pszenicy wysianej z gęstością 200 szt./m² w porównaniu z siewem 400 szt./m², niezależnie od odmiany. Z kolei *Descurainia sophia* i *Polygonum convolvulus* występowały w znacznie wyższej liczbie w odmianie Tonacja, na siewie rzadkim, podczas gdy u odmiany Kobra nie stwierdzono różnic w zależności od gęstości siewu (tab. 2).

Wpływ gęstości siewu na zniszczenie chwastów

Skuteczność omawianych środków chwastobójczych była zbliżona w każdym z sezonów wegetacyjnych. Wszystkie oceniane w doświadczeniu herbicydy wykazały wysoką (91%–99%) skuteczność chwastobójczą, niezależnie od odmiany oraz gęstości siewu. W tabeli 3 przedstawiono stopień zniszczenia poszczególnych gatunków chwastów dominujących przez badane herbicydy.

Tabela 3

Stopień zniszczenia chwastów dominujących (w %) przez badane herbicydy (średnia z lat 2006–2008)
Degree of dominant weed control using tested herbicides (average for 2006–2008)

Odmiana Cultivar (A)	Gęstość siewu Sowing rate (B)	Herbicyd Herbicide (C)	Gatunek chwastu Weed species						Całkowite zniszczenie chwastów Total weed control
			<i>Vioar</i>	<i>Desso</i>	<i>Antar</i>	<i>Brsna</i>	<i>Thlar</i>	<i>Polco</i>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kobra	siew standar- dowy standard sowing	pendimetalina 250 g/l + izoproturon 125 g/l	96	98	98	90	91	90	94
		diflufenikan 150 g/l + jodosulfuron metrylosodowy 3 g/l	100	100	100	95	100	92	98
		+ mezosulfuron metylowy 9 g/l							
		2,4-D 417,5 g/l + dikamba 32,5 g/l	79	99	99	100	100	95	95
		mekoprop 300 g/l + MCPA 200 g/l + dikamba 40 g/l	84	100	100	100	99	92	96
	siew rzadki sparse sowing	pendimetalina 250 g/l + izoproturon 125 g/l	96	94	89	89	92	89	91
		diflufenikan 150 g/l + jodosulfuron metrylosodowy 3 g/l	99	100	100	91	95	90	96
		+ mezosulfuron metylowy 9 g/l							
		2,4-D 417,5 g/l + dikamba 32,5 g/l	76	100	90	97	100	90	92
		mekoprop 300 g/l + MCPA 200 g/l + dikamba 40 g/l	81	93	90	100	100	91	92

c. d. Tabela 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tonacja	siew standar dowy standard sowing	pendimetalina 250 g/l + izoproturon 125 g/l	100	100	98	94	99	90	97
		diflufenikan 150 g/l + jodosulfuron metylosodowy 3 g/l + mezosulfuron metylowy 9 g/l	94	100	100	100	100	91	97
		2,4-D 417,5 g/l + dikamba 32,5 g/l	81	94	95	100	94	90	92
		mekoprop 300 g/l + MCPA 200 g/l + dikamba 40 g/l	83	100	100	100	97	93	95
		pendimetalina 250 g/l + izoproturon 125 g/l	99	93	98	97	95	94	96
		diflufenikan 150 g/l + jodosulfuron metylosodowy 3 g/l + mezosulfuron metylowy 9 g/l	97	100	100	100	100	95	99
	siew rzadki sparce sowing	2,4-D 417,5 g/l + dikamba 32,5 g/l	63	100	99	100	99	95	93
		mekoprop 300 g/l + MCPA 200 g/l + dikamba 40 g/l	84	100	100	98	99	96	96
		NIR _{0,05} — (LSD _{0,05}):							
		A × B	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
	B × C	10,12							
	A × C	8,75							
Średnie dla czynników — Average for experimental factors									
A		pendimetalina 250 g/l + izoproturon 125 g/l	98	96	96	92	94	91	94
		diflufenikan 150 g/l + jodosulfuron metylosodowy 3 g/l + mezosulfuron metylowy 9 g/l	97	100	100	96	99	92	97
		2,4-D 417,5 g/l + dikamba 32,5 g/l	74	98	96	99	98	92	93
		mekoprop 300 g/l + MCPA 200 g/l + dikamba 40 g/l	83	98	97	99	99	93	95
		NIR _{0,05} — (LSD _{0,05})							
B	Kobra Tonacja	89 87	98 98	96 99	95 99	97 98	91 93	94 94	
		NIR _{0,05} — (LSD _{0,05})							
C	siew standardowy standard sowing siew rzadki — sparce sowing	89 87	99 97	99 96	97 96	97 97	92 92	95 94	
		NIR _{0,05} — (LSD _{0,05}):							
r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences									

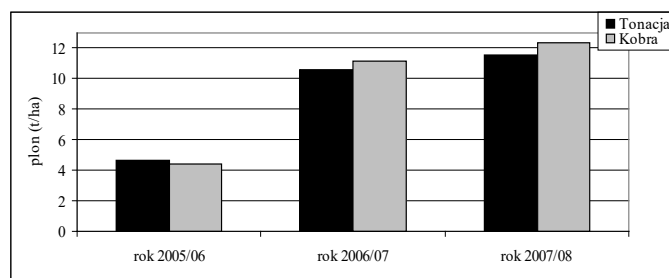
Występujące w doświadczeniu gatunki: *Descurainia sophia*, *Anthemis arvensis*, *Brassica napus*, *Thlaspi arvense*, *Polygonum convolvulus* niszczone były z bardzo dobrym rezultatem (powyżej 90%) przez wszystkie badane środki. Różnice w działaniu herbicydów wystąpiły w przypadku *Viola arvensis*. Środki z grupy regulatorów wzrostu (2,4-D + dikamba oraz mekoprop + MCPA + dikamba) znacznie słabiej niszczyły ten gatunek niż pozostałe herbicydy. W odmianie Kobra działanie mieszaniny 2,4-D + dikamba w stosunku do *Viola arvensis* kształtowało się w granicach 76%–79% dla obu poziomów gęstości siewu. Nieco lepszą skuteczność wykazała mieszanina mekoprop + MCPA + dikamba, gdyż zwalczała powyższy gatunek w 81 i 84%. Na obiekcie z odmianą Tonacja, gdzie zastosowano 2,4-D + dikamba wystąpiły różnice w zwalczaniu *Viola arvensis* w zależności

od gęstości siewu. Przy siewie rzadkim stopień zniszczenia wynosił 63%, natomiast przy siewie standardowym był on wyższy i kształtował się na poziomie 81%.

Wpływ na plonowanie

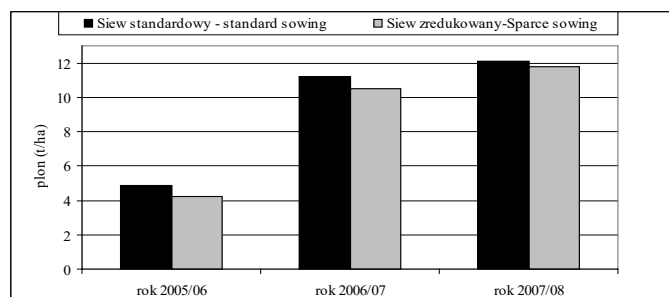
Wysokość plonowania była zróżnicowana w badanym okresie. Zdecydowanie niskie plony otrzymano w sezonie 2005/2006, co wynikało z długotrwałej suszy w okresie wiosenno-letnim. W tym okresie nie wystąpiły różnice w poziomie plonowania obu badanych odmian. W kolejnych sezonach zaobserwowano różnice między odmianami. W przypadku odmiany Kobra plony były zdecydowanie wyższe niż odmiany Tonacja (rys. 1).

a/ Odmiana — cultivar



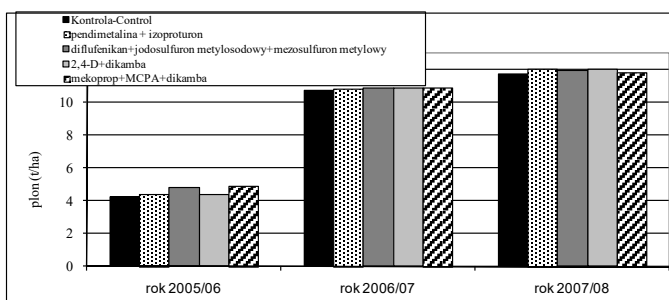
NIR_{0,05} — (LSD_{0,05}): 2005/06 r.n., 2006/07 0,157, 2007/08 0,218

b/ Gęstość siewu — sowing rate



NIR_{0,05} — (LSD_{0,05}): 2005/06 0,314, 2006/07 0,157, 2007/08 0,218

c/ Herbicyd — herbicide



NIR_{0,05} — (LSD_{0,05}): 2005/06 r.n., 2006/07 r.n., 2007/08 r.n.

Rys. 1. Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od: a/ odmiany, b/ gęstości siewu, c/ herbicydu
Fig. 1. Yielding of winter wheat depending on: a/ cultivar, b/ sowing rate, c/ herbicides

Wpływ zastosowanych w doświadczeniu herbicydów na wysokość uzyskanych plonów był nieznaczny w poszczególnych okresach wegetacyjnych. Plon ziarna na obiektach gdzie zastosowano środki chwastobójcze był wyższy w porównaniu z nieopryskiwaną kontrolą, jednak różnice nie zostały udowodnione statystycznie. Nie stwierdzono też różnic w działaniu poszczególnych herbicydów (rys. 1 b). Gęstość siewu wywarła istotny wpływ na plonowanie pszenicy, przy czym największe różnice pomiędzy siewem standardowym a rzadkim wystąpiły w roku 2005/06 (rys. 1 c).

DYSKUSJA

Jednym z czynników decydujących o skuteczności zabiegów chwastobójczych jest nasilenie występowania chwastów na polu. Wraz ze wzrostem stopnia zachwaszczenia maleje skuteczność herbicydu, w zależności od jego rodzaju oraz zwalczanych gatunków (Domaradzki, 2006; Rola, 1985). Z kolei zachwaszczenie łąnu jest wynikiem współdziałania warunków siedliska, zabiegów agrotechnicznych oraz właściwości rośliny uprawnej (Woźniak 2007). W niniejszej pracy rozpatrywano wpływ dwóch czynników na końcowy efekt działania herbicydów: odmianę pszenicy ozimej i zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni. Odgrywają one istotną rolę w kształtowaniu wielkości zachwaszczenia upraw roślin zbożowych. Wyniki dotychczas wykonanych prac wyraźnie wskazują na istnienie różnic odmianowych w powyższej kwestii. Odmiany o wysokich zdolnościach konkurencyjnych posiadają cechy morfologiczne, które ograniczają wschody i rozwój chwastów np. poziomo ustawione liście, o dużej powierzchni, długie źdźbła. Nie bez znaczenia jest także wczesność dojrzewania (Fernandez-Quintailla i in., 2006; Parylak i in., 2006; Urban i in., 1995). W omawianym doświadczeniu obie oceniane odmiany nie wykazały różnic pod względem stopnia zachwaszczenia, jakkolwiek różnią się one pod względem morfologii i terminu dojrzewania (Lista odmian..., 1992, 2001).

Wraz ze wzrostem zagęszczenia rośliny uprawnej maleje zachwaszczenie łąnu. W badaniach Kapelusznego (2002) oraz Michalskiego i Bartos (2002) wzrost gęstości siewu zredukował biomasę chwastów w różnych gatunkach zbóż jarych. W niniejszej pracy tylko jedna z ocenianych odmian pszenicy ozimej – Tonacja zareagowała zróżnicowanym zachwaszczeniem w zależności od gęstości wysiewu. Różnice w nasileniu występowania chwastów pomiędzy siewem rzadkim a standardowym były większe niż w odmianie Kobra. Do podobnych wniosków doszli Korres i Froud-Williams (2002) dowodząc, że czynnikiem silniej wpływającym na zagłuszanie chwastów była norma wysiewu niż wybór odmiany. Podobnie Wilson i wsp. (1995) oraz Hallgren (1993) dowiedli, że straty w plonach z powodu konkurencji chwastów były większe na rzadszym siewie.

O skuteczności herbicydów decyduje przede wszystkim stopień wrażliwości chwastów występujących w łąnie na zastosowany środek. W prezentowanych wynikach badań gatunki zachwaszczające pszenicę ozimą cechowały się wysoką wrażliwością na zastosowane herbicydy. Wyjątek stanowi *Viola arvensis*, który był słabiej niszczone przez środki z grupy regulatorów wzrostu (2,4-D + dikamba i mekoprop + MCPA + dikamba). Fakt ten jednak nie wpłynął znacząco na ogólną ocenę skuteczności tych herbicydów, wyrażającą się całkowitym zniszczeniem chwastów. Działały one na zbliżonym poziomie

w badanych odmianach pszenicy ozimej, bez względu na obsadę roślin. Do podobnych wniosków doszedł Domaradzki (2007) dowodząc, że zagęszczenie rośliny uprawnej na jednostce powierzchni tylko w nieznacznym stopniu różnicowało skuteczność zwalczania *Galium aparine*. Oceniane herbicydy nie przyczyniły się również do istotnego wzrostu plonowania odmian pszenicy, co zostało również potwierdzone przez innych badaczy (Olsen i in., 2005). W swojej pracy dowiedli, że stosowanie herbicydów przy zwiększonej obsadzie pszenicy tylko w nieznacznym stopniu przyczyniło się do wzrostu plonowania.

Nie dowiedziono, aby gęstość siewu odmian Tonacja i Kobra wpływała na skuteczność herbicydów w nich zastosowanych. Nie można jednak jednoznacznie stwierdzić, że czynnik ten w przypadku obu odmian pszenicy nie wpływa na działanie środków chwastobójczych, ponieważ skład gatunkowy na polu może być zróżnicowany, co jest istotnym czynnikiem decydującym o efektywności herbicydów. W przypadku chwastów silnie konkurencyjnych w stosunku do pszenicy oraz występowaniu gatunków mało wrażliwych na dany herbicyd istnieje prawdopodobieństwo zróżnicowania działania tego środka pod wpływem omawianych czynników.

WNIOSKI

1. W badanych odmianach pszenicy ozimej (Tonacja i Kobra) nasilenie występowania chwastów kształtowało się na podobnym poziomie, niezależnie od gęstości siewu.
2. Gęstość siewu zróżnicowała konkurencyjność odmiany Tonacja w stosunku do chwastów. Istotnie wyższy stopień zachwaszczenia wystąpił na siewie rzadkim. W odmianie Kobra nie stwierdzono podobnych prawidłowości.
3. Oceniane w doświadczeniu herbicydy wykazały podobną skuteczność, niezależnie od odmiany i gęstości siewu pszenicy. Badane środki nie spowodowały znaczących różnic w plonie ziarna.

LITERATURA

- Christensen S. 1995. Weed suppression ability of spring barley varieties. *Weed Res.* 35, 4: 241 — 247.
- Domaradzki K. 2006. Efektywność regulacji zachwaszczenia zbóż w aspekcie ograniczania dawek herbicydów oraz wybranych czynników agroekologicznych. *Pam. Puł. Monografie i Rozprawy Naukowe.* z. 17.
- Domaradzki K. 2007. Wpływ obsady roślin pszenicy ozimej na skuteczność zwalczania *Galium aparine*. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 47 (3): 74 — 77.
- Fernandez-Quintanilla C., Leguizamon E.S., Navarette L., Sánchez del Arco M. J., Torner C., de Lucas C. 2006. Integrating herbicide rate, barley variety and seeding rate for the control of sterile oat (*Avena sterilis* ssp. *ludoviciana*) in central Spain. *Eur. J. Agronomy* 25: 223 — 233.
- Hallgren E. 1993. Yields of cereals and oilseed crops after spraying with herbicides in fields with different weed densities. *Proceedings of 8-th EWRS Symposium, Braunschweig*: 183 — 191.
- Jędruszczak M., Bojarczyk M., Smolarz H. J., Budzyńska B. 2004. Konkurencyjne zdolności pszenicy ozimej w warunkach różnych sposobów odchwaszczania — produkcja biomasy. *Annales UMCS, Sec E, LIX*, 2: 895 — 902.
- Kapeluszny J. 2002. Zachwaszczenie ładu zbóż jarych w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu i oszczędnego stosowania herbicydów. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 42 (2): 483 — 485.
- Lista opisowa odmian. 1992. Pszenica zwyczajna: 82, COBORU. Słupia Wielka.
- Lista opisowa odmian. 2001. Pszenica zwyczajna: 95, COBORU. Słupia Wielka.

- Michalski T., Bartos M. 2002. Wpływ gęstości siewu na zachwaszczenie zbóż jarych. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 42 (2): 564 — 567.
- Korres N. E., Froud-Williams R. J. 2002. Effects of winter wheat cultivars and seed rate on the biological characteristics of naturally occurring weed flora. *Weed Res.* 42 (6): 417 — 428.
- Olsen J., Kristensen L., Weiner J. 2005. Effect of density and spatial pattern of winter wheat on suppression of different weed species. *Weed Res.* 53: 690 — 694.
- Parylak D., Zawieja J., Jędrusczak M., Stupnicka-Rodzyńkiewicz E., Dąbkowska T., Snarska K. 2006. Wykorzystanie zasiewów mieszanych, właściwości odmian lub zjawiska allelopatii w ograniczaniu zachwaszczenia. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 46 (1): 33 — 44.
- Rola H. 1985. Zjawisko konkurencji wśród roślin I jej skutki na przykładzie wybranych gatunków występujących w pszenicy ozimej. *Wyd. IUNG Puławy, R (162)*: 1 — 63.
- Urban M., Adamczewski K., Augiewicz U. 1995. Wpływ herbicydów na intensywne odmiany pszenicy ozimej. *Mat. 35 Sesji Nauk. Inst. Ochr. Rośl.* 2: 324 — 327.
- Wilson B. J., Wright K. J., Brain P., Clements M., Stephens E. 1995. Predicting the competitive effects of weed and crop density on weed biomass, weed seed production and crop yield in wheat. *Weed Res.*, 35 (4): 265 — 278.
- Woźniak A. 2007. Zachwaszczenie pszenicy twardej (*Triticum durum* desf.) w zależności od przedplonu i poziomu agrotechniki. *Acta Agrophys.* 10 (2): 493 — 505.

WANDA KOCIUBA**ANETA KRAJEK**Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Wartość mieszańców pszenżyta ozimego z pszenicą pod względem cech plonotwórczych oraz zawartości białka w ziarnie

The value of hybrids of winter triticale with wheat in relation to the yielding traits and protein content in grain

Celem pracy była ocena mieszańców pszenżyta ozimego z pszenicą pod względem cech plonotwórczych oraz zawartości białka w ziarnie. Badania obejmowały 4 kombinacje mieszańców pszenżyta ozimego z pszenicą pokolenia F₅: Janko × Clever, Presto × Clever, Disco × Piko i Disco × Soraja. Mieszańce i formy rodzicielskie wysiano jesienią 2007 roku na jednopowtórzeniowych poletkach (2 m²) w Gospodarstwie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Czesławicach k/Nałęczowa. W okresie dojrzałości pełnej z każdej kombinacji krzyżówkowej oraz z form rodzicielskich wybrano pojedynki (w liczbie od 38 do 42), na których dokonano pomiaru wysokości roślin oraz cech plonotwórczych kłosa, takich jak: długość kłosa i liczba kłosek w kłosie, liczba i masa ziaren z kłosa, płodność kłosa, masa 1000 ziaren oraz określono zawartość białka w ziarnie. Ze względu na duże zróżnicowanie wysokości roślin w obrębie populacji mieszańcowych, średnie wartości badanych cech opracowano dla 4 grup wysokości roślin w przedziałach: <100 cm; 100–110 cm; 110,1–120 cm; >120,1 cm. Otrzymane wyniki wskazują na zróżnicowanie form mieszańcowych pod względem cech plonotwórczych i zawartości białka w ziarnie, które w dużym stopniu zależały od wysokości roślin.

Słowa kluczowe: cechy plonotwórcze, mieszańce pszenżyta z pszenicą, zawartość białka w ziarnie

The aim of the study was to evaluate the winter triticale × wheat hybrids in relation to yielding traits and protein content in grain. In the experiment four combinations of winter triticale × wheat F₅ hybrids were tested: Janko × Clever, Presto × Clever, Disco × Piko and Disco × Soraja. The grains of hybrids and of parental forms were sown in 2 m² plots in the autumn 2007 in the one-plot replication field experiment conducted at the Experimental Field Station of the University of Life Sciences in Czesławice near Nałęczów, Poland. During the period of full maturity single plants (38–42) from each of the crossing combinations and from parental forms were chosen to measure plant height and the following traits: spike length, spikelet number per spike, grain number and grain weight per spike, spikelet fertility, 1000 grains weight and protein content in grain. Taking into consideration the great differentiation of plant height within hybrid populations, the mean values of the estimated traits were calculated for 4 groups of plant height: <100 cm; 100–110 cm; 110.1–120 cm; >120.1 cm. The results

obtained indicate that the hybrid forms differed in the values of traits and in protein content of grain, which strongly depended on plant height.

Key words: protein content in grain, triticale × wheat hybrids, yielding traits

WSTĘP

Dla zapewnienia trwałego postępu w hodowli nowych odmian pszenżyta ważne jest wytwarzanie nowej zmienności genetycznej, którą można uzyskać wykorzystując najnowsze metody biotechnologiczne, kultury *in vitro*, oraz krzyżowania międzyrodzajowe, międzygatunkowe i międzyodmianowe. U pszenżyta zmienność genetyczna może być efektem rekombinacji kompletnych genomów pszenicy i żyta, chromosomów, a także genów w obrębie i pomiędzy genomami krzyżowanych rodzajów, gatunków lub odmian. Źródłem tej zmienności są genotypy pszenżyta, genotypy form wyjściowych oraz dzikie gatunki z plemienia *Triticeae* (*Aegilops* sp., *Agrotriticum* sp. i in.). Krzyżowanie pszenżyta z gatunkami dzikimi miało na celu wprowadzenie do tego zboża genów odporności na czynniki chorobotwórcze oraz stresowe. Natomiast za pomocą krzyżowania pszenżyta z pszenicą można uzyskać korzystne substytucje lub translokacje międzygatunkowe czy międzyodmianowe i poprawić cechy jakościowe pszenżyta, głównie zawartość białka w ziarnie. Wiąże się to z wprowadzeniem do pszenżyta genów z chromosomów genomu D pszenicy, które są m.in. odpowiedzialne za wartość wypiekową mąki. Takie korzystne zmiany w genomie uzyskanych mieszańców wykorzystuje się następnie przy selekcji na określone cechy (Apolinarska i Sodkiewicz, 2002; Gruszecka, 1998; Gruszecka i Kowalczyk, 2000; Oettler, 1998; Tams i in., 2006; Woś i in., 2002).

Celem pracy była wstępna ocena mieszańców pszenżyta ozimego z pszenicą pod względem cech plonotwórczych oraz zawartości białka w ziarnie.

MATERIAŁ I METODY

Badania obejmowały 4 kombinacje mieszańców pszenżyta ozimego z pszenicą pokolenia F₅: Janko × Clever, Presto × Clever, Disco × Piko i Disco × Soraja. Ziarniaki mieszańcowe oraz ziarniaki form rodzicielskich wysiano jesienią 2007 roku na jednopowtórzeniowych poletkach (2 m²) w Gospodarstwie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Czesławicach k/Nałęczowa na glebie brunatnej o podłożu lessowym.

W okresie dojrzałości pełnej z każdej kombinacji krzyżówkowej oraz z form rodzicielskich wybrano pojedynki (w liczbie od 38 do 42), na których dokonano pomiaru wysokości roślin oraz cech plonotwórczych kłosa, takich jak: długość kłosa i liczba kłosków w kłosie, liczba i masa ziaren z kłosa oraz płodność kłosa i masa 1000 ziaren. W/w cechy plonotwórcze kłosa analizowano na 5 kłosach z każdego pojedynka. Zawartość białka w ziarnie wyrównanych form mieszańcowych oznaczono w aparacie Kjeltec w Centralnym Laboratorium UP w Lublinie, stosując przelicznik N × 5,7. Ze względu na duże zróżnicowanie wysokości roślin w obrębie populacji mieszańcowych, średnie wartości badanych cech opracowano dla 4 grup wysokości roślin w przedziałach: <100 cm; 100–110 cm; 110,1–120 cm; >120,1 cm. Na podstawie uzyskanych danych obliczono średnie

wartości badanych cech dla kombinacji krzyżówkowych w każdej z grup wysokości roślin oraz dla form rodzicielskich.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane formy mieszańcowe były zróżnicowane pod względem cech plonotwórczych i zawartości białka w ziarnie, a wartość omawianych parametrów w dużym stopniu zależała od wysokości roślin. Jak widać z danych zamieszczonych w tabeli 1 największy procentowy udział we wszystkich analizowanych kombinacjach stanowiły rośliny o wysokości w przedziale 100–110 cm (od 19,0 do 60,0%) oraz w przedziale 110,1–120 cm (od 27,5 do 34,2%).

Tabela 1

Cechy plonotwórcze i zawartość białka w ziarnie mieszańców F₅ pszenżyta ozimego z pszenicą oraz form rodzicielskich

Traits of the yield and protein content in grain of F₅ hybrids of winter triticale with wheat and of parental forms

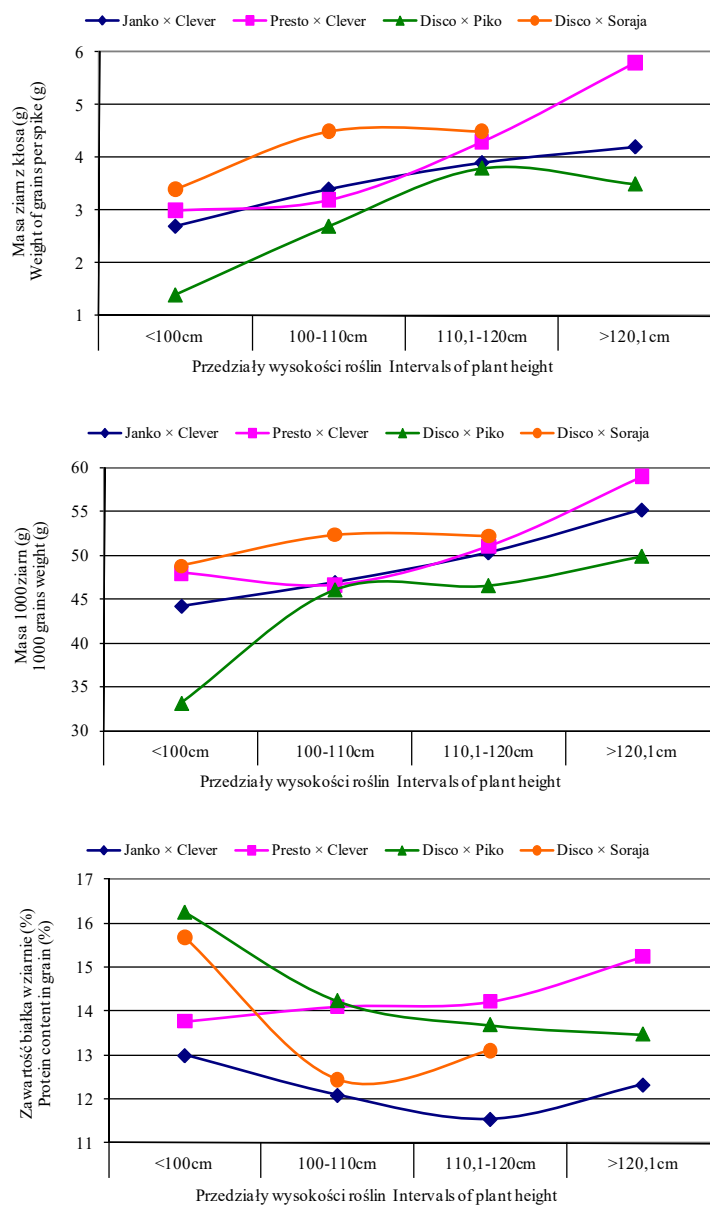
Przedziały wysokości roślin Intervals of plant height	% udział badanych roślin Percentage participation of examined plants	Długość kłosa (cm) Spike length (cm)	Liczba kłosków w kłosie Number of spikelets per spike	Liczba ziaren w kłosie Number of grains per spike	Masa ziaren z kłosa (g) Weight of grains per spike (g)	Płodność kłoska Spikelet fertility	Masa 1000 ziaren (g) 1000 grains weight (g)	Zawartość białka w ziarnie (%) Protein content in grain (%)
Janko × Clever								
<100	33,3	10,4	28,8	61,3	2,7	2,1	44,1	13,0
100-110	19,0	11,8	32,5	72,2	3,4	2,2	46,9	12,1
110,1-120	28,6	11,9	31,4	77,5	3,9	2,5	50,2	11,5
>120,1	19,0	10,8	29,8	76,0	4,2	2,5	55,2	12,3
Presto × Clever								
<100	28,2	12,2	28,7	63,8	3,0	2,2	48,0	13,8
100-110	38,5	12,1	28,0	65,0	3,2	2,3	46,6	14,1
110,1-120	28,2	12,2	30,5	83,4	4,3	2,7	51,0	14,2
>120,1	5,1	13,1	32,2	98,3	5,8	3,1	59,0	15,2
Disco × Piko								
<100	2,6	10,7	29,8	43,4	1,4	1,5	33,2	16,3
100-110	55,3	11,9	29,3	57,4	2,7	2,0	46,1	14,2
110,1-120	34,2	12,5	30,0	82,1	3,8	2,7	46,5	13,7
>120,1	7,9	12,6	28,9	70,5	3,5	2,4	49,9	13,5
Disco × Soraja								
<100	12,5	9,7	31,9	70,3	3,4	2,2	48,7	15,7
100-110	60,0	11,2	33,8	85,2	4,5	2,5	52,3	12,4
110,1-120	27,5	11,4	32,6	85,3	4,5	2,6	52,2	13,1
>120,1	0,0							
Formy mateczne — Female forms								
131,0	Disco	11,7	31,4	76,6	3,7	2,4	48,6	9,8
124,6	Janko	11,1	28,6	57,8	3,1	2,0	53,3	10,3
134,6	Presto	11,7	29,8	69,0	4,0	2,3	58,0	10,4
Formy ojcowskie — Male forms								
100,6	Clever	9,0	19,4	51,0	2,4	2,6	47,1	10,0
106,0	Piko	8,7	20,6	50,2	2,2	2,4	43,8	9,8
103,6	Soraja	10,1	20,8	56,6	2,6	2,7	45,9	10,8

Jak wynika z danych COBORU większość zarejestrowanych w ostatnich latach krótkosłomych odmian pszenżyta ma wysokość roślin na poziomie 94–107 cm, natomiast odmiany tradycyjne charakteryzują się wysokością roślin od 106 do 124 cm (Cyfert, 2008; Lista opisowa odmian..., 2008).

Parametry kłosa, takie jak jego długość oraz liczba kłosek w kłosie były zróżnicowane zarówno pomiędzy kombinacjami, jak również w obrębie kombinacji. Najdłuższymi kłosami (13,1 cm) o dużej liczbie kłosek w kłosie (32,2 szt.) charakteryzowały się mieszańce Presto × Clever o wysokości roślin powyżej 120 cm. Najkrótsze kłosa (9,7 cm) miały mieszańce Disco × Soraja o wysokości poniżej 100 cm, które charakteryzowały się dużą liczbą kłosek w kłosie (31,9 szt.). Większość roślin mieszańcowych przewyższała formy rodzicielskie pod względem omawianych cech, a ich wartość była zbliżona do pszenżyta jako formy matecznej (tab. 1). W badaniach Kociuby (2000) stwierdzono istotną dodatnią korelację pomiędzy wysokością roślin, a długością kłosa ($r_{xy} = 0,234$) i liczbą kłosek w kłosie ($r_{xy} = 0,237$).

Dużą zmiennością charakteryzowały się również tak ważne cechy plonotwórcze, jak: liczba i masa ziaren z kłosa. Wartość tych parametrów u badanych form mieszańcowych pszenżyta z pszenicą, podobnie jak omawianych wcześniej, w dużym stopniu zależała od wysokości roślin i przewyższała wartości uzyskane dla form rodzicielskich. Jak wynika z tabeli 1 oraz z rysunku 1 wraz ze wzrostem wysokości roślin form mieszańcowych wzrasta liczba i masa ziaren z kłosa. Najwyższą wartość tych cech stwierdzono u mieszańców Presto × Clever o wysokości roślin powyżej 120 cm (ponad 98 ziarniaków z kłosa o masie 5,8 g). Wysokość roślin miała również wpływ na masę 1000 ziaren. U większości badanych form mieszańcowych wartość tej cechy była pośrednia w porównaniu do form rodzicielskich. Wyjątek stanowiły mieszańce kombinacji Disco × Soraja, które przewyższały formy rodzicielskie pod względem tej cechy niezależnie od wysokości roślin. Stwarza to możliwość selekcji roślin o wysokiej masie 1000 ziaren przy obniżonej wysokości roślin. Najwyższą MTZ charakteryzowały się mieszańce o wysokości roślin powyżej 120 cm kombinacji Presto × Clever (59,0 g) i Janko × Clever (55,2 g) (tab. 1, rys. 1). Wyniki badań kolekcyjnych wskazują, że średnia liczba ziarn w kłosie u odmian i rodów pszenżyta ozimego wynosi 46,7 szt, przy średniej masie 2,4 g i masie 1000 ziaren na poziomie 50,3 g. Występuje również istotna, chociaż niezbyt wysoka współzależność między wysokością roślin a masą ziaren z kłosa ($r_{xy} = 0,170$) oraz między wysokością roślin a masą 1000 ziaren ($r_{xy} = 0,335$), co może mieć znaczenie przy wprowadzaniu do uprawy form krótkosłomych (Kociuba, 2000, 2007). Zdaniem Nalepy (1983) taka korelacja może utrudnić selekcję w kierunku połączenia dobrej płodności, wysokiej MTZ z obniżoną wysokością roślin.

Ważnym parametrem jakościowym, który u pszenżyta można poprawić poprzez krzyżowanie z pszenicą, jest zawartość białka w ziarnie. Apolinarska (1997), Łukaszewski i Curtis (1994) podają, że obecność kompletnych genomów DD z *Triticum aestivum* L. może wpłynąć na poprawę cech ilościowych i jakościowych wtórnego heksaploidalnego pszenżyta. Z kolei z badań Larter i wsp. (1985) wynika, że na zawartość białka w ziarnie u form mieszańcowych pszenżyta w większym stopniu wpływa tetraploidalna pszenica niż żyto.



Rys. 1. Masa ziaren z kłosa, masa 1000 ziaren i zawartość białka w ziarnie w zależności od wysokości roślin
Fig. 1. Weight of grains per spike, 1000 grains weight and protein content in grain depending on plant height

Badania COBORU wskazują, że zawartość białka w ziarnie pszenżyta jest na poziomie zbliżonym do pszenicy (Cyfert, 2008). U badanych w niniejszej pracy form mieszańcowych wartość tej cechy we wszystkich kombinacjach przewyższała wartości uzyskane dla form rodzicielskich. Najwyższą zawartość białka w ziarnie stwierdzono u roślin o wysokości <100 cm (średnio 14,7%, przy wahaniami od 13,0% u mieszańców Janko × Clever do 16,3% u mieszańców Disco × Piko. Należy również zauważyć, że w kombinacji Presto × Clever wysokość roślin nie miała dużego wpływu na zawartość białka w ziarnie, przy jednocześnie wysokiej masie 1000 ziaren, w porównaniu do innych badanych kombinacji (rys. 1). W badaniach Kociuby (2000) współczynnik korelacji pomiędzy wysokością roślin a zawartością białka w ziarnie był niski, ale dodatni i statystycznie istotny ($r_{xy} = 0,093$), natomiast Grzesik i wsp. (2003) oraz Grzesik i Węgrzyn (2002) podają, że współczynniki korelacji pomiędzy tymi cechami były ujemne.

W każdej z badanych kombinacji mieszańcowych stwierdzono możliwość wyboru roślin, które miały ponad 70 ziaren w kłosie, a ich masa przekraczała 4 g. Wysoki poziom tych parametrów w połączeniu z wysoką zawartością białka w ziarnie powyżej 14% daje możliwość wyboru wartościowych form do dalszych badań nad poprawą cech jakościowych u pszenżyta.

WNIOSKI

1. Badane formy mieszańcowe były zróżnicowane pod względem cech plonotwórczych i zawartości białka w ziarnie, a wartość omawianych parametrów w dużym stopniu zależała od wysokości roślin.
2. Wartość masy ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren wzrastała wraz z wysokością roślin, natomiast zawartość białka w ziarnie była wysoka zarówno u roślin o wysokości poniżej 100 cm, jak i powyżej 120 cm.
3. Interesujące z hodowlanego punktu widzenia mogą być mieszańce, które charakteryzują się wysoką zawartością białka w ziarnie (powyżej 14%), przy jednocześnie wysokiej liczbie (powyżej 70 szt.) i masie ziaren z kłosa (powyżej 4 g).

LITERATURA

- Apolinarska B. 1997. Otrzymanie pierwotnych form oktoploidalnego pszenżyta z odmian pszenicy o wysokiej wartości wypiekowej. Biul. IHAR 201: 167 — 174.
- Apolinarska B., Sodkiewicz W. 2002. Substitution of B-genome chromosomes into tetraploid triticales with complete A-genome. Proc. 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June – 5 July 2002. II: 27 — 31.
- Cyfert R. 2008. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Zboża ozime. Pszenżyto ozime. COBORU, Słupia Wielka 55: 33 — 44.
- Gruszecka D. 1998. Charakterystyka niektórych cech mieszańców X *Triticosecale* Wittmack z *Aegilops* sp. generacji B₂/F₁ i F₂. Biul. IHAR 205/206: 163 — 173.
- Gruszecka D., Kowalczyk K. 2000. Charakterystyka wybranych cech ilościowych mieszańców pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack) z kiozieńcami (*Aegilops* sp.). Folia Univ. Agric. Stetin 206 Agricultura 82: 83 — 88.
- Grzesik H., Gut M., Węgrzyn S., Cygankiewicz A. 2003. Genetyczne uwarunkowania niektórych cech pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 226/227/1: 227 — 231.

- Grzesik H., Węgrzyn S. 2002. Evaluation of combining ability in some varieties of winter triticale. Proc. 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June – 5 July 2002. II: 291 — 297.
- Kociuba W. 1998. Charakterystyka zasobów genowych rodzaju X *Triticosecale* Wittmack. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 463: 369 — 379.
- Kociuba W. 2000. Zmienność i współzależność ważniejszych cech plonotwórczych w obrębie heksaploidalnego pszenżyta ozimego X *Triticosecale* Wittmack. Rozpr. Nauk. AR Lublin 232.
- Kociuba W. 2007. Charakterystyka zasobów genowych pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack) zgromadzonych w latach 1998–2005. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 517/1: 369 — 377.
- Larter E.N., Viridi B.V., Scarth R. 1985. The use of high protein tetraploid wheats and rye in the improvement of triticale protein content. Proc. Eucarpia Meet. “Genetics and breeding of triticale”. Clermont-Ferrand, France, INRA, Paris, 2-5 July 1984: 153 — 159.
- Lista opisowa odmian. 2008. Cz. I. Rośliny rolnicze. COBORU, Słupia Wielka: 89 — 97.
- Łukaszewski A. J., Curtis C. 1994. Transfer of the Glu-D1 gene from chromosome 1D to chromosome 1A in heksaploid *Triticale*. Plant Breed. 112: 177 — 182.
- Nalepa S. 1983. Studia genetyczne nad heksaploidalnym triticale. II. Działanie genów i zależności zachodzące między niektórymi cechami w triticale ozimym. Hod. Rośl. Aklim. 27, 1: 13 — 38.
- Oettler G. 1998. Creating genetic variability in triticale and its potential for breeding: 1. Agronomic traits. Proc. 4th Int. Triticale Symp., Red Deer, Alberta, Canada, 26–1 July 1998: 1 — 12.
- Tams S. H., Bauer E., Oettler G., Melchinger A. E., Schön C. C. 2006. Prospects for hybrid breeding in winter triticale: II. Relationship between parental genetic distance and specific combining ability. Plant Breed. 125: 331 — 336.
- Woś H., Metzger R. J., Łukaszewski A. J., Cygankiewicz A. 2002. The effect of the D-genome chromosome substitutions and of translocations of chromosome 1D on some quality and agronomic parameters of winter triticale. Proc. 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June – 5 July 2002. II: 59 — 69.

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

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

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

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

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

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

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

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

WSTĘP

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

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

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

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

MATERIAŁ I METODY

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

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

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

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

WYNIKI

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

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

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

Tabela 1

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

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

* istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at $\alpha = 0.05$

** istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at $\alpha = 0.05$

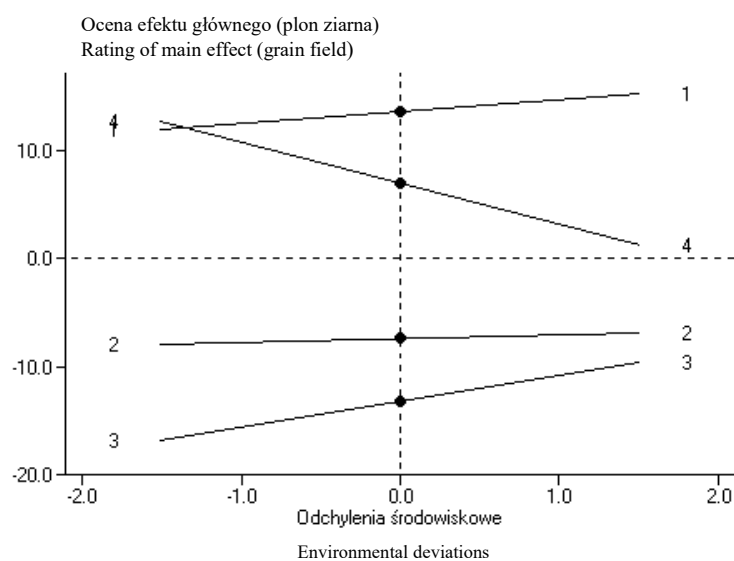
Tabela 2

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

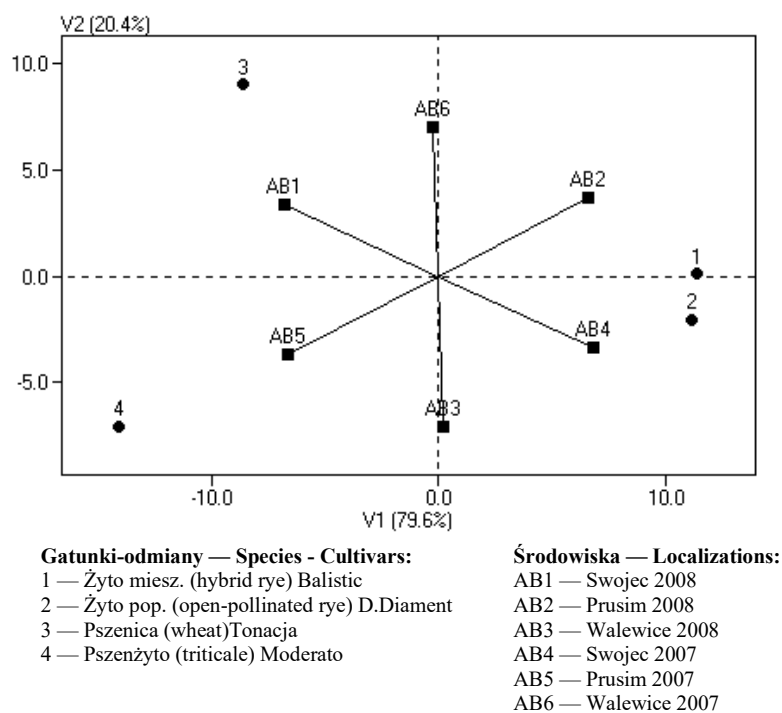
Genotypy Genotypes	Ocena efektu głównego Rating of main effect	Statystyka F dla: Statistics F for:	
		efektu głównego main effect	interakcja ze środowiskami interaction with environments
Balistic	13,59*	16,94	8,73*
Dańk. Diament	-7,40	5,11	8,59*
Tonacja	-13,19*	13,52	10,30*
Moderato	7,00	2,39	16,46*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

* istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; significant at $\alpha = 0.05$

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

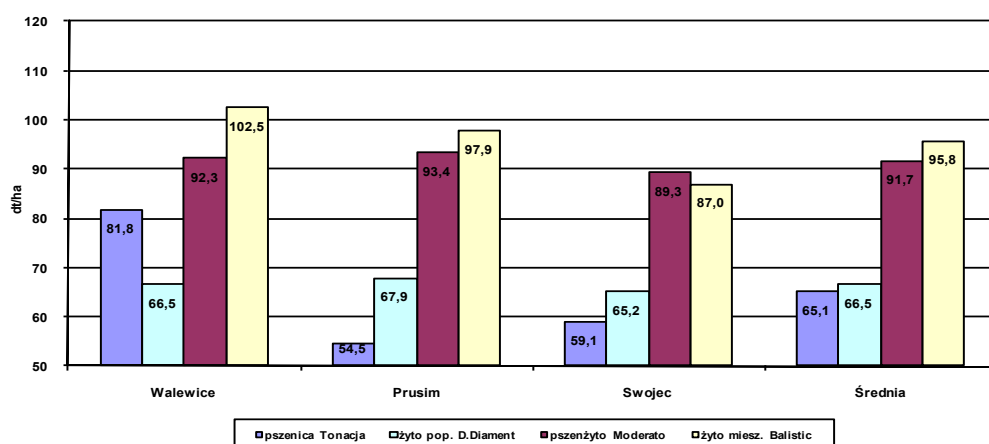


Rys. 1. Efekty główne i proste regresji efektów interakcyjnych genotypów względem środowiska
Figure 1. Main effects and regression straight lines of interaction effects against environment



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

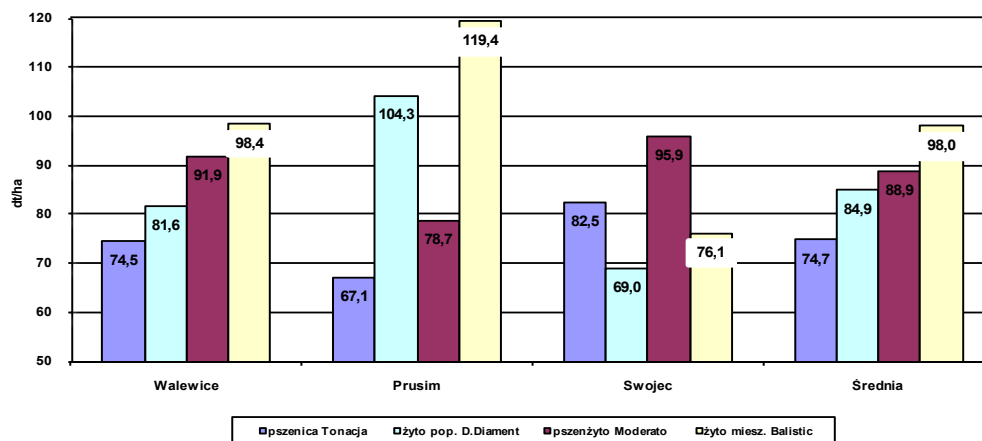
Odmiany Balistic oraz Tonacja wyżej plonują na stanowiskach lepszych, są więc odmianami zaliczanymi do intensywnych. Stabilnością plonowania we wszystkich warunkach glebowo-klimatycznych charakteryzuje się Dańkowskie Diamant, jednak plonuje ono na niższym poziomie. Więcej informacji o zachowaniu się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



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

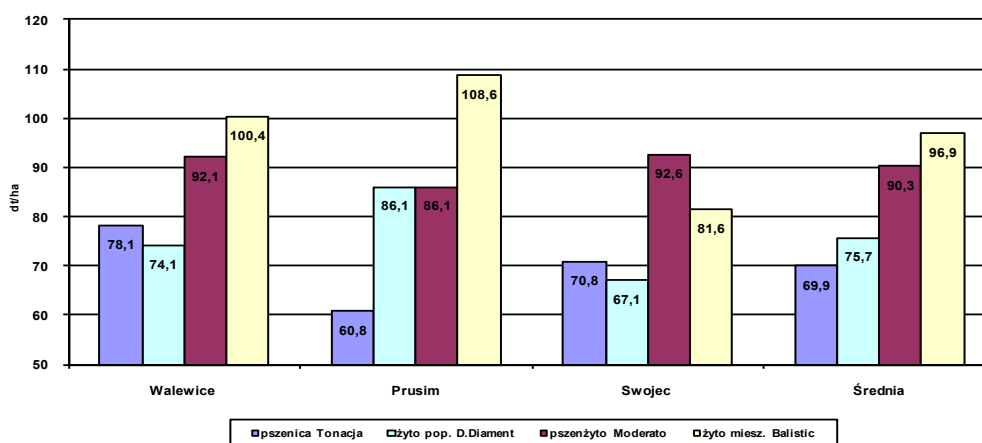
Także w roku 2008 (rys. 4) odmiana żyta mieszańcowego Balistic charakteryzowała się istotnie najwyższym średnim plonem ziarna, jednak jej plonowanie w poszczególnych miejscowościach było dużo bardziej zróżnicowane i wahało się od 76,1 dt/ha (Swojec) do 119,4 dt/ha (Prusim). Odmian pszenżyta Moderato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

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



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

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



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

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

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

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

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

Tabela 3

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

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

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

WNIOSKI

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

LITERATURA

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

ANNA WOŹNIAK-STRZEMBICKA

GRZEGORZ CZAJOWSKI

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Wirulencja populacji *Puccinia triticina* w Polsce w latach 2002–2007

The virulence of *Puccinia triticina* population in Poland in 2002–2007

Pojedyncze izolaty *Puccinia triticina* testowano na siewkach w zestawie serii 40 linii izogenicznych NIL w celu określenia wirulencji, wyprowadzonych na bazie odmiany Thatcher z genami odporności *Lr*. Ogółem w latach 2002–2007 przetestowano 1200 izolatów pochodzących z pszenicy i pszenżyta. Obserwowano wysoką częstotliwość wirulencji patogena (70–100%) w stosunku do większości genów odporności. Niski poziom wirulencji w populacji *Puccinia triticina* pochodzącej z pszenicy notowano wobec genów *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr20* i *Lr38*. Natomiast w populacji pochodzącej z pszenżyta niski poziom wirulencji stwierdzono w stosunku do genów *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr26*, *Lr28* i *Lr38*. Podobnie jak w poprzednich latach geny *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr25* i *LrW* należą do najbardziej skutecznych. Na zestawie 15 linii izogenicznych: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28* zidentyfikowano 60 patotypów *Puccinia triticina*. We wszystkich: 109–115 latach badań patotypy: 02720, 02722, 02726, 03722 i 12722 dominowały w populacji grzyba pochodzącej z pszenicy, natomiast w populacji z pszenżyta dominującymi były patotypy: 01120, 41120, 41124, 41320.

Słowa kluczowe: geny odporności, populacja, *Puccinia tritici*, wirulencja

A total of 1200 isolates of *Puccinia triticina* were collected from wheat and triticale plants in Poland between 2002 and 2007. The isolates were tested for virulence on seedlings of 40 near-isogenic lines (NILs) obtained on the basis of cv. Thatcher and expressing *Lr* resistance genes. A high frequency (70–100%) of isolates virulent towards the majority of *Lr* genes was recorded. Low virulence against the lines expressing *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr20* and *Lr38* genes in the population originated from wheat was observed. As regards the population originated from triticale, the occurrence of isolates showing virulence towards the lines expressing *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr26*, *Lr28* and *Lr38* genes was generally rare. The results indicate that the genes *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr25* and *LrW* were the most effective throughout the years of investigations. Sixty different *P. triticina* pathotypes were identified with the use of 15 NILs possessing the resistance genes *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26* and *Lr28*. Pathotypes 02720, 02722, 02726, 03722 and 12722 appeared to be most widespread in the population originated from wheat, whereas pathotypes 01120, 41120, 41124 and 41320 were prevalent in the population originated from triticale.

Key words: population of *Puccinia triticina*, resistance genes, virulence

WSTĘP

Rdza brunatna pszenicy powodowana przez grzyb *Puccinia triticina* Erikss. należy do jednej z groźniejszych chorób tego gatunku o dużym znaczeniu ekonomicznym w wielu rejonach świata (McIntosh i in., 1995). Cechą charakterystyczną, która decyduje o ekonomicznym znaczeniu tej choroby jest systematyczność jej występowania oraz istotny wpływ na plon. Straty w plonach rokrocznie sięgają 10–15%, w rejonach epidemii obniżka plonu może wynosić 30% i wyżej (Roelfs i in., 1992). Pośród gatunków rdzy zbożowych występujących w Polsce rdza brunatna jest najbardziej rozpowszechnioną i pojawiającą się corocznie na ozimych i jarych formach pszenicy, także w ostatnich latach na zasiewach pszenżyta (Arseniuk i in., 2000; Woźniak-Strzembicka, 2003).

Jedyną drogą zmierzającą do ograniczenia choroby, zgodną z założeniami właściwej ochrony środowiska, a przy tym najbardziej celową i ekonomiczną jest wprowadzenie do powszechnej uprawy odmian odpornych. Hodowla odmian odpornych wymaga zarówno badania odporności rośliny żywicielskiej, jak i badania chorobotwórczości patogena.

Rdza brunatna należy do patogenów odznaczających się wysokim poziomem zmienności genetycznej i dużymi uzdolnieniami adaptacyjnymi. Informacje o chorobotwórczości, strukturze populacji *Puccinia triticina* oraz częstotliwości genów wirulencji korespondujących z genami odporności pszenicy mają duże znaczenie dla skutecznego wykorzystania tych genów.

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki analizy struktury i wirulencji populacji *Puccinia triticina* w Polsce w latach 2002–2007. Opisane badania są kontynuacją prac, których wyniki zostały wcześniej opublikowane (Strzembicka, 1997; Woźniak-Strzembicka, 2003).

MATERIAŁ I METODY

Próbki patogena na liściach pszenicy i pszenżyta zbierano z odmian zrejzonizowanych i rodów hodowlanych. Porażone liście pobrano w 19 miejscowościach, reprezentujących różne rejony geograficzne kraju. W omawianym okresie badań pobierano również próbki patogena z powietrza za pomocą stacjonarnego wylapywacza zarodników (rejon południowo-wschodniej Polski). Z pojedynczych skupień uredospor z próbek porażonych liści wyodrębniono izolaty grzyba. Ogółem w latach 2002–2007 analizowano 1200 izolatów pochodzących z pszenicy i pszenżyta. Celem określenia spektrum chorobotwórczości *Puccinia triticina* poszczególne izolaty testowano na różnicującym zestawie 40 linii izogenicznych NIL (Near Isogenic Lines) wyprowadzonych na bazie odmiany Thatcher. Wykaz linii NIL wraz z genami odporności *Lr* i pochodzeniem podaje tabela 1. Przedstawiony zestaw obowiązuje obecnie w Europie w ramach ogólnoeuropejskiej współpracy w zakresie analiz chorobotwórczości patogenów (Mesterhazy i in., 2000).

Linie NIL inokulowano w warunkach szklarniowych w stadium 2. liścia poszczególnymi izolatami grzyba. Stosowano tradycyjną metodę na siewkach, a także metodę obciętych liści na pożywce agarowo-benzimidazolowej (Park, Felsenstein, 1998). Po 12 dniowej inkubacji w kontrolowanych warunkach (komora klimatyczna, temp. 22/18°C

noc/dzień) przeprowadzono ocenę porażenia siewek wg skali 0–4 (Roelfs i in., 1992). Typ infekcji 0–2 interpretowano jako odporny/awirulencja, typ infekcji 3–4 jako wrażliwy/wirulencja. Na podstawie uzyskanych wyników określono częstotliwość wirulentnych izolatów w populacji *Puccinia triticina*.

Tabela 1

Wykaz linii izogenicznych NIL z genami *Lr*
List of near — isogenic lines with *Lr* genes

Gen <i>Lr</i> <i>Lr</i> gene	Pochodzenie Pedigree	Numer identyfikacyjny Identity number
<i>Lr 1</i>	Tc*6/Centenario	RL 6003
<i>Lr 2a</i>	Tc*6/Webster	RL 6016
<i>Lr 2b</i>	Tc*6/Carina	RL 6019
<i>Lr 2c</i>	Tc*6/Loros	RL 6047
<i>Lr 3</i>	Tc*6/Democrat	RL 6002
<i>Lr 9</i>	Transfer/Tc*6 <i>Aegilops.umbellulata</i>	RL 6010
<i>Lr 10</i>	Tc*6/Exchange	RL 6004
<i>Lr 11</i>	Tc*2/Hussar	RL 6053
<i>Lr 12</i>	Exchange/Tc*6	RL 6011
<i>Lr 13</i>	Tc*6/Fontana	RL 4031
<i>Lr 14a</i>	Selkirk/Tc*6	RL 6013
<i>Lr 14b</i>	Tc*6/Mario Escobar	RL 6006
<i>Lr 15</i>	Tc*6/W1483	RL 6052
<i>Lr 16</i>	Tc*6/Exchange	RL 6005
<i>Lr 17</i>	Klein Lucero/Tc*6	RL 6008
<i>Lr 18</i>	Tc*7/Afrika 43	RL 6009
<i>Lr 19</i>	Tc*7 Transloc.4- <i>Agropyron elongatum</i>	RL 6040
<i>Lr 20</i>	Tc*6/Jimmer	RL 6092
<i>Lr 21</i>	Tc*6RL5406 <i>Ae. Squarrosa v. mayeri</i>	RL 6043
<i>Lr 22</i>	Tc*6/RL5404 <i>Ae. squarrosa.v.strangulata</i>	RL 6044
<i>Lr 23</i>	Lee 310/Tc*6	RL 6012
<i>Lr 24</i>	Tc*6/Agent (<i>Agropyron elongatum</i>)	RL 6064
<i>Lr 25</i>	Tc*6/Transec (<i>Secale cereale</i>)	RL 6084
<i>Lr 26</i>	Tc*6/St-1-25	RL 6078
<i>Lr 28</i>	Tc*6/C-77-1 (<i>Aegilops speltoides</i>)	RL 6079
<i>Lr 29</i>	Tc*6/CS7D-Ag + 11 (<i>Agropyron elongatum</i>)	RL 6080
<i>Lr 30</i>	Tc*6/Terenzio	RL 6049
<i>Lr 32</i>	Tc*6/3/ <i>Aegilops squarrosa</i>	RL 6086
<i>Lr 33</i>	Tc*6/PI 58548-1	RL 6057
<i>Lr 34</i>	Tc*6/PI 58548-2	RL 6058
<i>Lr 35</i>	Tc*6/RL 5711 <i>T.speltoides</i>	RL 6082
<i>Lr 37</i>	Tc*8/VPMI <i>T.ventricosum</i>	RL 6081
<i>Lr 38</i>	Tc*6/TMR-514-12-24	RL 6137
<i>Lr 44</i>	Tc*6/ <i>T.spelta</i>	RL 6147
<i>Lr B</i>	Tc*6/Carina	RL 6051
<i>Lr B</i>	Tc*6/PI 268316	RL 6061
<i>Lr W</i>	Tc*6/V336	RL 6107
Tc	Thatcher- kontrola (control)	RL 6101

W trakcie badań w latach 2002–2007 identyfikowano patotypy rdzy brunatnej stosując zestaw 15 linii izogenicznych NIL z genami: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*. Metoda nazewnictwa i identyfikacji patotypów została zaproponowana i przyjęta przez badaczy uczestniczących w ogólnoeuropejskiej współpracy w programie COST Action 817 (Mesterhazy i in., 2000). Wymienione geny

odporności zaszeregowano do 5 grup trójkowych (wartość wirulentnych reakcji podano w nawiasach): pierwsza trójka *Lr1*(1), *Lr2a*(2), *Lr2b*(4), druga *Lr2c*, *Lr3*, *Lr9*, trzecia *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, czwarta *Lr19*, *Lr21*, *Lr23*, piąta *Lr24*, *Lr26*, *Lr28*. Patotypy oznaczono cyframi na podstawie informacji odnośnie wirulencji/awirulencji dla danej trójki oznaczonych genów w grupach. Wartość dla wirulencji wobec pierwszego, drugiego i trzeciego genu w grupie trójkowej jest 1, 2 i 4 odpowiednio, oraz 0 dla awirulencji. Suma liczb między 0 a 7 oznacza spektrum wirulencji dla wszystkich 3 genów w danej grupie. Tak, więc jeśli patotyp jest wirulentny wobec linii z genami: *Lr3*, *Lr11*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr21*, *Lr26* i *Lr28* jego kod jest następujący: 02726.

WYNIKI I DYSKUSJA

Częstość wirulentnych izolatów *Puccinia triticina* zebranych z pszenicy i pszenżyta w latach 2002–2007 przedstawiono w tabelach 2 i 3. W omawianym okresie badań obserwowano wysoką (70–100%) częstotliwość wirulencji izolatów patogena wyodrębnionych z obu gatunków zbóż w stosunku do większości genów odporności *Lr*. Analiza struktury populacji *Puccinia triticina* pochodzącej z zasiewów pszenicy i pszenżyta wskazuje na pewne zróżnicowanie poziomu wirulencji w tych populacjach wobec niektórych genów odporności.

W populacji rdzy brunatnej, która wystąpiła na pszenicy w latach badań notowano niską częstotliwość wirulencji w stosunku do genów: *Lr2a*, *Lr2b*, *Lr20* i *Lr38*, a także wobec genu *Lr1* z wyjątkiem populacji zebranej w 2007 roku (tab. 2).

W porównaniu z poprzednim okresem badań prowadzonych w latach 1998–2001 (Woźniak-Strzembicka, 2003) także obserwowano niską frekwencję wirulencji wobec genów *Lr1*, *Lr2a*, *Lr2b* i *Lr38* w populacji *Puccinia triticina* pochodzącej z pszenicy, natomiast odnotowano znacznie niższy poziom wirulencji wobec genu *Lr20*.

Niższy poziom wirulencji *Puccinia triticina* korespondującej z genami *Lr1* i *Lr2a*, *Lr2b* odnotowano także w innych krajach Europy (Gulyaeva i in., 2000; Mesterhazy i in., 2000; Hanzalova, Bartos, 2006). Natomiast całkowicie inny obraz wirulencji wobec tych trzech genów obserwowano w wyniku badań przeprowadzonych w latach 2000–2001 na Litwie (Liatukas, 2003), gdzie wartość wirulencji wahała się od 58–88%.

Począwszy od 2004 roku analiza wirulencji przeprowadzana była oddzielnie dla izolatów pochodzących z pszenicy i pszenżyta. Umożliwiło to odnalezienie różnic w częstości wirulencji poszczególnych izolatów wobec genów *Lr*.

W populacji *Puccinia triticina* z pszenżyta notowano niską lub bardzo niską frekwencję wirulencji w stosunku do genów: *Lr1*, *Lr2a*, *Lr3*, *Lr15*, *Lr17*, *Lr20*, *Lr26* i *Lr28* i *Lr38* (tab. 3). Natomiast w populacji z pszenicy wobec genów *Lr3*, *Lr15*, *Lr17* i *Lr26* notowano wysoki poziom wirulencji (tab. 2). Wskazuje to, na znaczne zróżnicowanie poziomu wirulencji wobec genów odporności *Lr* w populacji *Puccinia triticina*, pochodzącej z porażonych liści pszenicy i pszenżyta.

Geny *Lr9*, *Lr19*, *Lr23*, *Lr24*, *Lr25* i *LrW* należą nadal do wysoce skutecznych na populację *Puccinia tritici* występującą w Polsce na zasiewach pszenicy i pszenżyta w omawianym okresie badań, w populacji nie wystąpiły izolaty charakteryzujące się

wirulencją w stosunku do tych genów (tab. 2 i 3). Badania prowadzone w kraju w poprzednich latach wykazały także brak w populacji grzyba izolatów wirulentnych wobec linii z tymi genami (Strzembicka, 1997; Woźniak-Strzembicka, 2003).

Tabela 2

Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia triticina* z pszenicy na liniach izogenicznych z genami *Lr* w Polsce (%)
Frequency of virulent isolates of *Puccinia triticina* from wheat on isogenic lines with *Lr* resistance genes in Poland (%)

Gen <i>Lr</i> <i>Lr</i> gene	Lata Years						Średnia Average
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
<i>Lr 1</i>	0	7	0	0	21	59	15
<i>Lr 2a</i>	1	5	0	0	3	2	2
<i>Lr 2b</i>	8	23	25	16	12	12	16
<i>Lr 2c</i>	29	62	42	43	22	36	39
<i>Lr 3</i>	82	96	86	97	86	67	86
<i>Lr 9</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr 10</i>	98	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 11</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 12</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 13</i>	100	100	100	100	100	98	100
<i>Lr 14a</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 14b</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 15</i>	58	95	82	91	92	81	83
<i>Lr 16</i>	97	98	97	100	100	100	99
<i>Lr 17</i>	80	91	66	77	98	67	80
<i>Lr 18</i>	45	64	47	70	78	72	63
<i>Lr 19</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr 20</i>	20	57	50	25	16	7	29
<i>Lr 21</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 22</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 23</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr 24</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr 25</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Lr 26</i>	65	52	26	76	69	73	60
<i>Lr 28</i>	61	56	59	34	34	24	45
<i>Lr 29</i>	53	88	67	80	71	34	65
<i>Lr 30</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 32</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 33</i>	100	97	100	100	100	100	100
<i>Lr 34</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 35</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr 37</i>	96	100	98	98	100	98	98
<i>Lr 38/MR</i>	6	31	22	54	43	3	27
<i>Lr 44/Tr.sp</i>	82	73	88	63	68	69	74
<i>Lr B/Car.</i>	100	100	100	100	100	100	100
<i>Lr B/PI</i>	99	98	100	100	100	100	100
<i>Lr W</i>	0	0	0	0	0	0	0
Thatcher	100	100	100	100	100	100	100
Liczba izolatów Number of isolates	162	127	75	122	122	123	

Geny *Lr9*, *Lr19* i *Lr24* są jedynymi w pełni skutecznymi w całej Europie. W większości krajów linie NIL zawierające te geny pozostają wolne od infekcji. Także wirulencja w

stosunku do genu *Lr24* i *Lr25* nie występowała w przeważającej części Europy lub była sporadyczna (Mesterhazy, 2000; Liatukas, 2003; Hanzalova, Bartos, 2006).

Tabela 3

Częstotliwość wirulentnych izolatów *Puccinia triticina* z pszenżyta na liniach izogenicznych z genami *Lr* w Polsce (%)
Frequency of virulent isolates of *Puccinia triticina* from triticale on isogenic lines with *Lr* resistance genes in Poland (%)

Gen <i>Lr</i> <i>Lr</i> gene	Lata Years				Średnia Average
	2004	2005	2006	2006	
<i>Lr 1</i>	0	0	7	3	3
<i>Lr 2a</i>	49	28	4	2	21
<i>Lr 2b</i>	92	50	57	79	70
<i>Lr 2c</i>	92	76	84	98	88
<i>Lr 3</i>	44	23	15	0	21
<i>Lr 9</i>	0	0	0	0	0
<i>Lr 10</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 11</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 12</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 13</i>	100	100	100	47	87
<i>Lr 14a</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 14b</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 15</i>	62	28	33	6	32
<i>Lr 16</i>	98	100	100	100	100
<i>Lr 17</i>	47	18	14	6	21
<i>Lr 18</i>	54	57	56	56	56
<i>Lr 19</i>	0	0	0	0	0
<i>Lr 20</i>	11	0	7	0	5
<i>Lr 21</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 22</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 23</i>	0	0	0	0	0
<i>Lr 24</i>	0	0	0	0	0
<i>Lr 25</i>	0	0	0	0	0
<i>Lr 26</i>	8	30	12	12	16
<i>Lr 28</i>	46	29	13	10	24
<i>Lr 29</i>	90	54	61	57	66
<i>Lr 30</i>	100	98	100	100	100
<i>Lr 32</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 33</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 34</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 35</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr 37</i>	100	100	100	94	99
<i>Lr 38/MR</i>	18	3	3	2	6
<i>Lr 44/Tr.sp</i>	64	51	28	27	43
<i>Lr B/Car.</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr B/PI</i>	100	100	100	100	100
<i>Lr W</i>	0	0	0	0	0
Thatcher	100	100	100	100	100
Liczba izolatów Number of isolates	130	112	111	116	

Znaczny poziom wirulencji korespondującej z genami *Lr9* i *Lr24* od wielu lat notuje się w USA i Kanadzie (Long i in., 2002; Kolmer i in., 2008). Odmiany z tymi genami były i są powszechnie uprawiane w tych krajach.

Populacja *Puccinia triticina* jest złożona, występuje w niej wiele patotypów charakteryzujących się różnymi kombinacjami wirulencji/awirulencji wobec linii z genami *Lr*. Patotypy identyfikowano na zestawie 15 linii izogenicznych wyżej wymienionych. Podobnie jak w poprzednich latach występowały one w populacji patogena z większą bądź mniejszą frekwencją (Woźniak-Strzembicka, 2003). W latach 2002–2007 zidentyfikowano ok. 40 patotypów w populacji *Puccinia triticina* z pszenicy i 20 patotypów w populacji z pszenżyta. Dominujące w krajowej populacji rdzy patotypy stanowiły od 61,2–4,8% populacji. Wyodrębniono tylko kilka wspólnych dla pszenicy i pszenżyta, które występowały sporadycznie. Obserwuje się pewne zróżnicowanie w częstotliwości występowania zidentyfikowanych patotypów w populacjach z obu gatunków zbóż. Patotypy oznaczone kodem: 02720, 02722, 02726, 03722, 12722 wystąpiły z większą częstotliwością w populacji rdzy pochodzącej z form pszenicy (tab. 4).

Tabela 4

Patotypy rdzy brunatnej *Puccinia triticina* z pszenicy zidentyfikowane w Polsce w latach 2004–2007 (%)
Pathotypes of wheat leaf rust *Puccinia triticina* from wheat identified in Poland in 2004–2007 (%)

Patotyp Pathotype	Wirulencja/gen <i>Lr</i> Virulent/ <i>Lr</i> gene	Lata Years			
		2004	2005	2006	2007
00720	<i>Lr11, 15, 17, 21</i>			6,6	
02720	<i>Lr 3, 11, 15, 17, 21</i>	12	7,2	14,8	
02722	<i>Lr 3, 11, 15, 17, 21, 26</i>		19,6	18,9	4,8
02724	<i>Lr 3, 11, 15, 17, 21, 28</i>	10			
02726	<i>Lr 3, 11, 15, 17, 21, 26, 28</i>		9,3	15,6	
03722	<i>Lr 2c, 3, 11, 15, 17, 21, 26</i>	9	11,3		
03726	<i>Lr 2c, 3, 11, 15, 17, 21, 26, 28</i>			8,8	
10720	<i>Lr 1, 11, 15, 17, 21</i>				4,3
12722	<i>Lr 1, 3, 11, 15, 17, 21, 26</i>			7,8	23
13722	<i>Lr1, 2c, 3, 11, 15, 17, 21, 26</i>				5,6
43722	<i>Lr2b, 2c, 3, 11, 15, 17, 21, 26</i>			5,2	
12726	<i>Lr1, 3, 11, 15, 17, 21, 26, 28</i>				5,6
Ogółem Total		21	47,4	57,1	33,4

Natomiast w analizowanej populacji patogena z form pszenżyta dominowały patotypy: 01120, 41120, 41124, 41320, które charakteryzują się brakiem wirulencji wobec genów *Lr1*, *Lr3*, *Lr17* i *Lr26* (tab. 5). Warto zaznaczyć, że w Europie, w tym w Polsce jednymi z bardziej powszechnych genów odporności w odmianach uprawnych pszenicy były geny *Lr3*, *Lr17*, *Lr26*, oraz ich kombinacje (Winzeler i in., 2000), zatem częstotliwość wirulencji w stosunku do tych genów jest wysoka, z powodu szybkiej adaptacji populacji patogena.

Większość zidentyfikowanych w Polsce patotypów stwierdzono w populacjach patogena w innych krajach europejskich. Według badaczy dominujące w krajach europejskich w populacji *Puccinia triticina* patotypy stanowią ok. 16–30% populacji. Jednak w większości populacja patogena złożona jest z wielu, patotypów, których frekwencja jest bardzo niska. Te dane wskazują na dużą genetyczną różnorodność europejskiej populacji tego gatunku grzyba, szczególnie dotyczy to południowo-wschodnich rejonów Europy (Mesterhazy i in., 2000).

Tabela 5

Patotypy rdzy brunatnej *Puccinia triticina* z pszenżyta zidentyfikowane w Polsce w latach 2004–2007 (%)

Pathotypes of wheat leaf rust *Puccinia triticina* from triticale identified in Poland in 2004–2007 (%)

Patotyp Pathotype	Wirulencja / gen <i>Lr</i> Virulent / <i>Lr</i> gene	Lata Years			
		2004	2005	2006	2007
00120	<i>Lr11, 21</i>		7,4		
00320	<i>Lr11, 15, 21</i>			5,4	
01120	<i>Lr 2c, 11, 21</i>		16,2	15,7	
01200	<i>Lr2c, 15</i>				8,6
41120	<i>Lr 2b, 2c, 11, 21</i>	8	6,8	24,3	61,2
41122	<i>Lr 2b, 2c, 11, 21, 26</i>				6,7
41124	<i>Lr 2b, 2c, 11, 15, 21, 28</i>	10	5,4	7,3	
41320	<i>Lr 2b, 2c, 11, 15, 21</i>	14		14,4	4,3
43324	<i>Lr 2b, 2c, 3, 11, 15, 21, 28</i>	7			
61120	<i>Lr 2a, 2b, 2c, 11, 15, 17, 21</i>		4,7		
63720	<i>Lr2a, 2b, 2c, 3, 11, 15, 17, 21</i>	6			
63724	<i>Lr2a, 2b, 2c, 3, 11, 15, 17, 28</i>	6			
Ogółem Total		32	28,4	61,7	61,2

PODSUMOWANIE

Prowadzony corocznie przegląd patogeniczności *Puccinia triticina* jest jedynym sposobem, który ujawnia zmiany w populacji patogena, w kontekście głównych genów odporności *Lr*. Prace te dają informacje o skuteczności genów odporności na populację patogena i są niezbędne dla tworzenia programów hodowli odmian pszenicy i pszenżyta odpornych na rdzę.

LITERATURA

- Arseniuk E., Woś H., Woźniak-Strzembicka A. 2000. Aspect of triticale diseases research in Poland. Vortr. Pflanzenzüchtg. 49: 63 — 72.
- Gulyaeva E., Walther U., Kopahnke D., Mikhailova L. 2000. Virulence of *Puccinia recondita* Rob. ex Desm. f.sp. *tritici* in Germany and European part of Russia in 1996–1999. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica 35 (1–4): 409 — 412.
- Hanzalova A., Bartos P., 2006. Physiologic specialization of wheat leaf rust (*Puccinia triticina* Eriks.) in the Czech Republic in 2001–2004. Czech J. Genet. Plant Breed. 42 (4): 126 — 131.
- Kolmer J. A., Long D. L., Hughes M. E. 2008. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2006. Plant Dis. 92 (9): 1241 — 1246.
- Long D. L., Kolmer J. A., Leonard K. J., Hughes M. E. 2002. Physiologic specialization of *Puccinia triticina* on wheat in the United States in 2000. Plant Dis. Vol. 86. No. 9: 981 — 986.
- Liatukas Z. 2003. Virulence of winter wheat leaf rust isolates. Biologija 1: 77 — 80.
- McIntosh R. A., Wellings C. R., Park R. F. 1995. Wheat rusts: an atlas of resistance genes. CSIRO. Australia. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht: 200 pp.
- Mesterhazy A., Bartos P., Goyeau H., Niks E.R., Czosz M., Andersen O., Casulli F., Ittu M., Jones E., Ministerski J., Manninger K., Pasquini M., Rubiales D., Schachermayr G., Strzembicka A., Szunics I., Todorova M., Unger O., Vanco B., Vida G., Walther U. 2000. European virulence survey for leaf rust in wheat. Agronomie 20: 793 — 804.

- Park R. F., Felsenstein F. G. 1998. Physiological specialization and pathotype distribution of leaf rust of wheat in Western Europe, 1995. *Plant Pathol.* 47: 157 — 164.
- Roelfs A. P., Singh R. O., Saari E. E., 1992. Rust Disease of wheat. Concepts and methods of disease management. CIMMYT Mexico: 81 pp.
- Strzembicka A. 1997. Virulence of *Puccinia recondita* f.sp.*tritici* in Poland. *J. Appl. Genet.* 38 B: 101 — 105.
- Winzeler M., Mesterhazy A., Park R. F., Bartos P., Csosz M., Goyeau H., Ittu M., Jones E., Loschenberger F., Manninger K., Pasquiuni M., Richter K., Rubiales D., Schachermayr G., Strzembicka A., Trottet M., Unger O., Vida G., Walther U. 2000. Resistance of European winter wheat germplasm to leaf rust. *Agronomie* 20, 783 — 792.
- Woźniak-Strzembicka A. 2003 . Wirulencja populacji (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) w Polsce w latach 1998–2001. *Biul. IHAR* 230: 109 — 115.

HENRYK CICHY¹**ZYGMUNT KACZMAREK**²**ELŻBIETA ADAMSKA**²¹ Hodowla Roślin Strzelce Oddział Małyszyn² Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Ocena przydatności pszenżyta jarego do jesiennych zasiewów

Estimation of usefulness of spring triticale for autumn sowing

Praca przedstawia wyniki doświadczeń z 6 odmianami pszenżyta jarego i 5 odmianami pszenżyta ozimego przeprowadzonych w dwóch miejscowościach przez dwa kolejne sezony wegetacyjne. Pszenżyto wysiewane było każdego roku w ostatniej dekadzie października. Obydwa sezony wegetacyjne różniły się temperaturami w okresie zimowym i sumą opadów. Analizowano cechy struktury plonu i cechy technologiczne takie jak: plon, ciężar objętościowy hektolitra, masa 1000 ziaren, zawartość białka, zawartość skrobi, liczba opadania, sedymentacja. Oceniano różnice między pszenżytem ozimym i jarym przy zasiewach późną jesienią pod względem wyżej wymienionych cech przy zastosowaniu 3-czynnikowej analizy wariancji. Istotnie wyższe wartości zaobserwowano dla odmian ozimych u takich cech jak plon i ciężar objętościowy hektolitra w 2006 roku a dla masy 1000 ziaren — w obu latach badań. Odwrotna sytuacja miała miejsce w przypadku liczby opadania.

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime i jare, późne wysiewy, plon ziarna, cechy jakościowe ziarna

The paper presents the results of experiments concerning 6 spring and 5 winter triticale cultivars, conducted in two localities in two consecutive vegetative seasons. Every year triticale was sown in the last decade of October. Both vegetative seasons differed in winter period temperatures and rainfall. The following features were analyzed: grain yield, test weight, 1000 kernel weight, protein content, starch content, falling number, sedimentation value. Three-factor analysis of variance was used to examine the differences between winter and spring triticale cultures with regard to the above-mentioned traits. The significantly higher values were observed for winter cultivars for grain yield, test weight in 2006 and for 1000 kernel weight — in both years of investigation. The opposite was the case for falling number.

Key words: spring and winter triticale, late autumn sowing, grain yield, quantitative traits

WSTĘP

Wśród zarejestrowanych w Polsce odmian pszenżyta jarego wiele z nich ma w swoim rodowodzie ozime komponenty rodzicielskie, stąd niektóre z nich są przewódkami, co potwierdzają prowadzone wcześniej badania własne. Poznanie specyfiki biologicznej

pszenżyta jarego sprzyjać będzie optymalizacji wykorzystania genetycznych możliwości tego gatunku.

Obserwowane w ostatnim okresie zmiany klimatyczne, ocieplenie i zmiany rozkładu opadów powodują potrzebę poszukiwania innego wykorzystania w rolnictwie odmian alternatywnych — przewódkowych. Wiosenne zasiewy pszenżyta jarego ze względu na warunki atmosferyczne i glebowe często są opóźniane co wpływa w dużym stopniu negatywnie na plonowanie, poprzez skracanie faz rozwojowych, zmniejszanie krzewienia produkcyjnego i pogarszanie parametrów struktury kłosa (Dmowski i in., 2000, Cyfert i in., 2004). Próby zapobiegania tym negatywnym zjawiskom przy opóźnionych wiosennych zasiewach poprzez zwiększenie obsady roślin na jednostce powierzchni są możliwe tylko do średnich ilości wysiewu (około 500 z/m²), gdzie obserwowano wzrost plonu pszenżyta jarego (Chrzanowska-Drożdż i in., 2000; Nieróbca, 2008). Plon pszenżyta jarego jest głównie determinowany przez liczbę kłosów na jednostce powierzchni (Pisulewska i in., 2004). Wcześniej przeprowadzone badania w zachodniej części kraju nad wpływem terminu siewu zbóż jarych na plony ziarna wykazały, że najwcześniej sianym gatunkiem jarym zboża powinno być pszenżyto (Maćkowiak i in., 2000).

Badanie reakcji odmian pszenżyta jarego przy jesiennych terminach siewu i porównanie z formami ozimymi pozwoli na ewentualne specyficzne wykorzystanie form przewódkowych w praktyce rolniczej.

MATERIAŁ I METODY

Dwa równoległe doświadczenia z tymi samymi odmianami pszenżyta jarego i ozimego przeprowadzono w dwóch sezonach wegetacyjnych 2005/2006, 2006/2007 w dwóch miejscowościach Małyszynie i Baczynie (Hodowla Roślin Strzelce Sp. Z o.o. Grupa IHAR, Oddział Małyszynie). Gleba na której przeprowadzano doświadczenia w gospodarstwach Małyszyn i Baczyna zaliczana jest do kompleksu żytniego dobrego. Siew doświadczeń każdego roku wykonano w trzeciej dekadzie października, a stosowane gęstości siewu to: 500 ziaren na m² dla odmian jarych pszenżyta i 400 ziaren na m² dla odmian ozimych pszenżyta. Badane odmiany pszenżyta wysiewano na poletkach o powierzchni 10,4 m² w trzech powtórzeniach, w rozstawie rzędów 11,5 cm. Doświadczenia przeprowadzono z 6 odmianami pszenżyta jarego (Gabo, Migo, Wanad, Kargo, Mieszko i Matejko) i 5 odmianami pszenżyta ozimego (Witon, Todan, Aliko, Woltario i Moderato), w układzie losowanych bloków. Obserwacjami objęto: plon ziarna oraz cechy struktury plonu i cechy technologiczne takie jak: ciężar objętościowy hektolitra, masa 1000 ziaren, zawartość białka, zawartość skrobi, liczba opadania, sedimentacja.

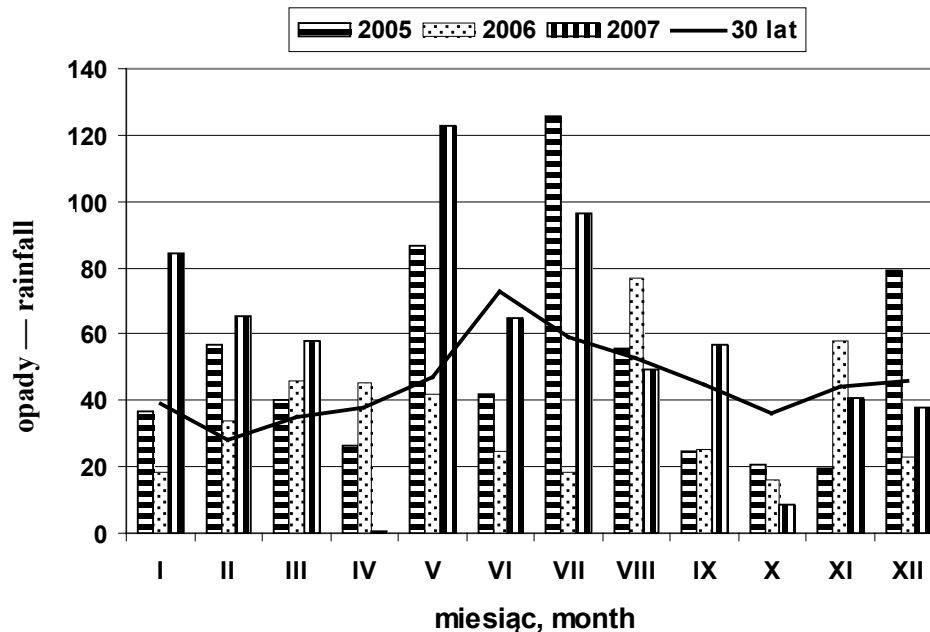
METODY STATYSTYCZNE

Dla realizacji podstawowego celu pracy jakim była ocena różnic między pszenżytem ozimym i jarym przy zasiewach późną jesienią pod względem wyżej wymienionych cech zastosowano 3-czynnikową analizę wariancji (Elandt, 1964). Czynniki w tej analizie były lata, miejscowości i odmiany. Analiza wariancji umożliwiła weryfikację hipotezy o

braku różnic między średnimi dla pszenżyta ozimego i jarego w poszczególnych latach a także w obu miejscowościach każdego roku. W wyniku zastosowania wielowymiarowej analizy wariancji a następnie analizy zmiennych kanonicznych (Morrison, 1976) uzyskano na płaszczyźnie (w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych) graficzny obraz rozmieszczenia odmian jarych i ozimych pszenżyta w obu sezonach wegetacyjnych.

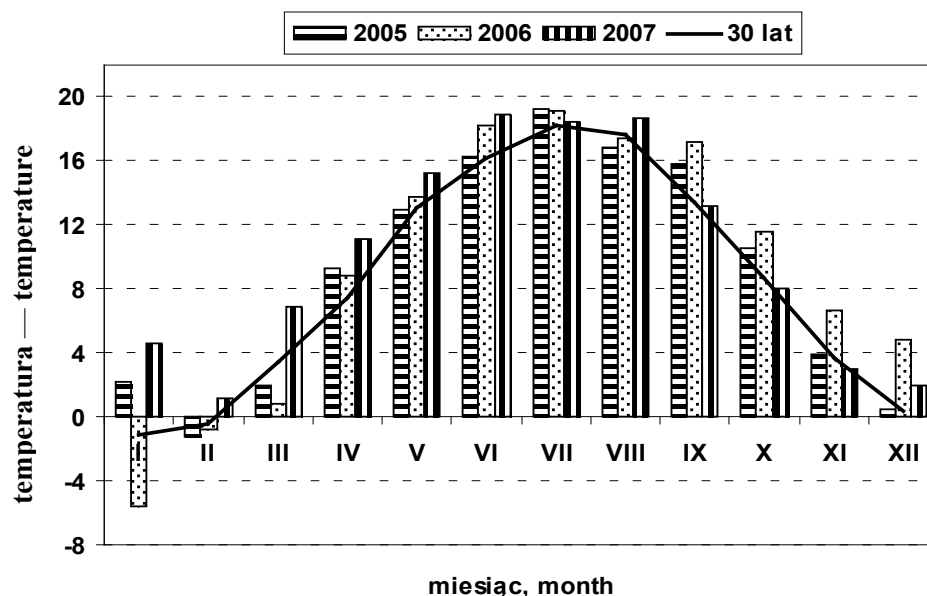
WYNIKI

Sezony wegetacyjne 2005/2006 i 2006/2007 różniły się zarówno temperaturami jak i opadami (rys. 1 i 2). Miesiące czerwiec i lipiec sezonu wegetacyjnego 2006 roku cechowały się ograniczonymi do około 30% opadami w porównaniu do średniej wieloletniej, a temperatury w omawianym sezonie szczególnie w miesiącu styczniu należały do najniższych notowanych od wielu lat. Niskie temperatury w miesiącach luty i marzec powodowały późne ruszenie wegetacji i słabszą regenerację uszkodzonych przez niskie temperatury roślin, szczególnie niektórych odmian pszenżyta jarego. W miesiącach kwiecień — lipiec w omawianym sezonie wystąpiły wysokie temperatury, które mogły wpłynąć na skrócenie długości faz rozwojowych, jak obserwowano przy siewach wiosennych przeprowadzonych później niż zazwyczaj, kiedy istotnie skracał się okres od siewu do dojrzałości woskowej (Raszka, 2002).



Rys. 1. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych w mm, wg Stacji Meteorologicznej w Gorzowie Wlkp.

Fig. 1. Monthly totals of rainfall in mm, according to Meteorological Station Gorzów Wlkp.



Rys. 2. Średnie miesięczne temperatury powietrza w °C, wg Stacji Meteorologicznej w Gorzowie Wlkp.
Fig. 2. Average monthly air temperatures in °C, according to Meteorological Station Gorzów Wlkp.

Sezon wegetacyjny 2006/2007 roku cechował się wysokimi temperaturami i opadami w miesiącach maj — lipiec powyżej średniej i sprzyjał dobremu stanowi i rozwojowi roślin, także w okresie zimowym. Jak wykazały badania, utrzymanie się dotychczasowych tendencji — brak lub niewielkie przyspieszenie początkowych fenofaz (wschody, krzewienie) i narastające przyspieszenie kolejnych terminów (strzelanie w źdźbło, kłoszenie, dojrzałość woskowa), prowadzące do skrócenia okresów rozwojowych, może pogorszyć warunki osiągania dobrych plonów pszenżyta jarego w Polsce (Kalbarczyk, 2009). Obserwacje autorów w tej kwestii wskazują, że zasiewy wykonane późną jesienią mogą ograniczyć to zjawisko.

W wyniku zastosowania 3-czynnikowej analizy wariancji zweryfikowano hipotezę o braku różnic między średnimi dla lat oraz między średnimi dla miejscowości w obrębie każdego roku pod względem badanych cech pszenżyta ozimego i jarego.

Porównując średnie dla analizowanych cech pszenżyta w miejscowościach i w różniących się przebiegiem warunków atmosferycznych sezonach stwierdzono w obu przypadkach brak istotnych różnic między średnimi dla takich cech pszenżyta jak: ciężar hektolitra, zawartość skrobi w ziarnie i liczba opadania (tab. 1). Tylko dla masy tysiąca ziaren stwierdzono w obu sezonach i w każdej miejscowości istotne zróżnicowanie. Porównanie średnich z różniących się warunkami pogodowymi lat badań (tab. 1, rys. 1 i 2), wykazało ich istotne zróżnicowanie dla wszystkich analizowanych cech za wyjątkiem liczby opadania.

Tabela 1

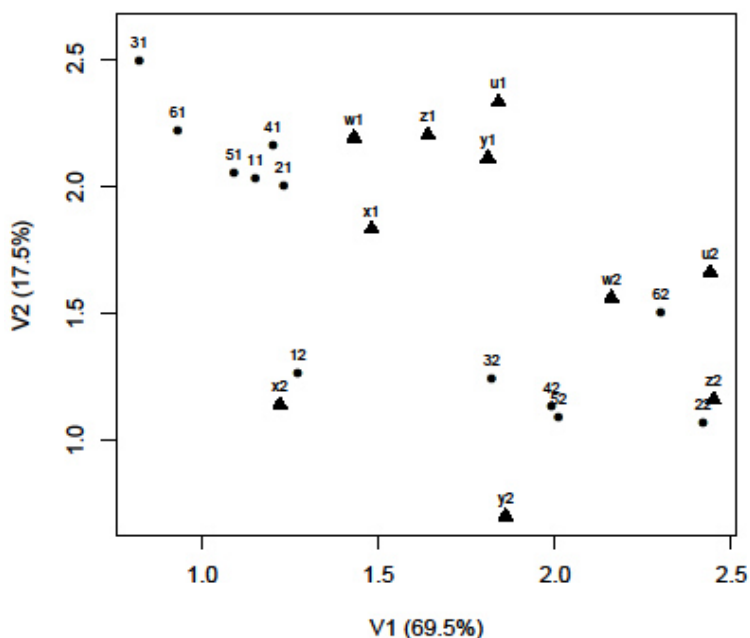
Wartości średnie 7 cech pszenżyta dla lat, miejscowości i kombinacji lat i miejscowości
Mean values of triticale traits for year, locations and their combinations

Rok Year	Miejscowość Locality	Plon Yield (dt/ha)	Ciężar hektolitra Test weight (kg)	MTZ TKW (g)	Białko Protein content (%)	Skrobia Starch content (%)	Liczba opadania Falling number (sek)	Liczba sedymantacji Sedimentation value (cm ³)
2006	MAH*	39,3 _y	70,8	34,6 _y	12,3	54,4	206,9	26,8 _y
	BAC**	40,6 _x	71,0	37,1 _x	12,2	54,4	199,8	29,0 _x
Średnia — Mean		40,0 _b	70,9 _a	35,8 _b	12,2 _a	54,4 _b	203,4	27,9 _b
2007	MAH	54,8	67,4	42,5 _x	10,9 _y	55,3	197,1	40,8
	BAC	54,8	67,7	41,7 _y	11,6 _x	55,3	179,7	41,2
Średnia — Mean		54,8 _a	67,7 _b	42,1 _a	11,3 _b	55,3 _a	188,4	41,0 _a
Średnia ogólna General mean		47,4	69,3	39,0	11,7	54,8	195,9	34,5

*MAH — Małyszyn; **BAC — Baczyna

Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$, różnice między średnimi dla lat oznaczono literami *a*, *b*, natomiast istotne różnice między miejscowościami w poszczególnych latach oznaczono literami *x*, *y*

Significant, at $\alpha = 0,05$ level, differences between means for years indicate letters *a*, *b*, significant differences between localities in particular years indicate letters *x*, *y*



Rys. 3. Graficzny obraz rozmieszczenia odmian pszenżyta jarego i ozimego w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych V1 i V2. Odmiany jare oznaczono cyframi od 1 do 6 z dodaniem cyfry 1 lub 2, określającej rok badań, natomiast odmiany ozime oznaczono literami *x*, *y*, *z*, *u*, *w*, również z dodaniem cyfry 1 bądź 2

Fig. 3. Distribution of spring and winter triticale cultivars in the space of two canonical variables V1 and V2. Spring cultivars indicated with the numbers 1 to 6 with the following numbers 1 or 2 defining year of investigation: winter cultivars indicated with the letters *x*, *y*, *z*, *u*, *w*, with the numbers 1 or 2, as above

Hipoteza ogólna o braku różnic między odmianami została odrzucona w przypadku wszystkich obserwowanych cech. Poszczególne odmiany pszenżyta ozimego i jarego reagowały w zróżnicowany sposób na warunki pogodowe w sezonach badań (tab. 2, rys. 3).

Tabela 2

Wartości średnie 7 cech pszenżyta ozimego i jarego dla kombinacji lat i odmian
Mean values of 7 winter and spring triticale traits for years and cultivars combinations

Rok Year	Odmiana Cultivar	Plon ziarna Grain yield (dt/ha)	Ciężar hektolitra Test weight (kg)	MTZ TKW (g)	Białko Protein content (%)	Skrobia Starch content (%)	Liczba opadania Falling number (sek.)	Liczba sedymantacji Sedimentation value (cm ³)
2006	1. Gabo (1)	35,2	69,9	35,5	12,1	54,0	191,4	38,6
	2. Migo (2)	39,7	69,6	35,3	11,8	54,3	240,4	24,6
	3. Wanad (3)	26,4	72,1	34,6	12,8	55,0	211,1	35,1
	4. Kargo (4)	39,2	70,6	33,1	12,1	54,2	265,4	25,2
	5. Mieszko (5)	36,9	69,6	34,0	12,2	54,0	271,6	26,5
	6. Matejko (6)	32,3	70,2	34,2	12,5	54,7	207,5	24,1
	7. Witon (u)	44,3	69,4	34,0	12,0	53,3	156,5	36,3
	8. Todan (w)	48,5	71,7	41,9	11,6	54,8	167,8	19,6
	9. Aliko (x)	49,0	73,2	39,5	12,4	54,7	149,4	22,5
	10. Woltario (y)	44,3	71,0	34,5	11,6	54,2	205,0	15,3
	11. Moderato (z)	44,1	72,8	37,7	13,2	55,4	171,1	39,5
Średnia — Mean		40,0	70,9	35,8	12,2	54,4	203,4	27,9
2007	1. Gabo (1)	40,2	66,0	36,6	10,7	54,4	208,0	48,1
	2. Migo (2)	64,1	67,6	45,1	10,8	55,0	200,5	37,5
	3. Wanad (3)	50,0	67,7	41,4	12,1	55,6	186,8	50,3
	4. Kargo (4)	57,2	67,4	39,4	10,3	55,5	286,2	39,4
	5. Mieszko (5)	55,9	66,9	43,3	10,9	55,5	237,5	38,1
	6. Matejko (6)	60,5	70,1	42,2	12,2	55,3	164,8	37,8
	7. Witon (u)	40,2	64,7	35,9	11,5	54,0	117,7	47,2
	8. Todan (w)	54,3	63,6	45,0	11,4	55,2	188,7	36,2
	9. Aliko (x)	60,2	71,1	46,4	11,6	54,7	128,8	36,5
	10. Woltario (y)	56,5	69,5	45,7	10,9	55,1	178,2	27,4
	11. Moderato (z)	63,5	69,8	42,2	11,4	57,4	175,2	52,6
Średnia — Mean		54,8	67,7	42,1	11,3	55,3	188,4	41,0
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		2,68	0,93	0,87	0,91	0,83	55,5	3,91

1–6 — odmiana jara; spring cultivar

u–z — odmiana ozima; winter cultivar

Odmiany pszenżyta jarego Wanad i Matejko po mroźnej zimie 2005/2006 plonowały na niskim poziomie, natomiast odmiany Migo i Kargo najwyżej wśród form jarych, ale i tak ich plony ziarna były niższe o około 6 dt/ha od średniej dla form ozimych. W sezonie 2006/2007 o łagodnej zimie odmiana pszenżyta jarego Migo plonowała nieznacznie wyżej od najlepiej plonującej odmiany pszenżyta ozimego Moderato, a istotnie wyżej od wszystkich pozostałych odmian ozimych. W omawianym sezonie na poziomie odmian ozimych pszenżyta plonowały także odmiany pszenżyta jarego Matejko i Kargo. Wśród badanych form jarych pszenżyta w obu sezonach wegetacyjnych wysokim ciężarem hektolitra wyróżniły się odmiany Wanad i Matejko, wysoką zawartością skrobi i białka odmiana Wanad, wysoką liczbą opadania odmiany Kargo i Mieszko, a wysoka liczbą sedymantacji odmiany Gabo i Wanad (tab. 2).

Analiza wariancji wykazała istotność interakcji lata $\times$ odmiany dla plonu, ciężaru hektolitra i masy tysiąca nasion oraz interakcji miejscowości $\times$ odmiany dla plonu. Interakcja lata $\times$ miejscowości $\times$ odmiany okazała się nieistotna w przypadku wszystkich badanych cech.

Badane formy jare pszenżyta pod względem takich cech jak: zawartość skrobi i białka, ciężar hektolitra w obu sezonach nie różniły się od form ozimych (tab. 3). Znaczne różnice wystąpiły przy takich cechach jak: plon ziarna, liczba sedymentacji i liczba opadania w sezonie 2005/2006. Porównując badane cechy pomiędzy pszenżytem jarym a ozimym w sezonie wegetacyjnym 2006/2007, stwierdzono zbliżone wartości dla wszystkich cech, za wyjątkiem korzystniejszej liczby opadania dla pszenżyta jarego.

W wyniku zastosowania wielowymiarowej analizy wariancji, a następnie analizy zmiennych kanonicznych uzyskano graficzny obraz rozmieszczenia odmian jarych i ozimych pszenżyta (rys. 3) na płaszczyźnie (w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych). Na rysunku 3 widoczny jest wyraźny podział odmian jarych i ozimych ze względu na lata badań, a także podział grup na rozłączne grupy odmian jarych i ozimych w sezonie wegetacyjnym 2005/2006. Odmiany ozime i jare w roku 2007 tworzą jedną choć dosyć rozproszoną grupę.

Oceniając kontrast pomiędzy pszenżytem ozimym a jarym dla badanych cech (tab. 4) w sezonie 2005/2006 stwierdzono istotne różnice na korzyść pszenżyta ozimego dla: plonu ziarna, ciężaru hektolitra, masy tysiąca ziaren oraz korzystne różnice dla pszenżyta jarego pod względem takich cech, jak: liczba opadania i liczba sedymentacji.

Tabela 4

Oceny i wyniki testowania porównań średnich wartości cech dla odmian jarych i ozimych pszenżyta
Estimates and results of testing the contrasts between means for spring and winter triticale cultivars

Rok Year	Miejscowość Locality	Ocena kontrastu (ozime-jare) dla cech Contrast estimate (winter-spring) for traits						
		plon yield (dt/ha)	ciężar hektolitra test weight (kg)	MTZ TKW (g)	białko protein content (%)	skrobia starch content (%)	liczba opadania falling number (sek.)	liczba sedymentacji sedimentation value (cm ³)
2006	MAH	8,32**	1,05**	3,11**	-0,07	-0,02	-66,3**	-1,95
	BAC	13,84**	1,50**	3,02**	-0,13	0,27	-56,2**	-2,84*
Średnia Mean		11,08**	1,27**	3,06**	-0,10	0,12	-61,3**	-2,39**
2007	MAH	0,54	0,01	1,76**	0,32	-0,06	-66,3**	-1,92
	BAC	0,01	0,23	1,68**	0,02	0,19	-46,2**	-1,88
Średnia Mean		0,27	0,12	1,72**	0,17	0,06	-56,3**	-1,90*
Lata łącznie	MAH	4,43**	0,52*	2,62,**	0,13	-0,04	-66,3**	-1,93*
Two years	BAC	6,91**	0,86**	2,58**	-0,05	0,23	-51,2**	-2,36**

* Kontrast istotny na poziomie $\alpha = 0,05$; Contrast significant at $\alpha = 0,05$

** Kontrast istotny na poziomie $\alpha = 0,01$; Contrast significant at $\alpha = 0,01$

Korzystne cechy jakościowe ziarna pszenżyta jarego z zasiewów wiosennych pozwalały na jego wykorzystanie do celów piekarniczych (Ceglińska i in., 2003), a przy

zasiewach jesiennych średnio te cechy były korzystniejsze od pszenżyta ozimego. W sezonie wegetacyjnym 2006/2007 pszenżyto ozime odróżniało od pszenżyta jarego istotnie wyższa masa tysiąca ziaren, a pszenżyto jare od ozimego istotnie wyższa liczba opadania.

Powyższe badania wymagają kontynuacji i porównania nowych zarejestrowanych odmian pszenżyta jarego z odmianami pszenżyta ozimego przy siewach późną jesienią.

WNIOSKI

1. Nie stwierdzono istotnych różnic w plonie ziarna pomiędzy pszenżytem jarym a ozimym przy zasiewach późną jesienią w sezonie wegetacyjnym 2006/2007 roku z łagodną zimą.
2. W sezonie wegetacyjnym 2005/2006 (z zimą chłodniejszą od przeciętnej dla zachodniej części kraju) wykazano istotnie niższe plonowanie pszenżyta jarego w stosunku do ozimego o około 11 dt/ha oraz istotnie niższy ciężar hektolitra, masę tysiąca ziaren, natomiast wyższą liczbę opadania i sedymentacji.
3. Cechy jakościowe pszenżyta jarego i ozimego w sezonie o łagodnej zimie były zbliżone, za wyjątkiem masy tysiąca ziaren korzystniejszej dla form ozimych oraz liczby opadania korzystnej dla form jarych.

LITERATURA

- Ceglińska A., Cichy H., Haber T., Sadecka M. 2003. Ocena wartości technologicznej ziarna pszenżyta jarego. Biul. IHAR 230: 177 — 185.
- Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 2000. Reakcja pszenżyta jarego Migo i Gabo na gęstość siewu. Zesz. Nauk AR Szczecin, nr 206: 39 — 44.
- Cyfert R., Michalak A., Najewski A. 2004. Zboża jare — wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. Nr 32, COBORU Słupia Wielka: 36 — 42.
- Dmowski Z., Dzierżyc H., Szymczyk R. 2000. Zależność plonowania pszenżyta od odmiany, warunków glebowych i rejonu uprawy. Zeszyt 73, Słupia Wielka: 3 — 20.
- Elandt R. 1964. Statystyka matematyczna w zastosowaniu do doświadczeń rolniczego. Warszawa, PWN.
- Kalbarczyk E. 2009. Trends in phenology of spring triticale in response to air temperature changes in Poland. Acta Agrophysica, 13 (1): 141 — 153.
- Maćkowiak W., Budzanowski G., Goworko W., Woś H. 2000. Reakcja odmian zbóż jarych: pszenżyta, owsa, pszenicy i jęczmienia na termin siewu. Zesz. Nauk AR Szczecin, nr 206: 159 — 162.
- Morrison D. F. 1976. Multivariate statistical methods Mc Graw-Hill, New York.
- Nieróbca P. 2008. Reakcja odmian pszenżyta jarego na termin i gęstość siewu. Komunikat. Biul. IHAR 247: 61 — 64.
- Pisulewska E., Kołodziejczyk M., Witkiewicz R. 2004. Plonowanie, struktura plonu oraz kształtowanie się morfotypu pszenżyta jarego w zależności od odmiany i ilości wysiewu. Biul. IHAR 231: 201 — 210.
- Raszka E. 2002. Agrofenoologia pszenżyta jarego w Polsce. Annales UMCS, Sec. E, 57: 9 — 16.

MARIA CHRZĄSTEK¹
KATARZYNA KRUK
SYLWIA OKOŃ
EDYTA PACZOS-GRZĘDA
EMILIA WÓJTOWICZ

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin

¹ Katedra Biologii Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin

Ocena mieszańców BC₁ (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L. pod względem stabilności cytogenetycznej i wybranych cech ilościowych

Estimation of BC₁ hybrids (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L. regarding cytogenetic stability and some quantitative traits

Przedmiotem pracy były mieszańce BC₁ (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L. oraz formy rodzicielskie. Na podstawie analizy wybranych stadiów mejozy i żywotności pyłku określono stabilność cytogenetyczną testowanych roślin. W mieszańcach obserwowano więcej zaburzeń w koniugacji i segregacji chromosomów niż w komponentach rodzicielskich. Mieszaniec (Góral × Clav 8330) × Góral wyróżniał się spośród wszystkich badanych form najwyższą frekwencją mikrojąder w tetradach (0,134/KMP). Analizowane kombinacje mieszańcowe charakteryzowały się wysoką żywotnością pyłku wahającą się od 96,90 do 99,68%. Mieszańce były zróżnicowane pod względem większości cech plonotwórczych. Najdłuższą wiechę obserwowano u mieszańca (Dragon × CN39621) × Dragon natomiast najwięcej kłosków wytwarzała wiecha kombinacji (Chwat × CN43136) × Chwat (82,00). Średnia liczba ziarniaków w wieszce głównej mieszańców wahała się od 45,55 do 201,43. Płodność kłoska u mieszańców była mało zróżnicowana i zbliżona do odmian matecznych. Mieszańce różniły się natomiast istotnie od siebie pod względem masy tysiąca ziarniaków oraz zawartości białka w ziarniakach. MTZ kombinacji mieszańcowych była niższa średnio o 5,8 g w porównaniu z komponentami matecznymi. W ziarniakach form mieszańcowych stwierdzono więcej białka niż u odpowiednich odmian matecznych. Pod względem większości analizowanych cech ilościowych pozytywnie wyróżniał się mieszaniec (Chwat × CN43136) × Chwat.

Słowa kluczowe: *Avena sativa* L., *Avena maroccana* Gdgr., cechy ilościowe, mejoza, mieszańce wsteczne, żywotność pyłku

The hybrids BC₁ (*Avena sativa* L. × *Avena maroccana* Gdgr.) × *Avena sativa* L and their parental forms were subject of research. Cytogenetic stability of the tested plants was determined after studying some meiosis stages and pollen viability. Conjugation and segregation of chromosomes were more

disturbed in hybrids than in the parental forms. The highest frequency of micronuclei (0.134/PMC) was noted in tetrads of the Góral $\times$ Clav 8330 $\times$ Góral hybrid. Hybrid combinations showed high pollen viability, ranging from 96.90 to 99.68%. The tested hybrids were much differentiated regarding majority of quantitative traits. The longest main panicle was observed in the (Dragon $\times$ CN 39621) $\times$ Dragon hybrid while in the combination (Chwat $\times$ CN43136) $\times$ Chwat (82.00) panicle consisted of the highest number of spikelet. Mean number of kernels per panicle in the hybrids ranged from 45.55 to 201.43. Fertility of spikelet among the hybrids was not much differentiated and similar to the maternal cultivars. Significant differences among the hybrids were noticed for 1000 kernels weight and protein content. Weight of thousand kernels in the hybrid combinations was about 5.8 g lower than in the maternal forms but kernels contained more protein than the oat cultivars. The hybrid Chwat $\times$ CN43136 $\times$ Chwat was positively distinguishable, regarding most of the analyzed quantitative traits.

Key words: *Avena sativa* L., *Avena maroccana* Gdgr., BC₁, interspecific hybrids, meiosis, quantitative traits, pollen viability

WSTĘP

Poszukiwanie i wytwarzanie nowych źródeł zmienności genetycznej jest podstawowym warunkiem rozwoju hodowli owsa zwyczajnego (*Avena sativa* L.), bowiem odmiany uprawiane w kraju są mało zróżnicowane pod względem genetycznym (Paczos 2003a; Chrzastek i in., 2006). Dawcami pożądaných genów dla owsa zwyczajnego są najczęściej pokrewne gatunki dzikie z rodzaju *Avena*. Ich pula genowa nie zawsze jest jednak dostępna ze względu na bariery izolacyjne powodowane głównie odmiennym składem genomowym i różnym poziomem ploidalności (Stalker, 1980; Frey, 1986; Leggett, 1996; Loskutov, 2001). W oparciu o literaturę światową za najbardziej obiecujące źródła nowych, korzystnych genów można uznać gatunki heksaploidalne: *Avena sterilis* i *Avena fatua* o konstrukcji genomowej AACCCD oraz tetraploidy o składzie genomowym AACCC: *Avena maroccana* i *Avena murphyi*. Efektywność krzyżowania gatunków heksaploidalnych bywa wysoka a mieszańce są zazwyczaj żywotne i płodne. Transfer genów tą drogą z dzikich gatunków tetraploidalnych do owsa zwyczajnego jest znacznie trudniejszy. Do przełamania barier izolacyjnych często konieczna jest hodowla *in vitro* zarodków mieszańcowych. Uzyskane mieszańce pentaploidalne są najczęściej sterylne, dlatego chcąc przywrócić im płodność konieczne jest podwojenie liczby chromosomów poprzez kolchicynowanie, bądź przeprowadzenie wielokrotnych krzyżowań wstecznych. Efektywność krzyżowań oddalonych zależy nie tylko od metody przełamania barier genetycznych ale również od trafnego doboru komponentów rodzicielskich i właściwej oceny uzyskanych mieszańców. Ze względu na obecność wielu prymitywnych cech u mieszańców wczesnych pokoleń, konieczne jest wykonywanie krzyżowań wypierających.

Celem pracy była ocena mieszańców BC₁ [*Avena sativa* L. (2n = 6x = 42) $\times$ *Avena maroccana* Gdgr. (2n = 4x = 28)] $\times$ *Avena sativa* L. pod względem stabilności cytogenetycznej oraz niektórych cech plonotwórczych.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem pracy były komponenty rodzicielskie i mieszańce międzygatunkowe owsa BC₁ uzyskane w 2007 roku w Instytucie Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie według poniższego schematu:

- [*A. Sativa* (2n = 6x = 42) cv. Chwat × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN43136] × cv. Chwat,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Dukat × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN39621] × cv. Dukat,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Dragon × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN39621] × cv. Dragon,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Góral × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) Clav.8330] × cv. Góral,
- [*A. sativa* (2n = 6x = 42) cv. Komes × *A. maroccana* (2n = 4x = 28) CN39621] × cv. Komes.

Krzyżowania przeprowadzono w warunkach polowych. Wszystkie mieszańce i formy rodzicielskie były wysiewane punktowo w Gospodarstwie Doświadczalnym Uniwersytetu Przyrodniczego w Czesławicach koło Nałęczowa na poletkach pięciorzędowych o długości jednego metra w rozstawie 10 × 20 cm.

Mieszańce uzyskane z krzyżowań wstecznych były zróżnicowane pod względem liczby chromosomów w komórkach somatycznych. Do badań wybrano rośliny, których liczebność była wystarczająca do przeprowadzenia analiz cytologicznych i oceny cech ilościowych.

W okresie wegetacji z form rodzicielskich oraz mieszańców 38- i 40- chromosomowych pobrano materiał do badań cytologicznych. Młode wiechy oraz dojrzałe pylniki do analizy mejozy i żywotności pyłku utrwalano w roztworze Carnoya, a następnie wykonywano preparaty rozmazowe w 2% acetokarminie. W około 100 komórkach macierzystych pyłku (KMP) każdej formy analizowano konfiguracje chromosomów w metafazie I oraz częstotliwość chromosomów opóźnionych i mostów chromatydowych w anafazie I. Ponadto określono frekwencję mikrojąder na podstawie obserwacji około 3000 tetrad w mieszańcach i formach rodzicielskich. We wszystkich genotypach oznaczono żywotność pyłku na podstawie stopnia wypełnienia cytoplazmą około 3000 ziaren. Za żywotne uznawano ziarna pyłku, w których cytoplazma stanowiła więcej niż 75% objętości. Średnie wymiary pyłku ustalono mierząc długość i szerokość 50 ziaren.

Po zbiorze przeprowadzono ocenę laboratoryjną losowo wybranych 30 wiech głównych ze wszystkich kombinacji mieszańcowych i odmian matecznych. Analizowano długość wiechy, liczbę kłosek i ziarniaków, masę ziarniaków, płodność kłosa, masę 1000 ziarniaków. We wszystkich testowanych genotypach oznaczono metodą Kjeldahla procentową zawartość białka ogółem w ziarniakach pozbawionych plewki.

Do analizy statystycznej wyników wykorzystano test F-Snedecora, a istotność różnic pomiędzy obiektami stwierdzono przy pomocy przedziałów ufności Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

O wartości mieszańców międzygatunkowych i możliwości ich wykorzystania w praktycznej hodowli w dużym stopniu decyduje ich stabilność cytogenetyczna. Zaburzenia w przebiegu mejozy głównie w koniugacji i segregacji chromosomów oraz nieprawidłowo wykształcone tetrady mogą prowadzić do powstawania wadliwych komórek rozrodczych a w dalszej konsekwencji do sterility mieszańców. W formach mieszańcowych, u których brak pełnej homologii genomów obserwuje się często, szczególnie we wczesnych pokoleniach, uniwalenty i multiwalenty w metafazie I, chromosomy opóźnione i mosty chromatydowe w anafazie I, a także mikrojądra w tetradach (McMullen i in., 1982).

Koniugacja chromosomów w roślinach stanowiących przedmiot badań przebiegała bez większych zakłóceń. W metafazie I chromosomy tworzyły głównie biwalenty w postaci pierścieni (tab. 1).

Tabela 1

Zachowanie się chromosomów w mejozie oraz żywotność i wymiary ziaren pyłku u mieszańców BC₁ (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. i form rodzicielskich
Chromosomes behaviour in meiosis and viability and size of pollen grains in BC₁ hybrids (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. and their parental forms

Mieszańce Formy rodzicielskie Hybrids Parental forms	Metafaza I — Metaphase I			Anafaza I — Anaphase I		Średnia liczba mikro- jąder w tetradzie Mean number of micro- nuclei per tetrad	Ziarna pyłku — Pollen grains		
	biwalenty bivalents		średnia liczba uniwalen- tów mean number of univalents	średnia liczba mostów chromaty- dowych mean number of chromatid bridges	średnia liczba chromosomów opóźnionych mean number of lagging chromosomes		żywot- ność (%)	średnia długość mean length (µm)	średnia szerokość mean width (µm)
	pręty rods (%)	pierścienie rings (%)							
Avena sativa L.									
cv. Chwat	6,58	93,42	0,00	0,19	0,02	0,006	99,06	55,15	46,93
cv. Dukat	5,86	94,14	0,00	0,04	0,07	0,024	96,96	55,48	48,51
cv. Dragon	6,08	93,92	0,00	0,08	0,03	0,004	98,58	58,24	53,37
cv. Góral	5,43	94,57	0,00	0,07	0,05	0,033	98,94	57,70	52,70
cv. Komes	7,55	92,45	0,00	0,08	0,09	0,032	99,27	57,22	52,20
(Avena sativa L. × Avena maroccana Gdgr.) × Avena sativa L.									
(Chwat × CN 43136) × Chwat	11,00	89,00	0,27	0,23	0,04	0,026	96,90	60,86	56,50
(Dukat × CN 39621) × Dukat	11,87	90,13	0,39	0,38	0,07	0,018	97,68	57,23	53,44
(Dragon × CN 39621) × Dragon	11,98	88,02	0,10	0,53	0,06	0,082	98,10	61,69	54,84
(Góral × Clav 8330) × Góral	8,82	91,12	0,09	0,29	0,10	0,134	98,09	60,27	56,24
(Komes × CN 39621) × Komes	11,08	88,92	0,06	0,13	0,02	0,017	99,61	58,55	52,07
Avena maroccana Gdgr.									
Clav 8330	4,86	95,14	0,00	0,10	0,02	0,007	94,57	48,79	44,56
CN 39621	8,81	91,19	0,06	0,11	0,05	0,020	92,57	54,32	48,75
CN 43136	13,69	86,31	0,03	0,15	0,01	0,011	99,25	49,09	44,22
NIR (p = 0,05)	4,58	4,39	0,18	0,22	0,08	0,080	3,85	6,05	5,61
LSD (p = 0,05)									

Mieszańce nie różniły się istotnie od siebie pod względem procentowego udziału biwalentów otwartych, który wahał się od 8,82 do 11,98. W płytkach metafazowych wszystkich mieszańców stwierdzono więcej biwalentów w kształcie prętów niż w odpowiednich odmianach matecznych i formach ojcowskich *A. maroccana*, ale różnice te nie były statystycznie istotne. U analizowanych odmian owsa obserwowano wyłącznie biwalentną koniugację chromosomów. Wcześniejsze badania dowodzą, że owies zwyczajny *Avena sativa* L. zachowuje się jak diploid i w procesie mejozy tworzy dwadzieścia jeden biwalentów (Rajhathy, Thomas, 1974). Mechanizmy genetycznej kontroli koniugacji chromosomów u tego gatunku są słabo poznane, według Thomas i Ansari (1980) mają charakter poligeniczny.

W komórkach dwóch spośród trzech analizowanych form tetraploidalnego gatunku *A. maroccana* sporadycznie poza płytą metafazową występowały uniwalenty. Znacznie częściej pojedyncze chromosomy obserwowano w komórkach form mieszańcowych. Najwięcej uniwalentów przypadających na komórkę macierzystą pyłku stwierdzono u mieszańców (Dukat × CN 39621) × Dukat (0,39) i (Chwat × CN 39621) × Chwat (0,27). Mieszańce te istotnie przewyższały pozostałe kombinacje pod względem analizowanej cechy. W dwóch komórkach kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon stwierdzono obecność kwadriwalentów. Z wcześniejszych badań cytologicznych owsa wynika, że natężenie zakłóceń w mejozie u mieszańców uzyskanych z krzyżowania gatunków o takim samym poziomie ploidalności i składzie genomowym jest stosunkowo niewielkie (Chrzastek, Paczos-Grzęda, 2003; Paczos-Grzęda, 2003 b). Nieliczne uniwalenty i multiwalenty w metafazie I obserwowali także McMullen i wsp. (1982) u mieszańców *A. sativa* × *A. sterilis* oraz Ladizinsky (1971) u *A. sativa* × *A. byzantina*. Analizując wewnątrzgatunkowe zróżnicowanie pod względem zachowania się chromosomów w mejozie Autorzy obserwowali większą regularność w obrębie *A. sterilis* niż u *A. sativa*.

Krzyżowanie gatunków o różnym stopniu ploidalności i odmiennym składzie genomowym jest mało efektywne (Loskutov, 2001; Chrzastek i in., 2007) i skutkuje większą frekwencją pojedynczych chromosomów i multiwalentów w metafazie I. Zjawisko to obserwuje się zarówno w pokoleniu F_1 , jak i u mieszańców uzyskanych w wyniku krzyżowań wstecznych. Podwojenie liczby chromosomów u mieszańców F_1 poprzez kolchicynowanie prowadzi do biwalentnej koniugacji w kolejnych pokoleniach (Katsiotis, Forsberg, 1995 a).

Segregacja chromosomów w anafazie I u testowanych w pracy mieszańców była bardziej zaburzona niż w odmianach uprawnych i ekotypach *A. maroccana* (tab. 1). Średnia liczba mostów chromatydowych w komórkach badanych odmian owsa zwyczajnego wahała się od 0,02 do 0,09, natomiast u *A. maroccana* zawierała się w przedziale 0,10–0,15. Wszystkie mieszańce charakteryzowały się większą częstotliwością mostów chromatydowych w porównaniu z formami rodzicielskimi. Największe istotne różnice dotyczyły kombinacji (Dukat × CN 39621) × Dukat i (Dragon × CN 39621) × Dragon. Najmniej zaburzeń tego typu zanotowano w komórkach mieszańca (Komes × CN 39621) × Komes.

We wszystkich analizowanych mieszańcach i formach rodzicielskich w anafazie I z różną częstotliwością występowały chromosomy opóźnione. Według McMullena i wsp.

(1982) oraz Katsiotisa i Forsberga (1995 a) liczba takich chromosomów ma związek z frekwencją uniwalentów obserwowanych w metafazie I. W analizowanych mieszańcach i komponentach rodzicielskich nie stwierdzono takiej prostej zależności. Chromosomy opóźnione obserwowano we wszystkich testowanych formach, również tych u których miała miejsce wyłącznie biwalentna koniugacja. Liczba chromosomów opóźnionych przypadających na komórkę u mieszańców wahała się od 0,02 do 0,10. Najwięcej zaburzeń tego rodzaju stwierdzono w komórkach mieszańca (Góral $\times$ Clav 8330) $\times$ Góral. Istotnie mniej chromosomów opóźnionych w porównaniu z tym mieszańcem zanotowano tylko u *A. maroccana* CN 43136.

Zaburzenia w początkowych stadiach mejozy mogą prowadzić do powstawania źle wykształconych tetrad (McMullen i in., 1982; Katsiotis, Forsberg, 1995a). We wszystkich badanych w pracy mieszańcach i komponentach rodzicielskich w tetradach obecne były mikrojądra. W odmianach matecznych ich frekwencja wynosiła od 0,004 (cv. Dragon) do 0,032 (cv. Góral), natomiast w badanych formach *A. maroccana* wahała się od 0,007 do 0,020. Analizowane mieszańce były zróżnicowane pod względem badanej cechy. Średnia liczba mikrojąder w kombinacjach (Dukat $\times$ CN 39621) $\times$ Dukat i (Komes $\times$ CN 39621) $\times$ Komes była niższa w porównaniu z odpowiednimi formami rodzicielskimi. W pozostałych mieszańcach na tetradę przypadało więcej mikrojąder niż w odmianach matecznych i formach ojcowskich. Uwzględniając wszystkie kombinacje mieszańców wstecznych i formy rodzicielskie najwyższą ich frekwencję wynoszącą 0,134/KMP stwierdzono u mieszańca (Góral $\times$ Clav 8330) $\times$ Góral. Kombinacja ta różniła się istotnie od wszystkich odmian, form ojcowskich i pozostałych mieszańców z wyjątkiem kombinacji (Dragon $\times$ CN 39621) $\times$ Dragon.

Określenie żywotności i wielkości ziaren pyłku pozwala wnioskować o płodności roślin oraz przyczynach powstawania i funkcjonowania niezredukowanych gamet męskich obserwowanych u niektórych gatunków owsa (Katsiotis, Forsberg, 1995 b). Nie stwierdzono istotnych różnic w żywotności pyłku badanych w pracy mieszańców wstecznych (tab. 1). Pyłek żywotny stanowił od 96,90% w kombinacji (Chwat $\times$ CN 39621) $\times$ Chwat do 99,61% w (Komes $\times$ CN 39621) $\times$ Komes. Guang-Bing i wsp. (2005) obserwowali natomiast bardzo niską żywotność pyłku w pokoleniu F_1 u mieszańców międzygatunkowych *A. sativa* (6x) $\times$ *A. maroccana* (4x) oraz *A. orientalis* (6x) $\times$ *A. maroccana*, która wynosiła odpowiednio 1% i 0,8%. Odmiany owsa zwyczajnego z wyjątkiem cv. Dukat wytwarzały nieznacznie więcej żywotnego pyłku niż ich mieszańce z *A. maroccana*. Największa różnica wynosiła 2,16% i dotyczyła mieszańca (Chwat $\times$ CN 39621) $\times$ Chwat. Znacznie większe różnice pod względem żywotności pyłku obserwowano pomiędzy ojcowskimi formami gatunku *A. maroccana*. Wartość analizowanej cechy zawierała się w przedziale od 92,57% (CN 39621) do 99,25% (CN 43136). Mieszańce z wyjątkiem kombinacji (Chwat $\times$ CN 39621) $\times$ Chwat przewyższały odpowiednie komponenty ojcowskie pod względem badanej cechy, a w trzech przypadkach różnice były statystycznie istotne. Mieszaniec (Komes $\times$ CN 39621) $\times$ Komes wytwarzał o ponad 7% więcej żywotnego pyłku w porównaniu z *A. maroccana* CN 39621.

W obrębie rodzaju *Avena* występuje zróżnicowanie pomiędzy gatunkami a nawet odmianami pod względem wielkości i kształtu ziaren pyłku. Z wcześniejszych badań

wynika, że wielkość pyłku jest pozytywnie skorelowana z poziomem ploidalności roślin, a ich kształt jest najczęściej eliptyczny, rzadziej okrągły (Gornall, 1977; Katsiotis, Forsberg, 1995 b; Chrzastek i in., 2004). Ziarna pyłku wszystkich analizowanych w pracy form rodzicielskich i mieszańcowych charakteryzowały się owalnym kształtem. Największe różnice pomiędzy średnią długością i szerokością ziarna pyłku zanotowano dla odmiany Chwat (8,22 μm) i Dukat (6,97 μm) (tab. 1). Pyłek najbardziej zbliżony pod względem kształtu do okrągłego wytwarzały mieszańce (Dukat $\times$ CN 39621) $\times$ Dukat (57,23 $\times$ 53,44 μm) i (Góral $\times$ Clav 8330) $\times$ Góral (60,27 $\times$ 56,24) μm . Pyłek wszystkich testowanych mieszańców miał większe wymiary w porównaniu z formami rodzicielskimi. Średnia długość ziarna pyłku wahała się u nich od 57,23 μm do 61,69 μm , natomiast szerokość mieściła się w przedziale 52,07–56,50 μm . Średnie wymiary ziarna pyłku pięciu testowanych odmian owsa wynosiły 56,76 $\times$ 50,54 μm . Spośród kombinacji mieszańcowych jedynie (Chwat $\times$ CN 43136) $\times$ Chwat wytwarzał pyłek istotnie szerszy niż odpowiednia forma mateczna. Pyłek analizowanych form ojcowskich *A. maroccana* miał średnie wymiary 50,73 $\times$ 45,84 μm . Mieszańce (Chwat $\times$ CN 43136) $\times$ Chwat, (Dragon $\times$ CN 39621) $\times$ Dragon i (Góral $\times$ Clav 8330) $\times$ Góral charakteryzowały się istotnie większą średnią długością i szerokością ziarna pyłku niż odpowiednie komponenty ojcowskie.

Podczas selekcji pożądaných form z populacji mieszańcowych poza stabilnością cytogenetyczną uwzględnia się szereg cech ilościowych determinujących ich wartość użytkową. Na ekspresję tych cech oprócz genotypu rośliny wpływają w różnym stopniu czynniki środowiskowe. Testowane kombinacje mieszańcowe różniły się zarówno między sobą jak i w porównaniu z komponentami matecznymi pod względem większości analizowanych cech plonotwórczych (tab. 2). Średnia długość wiechy głównej badanych mieszańców BC₁ wahała się od 17,04 do 23,85 cm. Największą zmienność pod względem analizowanej cechy stwierdzono w obrębie kombinacji (Dragon $\times$ CN 39621) $\times$ Dragon. Kombinacja ta oraz (Chwat $\times$ CN 43136) $\times$ Chwat charakteryzowały się istotnie dłuższą wiechą niż odpowiednie odmiany mateczne. Według Petr i Frey (1966) istnieje pozytywna korelacja pomiędzy długością wiechy i liczbą kłosków, natomiast z badań Chae i Forsberga (1975) wynika, że obie te cechy są kodowane przez geny recesywne. Dla większości testowanych w pracy kombinacji mieszańcowych i komponentów rodzicielskich nie obserwowano takich zależności. Stwierdzono istotne różnice zarówno pomiędzy kombinacjami mieszańcowymi jak i pomiędzy formami matecznymi pod względem liczby kłosków w wieszce głównej. Najwyższą średnią liczbą kłosków (82,00) wyróżniała się kombinacja (Chwat $\times$ CN 43136) $\times$ Chwat. W jej obrębie obserwowano także największe zróżnicowanie pod względem badanej cechy, przyjmującej wartości od 44 do 144. Najgorszy wynik zanotowano dla kombinacji (Dragon $\times$ CN 39621) $\times$ Dragon. Liczba kłosków w wieszce roślin mieszańcowych tej kombinacji wahała się od 15 do 58 wynosząc średnio 32,24. Wśród form matecznych najwięcej kłosków w wieszce zanotowano u odmiany Chwat (76,92).

Tabela 2

Wartości średnie i zakres zmienności wybranych cech ilościowych wiechy głównej u mieszańców BC1 (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. oraz wartości średnie dla odmian matecznych
Mean values and variability range of some quantitative traits of main panicle in BC1 hybrids (*A. sativa* L. × *A. maroccana* Gdgr.) × *A. sativa* L. and mean values for the maternal cultivars

Formy mateczne Mieszańce Maternal forms Hybrids	Długość wiechy Panicle length (cm)	Liczba kłosek Number of spikelets per panicle	Liczba ziarniaków Number of kernels per panicle	Masa ziarniaków Weight of kernels per panicle (g)	Płodność kłoska Fertility of spikelet	Masa 1000 ziarniaków 1000 kernels weight (g)	Zawartość białka ogółem w ziarniakach Total protein content in kernels (%)
<i>Avena sativa</i> L.							
cv. Chwat	20,60	76,92	139,50	4,29	1,86	30,93	14,00
cv. Dukat	21,53	63,67	120,73	3,88	1,90	32,21	13,93
cv. Dragon	20,05	57,30	110,47	3,77	1,92	34,50	16,69
cv. Góral	18,78	65,33	98,17	3,03	1,50	31,13	15,98
cv. Komes	19,58	45,40	90,77	2,78	2,00	30,79	14,83
<i>(Avena sativa</i> L. × <i>Avena maroccana</i> Gdgr.) × <i>Avena sativa</i> L.							
(Chwat × CN 43136) × Chwat	23,49	82,00	201,43	4,08	2,45	21,54	15,20
	19,8–27,9	44–149	100–322	2,2–11,6	1,8–3,3	12,8–48,9	14,9–15,5
(Dukat × CN 39621) × Dukat	20,98	39,07	83,76	2,41	2,15	28,34	16,72
	16,0–25,2	22–59	35–153	1,4–5,0	1,6–2,9	16,4–35,9	16,5–17,2
(Dragon × CN 39621) × Dragon	23,85	32,24	45,55	1,39	1,42	28,67	18,93
	14,0–30,4	15–58	15–157	0,5–6,3	0,3–2,5	11,7–44,6	18,5–19,4
(Góral × Clav 8330) × Góral	17,04	43,18	83,89	2,20	1,83	24,78	16,38
	11,2–21,0	18–82	18–232	0,4–5,4	0,6–2,6	13,8–36,5	15,9–16,7
(Komes × CN 39621) × Komes	19,21	39,57	72,80	2,02	1,84	27,24	16,80
	15,7–23,7	20–66	22–138	0,6–4,2	0,7–2,9	16,6–35,9	15,7–16,0
NIR (p = 0,05)	1,87	10,10	28,72	0,86	0,32	4,75	1,95
LSD (p = 0,05)							

Średnia liczba ziarniaków w wieszce głównej analizowanych mieszańców była bardzo zróżnicowana i wahała się od 45,55 (Dragon × CN 39621 × Dragon) do 201,43 (Chwat × CN 43136 × Chwat). Obserwowano duże różnice pomiędzy roślinami w obrębie wszystkich kombinacji mieszańcowych. Największą zmienność tej cechy stwierdzono w kombinacji Chwat × CN 43136 × Chwat (od 100 do 322 ziarniaków) i (Góral × Clav 8330) × Góral (od 18 do 232). Mniejsze różnice, ale również istotne obserwowano porównując formy mieszańcowe z odmianami matecznymi. Mieszaniec (Chwat × CN 43136) × Chwat istotnie przewyższał odmianę pod względem analizowanej cechy, natomiast w wiechach kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon i (Dukat × CN 39621) × Dukat zanotowano istotnie mniej ziarniaków. Najwyższą średnią masę ziarniaków z wiechy głównej wśród mieszańców, zbliżoną do odmiany matecznej zanotowano dla kombinacji (Chwat × CN 43136) × Chwat (4,08 g). W obrębie tej kombinacji obserwowano największe różnice pomiędzy poszczególnymi roślinami sięgające 9,4 g. Wiechy dwóch kombinacji mieszańców dawały istotnie niższy plon ziarniaków niż odmiany mateczne. Dziedziczenie liczby i masy ziarniaków z wiechy jest skomplikowane i dużym stopniu zależy od czynników środowiskowych. Z licznych badań wynika, że wartości tych cech zależą

głównie od lokalizacji kwiatu zawiązującego ziarniaki w obrębie kłoska (Takeda, Frey, 1980; Palagyi, 1983).

Nie stwierdzono istotnych różnic wśród matecznych form rodzicielskich oraz pomiędzy analizowanymi mieszańcami pod względem średniej płodności kłoska (tab. 2). Wartość tej cechy wahała się od 1,42 do 2,45 u mieszańców, natomiast u odmian matecznych zawierała się w przedziale 1,50–2,00. Kombinacje mieszańcowe (Chwat × CN 43136) × Chwat i (Dukat × CN 39621) × Dukat charakteryzowały się istotnie wyższą płodnością kłoska niż odpowiednie odmiany owsa. Największe zróżnicowanie pod względem tej cechy obserwowano w obrębie kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon i (Komes × CN 39621) × Komes. Według Gąsiorowskiego i Cierniewskiej (1995) dla rolnictwa pożądane są odmiany, których kłoski zawiązują maksymalnie 2 ziarniaki w kwiatach pierwszorzędowych. Masa tysiąca ziarniaków testowanych kombinacji mieszańcowych wahała się od 21,54 do 28,67 g i była niższa średnio o 5,8 g w porównaniu z komponentami matecznymi. Odmiany były podobne pod względem średniej MTZ, natomiast pomiędzy mieszańcami zanotowano istotne różnice. W obrębie każdej kombinacji mieszańcowej obserwowano zmienność międzyosobniczą. Najbardziej jednorodna była kombinacja (Komes × CN 39621) × Komes zaś największe zróżnicowanie obserwowano wśród mieszańców kombinacji (Chwat × CN 43136) × Chwat.

Średnia zawartość białka ogółem w ziarniakach mieszańców wahała się od 15,20% (Chwat × CN 43136) × Chwat do 18,93% (Dragon × CN 39621 × Dragon). Wszystkie kombinacje mieszańcowe charakteryzowały się wyższą zawartością białka niż odpowiednie odmiany mateczne. Według niektórych autorów (Pomeranz i in., 1973; Elliot i in., 1985; Loskutov, 2000) procentowa zawartość białka u odmian uprawnych *A. sativa* wynosi od 12% do 15%. W badanych w pracy odmianach wartość tej cechy była nieco wyższa i mieściła się w przedziale 14,00–16,69%.

WNIOSKI

1. Koniugacja i segregacja chromosomów w mejozie u testowanych mieszańców międzygatunkowych owsa pokolenia BC₁ była mniej regularna niż u komponentów rodzicielskich. Mieszaniec (Góral × Clav 8330 × Góral) wyróżniał się spośród wszystkich odmian, form ojcowskich i pozostałych mieszańców, z wyjątkiem kombinacji (Dragon × CN 39621) × Dragon istotnie wyższą frekwencją mikrojąder w tetradach.
2. Żywotność pyłku testowanych mieszańców była wysoka i zawierała się w przedziale od 96,90 do 99,61%. Ziarna pyłku wszystkich analizowanych kombinacji mieszańcowych charakteryzowały się większymi średnimi wymiarami niż u form rodzicielskich.
3. Najbardziej regularnym przebiegiem podziałów redukcyjnych oraz najwyższą żywotnością pyłku charakteryzował się mieszaniec (Komes × CN 39621) × Komes.
4. Pod względem większości analizowanych cech wiechy głównej, pozytywnie wyróżniała się kombinacja mieszańcowa (Chwat × CN 43136) × Chwat. U mieszańca

- (Dragon × CN 39621) × Dragon stwierdzono największą masę tysiąca ziarniaków oraz najwyższą procentową zawartość białka w ziarniakach pozbawionych plewki.
5. Stosunkowo regularna mejoza i wysoka żywotność pyłku oraz zróżnicowanie w obrębie kombinacji mieszańcowych pod względem wartości analizowanych cech plonotwórczych stwarza możliwość selekcji interesujących materiałów wyjściowych dla hodowli owsa.

LITERATURA

- Chae Y., Forsberg R. A. 1975. Inheritance of node, branch, and spikelet number in oat panicles. Diallel analysis of F₁ and F₂. Crop Sci. 15: 457 — 460.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E. 2003. Analiza molekularna i cytologiczna oraz ocena niektórych cech ilościowych mieszańców międzygatunkowych *Avena sativa* L. × *A. fatua* L. Biul. IHAR 230: 387 — 397.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E., Miazga D. 2004. Charakterystyka cytologiczna i molekularna niektórych gatunków z rodzaju *Avena*. Rozprawy i monografie IGR PAN Genetyka w ulepszaniu roślin użytkowych, Poznań: 67 — 74.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E., Kruk K. 2006. Ocena zróżnicowania genetycznego polskich odmian owsa (*Avena sativa* L.). Acta Agrophysica 8: 319 — 326.
- Chrząstek M., Paczos-Grzęda E., Kruk K. 2007. Efektywność krzyżowań wstecznych mieszańców międzygatunkowych owsa. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 517: 819 — 826.
- Elliot A. L., Thro A. M., Frey K. J. 1985. Inheritance of groat-oil content and several other traits in inter- and intra-specific oat mating. Iowa State J. Research 60: 13 — 24.
- Frey K.J. 1986. Genetic resources and their use in oat breeding. Proc. of the 2nd Int. Oat Conf. 1985, Aberystwyth, U.K.: 9 — 15.
- Gąsiorowski H., Cierniewska A. 1995. Morfologia i anatomia. W: Owies — chemia i technologia, PWRiL, Poznań: 36 — 46.
- Gornall R. J. 1977. Notes on the size and exine ornamentation of *Avena* pollen grains. Can. J. Bot. 55: 2622 — 2629.
- Guang-Bing D., Zhi-Fen P., Xu-Guang Z., Mao-Qun Y. 2005. Morphologic and cytogenetic characterization of F₁ from interspecies cross in oat. Acta Agron. Sin. 31: 1186 — 1191.
- Katsiotis A., Forsberg R. A. 1995 a. Production and cytogenetics of tetraploid-octoploid *Avena* hybrids. Plant Breed. 114: 137 — 143.
- Katsiotis A., Forsberg R. A. 1995 b. Pollen grain size in four ploidy levels of genus *Avena*. Euphytica 83: 103 — 108.
- Ladizinsky G. 1971. Chromosome rearrangements in the hexaploid oats. Heredity 25: 457 — 461.
- Leggett J. M. 1996. Using and conserving *Avena* genetic resources. Proc. of. 5th Int. Oat Conf., Canada, 128 — 132.
- Loskutov I. G. 2000. Some quality groat characters in oat wild species. Proc. 6th Int. Oat Confer., Lincoln Univ., N.Z.: 248 — 253.
- Loskutov I. G. 2001. Interspecific crosses in the genus *Avena* L. Rus. J. Genet. 37: 467 — 475.
- McMullen M. S., Phillips R. L., Stuthman D. D. 1982. Meiotic irregularities in *Avena sativa* L./*A. sterilis* L. hybrids and breeding implications. Crop Sci. 22: 890 — 897.
- Paczos-Grzęda E. 2003. Pedigree, RAPD and simplified AFLP-based assessment of genetic relationships among *Avena sativa* L. cultivars. Euphytica 138: 13 — 22.
- Paczos-Grzęda E. 2003 b. Badania cytogenetyczne i molekularne mieszańców międzygatunkowych heksaploidalnego owsa *Avena sativa* L. × *Avena sterilis* L. oraz form wyjściowych. Biul. IHAR 229: 33 — 41.
- Palagyi A. 1983. Tertiary seed proportions in the grain yield of several oat varieties. Cereal Res. Comm. 11: 269 — 274.
- Petr F. C., Frey K. J. 1966. Genotypic correlations, dominance and heritability of quantitative characters in oats. Crop Sci. 6: 259 — 262.

- Pomeranz Y., Youngs V. L., Robbins G. S. 1973. Protein content and amino acid composition of oat species and tissues. *Cereal Chem.* 50: 702 — 707.
- Rajhathy T., Thomas H. 1974. Cytogenetic of oats (*Avena* L.). *Misc. Publ. Genet. Soc.*, No. 2. Ottawa, Ontario, Canada: 5 — 90.
- Stalker H. T. 1980. Utilization of wild species for crop improvement. *Advances in Agronomy* 33: 111 — 147.
- Takeda K., Frey K. J. 1980. Tertiary seed set in oat cultivars. *Crop Sci.* 20: 771 — 774.
- Thomas H., Al-Ansari N. 1980. Genotypic control of chromosome pairing in amphiploids involving the cultivated oat *Avena sativa* L. *Euphytica* 37: 37 — 45.

ALICJA SULEK

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — PIB w Puławach

Reakcja nowych odmian owsa na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych

The response of new oat cultivars to nitrogen fertilization in greenhouse experiments

W latach 2005–2007 w cyklach dwuletnich, prowadzono badania w wazonach nad reakcją pięciu nowych odmian owsa: Stoper, Rajtar, Furman, Gniady i Koneser na zwiększenie dawek azotu z 1,2 do 2,4 i 3,6 g/wazon. Określono plon ziarna i takie cechy, jak: krzewistość produkcyjna roślin, liczba kłosków w wieszce głównej, masa ziarna z pojedynczej wiechy, liczba ziaren w wieszce oraz masa 1000 ziaren. Odmiana Koneser efektywnie wykorzystywała intensywne nawożenie azotem (3,6 g/wazon). Azot zastosowany w dawce 2,4 g N/wazon powodował istotny wzrost plonu ziarna odmian Furman, Rajtar i Stoper. Odmiana Gniady plonowała podobnie, niezależnie od poziomu nawożenia azotem. Wyższy poziom plonowania owsa był wynikiem wzrostu krzewistości produkcyjnej roślin, która rekompensowała niewielki spadek liczby ziaren i masy ziarna z wiechy. Masa 1000 ziaren u większości badanych odmian nie zmieniała się istotnie pod wpływem zwiększenia dawki azotu.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, odmiany, owies, plon ziarna, struktura plonu

The response of five new oats cultivars to nitrogen (N) applied in doses of 1.2, 2.4 and 3.6 g/pot was investigated in Mitscherlich's pots in the years 2005–2007. Yield of grain and its components (weight of 1000 grains, productivity tillering, number of spikelets per main shoot panicle, weight of grains per panicle, number of grains per panicle, grain yield of main shoot, grain yield of tiller shoot) were determined. The cultivar Koneser manifested a significant yield increase at the N rate of 3.6 g N/pot. Nitrogen applied at 2.4 g N/pot caused a significant yield increase in cvs. Furman, Rajtar and Stoper. The cultivar Gniady produced similar yields, irrespective of the nitrogen dose. Yield increase was due to the increased productive tillering of an individual plant, which compensated for slight decrease in the weight and number of grains per panicle. The 1000 grains weight of the cultivars under investigation did not respond significantly to the increased nitrogen fertilization.

Key words: nitrogen fertilization, cultivars, oat, grain yield, yield structure

WSTĘP

Owies podobnie jak inne zboża silnie reaguje na nawożenie azotem (Podolska i in., 2006; Sulek, 2003; Wróbel i Kijora, 2004). Efektywność tego nawożenia zależy w dużym stopniu od odmiany. Nadmierne nawożenie tym składnikiem powoduje zwiększenie liczby i masy pędów bocznych, co obniża plennność starszych pędów i w efekcie nie wpływa na

plon ziarna, a niekiedy go obniża (Wolska i Wojcieszka, 1985). Ustalenie zatem odpowiedniego nawożenia azotem jest bardzo ważnym elementem w produkcji owsa. Dotychczasowe badania wskazują na duże zróżnicowanie odmian owsa w odniesieniu do żywienia azotem (Walens, 2003; Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2000). Dlatego niezbędne jest ustalenie odpowiedniego poziomu nawożenia azotem dla każdej z odmian. Z jednej strony ułatwi to opracowanie technologii uprawy odmian wpisanych do Rejestru, z drugiej zaś dostarczy informacji przydatnych w pracach hodowlanych przy utrwalaniu cech odpowiadających za efektywne wykorzystanie azotu przez rośliny owsa.

Celem badań było poznanie reakcji nowych odmian owsa, określone plonem ziarna i cechami struktury plonu, na wzrastający poziom nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODA

Badania prowadzono w wazonach Mitscherlicha, metoda serii niezależnych, w czterech powtórzeniach. W latach 2005–2006 badano takie odmiany, jak: Stoper i Rajtar, w latach 2006–2007 — Furman, Gniady, Koneser. Wazony napełniono mieszaniną gleby bielicej z piaskiem w stosunku 2,5:1. Nawożenia azotem ilości 1,2; 2,4; 3,6 g N/wazon, w formie NH_4NO_3 , stosowano w dwu równych częściach — przed siewem i na początku fazy strzelania w źdźbło. Nawożenie pozostałymi składnikami na wazon wynosiło: P_2O_5 — 1 g w postaci KH_2PO_4 , K_2O — 1,5 g w postaci K_2SO_4 , Mg — 0,6 g w postaci $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Ponadto do podłoża dodawano żelazo (50 mg), bor (5 mg) i miedź (3 mg). Siew wykonywano w końcu marca lub w pierwszych dniach kwietnia. W fazie 2 liści pozostawiono (po przerywce) po 10 roślin w wazonie. Wilgotność gleby utrzymywano przez cały okres wegetacji na poziomie 60% połowej pojemności wodnej. Rośliny zbierano w fazie pełnej dojrzałości ziarna; określono plon ziarna z wazonu, krzewienie produkcyjne, liczbę kłosek w wieszce głównej, masę i liczbę ziaren z wiechy oraz masę 1000 ziaren. Również określono plon ziarna oddzielnie z pędów głównych i bocznych. Statystyczną analizę wyników przeprowadzono oddzielnie dla każdej odmiany i każdego roku badań, a następnie syntezę z lat. Istotność różnic porównywano za pomocą półprzedziału ufności Tukeya przy $\alpha = 0,05$. Reakcja odmian na zastosowane dawki azotu była podobna w latach badań, dlatego wyniki przedstawione w pracy stanowią wartość średnich z dwóch lat.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane odmiany wykazały odmienną reakcję na wzrastające dawki azotu. Odmiana Gniady plonowała podobnie, niezależnie od zastosowanej dawki azotu. Istotny wzrost plonu ziarna na dawce 2,4 g w porównaniu do 1,2 g N na wazon stwierdzono dla odmiany Stoper, Rajtar i Furman. Odmiana Koneser plonowała istotnie wyżej zarówno przy dawce 2,4 g, jak również 3,6 g niż przy 1,2 g N/wazon (tab. 1).

Rośliny owsa każdej z odmian najsilniej reagowały zwiększeniem krzewistości na wzrost poziomu nawożenia azotem (tab. 2). Odmiany Stoper, Rajtar i Furman reagowały istotnym wzrostem krzewistości produkcyjnej przy dawce 2,4 g N/wazon, dalsze zwiększenie dawki azotu nie powodowało istotnych zmian tej cechy. U odmian Koneser i

Gniady istotny wzrost krzewistości wystąpił zarówno przy 2,4 g, jak również 3,6 g niż przy 1,2 g N w podłożu. Wzrost liczby pędów na roślinie nie zawsze sprzyja większemu plonowaniu, ponieważ prowadzi do zmniejszenia plenności wiech.

Tabela 1

Wpływ nawożenia na plon ziarna (g/wazon) odmian owsa (2005–2007)
Influence of nitrogen fertilization on yield of oats grain (g/pot) (2005–2007)

Odmiana Cultivar	Azot (g/wazon) — Nitrogen (g/pot)			NIR $\alpha = 0,05$ LSD $\alpha = 0,05$
	1,2	2,4	3,6	
Stoper	47,8	55,8	61,3	7,89
Rajtar	64,3	76,8	84,0	10,16
Furman	71,3	81,1	81,3	9,38
Gniady	69,2	70,7	64,0	r.n
Koneser	70,3	90,0	106	14,12

W prezentowanych badaniach liczba kłosek w wieszce głównej odmiany Stoper, Rajtar i Gniady uległa znaczącej redukcji już przy nawożeniu 2,4 g N/wazon, zaś u odmiany Furman przy 3,6 g N/wazon. Odmiana Koneser reagowała istotnym wzrostem liczby kłosek w wieszce przy nawożeniu 3,6 g N/wazon (tab. 2).

Tabela 2

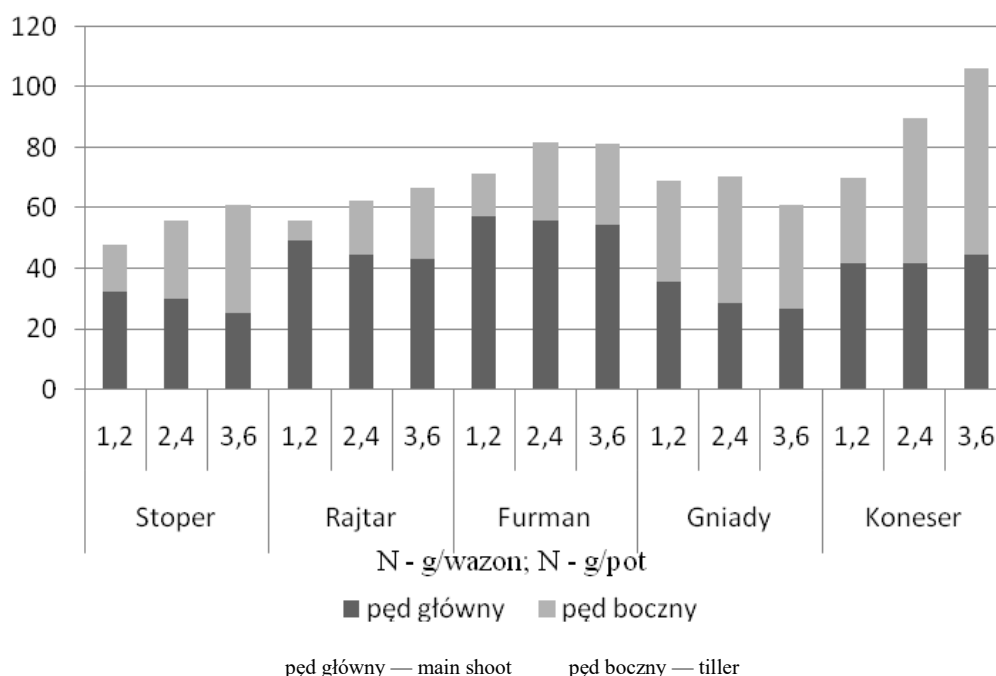
Wpływ nawożenia azotem na cechy struktury plonu odmian owsa (2005–2007)
Influence of nitrogen fertilization on yield structure in different oat cultivars (2005–2007)

Cechy Traits	Odmiana Cultivar	Azot (g/wazon) — Nitrogen (g/pot)			NIR $\alpha = 0,05$ LSD $\alpha = 0,05$
		1,2	2,4	3,6	
Rozkrzewienie produkcyjne Productive tillering	Stoper	1,9	2,7	3,1	0,62
	Rajtar	1,6	2,3	2,5	0,74
	Furman	1,6	2,1	2,4	0,67
	Gniady	2,8	3,8	4,3	0,41
	Koneser	2,2	2,9	3,7	0,66
Liczba kłosek w wieszce głównej Number of spikelets in main shoot panicle	Stoper	59,9	51,5	49,3	8,21
	Rajtar	76,1	69,8	67,5	5,98
	Furman	83,5	79,6	78,1	5,18
	Gniady	55,8	45,0	42,6	8,61
	Koneser	74,3	74,1	79,4	5,08
Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains	Stoper	29,8	29,7	27,6	2,10
	Rajtar	35,8	35,9	33,8	r.n
	Furman	34,7	36,7	34,4	r.n
	Gniady	33,3	34,3	33,1	r.n
	Koneser	30,5	30,3	30,8	r.n
Masa ziarna z wiechy Weight of grains per panicle (g)	Stoper	2,50	2,10	1,96	0,49
	Rajtar	3,32	2,42	2,29	0,72
	Furman	4,81	4,07	3,66	0,79
	Gniady	2,49	1,85	1,42	0,62
	Koneser	3,19	3,11	2,87	r.n
Liczba ziaren z wiechy Number of grains per panicle	Stoper	84,2	70,4	71,5	12,31
	Rajtar	92,9	67,4	67,7	22,50
	Furman	137,5	111,7	118,1	21,53
	Gniady	74,6	54,0	42,9	14,28
	Koneser	104,6	94,2	93,2	r.n

Istotną obniżkę masy ziarna z wiechy odmian Rajtar, Furman, Gniady stwierdzono przy nawożeniu 2,4 g N/wazon, natomiast pod wpływem dawki 3,6 g N/wazon u odmiany Stoper. Odmiana Koneser nie wykazywała istotnego obniżenia plonu ziarna z wiechy wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem, stwierdzono tylko jedynie tendencję spadkową (tab. 2). W wcześniejszych badaniach (Kozłowska-Ptaszyńska i in., 2000; Sułek, 2003) stwierdzono, że masa ziarna z wiechy zmniejsza się wraz ze zwiększeniem dawek azotu, natomiast według (Tobiasz-Salach i Borecka-Jamro, 2006) zwiększenie nawożenia z 60 do 90 kg N/ha spowodowało jej wzrost o 10,3%.

Liczba ziaren w wieszce odmian Stoper, Rajtar i Furman uległa istotnemu zmniejszeniu już przy 2,4 g N/wazon, a przy 3,6 g N/wazon u odmiany Gniady. Odmiana Koneser nie wykazywała istotnego zmniejszenia liczby ziaren z wiechy wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem (tab. 2).

Określenie plonu ziarna oddzielnie dla pędów głównych i bocznych, wyraźnie wskazuje że odmiana Koneser, która efektywnie wykorzystywała wysokie nawożenie azotem, wzrost plonu wynikał głównie ze zwiększenia liczby pędów na roślinie, które rekompensowało niewielkie zmniejszenie się masy i liczby ziaren w wieszce (rys. 1).



Rys. 1. Plon ziarna (g/wazon) wytworzony przez pędy główne i boczne odmian owsa (2005–2007)
Fig. 1. Grain yield (g/pot) produced by main shoots and tillers of different oat cultivars (2005–2007)

Należy podkreślić, że dodatni wpływ dużej dawki azotu ujawnił się u odmiany Koneser, która charakteryzowała się dużą liczbą kłosek w wieszce głównej oraz wysoką plennością wiechy i dużą liczbą ziaren z wiechy. Odmiana Gniady o niskiej plenności i liczbie ziaren

z wiechy mimo istotnego wzrostu krzewistości produkcyjnej wskutek zwiększenia dawki azotu, nie wykazywała istotnych zmian w plonie ziarna. Podkreślają to spostrzeżenia badania Brinkmana i Rho (1984), którzy stwierdzili, że genotypy lepiej wykorzystujące duże dawki azotu powinny reagować na ten składnik wzrostem liczby kłosków w wiesze i masy pojedynczego ziarniaka.

Masa 1000 ziaren u większości badanych odmian nie zmieniała się istotnie pod wpływem zwiększenia dawki azotu (tab. 2). Istotny jej spadek stwierdzono u odmiany Stoper przy dawce 3,6 g N/wazon. Niewielki wpływ wzrastającego poziomu nawożenia na dorodność ziarna owsa wskazują wcześniejsze badania (Collaud, 1995; Ptaszyńska-Kozłowska i in., 2000; Sułek, 2003; Tobiasz-Salach i Borecka-Jamro, 2006).

WNIOSKI

1. Badane odmiany owsa wykazywały odmienną reakcję na uwzględnione w doświadczeniu dawki azotu:
 - odmiana Gniady plonowała podobnie, niezależnie od poziomu nawożenia azotem,
 - odmiany Furman, Rajtar i Stoper reagowały wzrostem plonu ziarna na dawkę 2,4 g/wazon N,
 - odmiana Koneser efektywnie wykorzystywała intensywne nawożenie azotem (3,6 g/wazon).
2. Wzrastający poziom nawożenia azotem najsilniej wpływał na krzewistość roślin owsa, powodując przy tym ujemny wpływ na liczbę kłosków w wiesze głównej, liczbę ziaren w wiesze i masę ziarna z wiechy. Masa 1000 ziaren badanych odmian, na ogół (poza odmianą Stoper) nie zmieniała się istotnie pod wpływem zastosowanych dawek N.
3. Zwyżka plonu ziarna pod wpływem wzrastających dawek azotu wynikała głównie ze wzmożonej krzewistości roślin, która nie powodowała istotnego zmniejszenia się masy i liczby ziaren w wiesze oraz liczby kłosków w wiesze.

LITERATURA

- Brinkman M. A., Rho Y. D. 1984. Response of three oat cultivars to N fertilizer. *Crop. Sci.* 24 (5): 973 — 977.
- Callaud J. F. 1995. Effect of nitrogen fertilizer application on hectoliter weight of spring oats. *Revue-Suisse-d' Agriculture* 27 (2): 117 — 119.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J. 1997. Reakcja nowych odmian owsa na nawożenie azotem. *Pam. Puł.* 109: 7 — 18.
- Kozłowska-Ptaszyńska Z., Pawłowska J., Woch J. 2000. Wpływ dawek azotu na plon i jego strukturę u nowych polskich odmian owsa. *Biul. IHAR* 215: 239 — 244.
- Podolska G., Maj L., Nita Z. 2006. Wielkość plonu i komponentów plonu u nagoziarnistej formy owsa karłowego w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. *Biul. IHAR* 239: 49 — 59.
- Sułek A. 2003. Wpływ dawek azotu na plon ziarna i jego komponenty u nowych odmian owsa. *Biul. IHAR* 229: 125 — 130.
- Tobiasz-Salach R., Borecka-Jamro D. 2006. Wpływ nawożenia azotowego na plon ziarna, zawartość białka i elementy struktury plonu owsa. *Biul. IHAR*, 239: 41 — 47.
- Walens M. 2003. Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Biul. IHAR* 229: 115 — 121.

- Wolska E., Wojcieszka U. 1985. Wpływ azotu na przebieg niektórych procesów fizjologicznych oraz na wielkość i strukturę plonu owsa. Pam. Puł. 86: 61 — 78.
- Wróbel E., Kijora C. 2004. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie i jakość ziarna owsa nagoziarnistego. Pam. Puł. 135: 331 — 340.

ZYGMENT KACZMAREK ¹LAURENCJA SZALA ²ELŻBIETA ADAMSKA ¹TERESA CEGIELSKA-TARAS ²¹ Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu

Statystyczna i genetyczna ocena linii DH rzepaku ozimego na podstawie wyników doświadczenia jednopowtórzeniowego z wzorcami

Statistical and genetic evaluation of winter oilseed rape DH lines based on the results of an unreplicated experiment with standards

W pracy przedstawiono propozycję metodyki analizowania zmienności fenotypowej i genetycznej cech linii podwojonych haploidów rzepaku ozimego obserwowanych w doświadczeniu jednopowtórzeniowym z wzorcem. Metody zastosowania analiz statystycznych omówiono na przykładzie danych z doświadczenia jednopowtórzeniowego. W doświadczeniu tym dwie formy wzorcowe, będące jednocześnie genotypami rodzicielskimi, odmiana Californium i linia DH W-15, porównywano z 116 liniami DH uzyskanymi z mieszańców F_1 Californium $\times$ DH W-15 oraz z 94 liniami DH otrzymanymi z mieszańców F_1 DH W-15 $\times$ Californium. Dla dwu wybranych cech sporządzono charakterystyki statystyczne populacji linii DH i populacji rodzicielskich, znaleziono oceny efektów transgresji linii oraz zweryfikowano istotność tych efektów, a także wyznaczono oceny parametrów genetycznych.

Słowa kluczowe: doświadczenie jednopowtórzeniowe z wzorcem, efekt transgresji, linie DH, rzepak ozimy

In the paper, a method for phenotypic and genetic analyses of winter oilseed rape DH lines, evaluated in an unreplicated experiment with a standard, is proposed. The methods of statistical analyses are described based on the example of data from the unreplicated experiment including two standards: cultivar Californium and W-15 DH line. In the experiment, 116 DH lines from F_1 hybrids of Californium $\times$ W-15 and 94 DH lines from F_1 hybrids of W-15 $\times$ Californium were compared with the standards. Statistical characteristics of DH line populations and of parental populations have been performed. Moreover, the estimates of transgression effects for the DH lines and the estimates of genetic parameters for two chosen traits were determined.

Key words: unreplicated experiment with standard, transgression effect, DH lines, winter oilseed rape

WSTĘP

Właściwa ocena wielu nowych rodów hodowlanych lub linii podwojonych haploidów (linii DH) wymaga przeprowadzenia odpowiednich doświadczeń porównawczych. Ponieważ liczba nowych genotypów wymagających zbadania jest zwykle duża a jednocześnie liczba nasion dla tych genotypów jest z reguły niewielka, zakładanie tradycyjnych doświadczeń w kilku powtórzeniach jest praktycznie niemożliwe. Często więc jedyną możliwością porównania nowych genotypów jest przeprowadzenie doświadczenia jednopowtórzeniowego uzupełnianego o dodatkowe poletka (tzw. poletka wzorcowe), na których wysiewany jest jeden bądź więcej wzorców.

W literaturze można spotkać wiele propozycji zakładania i analizy doświadczeń z wzorcami, żeby wymienić najwcześniejsze prace autorów polskich: Załęskiego (1927), Barbackiego (1935), Przyborowskiego i Wileńskiego (1937) oraz Brykczyńskiej (1947). Do najstarszych i najczęściej stosowanych należy tzw. metoda wzorcowa wykorzystująca wzorce do poprawienia obserwacji ze względu na trend żyzności glebowej. Polega ona na odtworzeniu za pomocą interpolacji liniowej hipotetycznych wartości danej cechy dla obiektów jednopowtórzeniowych znajdujących się między systematycznie wysiewanymi wzorcami. Porównanie obiektów odbywa się na podstawie oceny różnic między tymi obiektami a sąsiadującymi wzorcami. Na poprawionych wartościach przeprowadzana jest analiza wariancji mająca na celu zweryfikowanie hipotezy o braku różnic między porównywanymi obiektami pod względem badanej cechy. Jednakże z punktu widzenia metodologii doświadczeń metoda ta wymaga przyjęcia nie zawsze realnego założenia mówiącego, że zmienność glebowa między dwoma wzorcami ma charakter liniowy. Tym samym prawdziwość założenia, że obserwacje są wartościami zmiennej losowej, może budzić pewne zastrzeżenia.

Inne podejście analizowania doświadczeń z wzorcem, metodycznie bardziej poprawne, stosowane jest dzięki wykorzystaniu ogólnej teorii układów o blokach niekompletnych. Teoria ta została zaadaptowana do analizy doświadczeń jednopowtórzeniowych z wzorcami między innymi przez Peska (1974), Calińskiego i Cerankę (1976), Cerankę i Chudzik (1977), Kiełczewską (1983), Kaczmarka i wsp. (1984; 1985) oraz Dobek i wsp. (1987).

Wiarygodność ocen obiektów porównywanych w doświadczeniach jednopowtórzeniowych z wzorcem może być znacznie zwiększona poprzez możliwość analizy statystycznej serii takich doświadczeń, przeprowadzonych w różnych środowiskach (Adamski i in., 1992).

Spośród innych metod analizy doświadczeń jednopowtórzeniowych warto odnotowania są także metody oparte na analizie najbliższego sąsiedztwa proponowane przez Cullisa i wsp. (1989) oraz na analizie autoregresji zaproponowane przez Dobek i Kalę (1995). Wydaje się też, że w analizie doświadczeń jednopowtórzeniowych przydatne mogą się okazać metody statystyki przestrzennej, w szczególności metody geostatystyczne wykorzystywane przy szacowaniu tej zmienności (Gołaszewski, 1997, 2000).

Przegląd różnych metod analizy danych z doświadczeń niereplikowanych można znaleźć w pracy Kemptona (1984), a także w niepublikowanej jeszcze pracy autorów Bakinowska i wsp. (2009).

W niniejszej pracy omówimy wyniki analizy statystycznej doświadczenia jednopowtórzeniowego, którego obiektami są linie podwojonych haploidów rzepaku ozimego oraz ich formy rodzicielskie traktowane jako wzorce. Pokażemy możliwość uzyskania informacji hodowlanych i genetycznych w wyniku przeprowadzenia analizy tego doświadczenia opartej na teorii układów o blokach niekompletnych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny

Materiał do badań obejmował 210 linii podwojonych haploidów (linii DH) rzepaku ozimego otrzymanych z mieszańców F_1 uzyskanych ze skrzyżowania odmiany Californium z linią DH W-15 (linie te w liczbie 116 oznaczać będziemy symbolem CW) oraz z mieszańców F_1 otrzymanych z krzyżówki odwrotnej DH W-15 $\times$ Californium (linie te w liczbie 94 oznaczać będziemy symbolem WC). Linie podwojonych haploidów otrzymano w Pracowni Kultur Tkankowych Zakładu Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu metodą izolowanych mikrospor (Cegielska i Szała, 1997).

Linie DH oraz formy rodzicielskie Californium (CAL) i DH W-15 (W-15) badano w doświadczeniu jednopowtórzeniowym z wzorcami przeprowadzonym na polu doświadczalnym Instytutu Genetyki Roślin PAN w Cerekwicy k. Poznania. Doświadczenie to obejmowało 5 pasów o pojemności 58 poletek każdy. Wzorce rozmieszczone zostały w sposób regularny na 16 poletkach, natomiast na pozostałych 42 poletkach rozlosowano linie DH w taki sposób, że między poletkami wzorcowymi znajdowały się zawsze 3 poletka z liniami DH. Z przeprowadzonych obserwacji cech struktury plonu do ilustracji prezentowanych w pracy metod statystyki matematycznej i genetyki ilościowej, wzięto masę 1000 nasion (MTN) i zawartość tłuszczu w nasionach uzyskane z 3 próbek nieizolowanych nasion.

Metody statystyczne

Analiza wariancji linii DH

Wykonana zgodnie z teorią układu o blokach niekompletnych (pasy zostały traktowane jako bloki niekompletne), analiza wariancji umożliwiła zweryfikowanie hipotezy o braku różnic między poszczególnymi liniami DH a średnimi obu wzorców w bloku. Ocena kontrastu linia DH — „lepszy” z wzorców była równocześnie oceną efektu transgresji tej linii. Wartości statystyki F dla powyższych porównań były podstawą utworzenia rankingu badanych linii ze względu na daną cechę.

Analiza populacji linii DH i populacji linii rodzicielskich

Analiza wariancji umożliwiła także wyznaczenie charakterystyk statystycznych dla każdej z obu populacji linii DH i populacji rodzicielskich oraz zbadanie istotności różnic między tymi populacjami. W szczególności porównanie populacji linii CW tj. linii utworzonych z mieszańców F_1 Californium $\times$ W-15 z populacją linii WC, czyli linii

uzyskanych z mieszańców F_1 krzyżówki odwrotnej było równoznaczne z uzyskaniem odpowiedzi dotyczącej wpływu efektów matecznych na linii DH.

Analiza genetyczna

Od strony genetycznej opisany wyżej zestaw linii DH i form rodzicielskich umożliwił wyznaczenie ocen efektów addytywnego działania genów oraz efektów współdziałania *loci* homozygotycznych, a także pozwolił oszacować liczbę czynników efektywnych (liczbę genów) na podstawie populacji linii CW i linii WC.

Analiza interakcji genotyp $\times$ środowisko

Doświadczenie jednopowtórzeniowe z wzorcami założone w jednej miejscowości nie pozwoliło oczywiście zbadać interakcji linii DH ze środowiskiem. Mając na uwadze fakt, że w wyniku selekcji linii na podstawie tego doświadczenia (a dokładnie na podstawie jednej obserwacji) zostaje bezpowrotnie utraconych ponad 80% badanych linii DH, należałoby się zastanowić czy nie byłoby wskazane równoległe założenie co najmniej jeszcze jednego doświadczenia z tymi samymi obiektami ograniczając być może w obu doświadczeniach obserwacje mniej ważnych cech. W wyniku przeprowadzenia co najmniej trzech doświadczeń jednopowtórzeniowych z tymi samymi obiektami procent „nietrafnie” odrzuconych linii byłby znacznie mniejszy.

WYNIKI

W pierwszym etapie obliczeń przeprowadzone zostały dla badanych cech analizy wariancji z doświadczenia obejmującego wszystkie 210 niereplikowanych linii DH oraz 2 wzorce obserwowane na 40 poletkach każdy. Analizy te umożliwiły dokonanie, pośrednio, porównań poszczególnych linii DH między sobą poprzez ocenę różnic między nimi a jednym i drugim wzorcem niezależnie. Istotność tych różnic była weryfikowana za pomocą statystyki F porównywanej z wartością krytyczną F_α odczytaną z tablic rozkładu F na poziomie istotności α dla 1 i v_e stopni swobody dla błędu w analizie wariancji.

Podstawowe rezultaty analizy statystycznej doświadczenia jednopowtórzeniowego z liniami DH rzepaku ozimego zostały zawarte w tabelach 1 i 2.

W tabelach 1 a i 1 b zamieszczone zostały kolejno: oznaczenia wybranych (najlepszych) linii DH, ich obserwacje dla danej cechy, oceny efektów transgresji tych linii oraz wyniki testowania ich istotności na poziomie $\alpha = 0,05$ (zaznaczone jedną gwiazdką) i na poziomie $\alpha = 0,01$ (zaznaczone dwiema gwiazdkami przy wartościach statystyki F). Kolejna kolumna zawiera procenty średnich cech linii DH w odniesieniu do średniej ogólnej wzorca „lepszego”, czyli procenty średnich linii DH względem tej formy rodzicielskiej, która odznaczała się wyższą średnią ogólną danej cechy. Wreszcie w ostatniej kolumnie omawianych tabel podane są pozycje wybranych linii w rankingu wszystkich badanych linii DH. Należy zaznaczyć, że ocena efektu transgresji jest równoznaczna z oceną kontrastu linii DH z danego bloku (pasa) ze średnią „lepszego” wzorca wyliczoną z obserwacji przeprowadzonych na 8 poletkach tego samego bloku.

Analizując tabele 1 a i 1 b łatwo zauważyć większą liczbę linii DH przewyższających „lepszego” wzorzec oraz wyższe wartości statystyki F dla masy tysiąca nasion aniżeli w przypadku zawartości tłuszczu w nasionach. Również procent wzorca ogólnego u istotnie

najlepszych linii DH wahał się od 134,3% do 109,3% dla masy tysiąca nasion, podczas gdy dla zawartości tłuszczu od 108,7% do 104,2% W rankingach dotyczących wymienionych wyżej cech żadna z linii nie wystąpiła dwukrotnie.

Tabela 1

Oceny i wyniki testowania efektów transgresji linii DH i ich ranking dla masy tysiąca nasion i zawartości tłuszczu w nasionach
Estimates and results of testing the transgression effects of DH lines and their rank for 1000 seeds weight and oil content in seeds

a/ Masa tysiąca nasion (MTN)
 1000 seeds weight (TSW)

Linia DH DH line	Średnia Mean (g)	Efekt transgresji Effect of transgression		% wzorca % of standard	Ranking Rank
		Ocena Estimate	Test F F-test		
WC 19	5,75	1,60	70,66**	134,3	1
CW 55	5,15	0,91	22,67**	120,3	2
CW 32	4,97	0,77	16,47**	116,1	3
WC 29	4,96	0,76	16,05**	115,9	4
WC 3	4,91	0,76	15,94**	114,7	5
CW 102	5,04	0,71	14,06**	117,8	6
CW 31	4,89	0,69	13,24**	114,3	7
WC 34	4,86	0,66	12,12**	113,6	8
CW 116	4,90	0,57	9,09**	114,5	9
CW 34	4,77	0,57	9,05**	111,4	10
WC 46	4,68	0,42	4,78*	109,3	11
CW 111	4,74	0,41	4,73*	110,7	12
WC 63	4,65	0,41	4,56*	108,6	13
CAL	4,28				
W15(standard)	4,26				

b/ Zawartość tłuszczu w nasionach
 Oil content in seeds

CW 109	51,2	4,5	14,23**	108,7	1
WC 68	49,8	3,3	7,81**	105,7	2
WC 66	49,5	3,0	6,47**	105,1	3
CW 89	49,4	2,7	5,11*	104,9	4
WC 3	50,3	2,7	5,01*	106,8	5
CW 105	49,1	2,4	4,03*	104,2	6
CW 69	48,8	2,3	3,82	103,6	7
CW 50	50,0	2,3	3,78	106,2	8
CW 47	49,4	1,7	2,07	104,9	9
CAL	46,6				
W15(standard)	47,1				

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; * Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; ** Significant at $\alpha = 0.01$

Jak już zaznaczyliśmy w paragrafie Materiał doświadczalny, występujące w doświadczeniach linie DH oraz formy rodzicielskie można zaklasyfikować do jednej z czterech populacji: populacji linii DH uzyskanych mieszańców F_1 krzyżówek Californium $\times$ W-15 oznaczanych symbolem CW, populacji linii DH otrzymanych z mieszańców krzyżówki W-15 $\times$ Californium oznaczanych symbolem WC oraz dwu populacji rodzicielskich CAL i W-15.

W tabelach 2 a i 2 b przedstawiono charakterystyki statystyczne dotyczące wszystkich czterech populacji. Oprócz średnich wartości omawianych wyżej cech, minimalnych i maksymalnych wartości tych cech dla każdej populacji wyznaczono odchylenia standardowe oraz współczynniki zmienności. Przeprowadzony niezależnie dla każdej cechy podział populacji na grupy jednorodne istotnie różniące się między sobą pozwolił wyróżnić dwie grupy (CAL, W-15) ze średnią 46,8 oraz (CW, WC) ze średnią 46,1 jedynie dla zawartości tłuszczu w nasionach.

Tabela 2

Charakterystyki statystyczne populacji linii DH oraz populacji rodzicielskich rzepaku ozimego dla masy tysiąca nasion oraz zawartości tłuszczu w nasionach
Statistical characteristics of DH line populations and parental populations of winter oilseed rape for 1000 seeds weight and oil content in seeds

a/ Masa tysiąca nasion (MTN) 1000 seeds weight (TSW)						
Populacje Population	Liczebność Number	Średnia Mean (g)	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności w % Coefficient of variation in %	Min Min	Max Max
Linie DH DH lines						
CW	116	4,26	0,33	7,72	3,30	5,15
WC	94	4,21	0,38	9,15	3,39	5,75
Rodzice Parents						
CAL	40	4,28	0,20	4,74	3,92	4,71
W-15	40	4,26	0,15	3,63	3,98	4,58
b/ Zawartość tłuszczu w nasionach Oil content in seeds						
Linie DH DH Lines						
CW	116	46,1	1,73	3,76	40,6	51,2
WC	94	46,2	1,93	4,19	41,3	50,3
Rodzice Parents						
CAL	40	46,6	1,10	2,36	44,5	48,5
W-15	40	47,1	1,18	2,51	44,6	49,4

Porównanie populacji linii DH i form rodzicielskich między sobą zawiera tabela 3.

Dane opisane w rozdziale Materiał i Metody doświadczenia jednopowtórzeniowego z wzorcami, dotyczące populacji linii DH będących pełnymi homozygotami oraz populacji form rodzicielskich, zostały także wykorzystane do oceny niektórych parametrów genetycznych dla badanych cech (tab. 4). Średnia dla linii ekstremalnych oraz średnia wartość wszystkich linii DH populacji CW i niezależnie populacji WC stanowiły podstawę oceny efektów addytywnego działania genów [d_L] oraz efektów współdziałania *loci* homozygotycznych [i] (Surma i in., 1984). Ocenę efektów addytywnego działania genów znaleziono także na podstawie średnich wartości populacji średnich rodzicielskich (parametr [d_P], Mather i Jinks (1982). Porównanie ocen efektów addytywnego działania

genów obiema metodami pozwala wnioskować o stopniu asocjacji alleli w populacji linii DH w stosunku do form rodzicielskich.

Tabela 3

Oceny i wyniki testowania kontrastów między średnimi populacji linii DH (CW i WC) oraz populacji rodzicielskich (CAL i W-15)

Estimates and results of testing the contrast between means for populations of DH lines (CW and WC) and parental populations (CAL and W-15)

Kontrast Contrast	Ocena dla: Estimate for:	
	masy tysiąca nasion — 1000 seeds weight	zawartości tłuszczu w nasionach — oil content in seeds
CW — WC	0,043	-0,09
CW — CAL	-0,020	-0,50
CW — W-15	-0,004	-0,99**
WC — CAL	-0,064	-0,41
WC — W-15	0,047	-0,90**
CAL — W-15	0,017	-0,49

* Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$; * Significant at $\alpha = 0.05$

** Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$; **Significant at $\alpha = 0.01$

Tabela 4

Oceny parametrów genetycznych wyznaczone na podstawie populacji rodzicielskich oraz populacji linii DH rzepaku ozimego

Estimates of genetic parameters obtained on the basis of parental populations and DH line populations of winter oilseed rape

Cecha Trait	Mieszańce F_1 F_1 hybrids	Ocena efektu addytywnego [d_L] Estimate of additive effect [d_L]	Ocena efektów współdziałania homozygotycznych loci [i] Estimate of non- allelic interaction effect homozygous loci [i]	Ocena parametru [d_p] Estimate of parameter [d_p]	Ocena liczby genów (czynników efektywnych) Number of genes (effective factors)
Masa tysiąca nasion 1000 seeds weight	CAL $\times$ W-15 W-15 $\times$ CAL	0,92 1,18	-0,04 0,36	0,39 0,30	9 9
Zawartość tłuszczu w nasionach Oil content in seeds	CAL $\times$ W-15 W-15 $\times$ CAL	5,30 4,50	-0,20 -0,39	2,00 2,40	6 5

Ponadto dla obu populacji linii podwojonych haploidów i dla wszystkich badanych cech wyznaczono liczby czynników efektywnych (liczby genów) zgodnie ze wzorem zaproponowanym przez Kaczmarka i wsp. (1998). Wyliczone wartości zamieszczono w tabeli 4. Uwagę zwracają niemal identyczne oceny liczby genów dla populacji linii DH pochodzących z krzyżowania form rodzicielskich w jednym i drugim kierunku.

PODSUMOWANIE

Opracowano metodykę analizy statystycznej doświadczenia jednopowtórzeniowego z wzorcami prowadzonego we wczesnym etapie hodowli. W doświadczeniu tym, obok populacji linii DH, występowały populacje obu form rodzicielskich traktowane jako

wzorcowe. Metody analizy oparte na teorii układów o blokach niekompletnych umożliwiły uzyskanie szeregu informacji, które mogą być wykorzystane w dalszych etapach hodowli twórczej. W szczególności interesujące mogą się okazać takie informacje jak:

- oceny kontrastów linii DH — „lepszy” wzorzec będące równocześnie ocenami efektów transgresji badanych linii,
- wyniki testowania istotności porównań linii DH z wzorcami,
- procentowe odniesienie wartości cechy badanych linii do „lepszego” wzorca,
- rankingi linii DH dla badanych cech,
- charakterystyki statystyczne populacji linii DH i populacji form rodzicielskich,
- oceny i wyniki testowania kontrastów między tymi populacjami,
- podział wymienionych populacji na grupy jednorodne,
- określenie wpływu efektów matecznych na linie DH poprzez zbadanie istotności różnic między średnimi populacji linii DH uzyskanych z mieszańców F_1 z krzyżowania w jednym i w drugim kierunku,
- oceny niektórych parametrów genetycznych, tj. efektów addytywnego działania genów, efektów współdziałania *loci* w stanie homozygotycznym oraz liczby czynników efektywnych (liczby genów).

LITERATURA

- Adamski T., Kaczmarek Z., Madajewski R., Surma M. 1992. Struktura interakcji linii autodiploidalnych i rodów jęczmienia ze środowiskiem na podstawie serii doświadczeń jednopowtórzeniowych z wzorcem. W zbiorze: Dwudzieste drugie Colloquium Metodologiczne z Agrobiometrii, PAN: 250 — 261.
- Bakinowska E., Bocianowski J., Budka A., Pilarczyk W., Zawieja B., Ambroży K. 2009. Estymacja wariancji błędów w hodowlanych doświadczeniach jednopowtórzeniowych z replikowanymi obiektami wzorcowymi. Nauka dla Hodowli Roślin, Zakopane 2009: 139.
- Barbacki S. 1935. Ogólna metodyka doświadczeń polowych w zarysie. Puławy.
- Brykczyńska W. 1947. Wskazówki do przeprowadzenia doświadczeń polowych. Warszawa.
- Caliński T., Ceranka B. 1976. Układy zrównoważone o blokach niekompletnych rozszerzone obiektami wzorcowymi. W zbiorze: Szóste Colloquium Metodologiczne z Agrobiometrii. PAN, Warszawa: 189 — 205.
- Cegielska T., Szała Ł. 1997. Regeneracja roślin z mikrosporum zarodków rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.) Rośliny Oleiste XVIII: 21 — 30.
- Ceranka B., Chudzik H., 1977. Doświadczenia jednopowtórzeniowe z wzorcem. W zbiorze: Siódme Colloquium Metodologiczne z Agrobiometrii. PAN, Warszawa: 318 — 331.
- Cullis B. R., Warwick J. L., Fisher J. A., Read B.J., Gleeson A. C. 1989. A new procedure for the analysis of early generation variety trials. Appl. Statist. 38: 361 — 375.
- Dobek A., Kaczmarek Z., Kielczewska H., Łuczkiwicz T. 1987. Analiza krzyżówek typu linia × tester porównywanych w doświadczeniach jednopowtórzeniowych. Algorytmy biometryczne i statystyczne. ABS-122: 29 — 46.
- Dobek A., Kala R. 1995. On the analysis of experiments with unreplicated varieties. Biuletyn Oceny Odmian, z. 26-27: 73 — 82.
- Gołaszewski J. 1997. Zastosowanie metod geostatystyki w doświadczalnictwie polowym. Listy Biometryczne — Biometrical Letters. Vol. 34 Nr 2: 63 — 85.
- Gołaszewski J. 2000. Analiza zmienności przestrzennej w doświadczeniach polowych. Fragmenta Agronomica Nr 4 (68). Puławy.

- Kaczmarek Z., Kiełczewska H., Łuczkiwicz T. 1984. Analiza potomstwa otrzymanego z krzyżówek typu linia $\times$ tester porównywanego w doświadczeniu jedno-powtórzeniowym z wzorcami. *Listy Biometryczne* vol. 21 (2): 35 — 55.
- Kaczmarek Z., Kiełczewska H., Łuczkiwicz T. 1985. Analiza statystyczno-genetyczna doświadczeń jednopowtórzeniowych z wzorcem na przykładzie doświadczenia z rodami pszenicy jarej. W zbiorze: *Piętnaste Colloquium Metodologiczne z Agrobiometrii*, PAN, Warszawa: 183 — 194.
- Kaczmarek Z., Surma M., Adamski T., 1988. Epistatic effects in estimation of the number of genes on the basis of doubled haploid lines. *Genet. Pol.* 29: 353 — 359.
- Kempton R., 1984. The design and analysis of unreplicated field experiments. *Vtr. Pflanzenchtg.* 7: 219 — 242.
- Mather K., Jinks J. L. 1982. *Biometrical Genetics* (3ed.) Chapman and Hall, London.
- Pesek J. 1974. The efficiency of controls in balanced incomplete block design. *Biometrical Zeitschrift* 15, 21 — 26.
- Przyborowski J., Wileński H. 1937. *Metoda przeprowadzania doświadczeń z zastosowaniem poletek wzorcowych*. Kraków.
- Surma M., Adamski T., Kaczmarek Z. 1984. The use of doubled haploid lines for estimation of genetic parameters. *Genet. Pol.* 25: 27 — 32.
- Załęski E. 1927. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Lwów.

BŁAŻEJ HERNACKI^{1, 2}**IWONA BARTKOWIAK-BRODA**¹**ALEKSANDRA PIOTROWSKA**¹**TERESA CEGIELSKA-TARAS**¹¹ Zakład Genetyki i Hodowli Roślin Oleistych, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Poznaniu² Wydział Biologii, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Poznań

Rozważania nad mapowaniem genetycznym QTL odpowiedzialnym za cechę żółtonasienności rzepaku ozimego (*Brassica napus* L.)*

A consideration on genetic mapping of QTL responsible for the yellow-seedness in winter rapeseed (*Brassica napus* L.)

Nasiona rzepaku żółtonasiennego zawierają mniej włókna pokarmowego, a więcej tłuszczu i białka, w porównaniu do ciemnych nasion rzepaku. Wpływa to pozytywnie na podatność nasion na tłoczenie i wartość paszową poekstrakcyjnej śruty oraz wytłoków. Jednocześnie jednak pogorszeniu ulegają odporność roślin na patogeny i cechy mechaniczne nasion. Głęboka zmiana genotypu wiąże się również z obniżeniem plenności. Charakterystyka genetyczna uzyskanych w Zakładzie Genetyki i Hodowli Roślin Oleistych IHAR podwójnie ulepszonych (00) linii rzepaku ozimego żółtonasiennego pozwoli na usprawnienie i właściwe ukierunkowanie hodowli tego typu odmian. Zastosowanie markerów molekularnych sprzężonych z danymi cechami pozwala na precyzyjną selekcję pożądanych genotypów. W celu opracowania markerów sprzężonych z cechą żółtonasienności utworzono dwie populacje mapujące linii podwojonych haploidów (DH) złożone z potomstwa otrzymanego w wyniku skrzyżowania dwóch linii żółtonasiennych DH z dwoma czarnonasiennymi liniami DH. Rośliny z obu populacji liczących po około sto linii są obecnie poddawane analizom cech fenotypowych oraz mapowaniu genetycznemu. Do tego ostatniego zadania wybrano kilkadziesiąt standardowych starterów RAPD typowych dla rzepaku oraz jedenaście starterów RAPD o sekwencjach projektowanych, generujących opisane w literaturze markery sprzężone z kolorem nasion. Przeprowadzone dotąd badania wykazały iż większość z tych markerów generuje polimorficzne obrazy rozkładu produktów amplifikacji. Oprócz tego w projekcie w dalszej perspektywie planowane jest użycie trzydziestu par starterów AFLP (z czego piętnaście par generuje opisane sprzężenie z kolorem nasion), ponadto mapę genomu uzupełni również analiza za pomocą mikrosatelitów. Opracowana szczegółowa mapa genomu

*Badanie finansowane są przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, z projektu badawczego rozwojowego nr R1204703 „Rzepak żółtonasienny jako źródło białka paszowego” oraz częściowo tematu „Mapowanie genów żółtonasienności u rzepaku ozimego oraz badanie interakcji genotypów żółtonasiennych ze środowiskiem” w problemie „Postęp biologiczny w produkcji roślinnej” 4-2-01-4-02 finansowanego przez MRiRW

linii żółtonasiennych ze sprzężonymi markerami dla genów istotnych z punktu widzenia hodowli zostanie porównana z innymi mapami genetycznymi rzepaku.

Słowa kluczowe: rzepak ozimy (*Brassica napus*), żółtonasiennność, RAPD, AFLP, QTL – loci cech ilościowych, sprzężenie genetyczne, mapowanie

The yellow seeds of rapeseed contain less fibre and are characterized by higher fat and protein content than the dark seeds. These features have a positive influence on seed performance in oil pressing and on feeding value of the meal and mill cake. However, the resistance to pathogens and the values of mechanical traits are comparatively lower. Moreover, the substantial change in genotype effects in the decrease in yielding level of the yellow-seeded plants. Genetic characterization of double low (00) yellow-seeded lines obtained at the Department of Genetics and Breeding of Oilseed Crops of the Plant Breeding and Acclimatization Institute can contribute to improving the strategy of breeding of yellow-seeded varieties. The use of molecular markers linked to specific traits is a simple way to fast and precise selection of desired genotypes. For mapping and searching for markers linked to the yellow-seedness, two populations were developed from two reciprocal crossings of two yellow-seeded doubled haploid (DH) lines and two DH black-seeded lines. Plants from both populations, each consisted of about one hundred individuals, have already been analyzed phenotypically and mapped genetically. For the latter task, several dozen standard Operon RAPD primers and eleven RAPD primers, which are described in literature as generating markers linked to the colour of seeds, were chosen. The results obtained hitherto strongly suggested that the majority of the primers used generate polymorphic products of DNA amplification. In further studies it is planned to use thirty pairs of AFLP primers, fifteen of which have been described to generate markers linked to the colour of seeds. Moreover, the genome map will be supplemented by the data from analysis done using microsatellites. Such a detailed genetic map of the genome of yellow-seeded lines with markers linked to important qualitative genes will be compared with other genetic maps of oilseed rape.

Key words: winter rapeseed (*Brassica napus*), yellow-seedness, RAPD, AFLP, QTL — quantitative trait loci, genetic linkage, mapping

WSTĘP

Rzepak jest rośliną przemysłową o wzrastającym znaczeniu gospodarczym w Unii Europejskiej i świecie. Olej rzepakowy jest uznawany za jeden z najzdrowszych olejów jadalnych, a biokomponenty do oleju napędowego produkowane obecnie w krajach UE są oparte prawie wyłącznie na oleju rzepakowym. Produkty uboczne jakimi są poekstrakcyjna śruta i wytloki mogą być wykorzystane jako wartościowa pasza wysokobiałkowa o korzystnym składzie aminokwasów. Wartość nasion rzepaku dla celów spożywczych, paszowych i przemysłowych może być w dalszym ciągu poprawiana, poprzez zmniejszenie zawartości w nich włókna pokarmowego i związków polifenolowych z czym wiąże się zwiększenie zawartości tłuszczu i białka. Duża zawartość włókna i polimerów utrudnia przyswajanie białka oraz obniża wartość energetyczną śruty i wytlóków (Rashid, Rakow, 1999; Piotrowska i in., 2003; Potapov, Osipova, 2003).

Osiągnięcie tych celów może zapewnić wyhodowanie odmian żółtonasiennych, zachowujących pozytywne cechy odmian podwójnie ulepszonych („00”). Nasiona rzepaku żółtonasiennego posiadają znacznie cieńszą okrywę nasienną, z czym związana jest niższa zawartość włókna pokarmowego oraz barwników fenylopropanoidowych. Aminokwasy wykorzystywane do syntezy tych związków (szlak szikimofenyloalaninowy) kierowane są na inne drogi metaboliczne. Znacząca ilość włókna skoncentrowana jest w warstwie

palisadowej, która w przypadku nasion żółtych jest zredukowana od około połowy do dwóch trzecich swej naturalnej grubości, odpowiednio zmniejszona jest też zawartość związków polifenolowych i lignin (Rahman i in., 2001). Przez cienką, wręcz przezroczystą okrywę nasienną widoczne są liścienie zarodka, co daje efekt żółtych nasion. Redukcja grubości okrywy wpływa pozytywnie na podatność nasion na tłoczenie i wartość paszową wyłoków oraz śruty poekstrakcyjnej. Jednocześnie jednak pogorszeniu ulegają odporność na patogeny i cechy mechaniczne nasion. Głęboka zmiana genotypu wiąże się również z obniżeniem plenności (Neubert i in., 2003; Ochodzki i in., 2003).

Formy żółtonasienne rzepaku nie występują naturalnie w przyrodzie. Jednak w obrębie rodzaju *Brassica* żółtonasienne formy występują u gatunków *B. rapa* i *B. oleracea* — uważanych za prekursorowe dla allotetraploida jakim jest rzepak. Wysoka homologia, czy wręcz identyczność poszczególnych genomów stwarza możliwość resyntezy rzepaku wydającego nasiona żółte z innych żółtonasiennych gatunków z rodzaju *Brassica* (Lydiata i in., 1999). Proste podejścia nie zawsze jednak gwarantują stabilność i wysoki stopień odziedziczalności cechy żółtonasienności. Resyntetyzowane z gatunków podstawowych linie rzepaku odbiegają jednak zazwyczaj od norm jakościowych rzepaku podwójnie ulepszanego (Rahman, 2001). Uzyskane linie celem ustabilizowania i poprawienia cechy często są poddawane dalszym krzyżowaniom z innymi żółtonasiennymi liniami lub gatunkami oraz z czarnonasiennymi formami rzepaku o wysokiej wartości cech użytkowych, aby przenieść cechę żółtonasienności do linii hodowlanych.

Podwójnie ulepszone linie żółtonasienne rzepaku ozimego uzyskane w Zakładzie Genetyki i Hodowli Roślin Oleistych IHAR wykazują stabilną ekspresję genów warunkujących żółtonasiennność, są oryginalnym źródłem tej cechy w stosunku do innych uzyskanych w różnych ośrodkach na świecie.

Najlepszym sposobem poznania genów i ich alleli warunkujących cechę żółtonasienności wydaje się być znalezienie odpowiednich markerów genetycznych, sprzężonych z fenotypową cechą koloru nasion dla możliwie jak największej liczby linii. W tym celu tworzy się mapy genetyczne poprzez analizę tzw. populacji mapujących — roślin potomnych w stosunku do wysoce homozygotycznych linii różniących się kolorem nasion. Trwają również prace mające na celu zmapowanie genów odpowiedzialnych za negatywne cechy związane z żółtonasiennością (Nguyen i in., 2007).

Dla poprawienia cech agronomicznych linii żółtonasiennych planuje się także tworzenie odmian mieszańcowych, w których występujący efekt heterozji zapewniłby zwiększenie plenności, a także wyprowadzenie genotypów odporniejszych na patogeny. Charakterystyka genetyczna posiadanych linii pozwoli na opracowanie schematu hodowli wspomaganej markerami molekularnymi. Wytworzenie materiałów wyjściowych do hodowli rzepaku ozimego żółtonasiennego, o najbardziej pożądanym składzie biochemicznym oraz korzystnych cechach agronomicznych zostanie usprawnione i właściwie ukierunkowane, dzięki znajomości genetyki posiadanego źródła żółtonasienności oraz precyzyjnej selekcji, jaką oferuje zastosowanie sprzężonych z danymi cechami markerów molekularnych — (ang. Marker Assisted Selection — MAS).

POCHODZENIE I CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDŁA ŻÓŁTONASIENNOŚCI

Różne gatunki z rodzaju *Brassica* posiadają różne geny determinujące cechę żółtonasienności. Doniesienia różnych autorów świadczą nie tylko o niejednorodności genetycznych źródeł żółtego koloru nasion, ale także o ilościowym i addytywnym charakterze tej cechy. Poszczególne źródła żółtonasienności są determinowane przez różną liczbę genów. Na ogół istnieje jeden lub kilka *loci* silnie ją determinujących oraz geny o mniejszym znaczeniu. Krytyczną wydaje się być konieczna obecność genów żółtonasienności na obu podwójnych genomach — przynajmniej jednego recesywnego homozygotycznego genu ze szlaku syntezy pigmentu wyłączającego ten szlak na każdym genomie (Rashid i in., 1994); w przypadku rzepaku genotypu oznaczonego jako: $A^yA^yC^yC^y$.

Badane w niniejszej pracy linie pochodzą z krzyżowań spontanicznego mutantu, znalezione w materiałach hodowlanych rzepaku ozimego podwójnie ulepszanego, o jaśniejszej okrywie nasiennej (prawdopodobnie z zaburzeniem biosyntezy flawonoidów), z linią jarą pochodzącą z krzyżowania *B. napus* × *B. rapa*, otrzymaną z Kanady, a pochodzącą ze Szwecji — z badań przeprowadzonych przez Olssona (linia z żółtym nakrapianiem, segregowała w silnej zależności od warunków środowiskowych — dane niepublikowane). W wyniku chowu wsobnego i selekcji otrzymano linie żółtonasienne (Piotrowska i in., 2003).

Tabela 1

Charakterystyka otrzymanych linii żółtonasiennych. Skala zabarwienia 5-żółte; 1-czarne. Średnie dla 142 linii wyselekcjonowanych w pokoleniach F₄ i F₅ mieszańców uzyskanych z krzyżowań między liniami żółto- oraz odmianami czarnonasiennymi
Characteristics of the obtained yellow-seeded lines. The colour scale: 5-yellow; 1-black. Average for 142 lines selected from F₄ and F₅ generations of hybrids between yellow-seeded lines and black-seeded varieties

Cecha Traits	Średnia Mean		Minimum linii żółtonasiennych Min. of yellow-seeded lines	Maksimum linii żółtonasiennych Max. of yellow-seed lines	Współczynnik zmienności Coefficient of variability
	wzorzec v. Lisek standard	linie lines			
Zawartość tłuszczu — Fat content (%)	45,8	50,9	44,6	54,6	4,6
Zawartość białka — Protein content (%)	17,1	19,4	16,9	22,4	6,2
Glukozynolany — Glucosinolates [μM/g nasion; seeds]	9,0	7,9	3,1	14,9	29,3
ADF — Acid detergent fibre (%)	22,1	13,0	10,3	17,7	13,1
NDF — Neutral detergent fibre (%)	28,8	19,4	16,6	25,6	9,6
Plon nasion — Yield of seeds (dt/ha)	36,8	25,5	13,3	35,7	19,7
Plon tłuszczu — Yield of oil (dt/ha)	16,8	13,1	5,9	19,3	22,5
Zabarwienie nasion Colour of seeds	czarne black	4,0	1,7	5,0	20,9
Masa 1000 nasion — 1000 seeds weight (g)	4,0	4,4	3,5	5,2	8,2

Uzyskane formy charakteryzowały się zmniejszoną plennością i zimotrwałością, przejawiały skłonność do porastania nasion w łuszczykach, ale równocześnie charaktery-

zowały się wysoką zawartością tłuszczu i białka, a niską glukozynolanów oraz nie mniejszą niż odmiany czarnonasienne podatnością na patogeny (tab. 1).

DETERMINACJA GENETYCZNA

Analiza pokoleń segregujących, uzyskanych w wyniku krzyżowania linii podwojonych haploidów (DH) żółtonasiennych i DH czarnonasiennych w układzie diallelicznym kompletnym, dała podstawę (segregacja koloru nasion) do określenia sposobu dziedziczenia cechy żółtej w analizowanych liniach. O cesze tej decyduje genotyp rośliny matecznej (kolor nasion F_1), dwie pary alleli z prawdopodobnym występowaniem zjawiska epistazy, przy czym czarny fenotyp jest dominujący (pośrednie zabarwienie nasion F_2 , stosunek 1:15 — żółte do żółto brązowych, brązowych i czarnych — w nasionach pokolenia F_3 (tab. 2). Wyjątek stanowiły dwie kombinacje (spośród 70), gdzie o żółtym zabarwieniu decydował jeden gen recesywny (Piotrowska, Krótka 2004). W obu przypadkach rodzicem czarnonasiennym były linie DH wyprowadzone z odmiany Wotan, co wobec jednorodności źródła linii żółtonasiennych, sugeruje odmienną genetyczną odmianę. Prawdopodobnie, w jednym z genomów odmiany — A, lub C występuje polimorfizm dotyczący alleli determinujących żółtonasienną (w postaci nie ujawniających się alleli recesywnych).

Tabela 2

Segregacja zabarwienia nasion w pokoleniu F_3 ; testowanie zgodności rozszczepień dla stosunku 15:1
Skala zabarwienia 5-żółte; 1-czarne
Segregation of seed colour in F_3 generation; testing the conformity of splits for 15:1 proportion. A scale of colours: 5-yellow; 1-black

Poz. Item	Kombinacje Combinations	Zabarwienie nasion Seed colour						Suma Total	χ^2_{obl} χ^2_{calc}
		5	4	3	2	1	cz		
1	DH 38 × DHcz	3	8	7	21	9	6	54	0,0049
2	DH 114 × DHcz	4	3	8	15	11	11	52	0,0205
3	DH 129 × DHcz	0	0	3	12	5	16	36	1,4519
4	DH 134A × DHcz	2	1	3	10	2	19	37	0,0162
Suma pozycji 1–4 Total of 1–4 items		9	12	21	58	27	52	179	0,2715
5	DH H ₆ -105 × DHż	8	12	10	15	0	24	69	2,513
6	DH W-40 × DHż	0	3	0	7	15	30	55	2,6776
7	DH O-120 × DHż	6	6	17	22	0	14	65	0,5426
Suma pozycji 5–7 Total of 5–7 items		14	21	27	44	15	68	189	0,2571
Suma pozycji 1–7 Total of 1–7 items		23	33	48	102	42	120	368	0,0116

POPULACJE MAPUJĄCE

W celu opracowania markerów sprzężonych z cechą żółtonasienną utworzono dwie populacje mapujące linii podwojonych haploidów, złożone z potomstwa jakie otrzymano krzyżując dwie linie żółtonasienne (DH 114, DH 129I) z dwoma czarnonasiennymi

liniami DH H₅ 105 („00”), DH W-40 (odmiana „00” Wotan). Rośliny z obu populacji liczących po około sto linii są obecnie poddawane analizom cech fenotypowych oraz mapowaniu genetycznemu. Łącznie jest to 195 linii DH zróżnicowanych pod względem koloru nasion. Ocenione w 5-cio stopniowej skali rozłożenie koloru nasion wydawanych przez poszczególne linie jest następujące: linie o nasionach czarnych (1) do ciemnobrązowych (2) do brązowych (3) do brązowożółtych (4) do żółtych (5), jak: 60 : 48 : 37 : 32 : 18; tj. w przybliżeniu: 10 : 8 : 6 : 5 : 3.

Oprócz wizualnej oceny barwy nasion, mierzona jest ona fotometrycznie za pomocą aparatu typu colorflex. Ponadto badany jest skład biochemiczny nasion (zawartość składników pokarmowych – białka, tłuszczu i włókna) oraz mierzone są takie cechy jak: zawartość chlorofilu, masa 1000 nasion, liczba łuszczyń na roślinie i nasion w łuszczyźnie, zdolność kiełkowania nasion i inne cechy, którymi różnią się poszczególne linie w obrębie populacji mapujących.

CHARAKTERYSTYKA MOLEKULARNA POPULACJI MAPUJĄCYCH

Izolację DNA za pomocą metody Doyle & Doyle (1990) przeprowadzono z materiału pobranego w podobnym stadium rozwojowym roślin (pierwszy młody listek). Po izolacji próby oceniano wstępnie na żelu agarozowym, natomiast dokładną gęstość i czystość DNA spektrofotometrycznie za pomocą nanodropu.

Tabela 3

Podsumowanie starterów RAPD sprzężonych z kolorem nasion (UBC – startery Somersa i in., 2001, Y-N90-1016, GH01, Yellow 350, 360 - linie żółtonasienne rzepaku; Apollo - odmiana czarnonasienna, Ziejie odmiana B.juncea - czarnonasienna)

Summary for RAPD primers linked to seed colour (UBC primers of Somers et al., 2001 primers, Y-N90-1016, GH01, Yellow 350, 360 – yellow-seeded lines; Apollo - blackseeded variety, Ziejie – blackseeded variety of B.juncea)

UBC primer Starter UBC	Sekwencja 5' - 3' 5' - 3' sequence	Allele Alleles
486	CCAGCATCAG	YN90-1016
365	TAGACAGAGG	Apollo
89a	GGGGGCTTGG	YN90-1016
335	TGGACCACCC	YN90-1016
88	CGGGGGATGG	Apollo
282	GGGAAAGCAG	YN90-1016
89b	GGGGGCTTGG	YN90-1016
555	GTGAACAGCA	YN90-1016
Inne specyficzne markery RAPD Other specific RAPD markers		
Li i in., 2003	ATTCGGTAGG	GH01
Yan i in., 2007	ACCCGGAAAC	Ziejie
S1129	GGGGGAGATG	Yellow 350
S1130	CTGTGTGCTC	Yellow 360

Gęstość wszystkich prób została doprowadzona do 5 ng/μl. Na tak przygotowanych ekstraktach przeprowadza się obecnie reakcje RAPD-PCR, w celu wygenerowania markerów różnicujących linie w populacjach, a jednocześnie sprzężonych z wyżej

wymienionymi cechami. Wytypowano kilkadziesiąt starterów typu Operon, powszechnie używanych w analizach genetycznych rzepaku oraz jedenaście niestandardowych, które generują markery sprzężone z żółtym kolorem nasion rzepaku. Ich przydatność została potwierdzona we wcześniejszych publikacjach (tab. 3).

Oprócz tego w projekcie w dalszej perspektywie planowane jest użycie trzydziestu par starterów AFLP, z czego kilkanaście par generuje opisane w literaturze markery sprzężone z kolorem nasion. Te ostatnie prezentuje tabela 4 (zachowane zostały powtórzenia by pokazać oryginalny zestaw użyty przez autorów). Ponadto mapę genomu uzupełni również analiza za pomocą markerów mikrosatelitarnych.

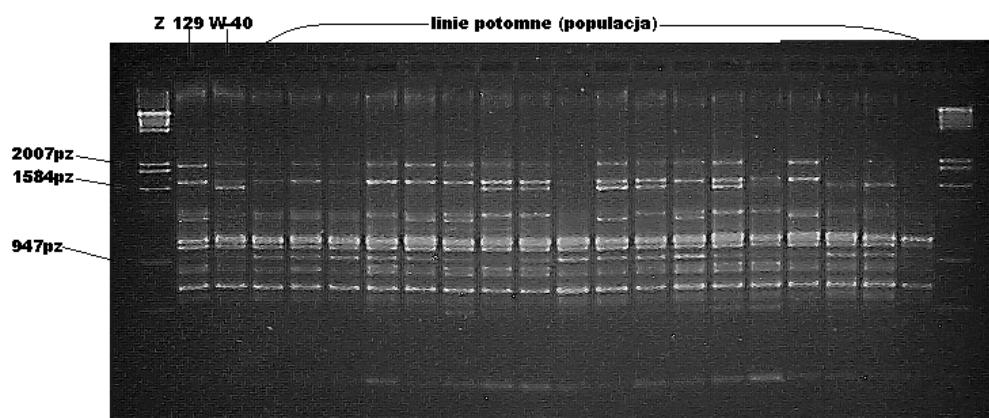
Tabela 4

Podsumowanie zestawów markerów AFLP sprzężonych z kolorem nasion
Summary for the sets of AFLP markers linked to seed colour

Yan i in., 2007	Sabharwal i in., 2004	Negi i in., 2000
1E E-AAC+M-CTA AFLP-2 350 Yellow	E-ACA M-CTG350 0.69 Yellow	1E E-AAC+M-CTA AFLP-2 350 Yellow
1E E-AAC+M-CTA AFLP-5 250 Brown	E-AAC M-CTC235 0.834 Brown	1E E-AAC+M-CTA AFLP-5 250 Brown
1F E-AAC+M-CTC AFLP-8 235 Brown	E-AAC M-CTA250 0.892 Brown	1F E-AAC+M-CTC AFLP-8 235 Brown
4A E-ACC+M-CAA AFLP-10 150 Yellow	E-ACA M-CTG200 0.925 Yellow	4A E-ACC+M-CAA AFLP-10 150 Yellow
4A E-ACC+M-CAA AFLP-14 300 Brown	E-ACC M-CAT200 0.942 Brown	4A E-ACC+M-CAA AFLP-14 300 Brown
4D E-ACC+M-CAT AFLP-22 250 Brown	E-ACC M-CTA300 0.955 Yellow	4D E-ACC+M-CAT AFLP-22 250 Brown
4E E-ACC+M-CTA AFLP-29 150 Brown	E-AAC M-CAC250 0.983 Yellow	4E E-ACC+M-CTA AFLP-29 150 Brown
	E-ACC M-CAT300 0.985 Yellow	
	E-ACC M-CTA150 0.987 Brown	
	E-ACC M-CAT150 0.99 Brown	
	E-AAC M-CAC200 0.991 Brown	
	E-ACC M-CAT180 0.991 Brown	
	E-AGC M-CTA180 0.992 Yellow	
	E-ACC M-CAT250 0.993 Brown	
	E-AGG M-CTA300 0.995 Brown	

OCZEKIWANE WYNIKI I DYSKUSJA

Dotychczas przeprowadzone badania z użyciem starterów RAPD ukazują w większości przypadków polimorfizm produktów amplifikacji DNA na elektroforegramach w populacjach. Tak było w przypadku sześciu z ośmiu przebadanych starterów specyficznych i dwóch z trzech starterów standardowych. Jednak zadowalającego wyniku nie udało się uzyskać przy użyciu *UBC282* postulowanego przez Somersa i wsp. (2001) jako marker o najściślejszym sprzężeniu. Nie udało się również wykazać polimorfizmu genetycznego przy użyciu markera *OPA-07*. Natomiast ewidentne sprzężenie z kolorem nasion wykazują markery generowane przez statery opracowane dla linii *GH01* (Li i in., 2003) i dla żółtonasiennej gorczycy (*B. juncea*) — odmiany *Ziejie* (Yan i in., 2007; rys. 1). Jednak te dane wymagają jeszcze dokładnej analizy statystycznej oraz uzupełnienia danymi dotyczącymi kolejnych markerów. Następnie opracowana szczegółowa mapa genomów żółtonasiennych ze sprzężonymi markerami dla genów istotnych z punktu widzenia hodowli zostanie porównana z innymi mapami genetycznymi rzepaku.



Rys. 1. Elektroforetyczny rozdział produktów reakcji RAPD. Starter *Ziejie* (Yan i in., 2007). Zaznaczone linie rodzicielskie populacji i linie potomne. Wielkość markerów różnicujących populacje wynosi ok. 1600pz

Fig. 1. Electrophoretic distribution of RAPD reaction products. Primer *Ziejie* (Yan et al., 2007). Parental and progeny lines are indicated. The markers for differentiation among populations are about 1600 bp in length

Praca jest częścią większego projektu badawczego mającego na celu charakterystykę genetyczną linii żółtonasiennych, ocenę ich wartości użytkowej i wyprowadzenie materiałów wyjściowych do hodowli odmian komercyjnych. Uzyskane linie żółtonasienne mają wspólne pochodzenie, jednak dla zróżnicowania materiału i podniesienia plenności, a także uwolnienia od cech negatywnych, krzyżowane są z różnymi liniami czarnonasiennymi. Krzyżowanie możliwie odległych genetycznie genotypów pozwala na uzyskanie efektu heterozji (Liersch, 2006). Dokonano już analizy segregacji i dziedziczenia cechy. Charakterystyka molekularna linii i identyfikacja podstawowych genów i QTL za pomocą markerów molekularnych sprzężonych z kolorem nasion/zawartością włókna pozwoli na przeprowadzanie selekcji wspomaganej markerami molekularnymi (MAS) w dalszej hodowli i udoskonalaniu materiału. To samo dotyczy innych pożądaných genów, którym uda się przypisać sprzężenie z markerami molekularnymi. MAS wydaje się być pewną i szybką metodą w nowoczesnej hodowli, dającą możliwość wczesnego typowania roślin o pożądanym fenotypie, bez potrzeby pełnego cyklu hodowlanego. To z kolei umożliwi koncentrację wysiłków na odpowiednich obiektach.

LITERATURA

- Doyle J. J., Doyle J. L. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12: 13 — 15.
- Li J., Chen L., Liang Y., Ye X., Liu, L. 2003. Research and commercial application of the complete dominance yellow seeded gene in *Brassica napus* L. *Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress*, 6–10 July, Copenhagen, Denmark, 1: 202 — 204.
- Liersch A. 2006. Wpływ zmienności genetycznej na efekt heterozji u rzepaku ozimego (*Brassica napus* var. *oleifera*). Praca Doktorska IHAR Poznań.

- Liu Z., Fu T., Wang Y., Tu J., Chen B., Zhou Y., Ma Ch., Shan L. 2006. Development of SCAR and CAPS markers for a partially dominant yellow seed coat gene in *Brassica napus* L. *Euphytica* 149: 381 — 385.
- Lydiat D. J., Sharpe A. G., Parkin I. 1999. Collinearity and homoeologous recombination between the A and C genomes of *Brassica napus*. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, 26–29 September, Canberra, Australia, 4: 1122 — 1124; CD ROM.
- Negi M. S., Devic M., Delseny M., Lakshmikumaran M. 2000. Identification of AFLP fragments linked to seed coat colour in *Brassica juncea* and conversion to a SCAR marker for rapid selection. *Theor. Appl. Genet.* 101: 146 — 152.
- Neubert A. B., Lühs W., Baetzel R., Friedt W. 2003. Influence of seed colour on seed vigour in *Brassica napus*. Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress, 6–10 July, Copenhagen, Denmark, 1: 253 — 256.
- Nguyen T., Friedt W., Snowdon R. 2007. Cloning and mapping a candidate gene for germination and seedling vigour in yellow-seeded oilseed rape. Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, 26–30 March, Wuhan, China, t. 2: 301 — 303.
- Ochodzki P., Piotrowska A., Soerensen J. Ch. Bjerregaard Ch., Soerensen H. 2003. Physical properties and chemical composition of whole seeds, hulls and meals of yellow-seeded rape grown in Poland. Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress, 6–10 July, Copenhagen, Denmark, 3: 705 — 708.
- Piotrowska A., Krótka K. 2004. Genetyczna analiza cechy żółtonasienności u rzepaku ozimego. XXVI Konferencja Naukowa Rośliny Oleiste, Streszczenia Poznań 27–28. 04. 2004: 52 — 53.
- Piotrowska A., Krzymański J. Bartkowiak-Broda I., Krótka K. 2003. Characteristic of yellow-seeded lines of winter rape. Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress, 6–10 July, Copenhagen, Denmark, 1: 247 — 249.
- Potapov D. A., Osipova G. M. 2003. Development of yellow seeded *Brassica napus* in Syberia. Proceedings of the 11th International Rapeseed Congress 6–10 July, Copenhagen, Denmark, 1: 250 — 252.
- Rahman M. H., Joersbo M., Poulsen M. H. 2001. Development of yellow-seeded *Brassica napus* of double low quality. *Plant Breeding* 120: 473 — 478.
- Rahman M. H. 2001. Production of yellow seeded *Brassica napus* through interspecific crosses. *Plant Breeding* 120: 463 — 472.
- Rashid A., Rakow G., Downey R. K. 1994. Development of yellow-seeded *Brassica napus* through interspecific crosses. *Plant Breeding* 112: 127 — 134.
- Rashid A., Rakow G. 1999. Seed quality improvements in yellow-seeded *Brassica napus*. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, 26–29 September, Canberra, Australia, 4: 1145 — 1146; CD OM.
- Sabharwal V., Negi M. S., Banga S. S., Lakshmikumaran M. 2004. Mapping of AFLP markers linked to seed coat colour loci in *Brassica juncea* (L.) Czern. *Theor. Appl. Genet.* 109: 160 — 166.
- Somers D. J., Rakow G., Prabhu V. K., Friesen K. R. D. 2001. Identification of a major gene and RAPD markers for yellow seed coat colour in *Brassica napus*. *Genome* 44: 1077 — 1082.
- Yan M., Liu Z., Guan Ch., Chen S., Yuan M., Liu X. 2007. Molecular markers for the seed coat in *Brassica juncea* (B3). Proceedings of the 12th International Rapeseed Congress, 26–30 March, Wuhan, China, 2: 325 — 329.

JANUSZ ROGACKI¹**ZOFIA BULIŃSKA-RADOMSKA**²**JAKUB DZIENKIEWICZ**²**JÓZEF ADAMCZYK**¹**HENRYK CYGERT**¹¹ HR Smolice Sp. z o.o. Gr. IHAR² Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych, IHAR Radzików

Zróżnicowanie genetyczne linii wsobnych kukurydzy a plonowanie odmian mieszańcowych

Genetic distance among inbred lines of maize and its association with hybrid performance

Celem pracy była ocena zróżnicowania genetycznego 10 linii wsobnych o ziarnie zębokształtnym (dent) i 7 linii o ziarnie szklistym (flint) kukurydzy w relacji do plonowania 70 mieszańców eksperymentalnych powstałych w wyniku czynnikowego układu krzyżowania „dent × flint”. Do oceny zróżnicowania genetycznego 17 linii wsobnych kukurydzy użyto markerów RAPD generowanych w oparciu o technikę PCR. Do powielania znaczników (markerów) wykorzystano 12 semi-specyficznych 18.-nukleotydowych starterów. Wyliczenie wartości współczynnika dystansu genetycznego Nei’a pomiędzy poszczególnymi badanymi liniami zostało przeprowadzone w oparciu o 404 polimorficzne fragmenty DNA. Wartości współczynników dystansu genetycznego wyliczono wg metody Nei & Li (1979). Większość wykorzystanych starterów generowała obrazy z wysokim udziałem fragmentów polimorficznych. Wartości współczynników dystansu genetycznego uzyskane dla par linii były stosunkowo wysokie i zawierały się w przedziale od 0,29 do 0,72. Analiza skupień przeprowadzona metodą średnich połączeń (UPGMA) wartości współczynników dystansu genetycznego dała podstawę do wyodrębnienia trzech różniących się między sobą grup linii kukurydzy; dwóch w obrębie linii o ziarnie zębokształtnym oraz jednej wspólnej dla linii szklistych. Średnia wartość współczynnika dystansu genetycznego w obrębie linii zębokształtnych wyniosła 0,56, natomiast w obrębie linii szklistych 0,46. Regresja plonów 70 mieszańców (dent × flint) względem dystansu genetycznego linii rodzicielskich tworzących ich formuły, wskazuje na bardzo słaby związek obu cech. Reasumując, przedstawiona metoda jest bardziej przydatna do poprawnego zaszeregowania linii do właściwej grupy heterotycznej niż do prognozowania wysokości plonu ziarna mieszańca na podstawie dystansu genetycznego pomiędzy liniami rodzicielskimi.

Słowa kluczowe: markery molekularne, plon mieszańców, *Zea mays* L.

The main objective of the present study was to evaluate the genetic diversity of 17 (10 dent and 7 flint) inbred lines of maize in relation to yield performance of 70 hybrids produced according to North Carolina II design “dent × flint”. To assess genetic divergence among 17 inbred lines, random amplified polymorphic DNA (RAPD) molecular markers were used. Twelve different primers consisting of 18 nucleotides were used to produce a total of 404 reproducible amplification DNA fragments, the majority

of which were polymorphic. The values of genetic distance were calculated according to Nei & Li method (1979). The genetic distance among pairs of inbred lines ranged from 0.29 to 0.72. A dendrogram was constructed by an unweighted pair-group method using arithmetic averages (UPGMA). Cluster analysis divided the inbred lines into three groups: one including the flint lines only, and two groups composed of the dent type lines. The average value of genetic distance for pair comparison between the dent lines was higher ($GD = 0.56$) than that for the flint lines ($GD = 0.46$). Regression of hybrids grain yield on a genetic distance of their parental inbred lines showed very low correlation. The method used in this research is useful to allocate lines into a heterotic group rather than predict hybrid yield performance.

Key words: hybrid performance, molecular markers, *Zea mays* L.

WSTĘP

Molekularne metody w służbie konwencjonalnej hodowli rekombinacyjnej odgrywają coraz większą rolę (Niebur, 2004; Wolko, 1997). W przypadku plonu, podstawowej cechy poligenicznej branej pod uwagę przez hodowcę w procesie tworzenia nowych odmian, techniki molekularne mające wspomóc proces selekcji (MAS — marker-assisted selection) poszły w dwóch kierunkach: bezpośrednio tworzenie markerów sprzężonych z QTL (quantitative trait loci) (Frascaroli i in., 2007) oraz markerów oceniających dystans genetyczny pomiędzy liniami, które tworzą formuły mieszańców.

Związek między dystansem genetycznym użytych do krzyżówki komponentów rodzicielskich a przejawianą heterozją został wykazany jeszcze przed nadejściem metod molekularnych. Teoria genetyki ilościowej zakłada, że heterozja jest funkcją kwadratu różnicy częstości genów między komponentami krzyżówki, a także efektu dominacji wykazywanego przez allele kontrolujące rozpatrywaną cechę (Cress, 1966; Falconer, 1974). Im jest większy dystans genetyczny pomiędzy rodzicami użytymi do krzyżówki, tym teoretycznie jest większy efekt heterozji mieszańca w stosunku do rodziców, a tym samym większy plon. Badanie tej zależności w kukurydzy było najczęściej wykonywane przy pomocy: (1) markerów RFLP (restriction fragment length polymorphism), (Godshalk i in., 1990; Lee i in., 1990; Bernardo, 1994; Dudley, 1994); (2) markerów AFLP (amplified fragment length polymorphisms), (Ajmone Marsan i in., 1998; Vuylsteke i in., 2000); (3) markerów RAPD (random amplified polymorphic DNA), (Lanza, 1997; Bruel, 2006); oraz dominujących obecnie (4) markerów SSR (simple sequence repeat), (Reif, 2003; Balestre, 2008; Mohammadi, 2008).

Prezentowany w przytoczonych pracach tzw. „distance” model nie daje satysfakcjonujących wyników w przewidywaniu plonów mieszańców na podstawie dystansu genetycznego linii rodzicielskich. Związek ten był wyraźnie silniejszy wśród linii skrzyżowanych w obrębie tej samej grupy pochodzeniowej (intra-heterotic crosses) aniżeli linii skrzyżowanych pomiędzy grupami (inter-heterotic crosses) (Melchinger, 1999). Należy nadmienić, że tylko mieszańce powstałe ze skrzyżowania linii należących do odrębnych grup heterotycznych (np. Stiff Stalk $\times$ Lancaster, czy Dent $\times$ Flint) tworzą formuły zarejestrowanych odmian mieszańcowych kukurydzy. Dlatego najważniejszym zastosowaniem wymienionych wyżej markerów molekularnych z punktu widzenia hodowcy, wydaje się być oszacowanie zmienności badanego materiału oraz jego pogrupowanie

w odrębne grupy heterotyczne (Dudley i in., 1991; Melchinger i in., 1991; Lübberstedt i in., 2000).

Technika RAPD polega na powielaniu polimorficznych fragmentów DNA dzięki zastosowaniu krótkich starterów (najczęściej 10. nukleotydowych) hybrydujących do DNA genomowego w sposób losowy. Stosowane są również modyfikacje wyjściowej techniki RAPD w postaci dłuższych starterów 15. lub 18. nukleotydowych oraz starterów częściowo komplementarnych do sekwencji styku intron-egzon (Rafalski i in., 1998).

Celem prezentowanej pracy jest analiza genetycznego zróżnicowania linii wsobnych kukurydzy pochodzących z programu hodowlanego HR Smolice za pomocą markerów RAPD. Na wartości dystansu genetycznego linii nałożono wartości plonu ziarna i heterozji uzyskane przez mieszańce, powstałe ze skrzyżowania linii poddanych analizie molekularnej, co pozwala ocenić związek dystansu między liniami rodzicielskimi a plonami mieszańców.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy do analizy molekularnej stanowiło 10 linii wsobnych kukurydzy o ziarnie zębkowatym i 7 linii o ziarnie szklistym, pochodzących z ostatnich 40 lat Smolickiego programu hodowli mieszańcowej (tab. 1).

Tabela 1

Charakterystyka linii wsobnych kukurydzy
Characteristics of inbred lines of maize

L.p. No.	Linia wsobna Inbred line	Typ ziarna Grain type	Grupa pochodzeniowa Heterotic group	Rok wyhodowania linii ¹ Year of development
1.	S72	Dent	nieznana — unknown (miesz. — mix FUNK 72-75)	1965
2.	S245	Dent	Idt ² , SSS ³	1988
3.	S41796	Dent	Idt	1996
4.	S68911	Dent	Idt, SSS	2001
5.	S63322-3	Dent	SSS, (Idt)	2001
6.	S63322-1	Dent	SSS, (Idt)	2002
7.	S67816	Dent	SSS, (Idt)	2001
8.	S63775	Dent	Idt, SSS, 354	2003
9.	S63963	Dent	354, SSS, (Idt)	2003
10.	S72846A-2	Dent	SSS, (Idt)	2004
11.	F ₂	Flint	F ₂ (populacja Lacaune)	1955
12.	S14	Flint	nieznana — unknown (popul. — population Wielkopółka)	1964
13.	S41324A-2	Flint	F2, EP1	1995
14.	S61328	Flint	F2, EP1	2001
15.	S66191	Flint	F2, EP1	2002
16.	S64673	Flint	F2, EP1	2003
17.	S56601-2	Flint	F2, CM7, EP1, Lancaster	2003

¹ Za rok wyhodowania linii przyjęto ten, w którym weszła ona pierwszy raz do formuły odmiany mieszańcowej badanej w doświadczeniach wstępnych, zwykle po 8–10 pokoleniach chowu wsobnego

² Idt = Iowa Dent

³ SSS = Stiff Stalk Synthetic

Dla każdej wytypowanej do badań linii wysiano w warunkach szklarniowych po 20 roślin, z czego do analizy pobrano materiał z 10 roślin. Izolację DNA przeprowadzono ze

świeżych liści przy zastosowaniu zestawu „Dneasy Plant Mini Kit” firmy QIAGEN, a następnie określono stężenie DNA metodą spektrofotometryczną przy zastosowaniu spektrofotometru ND-1000 Spectrophotometer. Do powielania zastosowano następujące semi-specyficzne startery ukierunkowane na sekwencje styku intron-ekson: ET 1/18, ET 2/18, ET 3/18, ET 4/18, ET 5/18, ET 6/18, ET 7/18, ET 8/18, ET 9/18, ET 10/18, ET 11/18, ET 12/18 (tab. 2).

Tabela 2

Sekwencje 18. nukleotydowych starterów użytych do reakcji semi-PCR. Fragment pogrubiony jest komplementarny do styku intron-egzon
Base sequences of the primers used in semi-PCR reaction. The bases that match intron-egzon sequence are shown in bold

Starter — Primer	Sekwencja nukleotydów — Base sequence
ET 1/18	ACTTACCTGAGGCGCGAC
ET 2/18	ACTTACCTGCTGGCCGGA
ET 3/18	ACTTACCTGGCCAGTCGC
ET 4/18	ACTTACCTGCCTGCCGAG
ET 5/18	ACTTACCTGGCACGCCTC
ET 6/18	ACTTACCTGCCACGCGG
ET 7/18	ACTTACCTGAGGCTGCCG
ET 8/18	ACTTACCTGTGCCACGCC
ET 9/18	ACTTACCTGGCCGAGAGG
ET 10/18	ACTTACCTGGTCCGTGGG
ET 11/18	ACTTACCTGCCGCATCCG
ET 12/18	ACTTACCTGGGGCCGATC

Powielanie fragmentów DNA przeprowadzono w termocyklerze GeneAmp PCR System 9700 (Applied Biosystems) w układzie zawierającym w objętości 20 µl: 10 ng DNA roślinnego, 1× bufor (MBI Fermentas, Wilno), 2,5 mM MgCL₂, 200 µM dATP, dGTP, dCTP, dTTP, 1-1.2 µM startera i 1 jednostkę termostabilnej polimerazy (MBI Fermentas). Powielanie DNA było prowadzone 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 tę podwyższono 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. Produkty powielania rozdzielano elektroforetycznie w 2% żelu agarozowym w buforze TBE i wizualizowano przy użyciu bromku etydy. Wyniki badań molekularnych poddano analizie za pomocą programu komputerowego BioGene Windows Application V 11.9. Przedstawiono je w porządku klasyfikującym dane na poziomie ciężaru cząsteczkowego, przy zastosowaniu tolerancji na poziomie 3%. Wyniki uzyskane przy zastosowaniu 12 wybranych starterów stanowiły podstawę do wyliczenia wartości wskazań odległości genetycznej Nei'a pomiędzy badanymi liniami kukurydzy (Nei i Li, 1979). Do wyliczenia tych wartości wykorzystano arkusz N50_1500 w programie Excel. Analizę skupień metodą średnich połączeń (UPGMA) na podstawie wartości odległości genetycznej przeprowadzono w programie SAS 9.1.

W doświadczeniach polowych na ziarno badano 70 mieszańców eksperymentalnych powstałych w wyniku czynnikowego układu krzyżowań Dent × Flint oraz 17 linii

rodzicielskich. Doświadczenia założono w dwóch sezonach wegetacyjnych 2005 i 2006 w miejscowościach:

- (1) Dłoń, woj. wielkopolskie, powiat rawicki, gmina Miejska Górka,
- (2) Kobierzyce, woj. dolnośląskie, powiat wrocławski, gmina Kobierzyce,
- (3) Łagiewniki, woj. wielkopolskie, powiat krotoszyński, gmina Kobylin.

Doświadczenia polowe założono metodą bloków kompletnych w trzech powtórzeniach na poletkach dwurzędkowych o powierzchni 5,0 m². Uzyskano stałą dla wszystkich obiektów obsadę w Dłoni i Łagiewnikach wynoszącą 8,0 roślin/m², a w Kobierzycach 7,2 rośliny/m². Obserwacje i pomiary wykonane w okresie wegetacji dla doświadczeń z mieszańcami i liniami rodzicielskimi, wchodziły w skład standardowych obserwacji dla doświadczeń ziarnowych kukurydzy. Spójny układ miejscowości i lat umożliwił analizę statystyczną plonu ziarna przy 15% zawartości wody, korzystając z metodyki i programu statystycznego SERGEN 3 opracowanego w Instytucie Genetyki Roślin PAN w Poznaniu.

WYNIKI

Ocena dystansu genetycznego wytypowanych linii oparta była o 404 fragmenty DNA. Większość wykorzystanych starterów generowała obrazy z wysokim udziałem pasm polimorficznych, co umożliwiło precyzyjne określenie dystansu genetycznego badanych linii.

Tabela 3

Wartości odległości genetycznej Nei'a dla 17 linii kukurydzy wyliczone na podstawie analizy 404 fragmentów DNA

Values of genetic distances for 17 inbred lines of maize obtained from the analysis of 404 amplification products

Linia wsobna Inbred line	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
(01) S72	0																
(02) S245	0,39	0															
(03) S41796	0,53	0,46	0														
(04) S68911	0,53	0,52	0,40	0													
(05) S63322-3	0,60	0,55	0,56	0,44	0												
(06) S63322-1	0,66	0,60	0,61	0,54	0,38	0											
(07) S67816	0,63	0,60	0,60	0,50	0,51	0,47	0										
(08) S63775	0,70	0,65	0,69	0,64	0,59	0,56	0,39	0									
(09) S63963	0,65	0,64	0,61	0,64	0,60	0,52	0,47	0,37	0								
(10) S72846A-2	0,72	0,66	0,64	0,60	0,53	0,59	0,53	0,52	0,50	0							
(11) F2	0,61	0,61	0,62	0,63	0,62	0,61	0,65	0,62	0,58	0,49	0						
(12) S14	0,63	0,62	0,61	0,64	0,64	0,62	0,63	0,59	0,52	0,52	0,40	0					
(13) S41324A-2	0,67	0,69	0,64	0,66	0,65	0,60	0,62	0,59	0,57	0,51	0,47	0,37	0				
(14) S61328	0,72	0,71	0,65	0,66	0,65	0,63	0,66	0,67	0,65	0,57	0,49	0,47	0,29	0			
(15) S66191	0,62	0,64	0,60	0,56	0,59	0,57	0,65	0,66	0,64	0,56	0,52	0,47	0,40	0,29	0		
(16) S64673	0,71	0,71	0,66	0,67	0,63	0,64	0,64	0,67	0,64	0,59	0,61	0,52	0,50	0,44	0,42	0	
(17) S56601-2	0,62	0,65	0,67	0,64	0,61	0,62	0,64	0,69	0,63	0,58	0,60	0,50	0,54	0,52	0,47	0,45	0

Wartości współczynników dystansu genetycznego uzyskane dla par linii są generalnie bardzo wysokie i świadczą o wysokim genetycznym zróżnicowaniu badanych materiałów.

Wartości tego współczynnika dla par badanych linii kukurydzy zawierały się w przedziale od 0,29 do 0,72 (tab. 3). Dla wszystkich możliwych 136 par porównywanych linii, średni dystans genetyczny wyniósł 0,58. Średni dystans w obrębie linii szklitych wyniósł 0,46; linii zębokształtnych 0,56 a najwyższy był dla 70 par Dent × Flint — 0,63 (tab. 4).

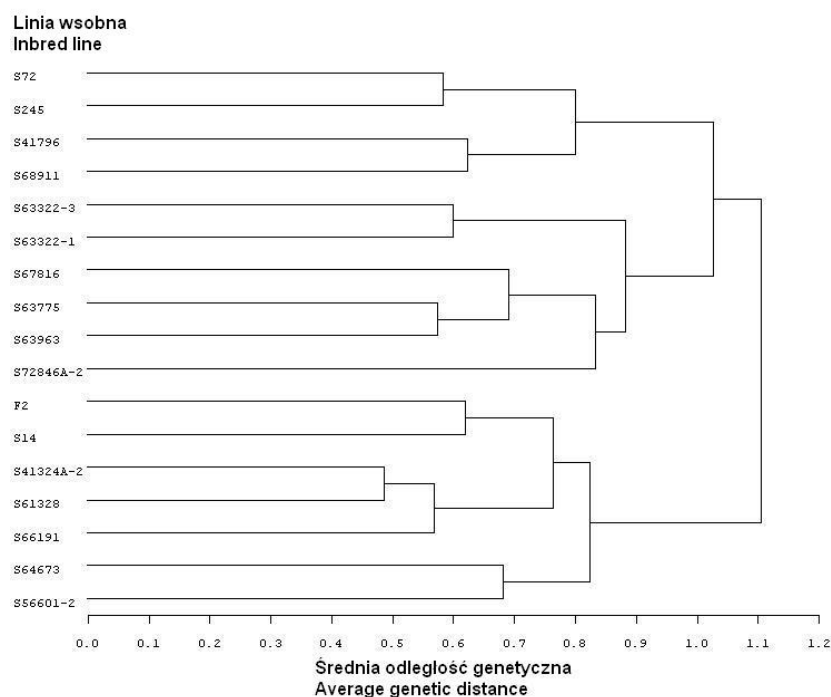
Tabela 4

Zestawienie grup ocenianych par linii, ich liczebność a także wartość średnia, minimalna, maksymalna oraz odchylenie standardowe wartości dystansu genetycznego
Compilation of groups of evaluated pairs of lines, their quantity, mean value, minimum, maximum and standard deviation of their genetic distance

Grupa par linii Group of inbred pairs	Liczba ocenianych par No. of evaluated pairs	Średnia Mean	Min. Min.	Maks. Max.	OS SD
Flint × Flint	21	0,46	0,29	0,61	0,08
Dent × Dent	45	0,56	0,37	0,72	0,09
Dent × Flint	70	0,63	0,49	0,72	0,05
Gr.I × Gr.I	6	0,47	0,39	0,53	0,06
Gr.II × Gr.II	15	0,50	0,37	0,60	0,07
Gr.III × Gr.III	patrz — see "Flint x Flint"				
Gr.I × Gr.II	24	0,61	0,44	0,72	0,06
Gr.I × Gr.III	28	0,65	0,56	0,72	0,04
Gr.II × Gr.III	42	0,61	0,49	0,69	0,05

Najwyższe wartości tego współczynnika uzyskano dla par linii S72846A-2 i S72 (Dent i Dent) oraz S61328 i S72 (Flint i Dent). Linie te należy uznać za najbardziej różniące się od siebie. Na dość wysokim poziomie kształtował się również współczynnik dystansu genetycznego pomiędzy liniami S64673 i S72 (Flint i Dent), S64673 i S245 (Flint i Dent), S61328 i S245 (Flint i Dent) oraz S63775 i S245 (Dent i Dent). Natomiast najniższa wartość współczynnika dystansu wynoszącą 0,29 obserwowano pomiędzy liniami szklitymi S61328 i S41324A-2 oraz S66191 i S61328. Świadczy to o najwyższym genetycznym podobieństwie pomiędzy wymienionymi liniami w obrębie badanego materiału.

Diagram uzyskany w analizie skupień (rys. 1) przedstawia arbitralnie wyodrębnione trzy różniące się między sobą zgrupowania linii kukurydzy świadczące o ich najwyższym wzajemnym podobieństwie w obrębie grup i mniejszym w stosunku do pozostałych linii. W skład grupy I weszły 4 linie zębokształtne: S72, S245, S41796 i S68911, generalnie reprezentujące plazmę Iowa Dent (Idt). W skład grupy II weszło 6 linii zębokształtnych: S63322-3, S63322-1, S67816, S63775, S63963 oraz S72846A-2, reprezentujących linie z dużym udziałem plazmy Stiff Stalk Synthetic (SSS). III grupa, umiejscowiona w dolnej części diagramu, zawiera wszystkie linie szklite, które stanowią wyodrębnioną grupę najbardziej różniących się genetycznie linii od pozostałych dziesięciu linii zębokształtnych. W obrębie poszczególnych grup wyróżnić można szereg dwuliniowych zgrupowań, a więc par linii najbardziej do siebie genetycznie podobnych.



Rys. 1. Dendrogram dla linii kukurydzy wyznaczony za pomocą metody UPGMA z wykorzystaniem odległości genetycznej Nei'a

Fig. 1. A dendrogram for the maize lines as determined based on the UPGMA method using Nei's genetic distance

Wartości średnie dla plonu ziarna uzyskane przez mieszańce na podstawie wyników z 6 środowisk przedstawia tabela 5. Zawiera ona również wykazywaną przez mieszańce heterozję względem średniej rodziców. Średni plon całego doświadczenia był wysoki i wyniósł 11,58 t/ha dla mieszańców i 5,07 t/ha dla linii wsobnych. Wpłynęły na to wysokie plony w sezonie 2005, gdzie w Dłoni i Łagiewnikach osiągnięto średnie plony odpowiednio 12,86 t/ha i 12,81 t/ha (dla linii odpowiednio 6,37 t/ha i 6,27 t/ha). Kobierzyce ze średnią 10,98 t/ha uzyskały najniższy plon w wyniku lipcowego gradobicia (dla linii odpowiednio 4,65 t/ha). Sezon 2006 zmienił tę kolejność, gdyż lipcowa susza obniżyła plony najbardziej w Dłoni (10,55 t/ha dla mieszańców i 3,56 t/ha dla linii), następnie w Łagiewnikach (11,09 t/ha dla mieszańców i 4,51 t/ha dla linii), a najmniej w Kobierzycach, gdzie średni plon był najwyższy i wyniósł 11,20 t/ha dla mieszańców i 5,06 t/ha dla linii. Wyliczone efekty heterozji przybrały wartości od 81,5% do 381,1%. Skrajnie wysokie wartości, powyżej 230%, uzyskały mieszańce z linią S72846A-2, której problemy z zawiązaniem ziarna skutkowały najniższym plonem ziarna w doświadczeniu z liniami wsobnymi (1,11 t/ha).

Tabela 5

Średnie plony ziarna mieszańców (t/ha), heterozja w stosunku do średniej rodziców (%) oraz wartości dystansu genetycznego (GD) pomiędzy liniami rodzicielskimi

Grain yield of hybrids (t/ha), mid-parent heterosis (%) and values of genetic distance (GD) between parental inbred lines

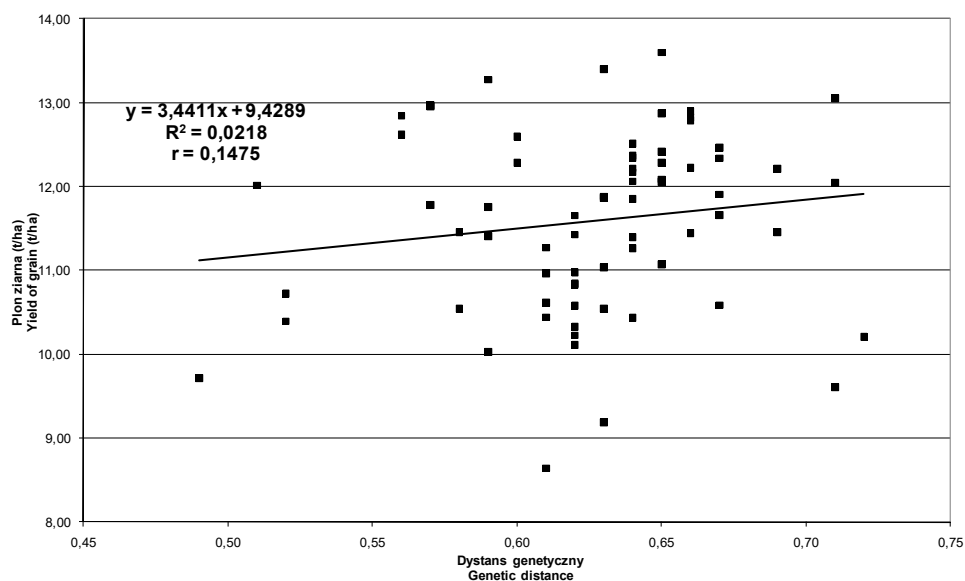
Nr No.	Mieszaniec Hybrid	Śr. (t/ha) Mean t/ha	Het. (%) Het. (%)	GD GD	Nr No.	Mieszaniec Hybrid	Śr. (t/ha) Mean t/ha	Het. (%) Het. (%)	GD GD
1	S72 * F2	8,64	95,7	0,61	36	S63322-1 * F2	10,61	109,4	0,61
2	S72 * S14	9,19	88,9	0,63	37	S63322-1 * S14	10,58	91,8	0,62
3	S72 * S41324A-2	10,58	95,5	0,67	38	S63322-1 * S41324A-2	12,60	107,8	0,60
4	S72 * S61328	10,21	73,8	0,72	39	S63322-1 * S61328	13,40	105,3	0,63
5	S72 * S66191	10,97	130,0	0,62	40	S63322-1 * S66191	12,96	139,0	0,57
6	S72 * S64673	9,61	94,4	0,71	41	S63322-1 * S64673	12,06	115,5	0,64
7	S72 * S56601-2	10,23	81,5	0,62	42	S63322-1 * S56601-2	11,43	81,8	0,62
8	S245 * F2	10,44	133,8	0,61	43	S67816 * F2	11,07	142,0	0,65
9	S245 * S14	10,83	120,4	0,62	44	S67816 * S14	11,04	119,8	0,63
10	S245 * S41324A-2	12,21	123,6	0,69	45	S67816 * S41324A-2	11,65	109,2	0,62
11	S245 * S61328	13,05	120,3	0,71	46	S67816 * S61328	12,79	112,0	0,66
12	S245 * S66191	12,51	159,6	0,64	47	S67816 * S66191	12,08	145,1	0,65
13	S245 * S64673	12,04	141,2	0,71	48	S67816 * S64673	12,17	138,5	0,64
14	S245 * S56601-2	12,28	116,0	0,65	49	S67816 * S56601-2	11,85	104,5	0,64
15	S41796 * F2	10,33	133,4	0,62	50	S63775 * F2	10,11	104,0	0,62
16	S41796 * S14	10,96	124,9	0,61	51	S63775 * S14	10,03	85,6	0,59
17	S41796 * S41324A-2	12,34	127,7	0,64	52	S63775 * S41324A-2	11,76	97,6	0,59
18	S41796 * S61328	12,42	111,1	0,65	53	S63775 * S61328	12,46	94,2	0,67
19	S41796 * S66191	12,28	156,9	0,60	54	S63775 * S66191	12,83	141,6	0,66
20	S41796 * S64673	11,45	131,2	0,66	55	S63775 * S64673	11,66	112,6	0,67
21	S41796 * S56601-2	12,34	118,6	0,67	56	S63775 * S56601-2	11,46	85,5	0,69
22	S68911 * F2	10,54	129,3	0,63	57	S63963 * F2	10,54	177,8	0,58
23	S68911 * S14	11,40	126,0	0,64	58	S63963 * S14	10,40	145,1	0,52
24	S68911 * S41324A-2	12,22	118,6	0,66	59	S63963 * S41324A-2	11,78	146,0	0,57
25	S68911 * S61328	12,90	113,1	0,66	60	S63963 * S61328	12,06	129,6	0,65
26	S68911 * S66191	12,84	159,4	0,56	61	S63963 * S66191	12,37	198,2	0,64
27	S68911 * S64673	11,91	132,5	0,67	62	S63963 * S64673	12,22	182,8	0,64
28	S68911 * S56601-2	11,26	93,6	0,64	63	S56601-2 * S63963	11,86	136,5	0,63
29	S63322-3 * F2	10,84	135,2	0,62	64	S72846A-2 * F2	9,71	333,2	0,49
30	S63322-3 * S14	10,43	106,3	0,64	65	S72846A-2 * S14	10,72	298,5	0,52
31	S63322-3 * S41324A-2	12,87	129,7	0,65	66	S72846A-2 * S41324A-2	12,01	271,1	0,51
32	S63322-3 * S61328	13,60	124,2	0,65	67	S72846A-2 * S61328	12,97	250,6	0,57
33	S63322-3 * S66191	13,28	167,6	0,59	68	S72846A-2 * S66191	12,62	386,1	0,56
34	S63322-3 * S64673	11,88	131,3	0,63	69	S72846A-2 * S64673	11,41	312,1	0,59
35	S63322-3 * S56601-2	11,27	93,4	0,61	70	S56601-2 * S72846A-2	11,45	230,8	0,58
Średnia — Mean		11,57	139,7	0,63					
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,96							

DYSKUSJA

Większość prac próbujących empirycznie sprawdzić słuszność modelu opartego o dystans genetyczny linii wsobnych w przewidywaniu plonu mieszańców, dysponowało danymi z krzyżowania w częściowych układach diallelicznych (Bruehl i in., 2006). Do dyspozycji są wówczas plony ziarna zarówno mieszańców z przeciwstawnych grup

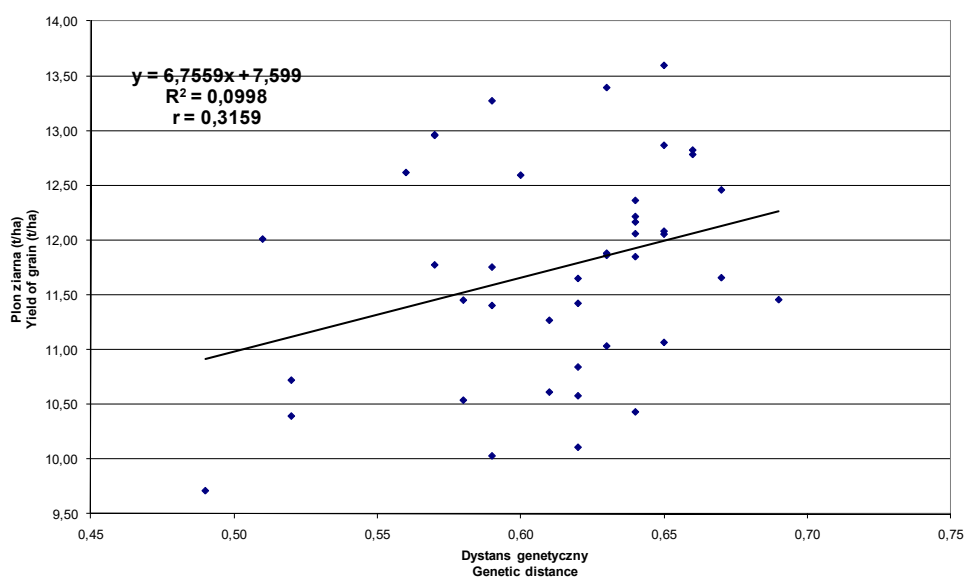
heterotycznych (inter-heterotic crosses), ale także mieszańców powstałych w obrębie poszczególnych grup pochodzeniowych (intra-heterotic crosses). Ma to duży wpływ na związek plonu mieszańców (oraz wykazywanej heterozji) i dystansu genetycznego linii rodzicielskich. Związek ten jest silniejszy wśród mieszańców powstałych ze skrzyżowania linii w obrębie tej samej grupy pochodzeniowej, a następnie maleje w kierunku mieszańców powstałych z linii niespokrewnionych (Melchinger, 1999). Hipoteza, że związek dystansu genetycznego i uzyskiwanych plonów nie ma postaci liniowej, została postawiona już w latach 60. ubiegłego wieku (Moll i in., 1965). Autorzy sugerują, że dla uzyskania maksymalnej heterozji potrzebny jest optymalny dystans pomiędzy komponentami krzyżówki — zwiększanie dystansu powyżej optimum wcale nie powoduje wzrostu heterozji. Wręcz przeciwnie, prowadzi do jej zmniejszania, co przez niektórych biologów jest określane jako „outbreeding depression” (Lynch, 1990).

W omawianej pracy dysponowano plonami mieszańców powstałych ze skrzyżowania linii z grup przeciwstawnych, tzn. Dent × Flint. Brak mieszańców typu Dent × Dent oraz Flint × Flint niewątpliwie wpłynął na osiągnięte wartości korelacji dystansu linii rodzicielskich i uzyskanych plonów mieszańców. Ocena tej współzależności dla 70 mieszańców jest dodatnia (rys. 2), jednak o bardzo niskim współczynniku korelacji wynoszącym zaledwie 0,15. Wyższy, statystycznie istotny współczynnik korelacji wynoszący 0,32 zaobserwowano dla 42 mieszańców powstałych ze skrzyżowania 6 linii zębokształtnych (grupa II na diagramie odległości) z liniami szklistymi (rys. 3).



Rys. 2. Regresja plonu ziarna 70 mieszańców (Dent × Flint) względem dystansu genetycznego odpowiadających im linii rodzicielskich

Fig. 2. Yield of grain of 70 hybrids regressed on genetic distance of their parental inbred lines

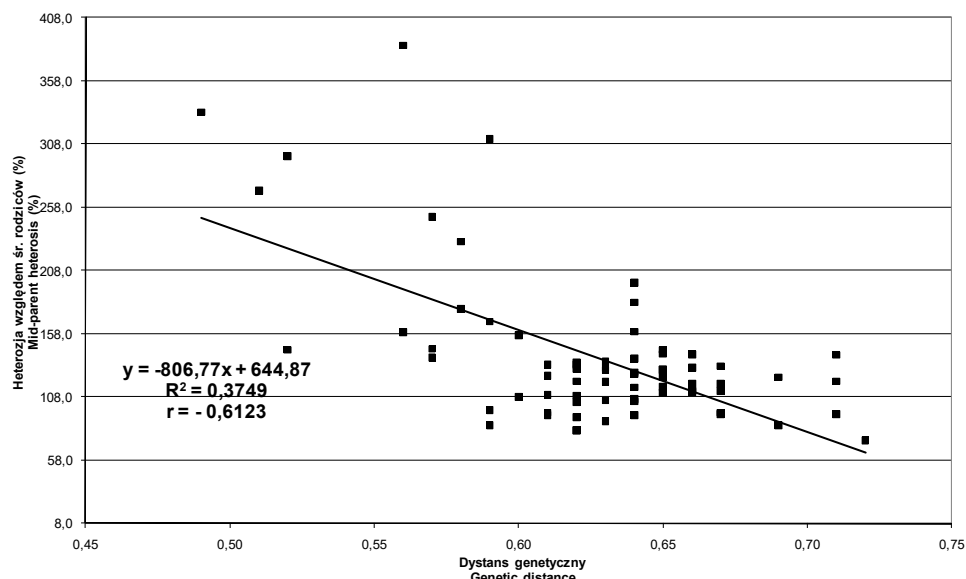


Rys. 3. Regresja plonu ziarna 42 mieszańców (6 linii Dent grupy II × Flint) względem dystansu genetycznego odpowiadających im linii rodzicielskich
Fig. 3. Yield of grain of 42 hybrids (6 Dent lines of group II × Flint lines) regressed on genetic distance of their parental inbred lines

Nie uzyskano natomiast dodatniej korelacji dystansu genetycznego i heterozji wykazywanej przez mieszańce w stosunku do średniej rodziców (rys. 4). Niewątpliwie wpływ na wartość współczynnika korelacji miały mieszańce z linią S72846A-2, których nienaturalnie wysokie efekty heterozji nałożyły się na niskie wartości dystansu genetycznego. Pomijając nawet wartości dla mieszańców z tą linią, wyliczony współczynnik korelacji pozostawał ujemny. Związku dystansu genetycznego z heterozją nie wykazał również Lanza (1997). Lee (2007) z pomocą markerów SSR, uzyskał statystycznie istotny związek pomiędzy wyliczonym podobieństwem genetycznym a heterozją, niemniej w przeciwieństwie do omawianej pracy, materiał roślinny stanowiły 3 grupy mieszańców wewnątrz-grupowych, powstałych ze skrzyżowania linii siostrzanych.

W pracy Adamczyka (2001) zastosowano zbliżoną metodykę RAPD, niemniej uzyskane wartości dystansu pomiędzy 14 liniami zębokształtnymi były niższe i wynosiły od 0,30 do 0,55 przy średniej 0,44. Większy zakres zmienności w omawianej pracy był niewątpliwie związany z materiałem roślinnym badanym w doświadczeniu, obejmującym podgatunki kukurydzy zarówno zębokształtnej jak i szklistej, a także różnic w wieku linii (wyhodowanych w latach 60. oraz współcześnie).

Średnie wartości dystansu genetycznego były mniejsze w obrębie grup pochodzeniowych, a większe dla par linii z różnych grup (tab. 4). Dla linii szklistych średni dystans wyniósł 0,46; dla zębokształtnych 0,56 a dla par Dent × Flint wyniósł 0,63.



Rys. 4. Regresja dla heterozji (plon ziarna 70 mieszańców względem średniej rodziców) i dystansu genetycznego odpowiadających im linii rodzicielskich

Fig. 4. Mid-parent heterosis for yield of grain of 70 hybrids regressed on genetic distance of their parental inbred lines

Podobne wartości uzyskali Bruel (2006) i Lanza (1997) używając również markerów RAPD w formach kukurydzy tropikalnej.

Diagram odległości ukazuje przynależność linii wsobnych do grup heterotycznych zgodną z zapisami rodowodowymi. Oprócz zaszeregowania wszystkich form szklistych do jednej grupy, diagram wyróżnia dodatkowe dwie grupy w obrębie linii zębokształtnych, jedną z przewagą plazmy Idt, a drugą z przewagą plazmy SSS. Z uwagi na potwierdzony również w przytoczonej literaturze fakt poprawnego zaszeregowania linii do właściwych grup heterotycznych, ten aspekt prezentowanej metodyki opartej o stosunkowo niedrogie markery RAPD ma największe zastosowanie praktyczne w hodowli mieszańcowej kukurydzy.

Przykładowo, powszechna praktyka używania jako materiału wyjściowego wyróżniających się odmian mieszańcowych powoduje problemy z zaszeregowaniem wyprowadzonych linii wsobnych do ustalonych grup heterotycznych. Często hodowca, chcąc przeciwdziałać kurczącej się zmienności w obrębie grupy pochodzeniowej, świadomie krzyżuje linie należące do przeciwstawnych grup heterotycznych. W europejskich programach hodowlanych dotyczy to głównie form szklistych, których mały polimorfizm genetyczny został wykazany również w prezentowanej pracy (tab. 4). W obu przypadkach powstaje problem ze zbadaniem zdolności kombinacyjnej linii o nieokreślonej przynależności heterotycznej, gdyż utrudnia to dobranie partnera do krzyżowania

testowego. Dodanie kolejnych linii testujących reprezentujących więcej grup pochodzeniowych oznacza zwielfokrotnienie liczby mieszańców testowych zgodnie z czynnikiem układem krzyżowań: linie $\times$ testery. Tym samym analiza molekularna, poprzez właściwe zaszeregowanie linii do grup heterotycznych ograniczy ilość zbędnych krzyżowań testowych, a w konsekwencji zmniejszy liczbę doświadczeń polowych.

WNIOSKI

1. Dla ocenianych w pracy linii, które pochodziły z przeciwnych grup heterotycznych (Dent $\times$ Flint), dodatni współczynnik korelacji był za niski, by na podstawie dystansu genetycznego pomiędzy liniami rodzicielskimi przewidywać wyniki plonowania mieszańców.
2. Jeszcze trudniej znaleźć związek heterozji przejawianej przez mieszańce w stosunku do dystansu genetycznego rodziców — w omawianym doświadczeniu uzyskano ujemny współczynnik korelacji pomimo oczekiwanej wartości dodatniej.
3. W zróżnicowanym materiale roślinnym prezentowanym w pracy, markery RAPD okazały się wystarczające do poprawnego zaszeregowania linii do grup heterotycznych, zgodnych z informacjami rodowodowymi.
4. Z uwagi na mniejszy koszt wykonania analizy RAPD w stosunku do pozostałych metod molekularnych, mogą one znaleźć zastosowanie w praktyce hodowlanej do eliminacji zbędnych krzyżowań testowych w materiałach o nieznanym pochodzeniu.

LITERATURA

- Adamczyk J. 2001. Wprowadzenie do krajowych materiałów hodowlanych plazmy zarodkowej kukurydzy północnoamerykańskiej (*Zea mays* L.). Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR. Nr 13. Radzików.
- 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.
- Balestre M., Machado J. C., Lima J. L., Souza J. C., Nóbrega Filho L. 2008. Genetic distance estimates among single cross hybrids and correlation with specific combining ability and yield in corn double cross hybrids. *Genetics and Molecular Research* 7 (1): 65 — 73.
- Bernardo R. 1994. Prediction of single-cross performance using RFLPs and information from related hybrids. *Crop Sci.* 34: 20 — 25.
- Bruel D. C., Carpentieri-Pípulo V., Gerage A. C., da Silva Fonseca Júnior N., Cavenaghi Prete C. E., de Fátima Ruas C., Ruas P. M., de Souza S.G.H., Garbuglio D. D. 2006. Genetic distance estimated by RAPD markers and its relationship with hybrid performance in maize. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, vol. 41, n. 10.
- Cress C. E. 1966. Heterosis of the hybrid related to gene frequency differences between two populations. *Genetics* 53: 269 — 274.
- Dudley J. W., Saghai Maroof M. A., Ruffner G. K. 1991. Molecular markers and grouping parents in maize breeding programs. *Crop Sci.* 31:718–723.
- Dudley J.W. 1994. Comparison of genetic distance estimators using molecular-marker data. In: *Proc. Symp. Analysis of Molecular-Marker Data. Joint Plant Breeding Symposia Series*, American Society for Horticultural Science, Crop Science Society of America, 5–6 August 1994, Corvallis Oregon: 3 — 7.
- Falconer D. S. 1974. *Dziedziczenie cech ilościowych*. PWN, Warszawa.

- Frascaroli E., Cane M.A., Landi P., Pea G., Gianfranceschi L., Villa M., Morgante M., Pe M. E. 2007. Classical genetic and quantitative trait loci analyses of heterosis in a maize hybrid between two elite inbred lines. *Genetics* 176: 625 — 644.
- Godshalk E. B., Lee M., Lamkey K. R. 1990. Relationship of restriction fragment length polymorphisms to single-cross hybrid performance of maize. *Theor. Appl. Genet.* 80: 273 — 280.
- Lanza L. L. B., Souza Júnior C. L., Ottoboni L. M. N., Vieira M. L. C., Souza A. P. 1997. Genetic distance of inbred lines and prediction of maize single-cross performance using RAPD markers. *Theoretical and Applied Genetics*, 94: 1023 — 1030.
- Lee E.A., Lee M., Lamkey K. R. 1990. RFLP analysis of isogenic lines B14 and B14A. *Maize Genet Coop Newslett* 64: 20.
- Lübberstedt T., Melchinger, A. E., Dußle C., Vuylsteke M., Kuiper M. 2000. Relationships among early European maize inbreds: IV. Genetic diversity revealed with AFLP markers and comparison with RFLP, RAPD, and pedigree data. *Crop Sci.* 40: 783 — 791.
- Lynch M. 1990. The genetic interpretation of inbreeding depression and outbreeding depression. *Evolution*. 45 (3): 622 — 629.
- Melchinger A. E. 1999. Genetic diversity and heterosis. In: *The genetics and exploitation of heterosis in crops*. Coors J.G., Pandey S. (red.) ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Wisconsin, p. 99 — 118.
- Melchinger A. E., Messmer M. M., Lee M., Woodman W. L., Lamkey K. R. 1991. Diversity and relationships among U.S. maize inbreds revealed by restriction fragment length polymorphisms. *Crop Sci.* 31: 669 — 678.
- Mohammadi S. A., Prasanna B. M., Sudan C., Singh N. N. 2008. SSR heterogenic patterns of maize parental lines and prediction of hybrid performance. *Biotechnol. & Biotechnol. EQ.* 22/2008/1: 541 — 547.
- Moll R. H., Lonnquist J. H., Velez Fortuno J., Johnson E. C. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52: 139 — 144.
- Nei M.; Li W. H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proceedings of National Academy of Sciences, Allahabad*, 76: 5269 — 5273.
- Niebur W. S., Rafalski J. A., Smith O. S., Cooper M. 2004. Applications of genomics technologies to enhance rate of genetic progress for yield of maize within a commercial breeding program. *New directions for a diverse planet. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, Brisbane, Australia.
- Rafalski A., Gidzińska M., Wiśniewska I. 1998. Systemy PCR w badaniach pokrewieństwa genetycznego linii kukurydzy. *Biul. IHAR* 208: 131 — 140.
- Reif, J. C., Melchinger A. E., Xia X. C., Warburton M. L., Hoisington D. A., Vasal S. K., Srinivasan G., Bohn M., Frisch M. 2003. Genetic distance based on simple sequence repeats and heterosis in tropical maize populations. *Crop Sci.* 43:1275 — 1282.
- Wolko B., Bartkowiak-Broda I. 1997. Metody diagnostyki molekularnej w hodowli roślin. W: *Hodowla Roślin, mat. z I Krajowej Konferencji*, Bartkowiak-Broda I, Świącicki W. (red.). Poznań, 1997: 389 — 402.
- 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.

HUBERT WALIGÓRA**WITOLD SKRZYPCZAK**

Katedra Uprawy Roli i Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Plonowanie odmian kukurydzy cukrowej typu sh2

Yielding of sh2 sugar maize varieties

Praca zawiera wyniki doświadczenia z porównaniem plonowania kilkunastu odmian kukurydzy cukrowej typu sh2, z lat 2003–2007. Doświadczenie przeprowadzono w ZDD Swadzim, zgodnie z metodyką dla kukurydzy cukrowej. Badane odmiany to: Anava, Basin, Candle, Challenger, Comanche, Dixon, Golda, Indira, Shaker, Sheba, Shimmer Sweet Trophy typu sh2 oraz Jubilee i Spirit typu su. Warunki pogodowe panujące w okresie badań były sprzyjające dla plonowania kukurydzy cukrowej. Stwierdzono istotne zróżnicowanie odmian pod względem plonów kolb oraz takich cech jak liczba ziaren w kolbie, długość kolb oraz udział w plonie kolb całkowicie zaziarnionych.

Słowa kluczowe: kukurydza cukrowa, odmiany sh2, plonowanie

The paper contains results of an experiment on yielding of several sh2 sugar maize varieties in Swadzim (central-west of Poland) in the years 2003–2007. The sh2 varieties: Anava, Basin, Candle, Challenger, Comanche, Dixon, Golda, Indira, Shaker, Sheba, Shimmer, Sweet Trophy were compared, conformably to the sugar maize field trial methodology, to two su — type varieties: Jubilee and Spirit. Weather conditions in the period of investigation were convenient for sugar maize yielding. Significant inter-varietal differentiation was stated for yield of cobs as well as for number of grains per cob, cob length and share of totally grained cobs.

Key words: sugar maize, sh2 varieties, yielding

WPROWADZENIE

Do niedawna jednym z czynników ograniczających uprawę kukurydzy cukrowej w Polsce był brak jej wartościowych odmian. Obserwowany obecnie duży postęp hodowlany w kukurydzy cukrowej wyraża się obecnością na rynku znacznej ilości nowych odmian mieszańcowych o wysokich wartościach gospodarczych. Charakteryzują się one dużą odpornością na choroby i szkodniki, różną wczesnością oraz wysokimi plonami i dobrą jakością ziarniaków, zarówno do bezpośredniego spożycia, jak również dla przemysłu owocowo-warzywnego. Producenci mają do wyboru cały szereg odmian różniących się długością okresu wegetacji, zawartością cukru oraz przydatnością do różnych kierunków użytkowania.

W świecie nie spotyka się już obecnie w uprawie odmian populacyjnych, a uprawiane są odmiany mieszańcowe, które mniej się krzewią, dają większe kolby i są bardziej plenne.

W zależności od zawartości cukru, odmiany kukurydzy cukrowej dzielą się na normalnie słodkie zawierające od 2,5% do 6,0% cukru, o podwyższonej jego zawartości 6,5–8 oraz ekstra słodkie (super słodkie) od 8,5 do ponad 11%. Obecnie mamy do czynienia z następującymi kombinacjami klas genetycznych:

- su — normalnie cukrowe. Standardowa kukurydza w wysiewach, posiada bogaty smak, najlepiej smakuje tego dnia, którego była zebrana.
- se — o podniesionej cukrowości. Odmiany te mają zmodyfikowany gen odpowiadający za odpowiedni poziom cukru w ziarnie i właściwy smak, a utrata cukru jest wolniejsza niż u su, poprawiona jest także delikatność. Dłużej utrzymują smak.
- sh — super słodkie lub ekstra słodkie, posiadają gen shrunken, który zwiększa zawartość cukrów prostych oraz powoduje wolniejszą zamianę na skrobię, również dłuższe utrzymywanie smakowitości ziarniaków.

Od ponad dwudziestu lat, w Katedrze Uprawy Roli i Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego (dawniej Akademia Rolnicza) w Poznaniu prowadzone są badania dotyczące oceny wartości gospodarczej nowych odmian kukurydzy cukrowej. Rokrocznie ocenianych jest około 50 odmian, z których każda w badaniach uczestniczy kilka lat. Wysokość plonu jest jedną z najważniejszych cech gospodarczych decydujących o wartości odmiany. Według Bar-Zur i wsp. (1990), odmiany o podwyższonej zawartości cukru mogą mieć duże znaczenie w uprawie, gdyż charakteryzują się cechami, które decydują o ich dużej przydatności do produkcji na tzw. świeży rynek. Do takich cech należą między innymi — cylindryczny kształt kolby, całkowicie zaziarniony wierzchołek kolby oraz wolne przechodzenie cukrów prostych w skrobię.

W przemyśle przetwórczym produkującym konserwowaną kukurydzę i mrożone kolby standardem do niedawna były odmiany normalnie słodkie. W ostatnich latach obserwuje się wyraźną tendencję do zastępowania ich przez odmiany super słodkie, które dominują w produkcji na rynek warzyw świeżych (Waligóra, 2001).

Celem badań było określenie plonowania kilkunastu super słodkich (sh2) odmian kukurydzy cukrowej w porównaniu do dwóch odmian normalnie słodkich (su).

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniach polowych, przeprowadzonych w latach 2003–2007, w Zakładzie Doświadczalno-Dydaktycznym w Swadzimiu, oceniano 14 odmian kukurydzy cukrowej. Przedplonem kukurydzy cukrowej we wszystkich latach była pszenica ozima. Wszystkie zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne były zgodne z ogólnie przyjętymi zasadami agrotechniki kukurydzy cukrowej. Wykonano je na glebie płowej zaliczanej do 4 kompleksu przydatności rolniczej (żytni bardzo dobry) oraz klasy bonitacyjnej IIIb. Jednoczynnikowe doświadczenie zakładano w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach polowych. Poziomami czynnika były różne odmiany mieszańcowe kukurydzy cukrowej. Siew doświadczenia wykonywano siewnikiem punktowym, zakładając obsadę roślin 5,71 szt. · m⁻². Zbiór w dojrzałości mlecznej przeprowadzono ręcznie, określając plon kolb oraz

oznaczono niektóre cechy morfologiczne i jakościowe kolb. Kolby całkowicie zaziarnione zaliczono do I klasy handlowej. Zebrane wyniki poddano analizie wariancji dla doświadczeń jednoczynnikowych z testowaniem hipotez na poziomie 0,05.

Charakterystykę przebiegu warunków pogodowych w poszczególnych latach prowadzenia badań opracowano na podstawie pomiarów wykonanych w Stacji Meteorologicznej Katedry Uprawy Roli i Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

WYNIKI BADAŃ

Warunki meteorologiczne panujące w latach prowadzenia badań były odmienne (tab. 1).

Tabela 1

Opady (mm) oraz temperatura powietrza (°C) w ZDD Swadzim, 2003–2007 Rainfalls (mm) and air temperature (°C) in Swadzim, 2003–2007

Miesiąc Month	2003	2004	2005	2006	2007
	suma opadów — rainfall				
Kwiecień — April	16,2	19,4	14,5	43,6	9,3
Maj — May	24,0	49,8	74,3	57,4	77,0
Czerwiec — June	40,4	51,3	19,1	26,9	59,6
Lipiec — July	97,7	49,4	97,4	23,1	87,0
Sierpień — August	5,8	53,6	60,7	100,7	48,1
Wrzesień — September	15,9	32,3	34,4	22,0	33,4
Suma opadów Rainfall	200,0	255,8	300,4	273,7	314,4
	średnie temperatury — mean temperatures				
Kwiecień — April	8,6	9,7	9,4	8,8	10,8
Maj — May	15,7	12,9	13,3	13,8	15,2
Czerwiec — June	19,2	16,1	16,5	18,7	19,3
Lipiec — July	19,8	18,2	19,9	24,4	18,9
Sierpień — August	20,0	20,1	17,3	17,7	19,2
Wrzesień — September	15,1	14,2	16,0	17,2	13,7
Średnia temperatura Mean temperature	16,4	15,2	15,4	16,8	16,2

Sumy opadów atmosferycznych w okresach wegetacji były bardzo zróżnicowane. Najmniej korzystny pod względem warunków wilgotnościowych okazał się rok 2003, korzystniejszymi były lata 2004 i 2006, natomiast największą sumą opadów w okresie wegetacji charakteryzowały się lata 2005 i 2007. Podobnie było w przypadku temperatury, przy czym najcieplejszym okazał się rok 2006. Ciepłe były także lata 2003 i 2007. Mimo stwierdzonych różnic w przebiegu pogody w poszczególnych latach badań, należy je uznać za korzystne, gdyż plony kolb badanych odmian kukurydzy cukrowej za pięcioletni okres oceny, choć istotnie zróżnicowane, były jednak na wysokim poziomie.

Postęp hodowlany w kukurydzy cukrowej w znaczącym stopniu wymuszony został wymaganiami przemysłu przetwórczego. Dobra odmiana dla przetwórstwa oprócz wysokiej plenności powinna odznaczać się dużą odpornością na choroby i szkodniki, odpowiednią wczesnością oraz zdolnością do wytwarzania tylko jednej kolby, umożliwiającą zbiór jednorazowy. Wymagane są również długie, cylindryczne kolby, w których

udział ziarniaków w ich strukturze jest wysoki, wynosząc co najmniej od 30 do 40 % (Waligóra i in., 1998).

W przeprowadzanych badaniach własnych określano między innymi długość okresu wegetacji ocenianych odmian, wyrażoną liczbą dni od siewu do uzyskania dojrzałości mlecznej. Oceniane odmiany różniły się pod tym względem, a różnice były dość duże, wynosząc średnio za pięcioletni okres badań 15 dni (tab. 2). W poszczególnych latach badań różnice były większe, jednak mniejsze niż zamieszczone w pracach Kubajak i Ostrowskiej (1983) oraz Kossowskiego i Cierkoń (1986).

Tabela 2

Charakterystyka badanych odmian oraz długość okresu wegetacji
Characteristic of the tested varieties and length of the vegetation period

Odmiana Variety	Typ odmiany Type of variety		Hodowla, kraj pochodzenia Breeding, country of origin	Długość wegetacji* Vegetation period
Anava	F ₁	sh2	HRO Krzeszowice, Polska	95
Basin	F ₁	sh2	Royal Sluis, Holandia	100
Candle	F ₁	sh2	Royal Sluis, Holandia	91
Challenger	F ₁	sh2	Asgrow, USA	95
Comanche	F ₁	sh2	Hortag Seeds, USA	90
Dixon	F ₁	sh2	Syngenta, USA	102
Golda	F ₁	sh2	POP Vriend BV, Holandia	96
Indira	F ₁	sh2	POP Vriend BV, Holandia	93
Jubilee	F ₁	su	Syngenta NC, USA	96
Shaker	F ₁	sh2	Asgrow, USA	98
Sheba	F ₁	sh2	Asgrow, USA	88
Shimmer	F ₁	sh2	Asgrow, USA	100
Spirit	F ₁	su	Syngenta, USA	87
Sweet Trophy	F ₁	sh2	Royal Sluis, Holandia	95

*W dniach od siewu do dojrzałości mlecznej

*In days from seeding to milk maturity

W uprawie kukurydzy cukrowej można wykorzystać odmiany populacyjne lub mieszańcowe. Odmiany populacyjne były powszechnie uprawiane do czasu wprowadzenia odmian mieszańcowych (Waligóra i in., 1998). Mieszańce okazały się plenniejsze, wytwarzające większe kolby, równocześnie dojrzewające, o wysokich walorach smakowych, nadające się nie tylko do bezpośredniej konsumpcji, ale również dla przemysłu przetwórczego. Stąd udział odmian populacyjnych w uprawie kukurydzy z roku na rok maleje, a obecnie uprawia się prawie wyłącznie odmiany mieszańcowe.

Wielkość plonu jest jedną z najważniejszych cech gospodarczych decydujących o wartości odmiany. Jak podaje Libner (1989) plony kolb kukurydzy cukrowej w USA wynoszą średnio 15,5 t·ha⁻¹. W doświadczeniu własnym plony kolb wahały się w szerokich granicach, od 10,34 do 17,02 t·ha⁻¹, a różnice w zależności od odmiany były istotne (tab. 3).

Tabela 3

Plon kolb w t·ha⁻¹
Yield of cobs in t·ha⁻¹

Odmiana Variety	Lata Years					Średnio Mean
	2003	2004	2005	2006	2007	
Anava	10,21	8,90	11,73	9,06	11,78	10,34
Basin	20,26	13,40	19,31	8,57	19,73	16,25
Candle	17,87	12,37	14,73	9,42	17,42	14,36
Challenger	14,53	13,00	15,05	12,82	20,20	15,12
Comanche	10,68	11,01	14,31	9,45	12,96	11,68
Dixon	17,11	8,43	12,41	9,15	12,85	11,99
Golda	21,63	14,53	20,55	10,41	13,39	16,10
Indira	11,85	12,27	17,12	14,44	14,32	14,00
Jubilee	13,41	12,31	13,64	11,01	12,53	12,58
Shaker	17,44	10,33	19,83	16,40	18,53	16,51
Sheba	18,94	9,61	15,12	11,91	18,10	14,74
Shimmer	15,49	13,94	19,37	15,05	16,24	16,02
Spirit	13,63	9,68	11,51	8,88	12,00	11,14
Sweet Trophy	21,20	11,07	18,85	13,94	20,24	17,02
Średnio Mean	16,03	10,56	15,97	11,47	15,74	
NIR _{0,05}						0,560
LSD _{0,05}						

Stwierdzono również różnice w plonowaniu kukurydzy cukrowej w zależności od lat badań. Najwyższe plony niezależnie od odmiany zanotowano w 2003 roku, ale niewiele niższe w latach 2005 i 2007. Najmniejsze plony odnotowano w roku 2004 i średnio dla badanych odmian przekroczyły one 10 ton z 1 hektara. Najwyżej plonującą okazała się odmiana Sweet Trophy, która jest standardem w uprawie zarówno dla przetwórstwa, jak i na świeży rynek w Polsce. Odmiany normalnie słodkie, a więc Jubilee i Spirit plonowały istotnie niżej od najlepiej plonujących odmian typu sh2. Stwierdzono również istotne różnice w procentowym udziale kolb I klasy w plonie. Istotnie najwyższym udziałem kolb I klasy w plonie charakteryzowała się odmiana Shimmer — powyżej 81,7%. Odmianą o najniższym udziale kolb najbardziej wartościowych była odmiana Spirit. Nie stwierdzono istotnej korelacji między uzyskanymi plonami a wczesnością odmian.

Według Fritza i Michalskiego (1979) w uprawie kukurydzy cukrowej dla przemysłu przetwórczego największe znaczenie ma masa uzyskiwanego surowca, natomiast w przypadku uprawy do bezpośredniej konsumpcji duże znaczenie ma, oprócz jak największego udziału kolb całkowicie zaziarnionych, ich długość. Różnica między odmianą o największej długości a odmianą o najmniejszej długości kolb przekraczała 3 cm (tab. 4). Istotnie najdłuższe kolby wykształcały odmiany: Candle, Comanche, Golda i Challenger, wszystkie typu sh2.

Spośród cech kolby oceniono również liczbę ziaren w kolbie. W przypadku tej cechy, największą liczbę ziaren w kolbie stwierdzono u odmiany Shaker (tab. 4), jednak odmiana Golda nie różniła się od niej istotnie pod tym względem. Różnica w liczbie ziaren w kolbie od odmiany o ich największej ilości do odmiany o najmniejszej (Anava) wynosiła aż 30%.

Tabela 4

Wybrane cechy kolb (2003–2007)
Chosen features of cobs (2003–2007)

Odmiana Variety	Udział kolb I klasy % Percentage of first class cobs	Liczba ziaren sztuki Number of grains per cob	Długość kolb cm Length of cobs
Anava	71,5	483	18,8
Basin	70,5	641	21,0
Candle	73,8	487	21,1
Challenger	75,7	612	20,0
Comanche	66,4	490	21,0
Dixon	76,9	599	19,4
Golda	74,8	670	21,0
Indira	78,4	624	20,2
Jubilee	66,3	582	19,0
Shaker	75,4	689	20,2
Sheba	77,3	580	20,5
Shimmer	81,7	605	18,8
Spirit	62,6	502	18,0
Sweet Trophy	77,8	515	20,2
NIR _{0,05}	0,50	27,5	0,45
LSD _{0,05}			

WNIOSKI

1. Oceniane odmiany kukurydzy cukrowej typu sh2 charakteryzowały się wysokim plonowaniem, średnio za pięcioletni okres badań od 10 do 17 t·ha⁻¹.
2. Różnica między odmianą najwyższą a najniższą plonującą wyniosła 40%.
3. Większość ocenianych odmian typu sh2 plonowała istotnie wyżej niż odmiany su, biorące udział w doświadczeniu.
4. Udział kolb całkowicie zaziarnionych, liczba ziaren w kolbie oraz ich długość były istotnie zróżnicowane w zależności od odmiany.

LITERATURA

- Bar-Zur A., Saadi H., Nahman N., Hujert F., Padova R. 1990. Super sweet sugary enhancer (se) sweet corn varieties. Hassadeh, 70 (6): 874 — 877.
- Fritz D., Michalsky F. 1979. Zuckermals — ein Gemusenpflanze. Mais 2: 20 — 23.
- Libner J. N. 1989. Vegetable Production — Sweet Corn, New York. Van Nostrand Reinhold, USA: 36 pp.
- Kossowski M., Cierkoń K. 1986. Wpływ terminu i gęstości siewu na plonowanie kukurydzy cukrowej. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie. Ogrodnictwo 211, z. 16: 139 — 150.
- Kubajak A., Ostrowska A. 1983. Wpływ terminu siewu kukurydzy cukrowej na jej plonowanie i jakość. Zesz. Nauk. AR Krak. 178, 11: 161 — 175.
- Waligóra H., Dubas A., Swulińska-Katulska A. 1998. Kukurydza cukrowa. Wydawnictwo Multum, Poznań: 70 ss.
- Waligóra H. 2001. Ocena wartości gospodarczej nowych mieszańców kukurydzy cukrowej. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu — CCCXXXV, Roln. 61: 97 — 103.

KAMILA KUŹDOWICZZakład Genetyki i Hodowli Roślin Korzeniowych
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Bydgoszczy

Poszukiwanie odporności na choroby w miejscowych populacjach buraka

Search for resistance to diseases among local populations of beet

Celem pracy było wyszukanie wśród zgromadzonych w kolekcji form uprawnych rodzaju *Beta* genotypów odpornych na powschodową zgorzel siewek (*Aphanomyces cochlioides* Drechsler), chwościk buraka (*Cercospora beticola* Saccardo), mączniaka prawdziwego (*Erysiphe betae*), rdzę (*Uromyces betae* Lev.) i żółtaczkę (wirus BYV). Badania prowadzono w latach 1997–2008 w Oddziale IHAR w Bydgoszczy oraz w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli Roślin Strzelce Spółka. z o.o. w Kończewicach. Doświadczenia polowe zakładano w układzie losowanych bloków w 2 lub 4 powtórzeniach. Ocenę wrażliwości na choroby przeprowadzono metodą polową oraz laboratoryjnym testem *in vitro*. Znalezione 7 populacji mało podatnych na *A. cochlioides* (UKR 97/059, UKR 97/129, UKR 97/138, UKR PKA 98/68, UKR PKA 98/89b, UKR PKA 98/89c, UKR PKA 98/252), 8 populacji tolerancyjnych na porażenie przez *C. beticola* (UKR 99/107, UKR 98/337, SLO KAR 96/530, POL BIA 98/45, POL NAR 99/58, UKR 98/103/CKA, UKR 97/129/CKA, UKR KAR 96/009/CKA) i 1 z wyraźnie zmniejszoną podatnością na *U. betae* (SLO KAR 96/512). Niektóre z nich mogą być wykorzystane w programach badawczych i hodowlanych. Wśród zgromadzonych form uprawnych buraka genotypów całkowicie odpornych na choroby nie stwierdzono.

Słowa kluczowe: choroby buraka, odporność, populacja miejscowa, rodzaj *Beta*

The aim of this study was a search for genotypes resistant to *Aphanomyces cochlioides* Drechsler, *Cercospora* leaf spot (*Cercospora beticola* Saccardo), powdery mildew (*Erysiphe betae*), beet rust (*Uromyces betae* Lev.) and Beet Yellows Virus (virus BYV) among local forms of beet from the genus *Beta* collection. The investigation was carried out in the years 1997–2008 at the Bydgoszcz Research Division of Plant Breeding and Acclimatization Institute and at the Experiment Station of Plant Breeding Strzelce Co. in Kończewice. The field experiments were conducted using the randomized split-block method with two or four replications. The susceptibility to diseases was investigated in field or laboratory conditions. Seven populations with reduced susceptibility to *A. cochlioides* (UKR 97/059, UKR 97/129, UKR 97/138, UKR PKA 98/68, UKR PKA 98/89b, UKR PKA 98/89c, UKR PKA 98/252), eight populations tolerant to *C. beticola* (UKR 99/107, UKR 98/337, SLO KAR 96/530, POL BIA 98/45, POL NAR 99/58, UKR 98/103/CKA, UKR 97/129/CKA, UKR KAR 96/009/CKA) and one with clearly reduced susceptibility to *U. betae* (SLO KAR 96/512) were found in the investigation. Some of them may be used in research and breeding programs. No forms totally resistant beets to diseases were noticed.

Key words: beet diseases, genus *Beta*, local varieties, resistance

WSTĘP

Nieustanne genetyczne doskonalenie form uprawnych buraka nastawione głównie na wzrost plonu oraz oparcie jego hodowli na liniach cytoplazmatycznie męskosterylnych przyczyniło się do powstania odmian mieszańcowych, w większości bardzo podatnych na niekorzystne warunki środowiska (Dalke 1997; Dalke 2004). Każdego roku te wyselekcjonowane odmiany, charakteryzujące się silnie zawężoną pulą genową, są w mniejszym lub większym stopniu porażane przez choroby bakteryjne, grzybowe i wirusowe powodujące duże straty w plonie (Gutmański, 1991; Szymczak-Nowak, Banaszak, 1994; Holtschulte, 2000; Panella, Frese, 2000). Znane są tylko nieliczne odporne lub tolerancyjne mieszańcowe odmiany buraka cukrowego, pastewnego lub ćwikłowego.

Materiały kolekcyjne form uprawnych rodzaju *Beta*, zgromadzone w banku genów Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie o szerokim zakresie zmienności genetycznej i cennych cechach użytkowych, mogą stanowić łatwo dostępne źródło genów odporności lub tolerancji na choroby (Kuźdowicz, 2007a).

Celem pracy było wyszukanie wśród zebranych obiektów kolekcyjnych genotypów odpornych na powszodową zgorzel siewek (*Aphanomyces cochlioides* Drech.), chwościk buraka (*Cercospora beticola* Sacc.), mączniaka prawdziwego (*Erysiphe betae*), rdzę (*Uromyces betae* Lev.) i żółtaczkę (wirus BYV).

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań pochodził z krajowych i międzynarodowych ekspedycji naukowych organizowanych przez Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie i obejmował populacje miejscowe buraka cukrowego, pastewnego i ćwikłowego zgromadzone w kolekcji rodzaju *Beta* w latach 1996–2006.

Badania prowadzono w latach 1997–2008 w Oddziale IHAR w Bydgoszczy oraz w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli Roślin Strzelce Spółka. z o.o. w Kończewicach. Doświadczenia polowe zakładano w układzie losowanych bloków w 2 lub 4 powtórzeniach.

Cykl badań rozpoczęto od wytypowania z bardzo zróżnicowanego pod względem morfologicznym i genetycznym materiału (Dalke i in., 2000), na podstawie oceny polowej, obiektów populacyjnych tolerancyjnych na dwie gospodarczo ważne choroby buraka: zgorzel siewek (*A. cochlioides*) i chwościk (*C. beticola*). Obserwacje prowadzono w warunkach naturalnej infekcji odglebowej.

W przypadku zgorzeli siewek do dalszych doświadczeń kwalifikowano populacje wykazujące najmniejszą podatność na *A. cochlioides*. Badania prowadzono na glebie charakteryzującej się wysokim potencjałem inokulum grzyba, wysiewając na poletkach po 200 nasion z 34 wytypowanych obiektów w 4 powtórzeniach. Ocenę porażenia badanych materiałów przeprowadzono w warunkach polowych, na podstawie charakterystycznych objawów powodowanych przez grzyb (Osińska, 1984). Kontrolę stanowiła mało podatna na zgorzel siewek mieszańcowa odmiana Komet.

W przypadku chwościka buraka, oceny zdrowotności zgromadzonego materiału dokonano metodą polową wg powszechnie przyjętej skali: 9,0 — rośliny zdrowe, 1,0 — rośliny całkowicie porażone. Od 2000 roku selekcję materiału roślinnego prowadzono także w oparciu o zmodyfikowaną metodę *in vitro* stosowaną przez Stähle-Csech i Gisi (1991) oraz Kocha (1997).

Do oceny wrażliwości na *C. beticola* z 50 lub 60 roślin każdej badanej populacji pobierano zdrowe liście buraka ze środkowych okółków. Z każdego liścia wycinano korkoborem 10 krążków o średnicy 10 mm i wykładano na 5% roztwór wodny agar. Następnie szalki z wyciętymi krążkami inokulowano zawiesiną zarodników *C. beticola* Sacc. o stężeniu 10^6 /ml i homogenatem grzybni w ilości 10^2 strzępek/ml i umieszczano w klimatyzowanej komorze o temperaturze 25°C, przy 16-godzinnym fotoperiodzie. Po upływie 8 dni liczono liczbę pojawiających się plamek na każdym krążku liścia. Sumę plamek z 10 krążków przyjęto jako wskaźnik porażenia dla pojedynczej rośliny. Na podstawie wyników dla pojedynczych roślin wyliczono średnie dla danej populacji. Kontrolę stanowiła początkowo mało podatna na zakażenie odmiana Lolita, później Georgina — tolerancyjna odmiana buraka cukrowego z wprowadzonymi na ten patogen genami odporności i Czerwona Kula — bardzo wrażliwa na chwościk odmiana buraka ćwikłowego.

Na podstawie uzyskanych z testu laboratoryjnego i oceny polowej wyników do dalszych badań w latach 2002–2004 wybrano 41 najmniej porażonych przez grzyb populacji buraka. Oprócz tego, spośród wszystkich badanych obiektów wyszukano pojedyncze rośliny bez objawów infekcji lub o niewielkim stopniu porażenia do indywidualnych krzyżowań parami pod izolatorami. Uzyskane w ten sposób nasiona dały początek nowym populacjom, z których do szczegółowej oceny pod względem odporności zarówno na zgorzel siewek buraka, jak i na chwościk wybrano po jednej z każdej grupy użytkowej (burak cukrowy, pastewny i ćwikłowy).

W roku 2004 i 2006 przebadano także 18 bardzo zróżnicowanych obiektów kolekcyjnych buraka pastewnego i ćwikłowego pod kątem odporności na patogeny, powodujące mniejsze straty w plonie i jakości buraków takie jak mączniak prawdziwy (*E. betae*), rdza (*U. betae*) i żółtaczka (wirus BYV). Obiektem kontrolnym do badań była odmiana buraka pastewnego — Jawor oraz Czerwona Kula — odmiana buraka ćwikłowego. Występowanie patogenów monitorowane było przez cały sezon wegetacyjny. Oceny zdrowotności materiału dokonano metodą polową wg wyżej podanej skali.

WYNIKI I DYSKUSJA

W ciągu jedenastu lat pod kątem odporności na choroby przebadano ponad 160 obiektów kolekcyjnych form uprawnych buraka.

Przeprowadzona w latach 1997–2002 selekcja w kierunku odporności na powschodową zgorzel siewek buraka przyniosła efekt — wśród badanych materiałów wyszukano obiekty mało podatne na *A. cochliformis*. Doświadczeniom sprzyjały warunki atmosferyczne w okresie badań takie jak wysoka temperatura i duża wilgotność podłoża. Czynniki te wpływają bowiem korzystnie na wzrost i rozmnażanie się sprawcy choroby. U 7 populacji

pochodzących z Ukrainy (UKR 97/059, UKR 97/129, UKR 97/138, UKR PKA 98/68, UKR PKA 98/89b, UKR PKA 98/89c, UKR PKA 98/252) stwierdzono istotnie mniejsze porażenie siewek buraka przez wymieniony grzyb, niż u odmiany kontrolnej Komet. Jednak obiektów całkowicie nie podlegających infekcji nie znaleziono (Dalke i in., 2001; Szymczak-Nowak i in., 2003).

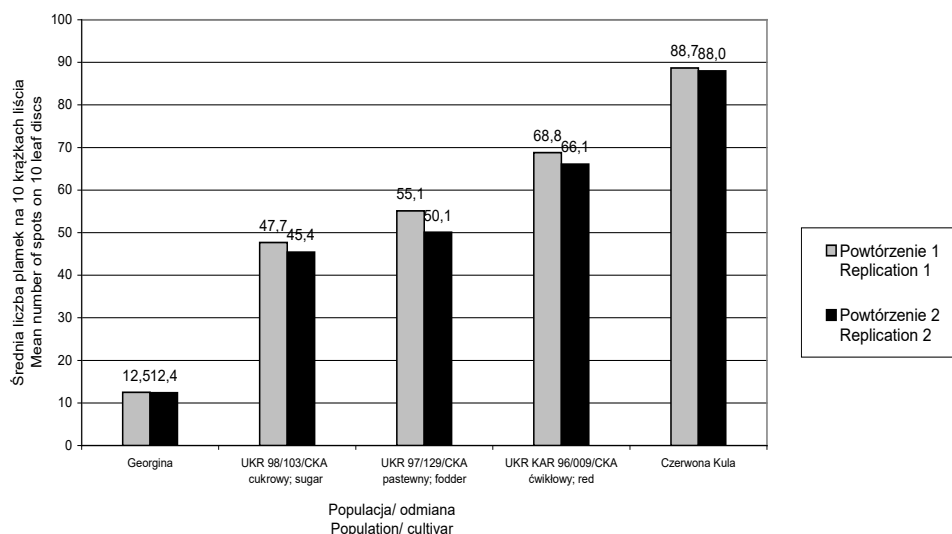
Lata badań, gorące i wilgotne, sprzyjały także rozwojowi chwościka buraka, podobnie jak skrócony płodozmian oraz pozostawione na polu rozdrobnione liście, które stanowią źródło infekcji pierwotnej w następnych latach uprawy.

Rezultaty początkowych badań 77 obiektów w kierunku odporności na zakażenie *C. beticola* wydawały się bardzo obiecujące, szczególnie gdy do oceny zgromadzonego materiału wykorzystano metodę *in vitro*, która pozwala ona na szybką, niezależną od warunków atmosferycznych ocenę populacji (Dalke i in., 2001).

W następnych latach szczegółowo dopracowano metodę testów laboratoryjnych i w 2002 roku przebadano *in vitro* 18, a w 2004 roku 23 obiekty kolekcyjne. Zaobserwowano 5 populacji istotnie mało podatnych na *C. beticola* w stosunku do kontrolnej odmiany Lolita, a odpornych nie znaleziono. Są to 2 obiekty pochodzące z Ukrainy (UKR 99/107, UKR 98/337) 1 ze Słowacji (SLO KAR 96/530) oraz 2 ze wschodnich rejonów Polski (POL BIA 98/45, POL NAR 99/58) (Szymczak-Nowak i in., 2003; Kuźdowicz, Wąsacz, 2005). Populacja buraka ćwikłowego UKR 98/337 w doświadczeniu porównawczym z odmianami należącymi do tej samej grupy użytkowej wykazała się podobnym stopniem tolerancji na chwościka (test laboratoryjny i ocena polowa) jak mało podatna odmiana buraka cukrowego Georgina (Kuźdowicz, 2008).

Dzięki przeprowadzonej indywidualnej selekcji roślin udało się znaleźć kilkanaście obiecujących genotypów, które po skrzyżowaniu dały początek nowym populacjom. Do tej pory przebadano 3 z nich: UKR 98/103/CKA, UKR 97/129/CKA i UKR KAR 96/009/CKA. Najmniej podatna na zakażenie *in vitro* była populacja buraka cukrowego UKR 98/103/CKA (rys. 1). Ocena polowa (8,5) potwierdziła wyniki testu. Badany obiekt okazał się być najmniej porażonym przez chwościka materiałem kolekcyjnym waloryzowanym w 2008 roku (dane niepublikowane). Jednak w warunkach sztucznej infekcji, w porównaniu z odmianą Georgina (rys. 1), do której wprowadzono geny odporności, tolerancja na ten patogen wydaje się być niewystarczająca. Spowodowane jest to prawdopodobnie tym, że odporność roślin buraka na *C. beticola* dziedziczona jest ilościowo i warunkowana działaniem czterech lub pięciu genów, co w znacznym stopniu utrudnia jej przeniesienie drogą tradycyjnej hodowli (Smith, Gaskill, 1970). Z tego też powodu nie należy spodziewać się w najbliższej przyszłości otrzymania roślin transgenicznych.

Prace nad poszukiwaniem źródeł odporności na chwościka wśród form uprawnych buraka prowadzone są od lat w wielu ośrodkach naukowych i hodowlanych. Pomimo identyfikacji źródeł odporności na *C. beticola* u gatunków dzikich buraka, nie uzyskano dotąd materiałów hodowlanych całkowicie nie podlegających infekcji (Panella, Frese, 2000). W przypadku buraka cukrowego został osiągnięty pewien postęp (Scaracis, Biancardi, 2000), natomiast nie istnieją prawdopodobnie odmiany buraka ćwikłowego mało wrażliwe na zakażenie (Grzebelus i in., 2004; Kuźdowicz, 2008).



Rys. 1. Ocena wrażliwości odmian i populacji buraków po selekcji na *C. beticola* w teście *in vitro*
Fig. 1. Sensitivity of cultivars and beet populations after selection to *C. beticola* in *in vitro*

Aby uzyskać rośliny o wysokiej tolerancji na ten grzyb, należałoby wprowadzić do uzyskanych w doświadczeniu obiektów drogą hodowli konwencjonalnej geny odporności z linii o ustalonej tolerancji na chwościka. Linie takie (pochodzenia amerykańskiego) posiadają niektóre ośrodki hodowli buraka (informacja ustna). Znalezienie zatem genotypów całkowicie odpornych na *C. beticola* wśród materiałów populacyjnych zgromadzonych w kolekcji wydaje się mało prawdopodobne.

Zgorzeli siewek w latach badań populacji UKR 98/103/CKA, UKR 97/129/CKA i UKR KAR 96/009/CKA otrzymanych z indywidualnych krzyżowań nie odnotowano.

Wyniki przeprowadzonego monitoringu zdrowotności zgromadzonych w kolekcji materiałów (Kuźdowicz, 2007 b) wskazują na spore zróżnicowanie stopnia wrażliwości badanych populacji na mączniaka prawdziwego, rdzę i żółtaczkę. Wśród ocenianych 18 populacji buraka znaleziono 1 obiekt (przywieziony ze Słowacji) — SLO KAR 96 /512 z wyraźnie zmniejszoną podatnością na rdzę. Choroba ta ponownie, podobnie jak na początku XX wieku (Karpínski, 1912) może stanowić w następnych latach duży problem na plantacjach buraków, zwłaszcza podatnych form pastewnych i ćwikłowych (Kuźdowicz, 2008).

Poszukiwanie genotypów odpornych na choroby nie jest rzeczą łatwą. Spowodowane jest to m.in. dużą czasochłonnością doświadczeń i związanych z nimi badań, nakładaniem się zależności genotyp — środowisko (wymierne rezultaty przyniosły doświadczenia zakładane w latach i miejscach sprzyjających sprawcom chorób) oraz troską o zachowanie jak najlepszych cech użytkowych.

Duże szanse na znalezienie pożądaných dla hodowcy genów dają dzikie gatunki buraka, jednak ich wykorzystanie do tej pory z różnych przyczyn jest niewielkie (Asher i in., 2001; Kuźdowicz, 2007 a).

Analizując wyniki jedenastoletnich doświadczeń można stwierdzić, że populacje łatwo krzyżujących się ze sobą form uprawnych buraka przywiezione z rejonów gdzie rozmnażane są często w obrębie jednej, odizolowanej miejscowości, na małych poletkach przydomowych (Dalke i in., 2000) dają zdecydowanie większe możliwości znalezienia wśród nich odpornych bądź tolerancyjnych na niektóre choroby genotypów niż dostępne obecnie mało zróżnicowane materiały hodowlane.

WNIOSKI

1. Wybrane genotypy zgromadzone w kolekcji rodzaju *Beta*, w latach 1996–2006, mogą stanowić łatwo dostępne źródło materiałów o zwiększonej tolerancji na choroby i mogą być wykorzystane w programach badawczych i hodowlanych.
2. Przeprowadzone badania potwierdzają celowość gromadzenia zróżnicowanych zasobów genowych form użytkowych buraka

LITERATURA

- Asher M. J. C., Luterbacher M. C., Frese L. 2001. Wild *Beta* species as a source of resistance to sugar-beet pests and diseases. *International Sugar Journal* 103: 447 — 456.
- Dalke L. 1997. Kierunki hodowli i charakterystyka odmian buraka pastewnego. *Biul. IHAR* 202: 9 — 11.
- Dalke L., Kuźdowicz K., Podyma W., Nowosielska D., Hauptvogel P., Boguslavskij R. L. 2000. Variation in beet resources collected in Ukraine and Slovak Carpathian mountains. Report of Working Group on Beta. *International Plant Genetic Resources Institute, Rome*: 70 — 71.
- Dalke L., Kuźdowicz K., Szymczak-Nowak J., Sitarski A., Wąsacz E. 2001. Search for diseases resistance in beets collected in the Ukraine and the Slovak Carpathian Mountains. In: "Broad Variation and Precise Characterization — Limitation for the Future". (W. Święcicki, Naganowska B., Wolko B.) *EUCARPIA/Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences, Poznań*: 172 — 173.
- Dalke L. 2004. Metody hodowli buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 234: 15 — 20.
- Grzebelus D., Barański B., Reby E., Michalik B. 2004. Poszukiwanie źródeł odporności na *Cercospora beticola* Sacc. w zasobach genowych rodzaju *Beta*. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 497: 665 — 671.
- Gutmański I. (red.). 1991. Produkcja buraka cukrowego. *PWRiL, Poznań*: 477 — 492.
- Holtschulte B. 2000. *Cercospora beticola* — worldwide distribution and incidence. *Cercospora beticola* Sacc. Biology, Agronomic Influence and Control Measures in Sugar Beet. *International Institute for Beet Research, Brussels* 2: 5 — 16.
- Karpiński W. J. 1912. Uprawa buraków cukrowych. Warszawa, Wyd. Gebethner i Wolf.
- Koch G. 1997. Genetische Untersuchungen zur *Cercospora beticola* Resistenz in Zuckerrüben Vorträge für Pflanzenzüchtung 37: 54 — 64.
- Kuźdowicz K., Wąsacz E. 2005. Wrażliwość zgromadzonych w kolekcji przedstawicieli rodzaju *Beta* na porażenie przez *Cercospora beticola* Sacc. *Prog. Plant. Protect./Post. Ochr. Roślin* 45(2): 838 — 841.
- Kuźdowicz K. 2007 a. Kolekcja gatunków dzikich i form uprawnych rodzaju *Beta* gromadzenie, ocena i wykorzystanie w badaniach i hodowli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 517: 63 — 72.
- Kuźdowicz K. 2007 b. Zdrowotność materiałów kolekcyjnych rodzaju *Beta*. *Prog. Plant Protect./ Post. Ochr. Roślin* 47 (1): 67 — 71.
- Kuźdowicz K. 2008. Podatność odmian buraka ćwikłowego na porażenie przez *Cercospora beticola* Sacc. i *Uromyces betae* Lev.. *Prog. Plant Protect./ Post. Ochr. Roślin* 48 (3): 1073 — 1076.
- Osińska B. 1984. Zgorzel siewek buraka. Cz. I. Objawy choroby i jej sprawcy. *Ochrona Roślin* nr 5: 9 — 11.

- Panella L., Frese L. 2000. *Cercospora* resistance in *Beta* species and the development of resistant sugar beet lines. *Cercospora beticola* Sacc. Biology, Agronomic Influence and Control Measures in Sugar Beet. International Institute for Beet Research, Brussels 2 :163 — 176.
- Scaracis G. N., Biancardi E. 2000. Breeding for *Cercospora* resistance in sugar beet *Cercospora beticola* Sacc. biology, agronomic influence and control measures in sugar beet. International Institute for Beet Research, Brussels 2: 177 — 196.
- Smith G. A., Gaskill J. O. 1970. Inheritance of resistance to *Cercospora* leaf spot in sugar beet. J. Am. Soc. Sugar Beet Technol. 16:172-180.
- Stähle-Csech K., Gisi K. 1991. Determination of sensitivity to DMI fungicides of *Cercospora beticola* on sugar beet. Bull. OEPP/EPPO Bull. 21: 321 — 323.
- Szymczak-Nowak J., Banaszak H. 1994. Znaczenie zgorzeli siewek w integrowanej produkcji buraka cukrowego. Mat. 34 Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin 1:170 — 174.
- Szymczak-Nowak J., Dalke L., Kuźdowicz K. 2003. Ocena odporności na choroby w kolekcji buraków pochodzących z ekspedycji na Słowację i Ukrainę. Prog. Plant. Protect./Post. Ochr. Roślin 43: 970 — 972.

DARIUSZ R. MAŃKOWSKI¹**ZBIGNIEW LAUDAŃSKI**²¹ Pracownia Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików² Zakład Biometrii, Wydział Zastosowań Informatyki i Matematyki
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce Część III. Ocena ilościowego postępu odmianowego w nasiennictwie oraz w produkcji polowej ziemniaka

Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part III. Estimation of potato cultivars yield potential progress in seed production and farm cultivation

Praca prezentuje rezultaty podjętej próby oceny postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka w Polsce. Na podstawie informacji pochodzących z kwalifikacji polowej plantacji nasiennych oceniono postęp odmianowy w latach 1994–2003. Natomiast na podstawie danych produkcyjnych oceniono potencjał plonotwórczy odmian ziemniaka znajdujących się w produkcji w latach 1986–2003. Analizy wykonano łącznie i w ramach grup wczesności odmian ziemniaka. Opisano zaobserwowane zmiany.

Słowa kluczowe: postęp biologiczny, postęp hodowlany, postęp odmianowy, postęp technologiczny, ziemniak

The paper presents results of assessment of breeding progress in potato yielding for seed material production and for farm cultivation in Poland. Basing on the seed potato production data from qualified plantations, yield potential increase of new cultivars was estimated for the period of 1994–2003. The corresponding progress in farm production was assessed basing on survey investigation data of the years 1986–2003. The indexes of species differential yielding ability (*SDYA*, acc. to Feyerherm and Paulsen, 1984) were calculated separately for different earliness groups as well as jointly for all potato cultivars. The problem of reduced impact of the breeding progress on the farm production is discussed.

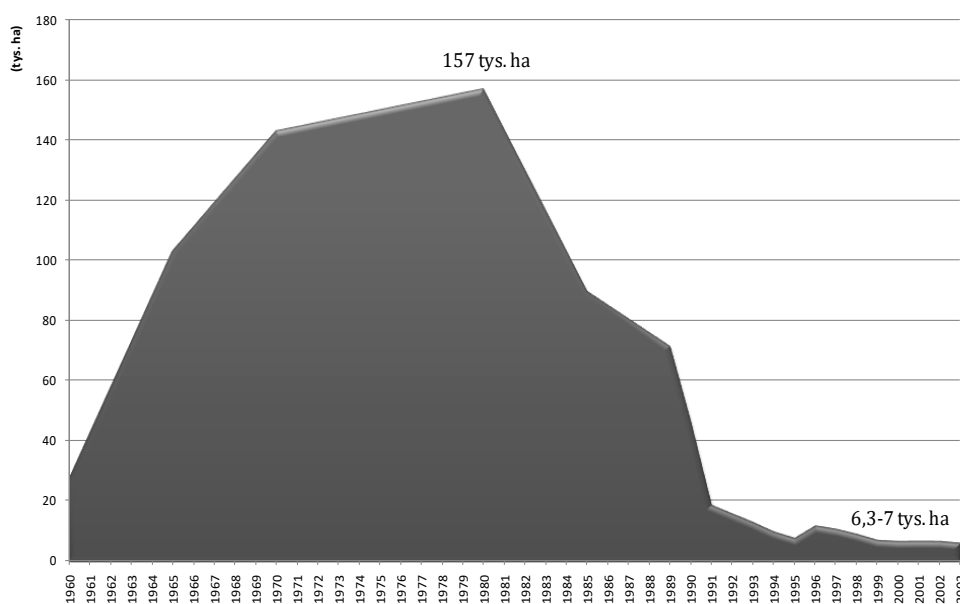
Key words: biological progress, breeding progress, cultivar progress, potato, yield potential

WSTĘP

Produkcja ziemniaka była przez wiele lat uznawana była jako polska specjalność. Średnie plony podawane przez GUS od lat wahały się w przedziale 16–19 dt·ha⁻¹. Skoro wyniki prowadzonych badań nad postępem hodowlanym wykazują istnienie tego postępu w ziemniaku, rodzi się pytanie co dzieje się z tym postępowaniem w nasiennictwie i produkcji polowej, że nie widać jakichkolwiek zmian w osiągniętych plonach. Czy nasiennictwo ziemniaka nie potrafi przenieść wytworzonego przez hodowlę postępu do praktyki? Czy też rolnicy nie potrafią wykorzystać istniejącego postępu? Jak kształtuje się potencjał plonotwórczy uprawianych odmian i w jakim stopniu jest wykorzystywany?

Elementem przenoszącym osiągnięcia nauki do praktyki rolniczej jest odmiana. Wymaga ona jednak właściwej agrotechniki, która powinna być opracowywana już na etapie tworzenia odmiany (Arseniuk, 2003). Ogniwem transmisji postępu z hodowli do produkcji polowej jest nasiennictwo. Jego zadaniem jest reprodukcja odmian, mająca na celu tworzenie nowej jakości w postaci postępu odmianowego, wytworzonego przez hodowlę do praktyki rolniczej.

Udział kwalifikowanych plantacji nasiennych jest obecnie w Polsce znacznie niższy niż w Niemczech, czy Holandii. Jest on tak niski, że większość krajowej produkcji ziemniaka musi pochodzić z gospodarstw, które przez wiele lat nie wymieniały sadzeniaków (Świeżyński, 1999). Na początku lat 70. XX wieku powierzchnia produkcji kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka sięgała prawie 160 tys. ha. Jednak na początku XXI wieku powierzchnia ta wynosiła zaledwie 6–7 tys. ha (rys. 1).



Rys. 1. Powierzchnia uprawy kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka w Polsce w latach 1960–2003
Fig. 1. Production area of qualified potato seed material in Poland within the years 1960–2003

Powierzchnia uprawy kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka w Polsce jest zbyt mała w stosunku do powierzchni uprawy tego gatunku (Kostiw, 2004). Ta dysproporcja sprawia, że znaczna większość produkcji ziemniaka w naszym kraju pochodzi z plantacji obsadzanych materiałem niekwalifikowanym. Można wyróżnić wiele przyczyn takiego stanu rzeczy. Za najważniejszy należy jednak uznać niski popyt na sadzeniaki, związany z bardzo wysokimi kosztami wymiany materiału siewnego, przy relatywnie niskich dochodach ze sprzedaży finalnego produktu.

Plonowanie roślin w praktyce rolniczej jest niższe niż w doświadczeniach ścisłych. Różnice w plonach produkcyjnych są wynikiem odmiennych, często gorszych warunków siedliskowych, nieprzestrzegania zaleceń agrotechnicznych, niskich nakładów środków produkcji oraz stosowania materiału siewnego o niskiej jakości. Wszystkie te czynniki oraz trudna sytuacja ekonomiczna rolników, którzy ograniczają zużycie wszelkich środków produkcji, kształtują poziom plonów na dużo niższym poziomie niż wynikałoby to z potencjalnych możliwości plonowania posiadanych przez uprawiane odmiany (Runowski, 1997).

Krzymuski (1993) dokonał porównania transmisji postępu hodowlanego ziemniaka do produkcji w latach 1971–1975 a początkiem lat 90. W porównywanych okresach liczba badanych nowych rodów nieznacznie wzrosła, średnio z 37,6 rodów w latach '71–'75 do 40 w roku 1992. Można było zaobserwować wyraźniejszy wzrost liczby zarejestrowanych odmian z 31,6 w latach 1971–1975 do 55 na początku lat 90. Jednocześnie drastycznie zmalała powierzchnia uprawy sadzeniaków z 142 tys. ha w latach 1971–1975, do 16,4 tys. ha w roku 1992. Znacząco zmniejszyła się również powierzchnia uprawy superelit z 1664 ha do 916 ha. Spowodowało to znaczne spowolnienie transmisji postępu hodowlanego ziemniaka do produkcji. Autor stwierdził, że teoretyczny okres wymiany sadzeniaków, wynikający ze stosunku zapotrzebowania na materiał siewny, oszacowanego na podstawie powierzchni uprawy ziemniaka, względem produkcji materiału kwalifikowanego, wynosił średnio 8,2 roku w latach 1971–1975. W roku 1992 okres ten wynosił już 82 lata. Brak częstej wymiany sadzeniaków uniemożliwił wykorzystanie potencjału wytworzonego przez hodowlę oraz jego skuteczne przeniesienie do produkcji.

Krzymuski (1996 a) stwierdził, iż wytworzony przez hodowlę postęp w plonach bulw nie wpływał wyraźnie na wzrost średnich plonów w doświadczeniach COBORU. Tempo rozpowszechniania najnowszych odmian w produkcji, w latach 1986–1993, było dość wolne. W tym okresie znacznie zmniejszył się udział odmian nowych, na korzyść odmian starszych, które dominowały w uprawie. Ponadto wyraźnie zauważalny był już rozłam na dwie gałęzie produkcji ziemniaka — intensywną, z przeznaczeniem na konsumpcję i przetwórstwo spożywcze oraz ekstensywną, z przeznaczeniem na paszę i produkcję skrobi (Krzymuski, 1996 b). Produkcja intensywna charakteryzowała się powolnym, ale systematycznym wzrostem powierzchni uprawy, szczególnie w przypadku ziemniaków przeznaczonych na przetwórstwo. W przypadku produkcji ekstensywnej zauważalny był wyraźny spadek powierzchni uprawy. Autor prognozował zachowanie tych tendencji w kolejnych latach.

Runowski (1997) stwierdził, że cechą postępu biologicznego jest to, że jego efekty w produkcji pojawiają się ze znacznym opóźnieniem. Rozpiętość pomiędzy osiągnięciami

hodowli a zastosowaniem ich w praktyce zależy w znacznym stopniu od poziomu kultury rolnej i wiedzy producentów oraz od poziomu kosztów nośników postępu biologicznego.

Ilościowy postęp odmianowy ziemniaka w produkcji rolniczej w latach 1986–2001 był znaczny i wynosił 239 kg rocznie, czyli 1,6% średnich plonów (Mańkowski i Oleksiak, 2003). Postęp odmianowy w tym okresie nie szedł jednak w parze ze stosowaną technologią produkcji, stąd też nie obserwowano wzrostu średnich plonów uzyskiwanych w produkcji. Niezadowalające było też wykorzystanie potencjału plonotwórczego odmian, mierzone relacją plonów uzyskiwanych w gospodarstwach towarowych do plonów z doświadczeń odmianowych (Mańkowski i Oleksiak, 2003).

Pomimo istniejącego postępu biologicznego plony ziemniaka w Polsce wyglądają bardzo skromnie w porównaniu z plonami ziemniaków w krajach zachodnich. Przykładowo w 2002 roku średnie plony ziemniaka w Unii Europejskiej wynosiły $35,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, podczas gdy średnie plony w Polsce w tym okresie wyniosły $19,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Arseniuk, 2003).

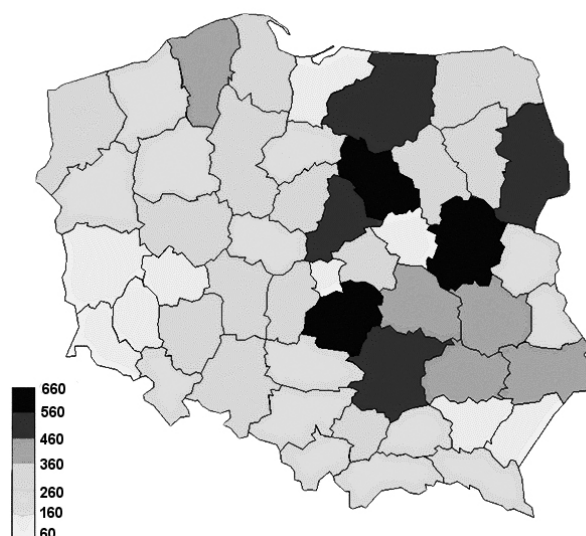
Celem tego opracowania, które mogłoby poszerzyć obecny stan wiedzy, jest przede wszystkim oszacowanie wielkości postępu biologicznego w hodowli, nasiennictwie i produkcji polowej ziemniaka w Polsce w okresie powojennym.

Zaprezentowane zostaną wyniki oceny, realizowanej przez nasiennictwo, transmisji ilościowego postępu odmianowego wytworzonego przez hodowlę ziemniaka oraz wyniki oceny stopnia wykorzystania ilościowego postępu odmianowego w produkcji ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę postępu odmianowego w nasiennictwie oparto na danych pochodzących z kwalifikacji polowej plantacji nasiennych prowadzonych przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa (Informator nasienny, 2000–2002; strona internetowa PIORiN). Dane obejmowały lata 1994–2003.

Ocenę postępu odmianowego w produkcji polowej ziemniaka oparto na danych produkcyjnych indywidualnych gospodarstw rolniczych. Odpowiednie badania były prowadzone przez Pracownię Ekonomiki Nasiennictwa i Hodowli Roślin, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Rozpoczęto je w roku 1986 i prowadzone były w gospodarstwach prowadzących rachunkowość rolną dla Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej. W latach 1986–2003, ankietowano rocznie od 420 do 620 indywidualnych gospodarstw rolniczych. Ankiety wypełniane były przez inspektorów rachunkowości rolnej IERiGŻ. Każda ankieta w postaci karty obejmowała jedno gospodarstwo, a każdy wiersz tej ankiety dotyczył jednego pola, czyli uprawy jednej odmiany jednego gatunku roślin uprawnych. Dane z badań ankietowych dotyczące ziemniaka obejmowały łącznie, w latach 1986–2003, 14847 pól uprawnych. Rysunek 2 przedstawia geograficzne rozmieszczenie liczby badanych pól w poszczególnych województwach według starego podziału administracyjnego na 49 województw.



Rys. 2. Liczba pól objętych badaniami ankietowymi, na których, w latach 1986–2003 uprawiano ziemniaki; podział Polski według starego podziału administracyjnego (49 województw)

Fig. 2. Numbers of fields in survey investigation, on which, within the years 1986–2003, potato was cultivated; Poland in old administrate division (49 voivodeships)

Ocenę ilościowego postępu odmianowego przeprowadzono z wykorzystaniem zmodyfikowanej metody Feyerherma i Paulsena (Feyerherm i Paulsen, 1984; Oleksiak i wsp., 2004; Mańkowski, 2009). Do oceny ilościowego postępu odmianowego w nasienictwie ziemniaka, wykorzystano indeksy potencjału plonotwórczego odmian ($CDYA_i$) wyznaczone w poprzedniej części niniejszego opracowania (Mańkowski i Laudański, 2009). Ocenę wykorzystania postępu odmianowego w produkcji ziemniaka przeprowadzono zgodnie z przyjętą metodyką, w całości na danych pochodzących z badań ankietowych. Wzorzec do porównań stanowiły wybrane odmiany plonujące w sposób stabilny na przestrzeni analizowanego okresu (Mańkowski i Laudański, 2009).

WYNIKI

Postęp odmianowy na etapie produkcji nasiennej

Ocenę postępu odmianowego na etapie produkcji nasiennej przeprowadzono na podstawie danych pochodzących z wyników kwalifikacji polowej plantacji nasiennych prowadzonej przez PIORiN. Łącznie w okresie 10 lat (1994–2003) w produkcji nasiennej było 147 odmian. Analizę przeprowadzono w oparciu o wyznaczone w analizie doświadczeń odmianowych SDOO indeksy $CDYA_i$. Odmiany analizowano łącznie, a następnie oddzielnie w grupach wczesności: bardzo wczesne, wczesne, średnio wczesne oraz średnio późne i późne.

Wyznaczonym wcześniej dla każdej odmiany indeksom $CDYA_i$ przypisano wagi odpowiadające udziałom poszczególnych odmian w powierzchni produkcji nasiennej w danym roku. W ten sposób wyznaczono indeksy $SDYA_r$. W celu opisanie zmienności tych indeksów w kolejnych latach przeprowadzono analizę funkcji regresji liniowej (tab. 1). Rysunki 3a, 3b, 3c, 3d i 3e przedstawiają wykresy wartości indeksów $SDYA_r$ oraz wyznaczone funkcje trendu dla wszystkich odmian ziemniaka znajdujących się w produkcji nasiennej oraz z podziałem na grupy wczesności.

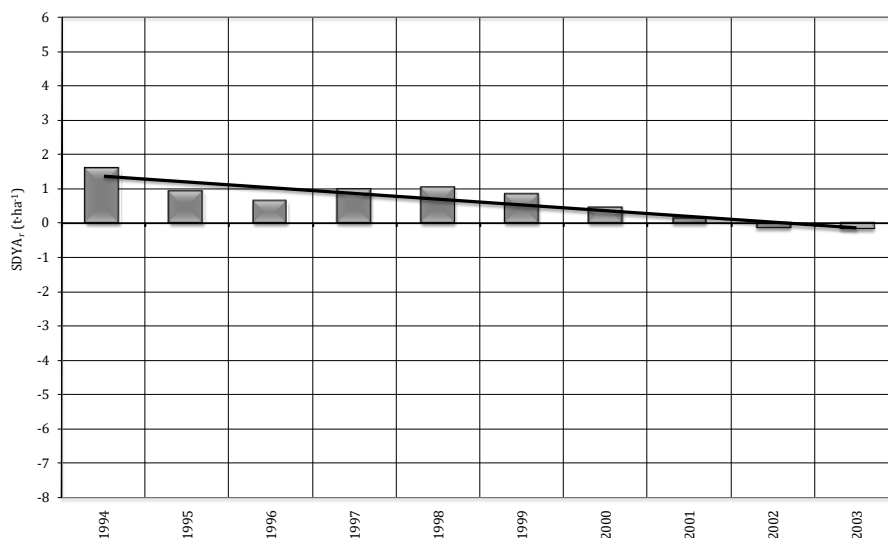
Tabela 1

Analiza funkcji regresji dla wyznaczonych indeksów $SDYA_r$ w produkcji nasiennej ziemniaka
Analysis of regression function for $SDYA_r$ indexes in potato seed production

Grupa odmian Group of cultivars	Statystyka F F statistic for model	R^2	Poprawiony R^2 Adjusted R^2	Stała regresji Intercept		Współczynnik regresji Regression coefficient	
				oszacowanie estimation	statystyka t t statistic	oszacowanie estimation	statystyka t t statistic
Wszystkie odmiany All cultivars	35,28**	0,8151	0,7920	1,52550	8,81**	-0,16580	-5,94**
Bardzo wczesne Very early	8,24*	0,5073	0,4458	-3,08090	-5,59**	0,25509	2,87*
Wczesne Early	23,63**	0,7470	0,7154	6,94782	4,99**	-1,08968	-4,86**
Średnio wczesne Medium early	13,12**	0,6213	0,5740	1,63163	6,15**	-0,15497	-3,62**
Średnio późne i późne Medium late and late	83,83**	0,9129	0,9020	4,00777	15,16**	-0,39023	-9,16**

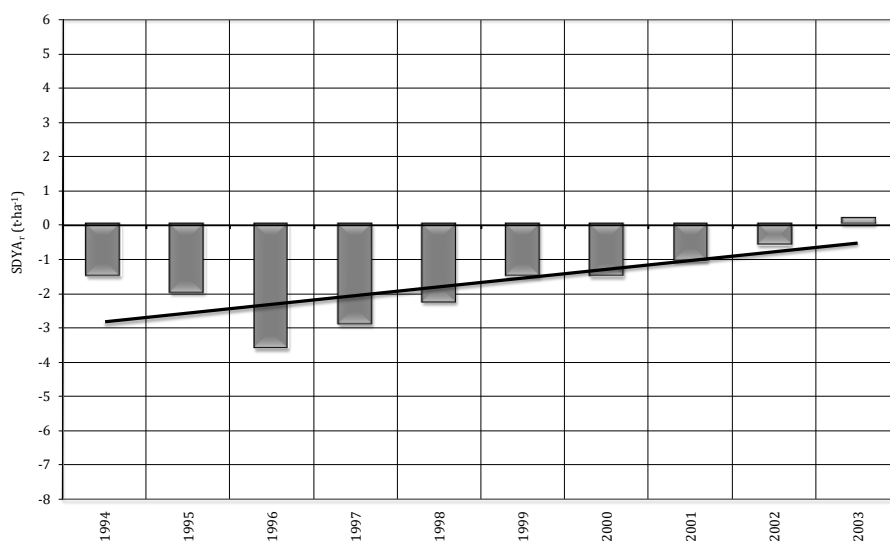
* — istotne przy $\alpha = 0,05$; ** — istotne przy $\alpha = 0,01$;

* — significant at $\alpha = 0.05$; ** — significant at $\alpha = 0.01$



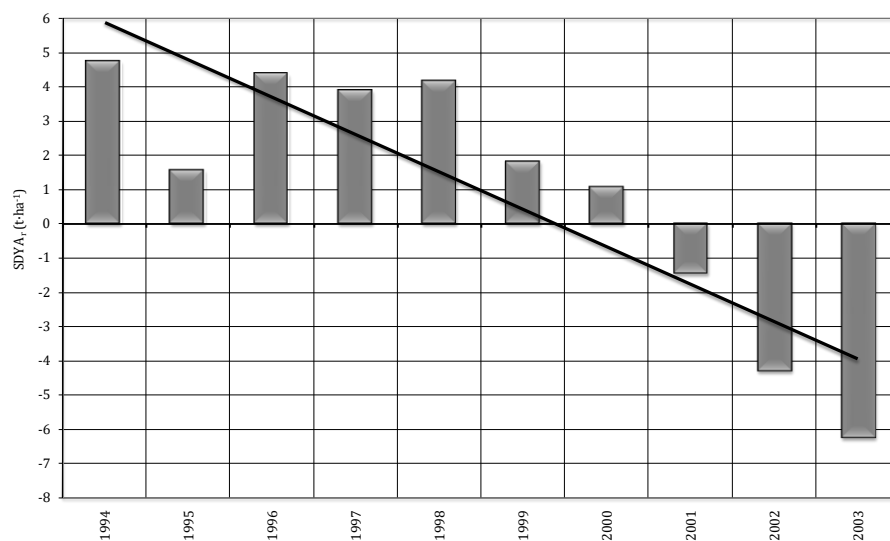
Rys. 3 a. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich odmian znajdujących się w produkcji nasiennej w latach 1994–2003

Fig. 3 a. Trends and $SDYA_r$ indexes values for all cultivars in seed production in the years 1994–2003



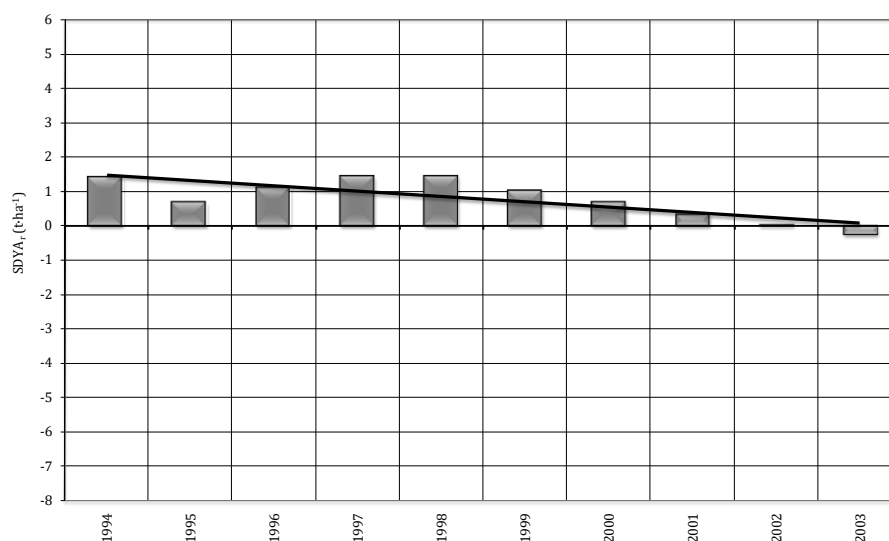
Rys. 3 b. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian bardzo wczesnych znajdujących się w produkcji nasiennej w latach 1994–2003

Fig. 3 b. Trends and $SDYA_r$ indexes values for very early cultivars in seed production in the years 1994–2003



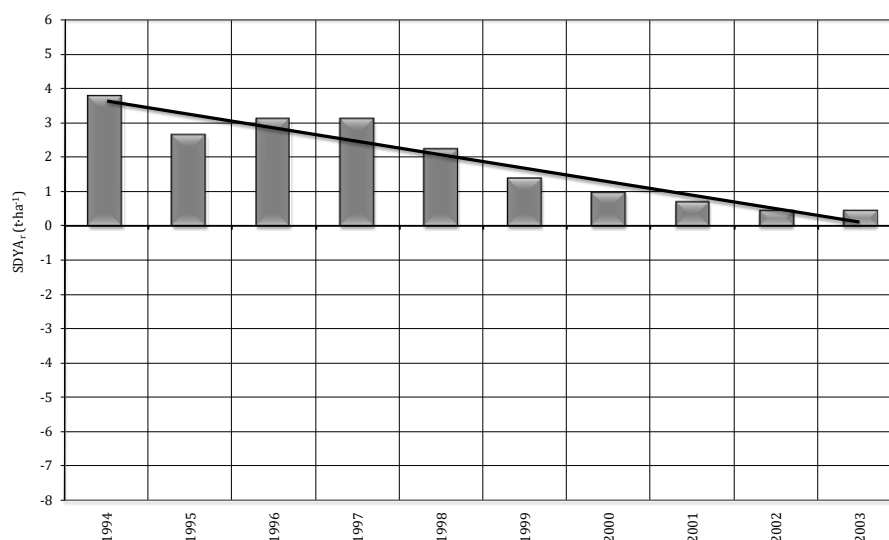
Rys. 3 c. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian wczesnych znajdujących się w produkcji nasiennej w latach 1994–2003

Fig. 3 c. Trends and $SDYA_r$ indexes values for early cultivars in seed production in the years 1994–2003



Rys. 3 d. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian średnio wczesnych znajdujących się w produkcji nasiennej w latach 1994–2003

Fig. 3 d. Trends and $SDYA_r$ indexes values for medium early cultivars in seed production in the years 1994–2003



Rys. 3 e. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian średnio późnych i późnych znajdujących się w produkcji nasiennej w latach 1994–2003

Fig. 3 e. Trends and $SDYA_r$ indexes values for medium late and late cultivars in seed production in the years 1994–2003

Istotność regresji liniowej stwierdzono w przypadku analizy danych o wszystkich odmianach łącznie oraz dla wszystkich grup wczesności (tab. 1, rys. 3 a, 3 b, 3 c, 3 d i 3 e).

W przypadku wszystkich odmian, a także grup odmian wczesnych, średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych odnotowano (rys. 3a, 3c, 3d i 3e) spadki potencjału plonotwórczego odmian znajdujących się w reprodukcji (współczynniki regresji odpowiednio: -0,166, -1,090, -0,155, -0,390). Jedynie w przypadku grupy odmian bardzo wczesnych (rys. 3b) odnotowano wzrost potencjału plonotwórczego odmian (współczynnik regresji +0,255).

Postęp odmianowy w produkcji ziemniaka

Oszacowanie postępu odmianowego w produkcji polowej ziemniaka przeprowadzono w oparciu o dane pochodzące z badań ankietowych indywidualnych gospodarstw rolniczych. Do analizy wykorzystano dane z lat 1986–2003, pochodzące łącznie z 14 847 pól uprawnych i obejmujących informację o 151 uprawianych odmianach ziemniaka. Analizowano dane o tych odmianach, które w badaniach ankietowych pozostawały nie krócej niż dwa lata badań. Przeanalizowano 140 takich odmian. W porównaniach wykorzystano wyznaczony wzorzec pomostowy (Mańkowski i Laudański, 2009). Odmiany analizowano łącznie, a następnie oddzielnie w grupach wczesności (bardzo wczesne, wczesne, średnio wczesne oraz średnio późne i późne).

W pierwszej kolejności dla każdej odmiany, w oparciu o dane ankietowe, wyznaczono indeksy $CDYA_i$. Następnie przypisano im wagi odpowiadające udziałowi odmian w powierzchni uprawy gatunku w danym roku badań ankietowych. W ten sposób wyznaczono indeksy $SDYA_r$. W celu opisanie zmian tych indeksów w kolejnych latach przeprowadzono analizę funkcji regresji liniowej. Wyniki tej analizy przedstawiono w tabeli 2. Rysunki 4 a, 4 b, 4 c, 4 d i 4 e przedstawiają wykresy wartości indeksów $SDYA_r$ oraz wyznaczone funkcje trendu dla wszystkich odmian ziemniaka znajdujących się w produkcji oraz z podziałem na grupy wczesności.

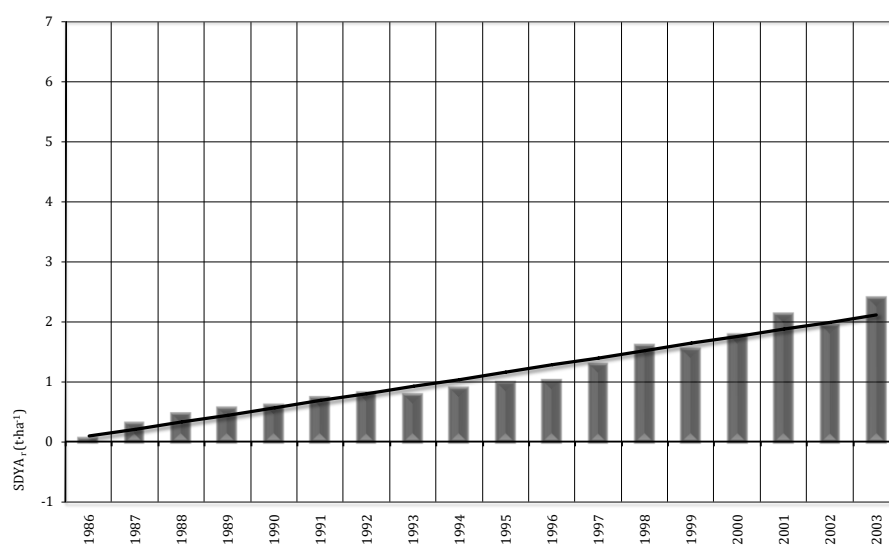
Tabela 2

Analiza funkcji regresji dla wyznaczonych indeksów $SDYA_r$ w produkcji ziemniaka Analysis of regression function for $SDYA_r$ indexes in potato production

Grupa odmian Group of cultivars	Statystyka F dla modelu F statistic for model	R^2	Poprawiony R^2 Adjusted R^2	Stała regresji Intercept		Współczynnik regresji Regression coefficient	
				oszacowanie estimation	statystyka t t statistic	oszacowanie estimation	statystyka t t statistic
Wszystkie odmiany All cultivars	306,15**	0,9503	0,9472	-0,02066	-0,28 ^{NS}	0,11899	17,50**
Bardzo wczesne Very early	1,04 ^{NS}	0,0608	0,0021	-0,12767	-0,60 ^{NS}	0,02002	1,02 ^{NS}
Wczesne Early	26,88**	0,6269	0,6036	-1,27914	-2,30*	0,26597	5,18**
Średnio wczesne Medium Early	82,16**	0,8370	0,8268	0,02364	0,17 ^{NS}	0,11834	9,06**
Średnio późne i późne Medium late and late	104,82**	0,8676	0,8593	0,24940	2,49*	0,09457	10,24**

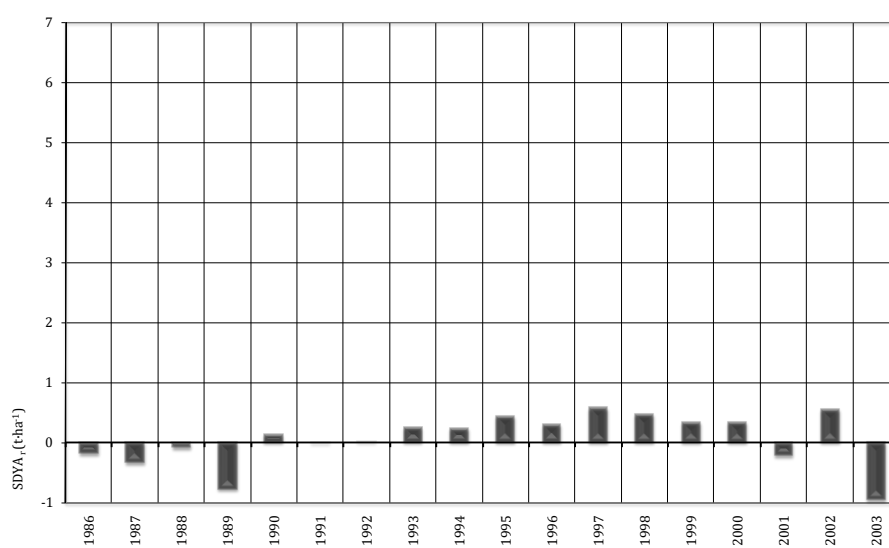
* — istotne przy $\alpha = 0,05$; ** — istotne przy $\alpha = 0,01$; ^{NS} — nie istotne;

* — significant at $\alpha = 0.05$; ** — significant at $\alpha = 0.01$; ^{NS} — not significant



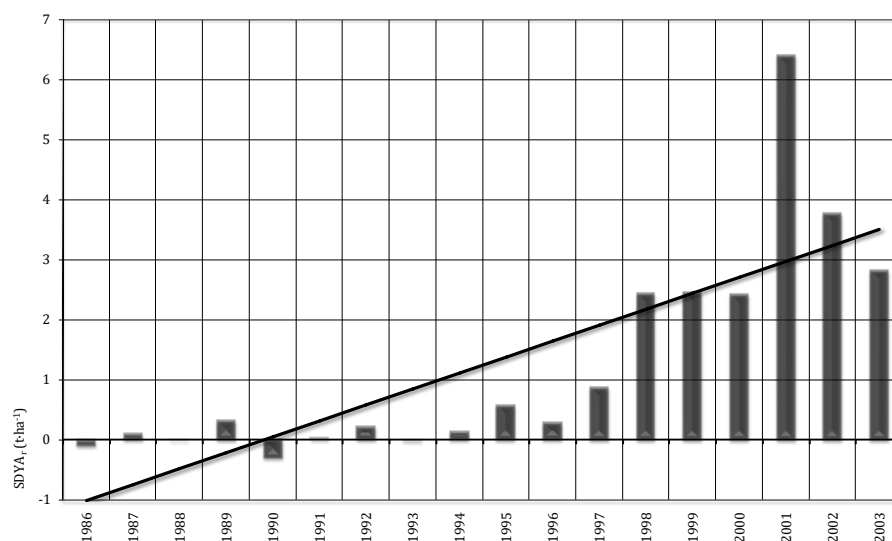
Rys. 4 a. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich odmian znajdujących się w produkcji w latach 1986–2003

Fig. 4 a. Trends and $SDYA_r$ indexes values for all cultivars in production in the years 1986–2003



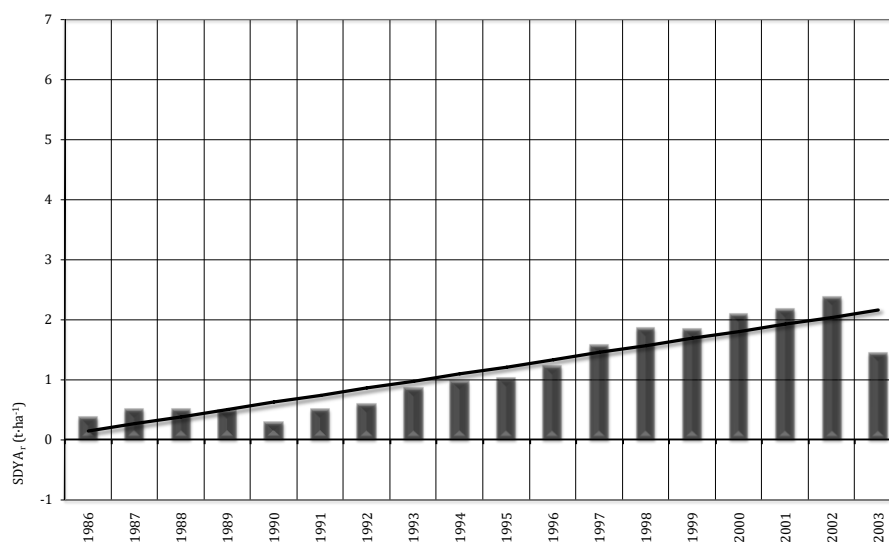
Rys. 4 b. Wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian bardzo wczesnych znajdujących się w produkcji w latach 1986–2003

Fig. 4 b. $SDYA_r$ indexes values for very early cultivars in production in the years 1986–2003



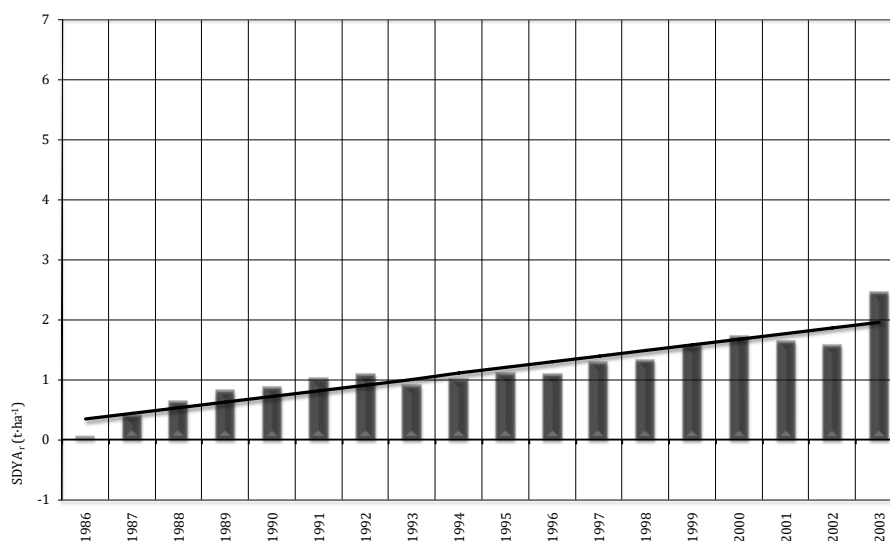
Rys. 4 c. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian wczesnych znajdujących się w produkcji w latach 1986–2003

Fig. 4 c. Trends and $SDYA_r$ indexes values for early cultivars in production in the years 1986–2003



Rys. 4 d. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian średnio wczesnych znajdujących się w produkcji w latach 1986–2003

Fig. 4d. Trends and $SDYA_r$ indexes values for medium early cultivars in production in the years 1986–2003



Rys. 4 e. Trendy i wartości indeksów $SDYA_r$ dla odmian średnio późnych i późnych znajdujących się w produkcji w latach 1986–2003

Fig. 4 e. Trends and $SDYA_r$ indexes values for medium late and late cultivars in production in the years 1986–2003

Istotnego trendu liniowego nie stwierdzono w przypadku grupy odmian bardzo wczesnych (tab. 2, rys. 4 b). Pozostałe grupy odmian, jak i wszystkie odmiany łącznie charakteryzowały się istotnym trendem liniowym (tab. 2, rys. 4 a, 4 c, 4 d i 4 e).

Przyrosty indeksów $SDYA_r$ dla wszystkich odmian wynosiły $0,12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla grupy odmian wczesnych — $0,27 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, dla odmian średnio wczesnych — $0,12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz $0,10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie — dla grupy odmian średnio późnych i późnych.

W przypadku produkcji polowej indeksy $CDYA_i$ można interpretować jako potencjał plonotwórczy danej odmiany, będący wynikiem postępu odmianowego. Natomiast indeksy $SDYA_r$ można interpretować jako potencjał plonotwórczy całego gatunku.

Największy wzrost potencjału plonotwórczego odnotowano w grupie odmian wczesnych (rys. 4 c), a najniższy w grupie odmian średnio późnych i późnych (rys. 4 e).

Porównanie postępu odmianowego na etapie rejestracji nowych odmian, produkcji nasiennej i produkcji polowej ziemniaka

Na podstawie wyników przeprowadzonych analiz, w tej części i części pierwszej opracowania (Mańkowski i Laudański, 2009), dokonano porównania postępu odmianowego w latach, 1986–2003, obserwowanego na etapie rejestracji nowych odmian (doświadczenia odmianowe SDOO), z nagromadzeniem potencjału plonotwórczego w produkcji polowej ziemniaka (dane produkcyjne). Dla lat 1994–2003 w porównaniu uwzględniono transmisję postępu odmianowego do produkcji polowej (kwalifikacja polowa PIORiN).

Indeksy potencjału plonowania ($SDYA_r$), wyznaczone dla lat 1986–2003 na podstawie wyników doświadczeń odmianowych SDOO (Mańkowski i Laudański, 2009), wyraźnie malały w przypadku wszystkich odmian oraz odmian wczesnych i średnio wczesnych. W przypadku pozostałych odmian nie stwierdzono trendu liniowego. Wartości indeksów $SDYA_r$, wyznaczonych na podstawie danych z kwalifikacji polowej PIORiN z lat 1994–2003, wykazywały istotną tendencję spadkową u wszystkich grup wczesności odmian, za wyjątkiem bardzo wczesnych, dla których obserwowano nieznaczny, ale istotny trend wzrostowy. Potencjał plonotwórczy nagromadzony w produkcji polowej wzrastał w latach 1986–2003 o czym świadczą istotne trendy wzrostowe obserwowane u wszystkich grup odmian, jedynie w przypadku odmian bardzo wczesnych nie stwierdzono znaczących zmian w indeksach $SDYA_r$.

DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Ogniwnem transmisji efektów wytworzonego postępu odmianowego z hodowli do produkcji polowej jest nasiennictwo. To nasiennictwo zajmuje się reprodukcją i wprowadzaniem do obrotu sadzeniaków odmian znajdujących się w rejestrze. Wyniki oceny poziomu postępu odmianowego, wytworzonego przez hodowlę w produkcji nasiennej wykazały, że stan nasiennictwa ziemniaka w Polsce nie jest zadowalający. Należy zauważyć, że wzrost wyznaczonych w nasiennictwie indeksów $SDYA_r$ wskazuje, że w powierzchni reprodukcji rośnie udział odmian o wysokim potencjale plonotwórczym. Spadek tych indeksów oznacza natomiast, że w reprodukcji dominują odmiany o niskim potencjale, plonujące zdecydowanie niżej niż wyznaczony wzorzec. Wzrost indeksów $SDYA_r$ zaobserwowano jedynie w przypadku odmian z grupy bardzo wczesnych. Stąd wniosek, że wzrastał w niej udział odmian o wyższym potencjale plonotwórczym. Jednak obserwowane wyniki, pomimo istotnego trendu wzrostowego, były ujemne. Czyli odmiany znajdujące się w produkcji nasiennej były odmianami niżej plonującymi niż odmiany wzorcowe. W przypadku pozostałych grup wczesności odnotowano wyłącznie trendy spadkowe indeksów $SDYA_r$. Odmiany z tych grup, znajdujące się w reprodukcji, z roku na rok cechowały się niższym potencjałem plonotwórczym.

Uzyskane wyniki zdają się potwierdzać stanowisko Oleksiaka (1992), iż przyczyną tak dużej różnicy pomiędzy efektami hodowli obserwowanymi w doświadczeniach odmianowych a efektami osiąganymi w produkcji polowej, jest zła organizacja nasiennictwa, czyli ogniwa przenoszenia wytworzonego postępu odmianowego z hodowli do produkcji polowej.

Krzymuski i Wilkos (1986) stwierdzili, że już w latach 1965–1984 obserwowano wyraźne błędy i problemy w produkcji nasiennej ziemniaka. Transmisja postępu odmianowego z hodowli poprzez nasiennictwo do produkcji polowej, w tym okresie według oceny autorów, była opóźniona o około 10 lat. Oprócz wspomnianych błędów autorzy, jako dodatkową przyczynę, wskazują również niski współczynnik rozmnożenia sadzeniaków. Krzymuski (1996 a) analizując stan nasiennictwa w latach 1966–1993 stwierdził, że do połowy lat 70. XX wieku reprodukcję i sprzedaż kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka cechował stały regres, a na początku lat 90. nasiennictwo ziemniaka praktycznie

zamarło. Ograniczyło to dopływ nowych odmian do produkcji polowej. Obserwacje Krzymuskiego potwierdził Oleksiak (2003), zdaniem którego tendencje spadkowe w produkcji kwalifikowanego materiału siewnego utrzymywały się do roku 2002. Autor zaznaczył ponadto, że głównymi klientami firm nasiennych były duże gospodarstwa produkcyjne, w których poziom zaopatrzenia w kwalifikowany materiał siewny wynosił średnio 50%, czyli tyle ile na przykład we Francji czy w Niemczech. W konkluzji autor zwrócił uwagę na to, że w efekcie malejącej produkcji i sprzedaży kwalifikowanego materiału siewnego następowało pogorszenie i tak słabej sytuacji finansowej sektora nasiennego, co jednocześnie ograniczało możliwości wykorzystania osiągnięć postępu odmianowego w praktyce rolniczej.

Efekty prac hodowlanych, mających na celu zwiększanie plenności nowych odmian ziemniaka, powinny być potwierdzone w produkcji polowej. Jednak zarówno plony ziemniaka podawane przez GUS, jak i plony ziemniaka uzyskiwane w ankietowanych gospodarstwach nie wykazywały wyraźnych zmian. Czyżby rolnicy nie korzystali z osiągnięć hodowli?

Przeprowadzona analiza postępu odmianowego w produkcji polowej ziemniaka wykazała, że efekty postępu odmianowego wytworzonego przez hodowlę, przejawiają się w produkcji polowej ziemniaka w postaci wzrostu potencjału plonotwórczego odmian znajdujących się w uprawie. Kwestia wykorzystania tego potencjału pozostaje w gestii rolnika i jego podejścia do uprawy ziemniaka. W przypadku odmian bardzo wczesnych nie obserwowano istotnego trendu zmian w potencjale plonotwórczym, nagromadzonym w tych odmianach. Wartości indeksów $SDYA_r$ były niewielkie i oscylowały w okolicach wartości 0. Oznacza to, że nie występował wyraźny wzrost, czy też zmniejszenie potencjału plonotwórczego uprawianych odmian ziemniaka, a potencjał ten utrzymywał się na średnim poziomie, zbliżonym swoją wartością do zastosowanego wzorca pomostowego. W przypadku pozostałych grup wczesności stwierdzono występowanie istotnych trendów wzrostowych potencjału plonotwórczego. Najwyższy średni przyrost potencjału odnotowano dla odmian z grupy wczesnych, trochę mniejszy dla grupy odmian średnio wczesnych, a najniższy przyrost potencjału plonotwórczego odnotowano dla odmian średnio późnych i późnych.

Analiza efektów plonotwórczych gatunku ($SDYA_r$), dla postępu odmianowego na etapie rejestracji nowych odmian i w produkcji polowej, ujawnia wyraźne „spłaszczenie” tych efektów u odmian z grup bardzo wczesnych i wczesnych, którego przyczyną był niedostateczny dopływ nowych odmian. W pozostałych grupach wczesności obserwowano lepsze efekty w produkcji polowej niż na etapie rejestracji nowych odmian. Efekty te mogli wywoływać sami rolnicy, którzy celowo dobierali do uprawy odmiany lepsze i bardziej plenne. Wyrównaniu uległa obserwowana zmienność efektów w latach, co również należy przypisać działaniom rolników, którzy decydowali się na uprawę odmian gwarantujących im wyższe plony.

Obserwowane wyniki postępu odmianowego w produkcji polowej ziemniaka, wyrażone wzrostem potencjału plonotwórczego uprawianych odmian, znajdują potwierdzenie w pracach między innymi Mańkowskiego i Oleksiaka (2003) oraz Arseniuka i wsp.

(2004). Mańkowski i Oleksiak (2003) stwierdzili, że w latach 1986–2001 potencjał plonotwórczy w produkcji polowej nie był wykorzystywany w praktyce, zarówno z powodu niewłaściwego doboru odmian użytych do produkcji, jak i niedostatecznego poziomu stosowanej agrotechniki. Według wyżej wymienionych autorów potencjał ten prowadził jedynie do stabilizacji uzyskiwanych plonów.

Faktyczny obraz wytworzenia, transmisji i wykorzystania ilościowego postępu odmianowego mogło dać jedynie porównanie tych elementów. Analizując wszystkie odmiany ziemniaka, po zestawieniu indeksów $SDYA_r$, obrazujących postęp odmianowy na etapie rejestracji nowych odmian z indeksami obrazującymi wykorzystanie postępu odmianowego w produkcji polowej za lata 1986–2003, stwierdzono występowanie istotnych trendów dla tych indeksów. Potencjał plonotwórczy, nagromadzony w odmianach znajdujących się w rejestrze, cechował się trendem spadkowym, a jego wartość malała w ciągu roku średnio o $0,152 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. W tym samym czasie potencjał plonotwórczy nagromadzony w odmianach znajdujących się w produkcji polowej, cechował się trendem rosnącym i rocznie obserwowano jego średni wzrost na poziomie $0,162 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Na tej podstawie można stwierdzić, że o ile w rejestrze wzrastał ogólny udział odmian o niskim potencjale plonotwórczym, o tyle rolnicy, dobierając odmiany do produkcji, zwracali baczniejszą uwagę na potencjalne możliwości plonowania tych odmian, gdyż to właśnie plon był miernikiem ich przyszłych dochodów. Porównując indeksy $SDYA_r$, obrazujące postęp odmianowy na etapie rejestracji nowych odmian, z indeksami wyznaczonymi na podstawie danych pochodzących z produkcji nasiennej widać wyraźnie, że nasiennictwo w latach 1994–2003 było odbiciem trendów występujących w rejestrze odmian. Indeksy dla tych dwóch etapów oceny postępu odmianowego z roku na rok malały. To nasuwa wniosek, iż nasiennictwo nie kierowało się w tym okresie ani sytuacją rynkową, ani zapotrzebowaniem na sadzeniaki, a rolnicy wybierali odmiany o wyższym potencjale plonotwórczym niż potencjał odmian znajdujących się w reprodukcji. Firmy nasienne, nie uwzględniając zainteresowań rolników, wybierały do reprodukcji odmiany wchodzące do rejestru.

W grupie odmian bardzo wczesnych nie stwierdzono występowania istotnych trendów w ich potencjale plonotwórczym, nagromadzonym w odmianach znajdujących się w rejestrze oraz w odmianach znajdujących się w produkcji polowej. Stwierdzono natomiast występowanie istotnego trendu wzrostowego w przypadku potencjału plonotwórczego nagromadzonego w odmianach znajdujących się w produkcji nasiennej. Jednak wartości tego potencjału były przez cały okres (1994–2003) ujemne, czyli niższe niż w odmianach wzorcowych. Na tej podstawie można stwierdzić, że potencjał plonotwórczy odmian tej grupy znajdujących się w rejestrze i w produkcji polowej zmieniał się wprawdzie co roku, ale oscylował w okolicach potencjału wzorca. W tym czasie firmy nasienne starały się produkować sadzeniaki odmian plenniejszych, aby dorównać ówczesnej sytuacji w rejestrze odmian i w produkcji polowej ziemniaka.

W grupach odmian wczesnych i średnio wczesnych sytuacja była podobna do obserwowanej we wszystkich odmianach ziemniaka, czyli potencjał plonotwórczy odmian znajdujących się w produkcji polowej cechował się istotnym trendem wzrostowym. Świadczyło to o prawidłowym doborze odmian tej grupy do uprawy, dokonywanym przez

rolników. W tym samym czasie potencjał plonotwórczy, nagromadzony w odmianach znajdujących się w rejestrze, cechował się istotnym trendem spadkowym. To z kolei świadczyło, iż w rejestrze wzrastał udział odmian o potencjale plonotwórczym niższym niż potencjał wzorca. Firmy nasienne, w doborze odmian do reprodukcji opierały się głównie na rejestrze, a nie na preferencjach rolników.

W przypadku grupy odmian średnio późnych i późnych nie stwierdzono istotnego trendu zmian potencjału plonotwórczego odmian znajdujących się w rejestrze. Nie zmieniło to jednak preferencji rolników, którzy do uprawy starali się dobierać odmiany plenniejsze, przez co obserwowano istotny trend wzrostowy w potencjale plonotwórczym, nagromadzonym w odmianach znajdujących się w produkcji polowej. W potencjale plonotwórczym odmian, znajdujących się w produkcji nasiennej, stwierdzono jednak istotny trend spadkowy. Pomimo, iż w początkowym okresie (rok 1994) potencjał ten ponad trzykrotnie przewyższał potencjał nagromadzony w odmianach znajdujących się w produkcji, to w roku 2003 był on już trzykrotnie niższy niż potencjał odmian w produkcji polowej. Potwierdza to stanowisko, iż dobór odmian do reprodukcji nie jest zgodny z oczekiwaniami rolników.

Obraz wyłaniający się z przeprowadzonych porównań postawił w złym świetle produkcję nasienną ziemniaka w Polsce. Stwierdzono, iż firmy nasienne nie kierowały się w doborze odmian tymi samymi przesłankami, co rolnicy dobierający odmiany ziemniaka do uprawy. Głównym wyznacznikiem dla tych firm był rejestr odmian. Niestety takie nastawienie nie sprzyja zwiększaniu udziału kwalifikowanego materiału siewnego ziemniaka w produkcji polowej. Jeżeli firmy nasienne nie będą dostarczały rolnikom odmian przez nich pożądaných, to rolnicy będą szukać innych źródeł zaopatrzenia. Będą prowadzić intensywną wymianę międzysąsiedzką lub szukać odpowiednich odmian poza granicami Polski.

LITERATURA

- Arseniuk E. 2003. Nowy wizerunek polskiego ziemniaka. W: *Ziemniaki — nowe wyzwania*. Warszawa, Agro Serwis: 3—8.
- Arseniuk E., Krzymuski J. (red.), Martyniak J., Oleksiak T. 2004. *Historia hodowli i nasiennictwa na ziemiach Polskich w XX wieku. Rośliny rolnicze*. Poznań, IHAR Radzików.
- Feyerherm A. M., Paulsen G. H. 1984. Contribution of genetic improvement to recent wheat yield increases in the USA. *Agronomy Journal* 76: 985—990.
- Informator nasienny. 2000—2002. Warszawa, Inspekcja Nasienna.
- Kostiw M. 2004. Biologiczne i przyrodnicze uwarunkowania nasiennictwa ziemniaka w Polsce. *Biul. IHAR* 232: 259—268.
- Krzymuski J. 1993. Ekonomiczne aspekty nasiennictwa. *Biul. IHAR* 188: 187—193.
- Krzymuski J. 1996 a. Zmiany w uprawie i w produkcji ziemniaka. Cz. I. Postęp biologiczny. *Biul. IHAR* 197: 273 — 282.
- Krzymuski J. 1996 b. Zmiany w uprawie i w produkcji ziemniaka. Cz. III. Produkcja. *Biul. IHAR* 197: 291 — 298.
- Krzymuski J., Wilkos S. 1986. Postęp odmianowy w ziemniaku i jego wykorzystanie. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka* 34: 13—23.
- Mańkowski D. R. 2009. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Część 1. Przegląd ilościowych metod oceny postępu hodowlanego i odmianowego. *Biul. IHAR* 251: 153—173.

- Mańkowski D. R., Laudański Z. 2009. Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce. Część 2. Ocena ilościowego postępu hodowlanego i odmianowego na podstawie doświadczeń odmianowych z lat 1957–2003. Biul. IHAR 251: 175—196.
- Mańkowski D. R., Oleksiak T. 2003. Ocena postępu w uprawie ziemniaka w Polsce w latach 1986–2001. Cz. II. Postęp hodowlany w uprawie ziemniaka. Biul. IHAR 228: 193—203.
- Oleksiak T. 1992. Postęp w hodowli roślin i jego wykorzystanie w produkcji. Biul. IHAR 181/182: 61—72.
- Oleksiak T. 2003. Produkcja i rynek materiału siewnego w Polsce. Wieś Jutra 5 (58): 18—19.
- Oleksiak T., Mańkowski D. R., Laudański Z. 2004. Metoda oceny postępu hodowlanego w warunkach produkcyjnych. Colloquium Biometryczne, 34a: 109—121.
- Runowski H. 1997. Postęp biologiczny w rolnictwie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Strona internetowa — Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa: <http://www.piorin.gov.pl/>
- Świeżyński K. M. 1999. Problem efektywności polskiego nasiennictwa ziemniaka. Hod. Rośl. Nasien. Biul. Branż. 3: 16—21.

KRYSTYNA RYKACZEWSKA

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie

Szybkie mnożenie minibułw ziemniaka z zastosowaniem hydroponiki

Rapid multiplication of potato minitubers using hydroponic

Celem badań zrealizowanych w latach 2008–2009 była ocena możliwości szybkiego mnożenia minibułw ziemniaka z materiałów *in vitro* przy zastosowaniu metody hydroponicznej i porównanie jej z metodą tradycyjną. Rośliny *in vitro* badanych genotypów (Cyprian, Cekin, Irga, Zebra, Katahdin, SZC2707) umieszczano w hydroponikach produkcji własnej. Zastosowano pożywkę zawierającą wszystkie makro- i mikroelementy: N (jako NO_3^- i NH_4^+), P, K, S, Ca, Na, Mg, Fe (chelate), Mn, Zn, B, Cu, Mo, w odpowiednich dla ziemniaka proporcjach. Wymiana pożywki odbywała się w odstępach 1-tygodniowych. Wykonano cztery zbiory minibułw: I — 23 czerwca, II — 14 lipca, III — 6 sierpnia i IV — 26 sierpnia. W doświadczeniu przeprowadzonym metodą tradycyjną rośliny *in vitro* badanych genotypów zostały wysadzone do skrzynek wypełnionych substratem glebowym. Zbiór przeprowadzono jednorazowo w ostatniej dekadzie sierpnia. Uzyskany dwoma metodami materiał nasienny był przez okres zimy przechowywany w temperaturze około 3°C. Wiosną oceniono jego zdolność kiełkowania. Stwierdzono istotne różnice w plonie i w wielkości współczynnika rozmnażania między zastosowaną tradycyjną i hydroponiczną metodą mnożenia minibułw. W wyniku zastosowania metody hydroponicznej, uzyskano wysoki współczynnik rozmnażania minibułw, wynoszący 191% w stosunku do metody tradycyjnej, przy plonie ogólnym niższym o około 35%. Stwierdzono pełną zdolność kiełkowania minibułw uzyskanych dwoma zastosowanymi metodami.

Słowa kluczowe: hydroponika, minibułwy, współczynnik rozmnażania, zdolność kiełkowania, ziemniak

The aim of the study, carried out in the years 2008–2009, was to assess the possibility of rapid multiplication of potato minitubers grown from *in vitro* materials using the hydroponic method and compare it with the traditional method. Plants *in vitro* of genotypes tested (Cyprian, Cekin, Irga, Zebra, Katahdin, SZC2707) were placed in hydroponic of own production. The applied medium contained all the macro-and micronutrients: N (as NO_3^- and NH_4^+), P, K, S, Ca, Na, Mg, Fe (chelate), Mn, Zn, B, Cu, Mo in the appropriate proportions for potato. Exchange of medium was done at intervals of 1-week. Four harvests of minitubers were performed: I — June 23, II — July 14, III — August 6, and IV — 26 August. In the experiment carried out using traditional method, plants *in vitro* of the tested genotypes were planted in boxes with soil substrate. The harvest took place once, in the last decade of August. The minitubers obtained by both methods were stored for a period of winter at a temperature of about 3°C. The sprouting capacity of minitubers was determined in the spring. Significant differences in yield and multiplication coefficient between traditional and hydroponic methods were found. The multiplication coefficient reached a higher value in the hydroponic method, on average 191% in relation

to the traditional method, but the yield was lower by 35%. It was found that the sprouting capacity of minitubers obtained by both methods was complete.

Key words: hydroponic, minitubers, multiplication coefficient, potato, sprouting capacity

WSTĘP

Uprawa roślin w hydroponikach nie jest techniką nową. W Europie kultury wodne wykorzystywano w badaniach fizjologicznych już od XVI wieku, ale w praktyce, na szerszą skalę zaczęto je stosować w pierwszej połowie wieku XX. W latach pięćdziesiątych uprawy hydroponiczne pojawiły się już na całym świecie — we Francji, Anglii, Niemczech, Izraelu, Włoszech, Hiszpanii, Szwecji, USA i ZSRR. Początkowo nie spotykały się z powszechnym uznaniem, ze względu na wysokie koszty budowy zbiorników i innych elementów konstrukcji, ale wprowadzenie do powszechnego użytku tworzyw sztucznych pozwoliło na podwyższenie opłacalności ich stosowania. Hydroponiczna produkcja roślin, odbywająca się w całkowicie zamkniętym systemie sprawia, iż nie dochodzi do skażenia środowiska naturalnego, jakie ma miejsce w przypadku produkcji bulw w glebie.

Uprawa ziemniaka w systemie hydroponicznym ma na celu przede wszystkim produkcję materiału nasiennego wysokiej jakości, uwzględniającej zbiory powtarzające się w okresie wegetacji. Innym jej przeznaczeniem jest stała podaż do bezpośredniej konsumpcji, gdzie młode, niewielkiej wielkości, systematycznie zbierane bulwy mogą być produkowane przez cały rok. Nie jest to łatwe, albowiem, w przeciwieństwie do innych gatunków, takich jak pomidor, ogórek, papryka czy sałata, plon rolniczy wytwarzany jest nie nad powierzchnią pożywki, lecz w jej roztworze, a produktywność poszczególnych odmian jest w tych warunkach zróżnicowana. Obecnie bardzo pożądane są prace nad optymalizacją fizjologicznych i technicznych aspektów tej specjalnej produkcji minibulw (Lommen, 2007; Rykaczewska, 2008). Stąd też celem badań przeprowadzonych w latach 2008–2009 była ocena możliwości szybkiego mnożenia minibulw ziemniaka z materiałów *in vitro*, przy zastosowaniu hydroponiki, w porównaniu z metodą tradycyjną.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach zastosowano odmiany: Cyprian (wczesna), Cekin, Irga, Zebra, Katahdin (średnio wczesne) oraz na ród hodowlany SZC2707. Odmiana Katahdin (kraj wyhodowania — USA) nie znajduje się w Krajowym Rejestrze Odmian, ale została włączona do badań ze względu na bardzo wysoką tolerancję na stres środowiskowy. Materiały *in vitro* tych odmian rozmnażano dwoma metodami: tradycyjną — w glebie i hydroponiczną.

Metoda tradycyjna

Rośliny *in vitro* badanych odmian, zostały wysadzone do skrzynek o powierzchni 1925 cm² (55 × 35 cm) i głębokości 14 cm, wypełnionych substratem glebowym przeznaczonym do pikowania roślin, wyprodukowanym w Pasłęku przez firmę Hollas. Sadzenie miało miejsce 28 kwietnia 2008 roku. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach, przy czym powtórzenie stanowiła jedna skrzynka z 12 roślinami. Skrzynki zostały

ustawione na specjalnych wózkach i umieszczone w hali vegetacyjnej. W okresie vegetacji rośliny były starannie pielęgnowane, zwłaszcza regularnie podlewane i dokarmianie, przede wszystkim przy użyciu nawozu „Osmoform” w ilości $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ gleby (jednorazowo) i „Universol” (żółty) w ilości $0,25 \text{ g} \cdot 1 \text{ dm}^{-3}$ wody/ skrzynkę (jednokrotnie w ciągu tygodnia). Od końca czerwca, co 10–14 dni, stosowane były zabiegi ochronne przeciw zarazie ziemniaka (*Phytophthora infestans*) i alternariozie (*Alternaria solani*) oraz od połowy lipca - przeciw stonce (*Colorado beetle*). Zbiór wykonano 22 sierpnia. Po zbiorze określono masę i liczbę minibulw, strukturę plonu, wydzielając frakcje o poprzecznej średnicy mniejszej od 1 cm, 1–2, 2–3, 3–4, 4–5 cm i większej od 5 cm. Następnie wyliczono masę 1 minibulwy i współczynnik rozmnażania.

Metoda hydroponiczna

Doświadczenie zrealizowano w hydroponikach konstrukcji własnej. Plastikowe pojemniki, o powierzchni $0,1 \text{ m}^2$ i pojemności 7 litrów, przykryto płytami styropianowymi grubości 2 cm, w których wywiercono okrągłe otwory o średnicy 16 mm. Zastosowano pożywkę zawierającą wszystkie makro- i mikroelementy: N (jako NO_3^- i NH^+), P, K, S, Ca, Na, Mg, Fe (chelat), Mn, Zn, B, Cu, Mo, w odpowiednich dla ziemniaka proporcjach. W pierwszym okresie vegetacji (od początku do 23 czerwca) stężenie pożywki wynosiło 0,075%, a w drugim okresie (od 23 czerwca do końca vegetacji) — 0,15%. Rośliny *in vitro* badanych odmian umieszczano na powierzchni styropianu w taki sposób, aby korzenie przechodzące przez otwór mogły być zanurzone w roztworze pożywki. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach, a powtórzenie stanowił jeden pojemnik z 6 roślinami, sadzonymi z gęstością taką samą jak w metodzie tradycyjnej. Wymiana pożywki odbywała się w odstępach 1-tygodniowych. Wykonano cztery zbiory minibulw: I — 23 czerwca, II — 14 lipca, III — 6 sierpnia i IV — 26 sierpnia. W każdym terminie zbioru oceniano masę i liczbę minibulw, oraz masę 1 minibulwy. Współczynnik rozmnażania wyliczono dla wszystkich terminów zbioru łącznie.

Materiał nasienny uzyskany metodą tradycyjną i hydroponiczną, przez okres zimy przechowywano w przechowalni, w temperaturze około 3°C , a w końcu lutego 2009 roku nastawiono do podkiełkowania w temperaturze około 15°C . Po 4 tygodniach, określono zdolność kiełkowania minibulw. Ocenę tę przeprowadzono na wyrównanym pod względem wielkości materiale (masa minibulw około 5 g, poprzeczna średnica 1,5–2,0 cm), o liczebności 20 dla każdej kombinacji.

Istotność różnicowania uzyskanych wyników określano przy zastosowaniu analiz wariancji na poziomie ufności 0,05, stosując test F „Snedecora”. Istotność różnic szacowano stosując test t-Studenta.

WYNIKI

Mnożenie minibulw metodą tradycyjną

Plon minibulw badanych odmian wahał się od $5,73 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (ród hodowlany SCZ2707) do $7,64 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (odmiana Zebra) i wynosił średnio $6,38 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (tab. 1, rys. 3). Liczba minibulw w przeliczeniu na 1 m^2 osiągnęła średnią wartość 444, a współczynnik rozmnażania wynosił 7,4. Najwyższą wydajnością minibulw charakteryzowała się odmia-

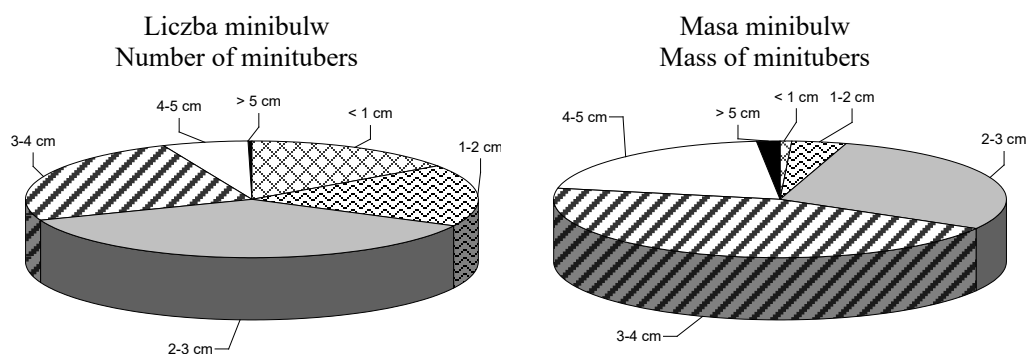
na Zebra ($605 \cdot \text{m}^{-2}$; współczynnik rozmnażania 10,1), a najniższą ród SZC2707 ($323 \cdot \text{m}^{-2}$; współczynnik rozmnażania 5,4). Średnia masa 1 minibulwy była odwrotnie proporcjonalna do ich liczby. Pozostałe badane odmiany (Cyprian, Cekin, Irga, Katahdin) charakteryzowały się zbliżonymi wartościami wszystkich określanych parametrów.

Tabela 1

Charakterystyka plonu minibulw wyprodukowanych metodą tradycyjną — w glebie
Characteristic of minitubers yield produced by the traditional method — in the soil

Odmiana Cultivar	Plon Yield ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Liczba minibulw Minitubers number $\times \text{m}^{-2}$	Współczynnik rozmnażania Multiplication coefficient	Masa 1 minibulwy Mass of 1 minituber (g)
Cyprian	6,38	403	6,7	15,8
Cekin	6,10	460	7,7	14,0
Irga	6,16	438	7,3	14,1
Katahdin	6,27	438	7,3	14,6
Zebra	7,64	605	10,1	12,6
SZC2707	5,73	323	5,4	17,9
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	0,78	122	2,0	4,5

Przeciętny, procentowy udział poszczególnych frakcji w ogólnej liczbie minibulw był odmienny niż ich procentowy udział w ogólnej masie (rys. 1). Stwierdzono, iż największy udział w ogólnej liczbie miała frakcja 2–3 cm (średnio 36,8%), a w ogólnej masie — frakcja 3–4 cm (średnio 44,6%).



Rys. 1. Procentowy udział poszczególnych frakcji w ogólnej liczbie i masie minibulw wyprodukowanych metodą tradycyjną – średnio dla odmian

Fig. 1. Percentage distribution of tuber size in the total number and the total mass of minitubers produced by the traditional method – mean for cultivars

Mnożenie minibulw metodą hydroponiczną

Plon minibulw badanych odmian wynosił średnio $2,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ i u odmian Cyprian, Cekin, Katahdin, Zebra i SZC2707 kształtował się na zbliżonym, nie różniącym się istotnie poziomie, ale był istotnie niższy u odmiany Irga (tab. 2, rys. 3). Liczba minibulw w przeliczeniu na 1 m^2 wynosiła średnio 850, a współczynnik rozmnażania osiągnął wartość

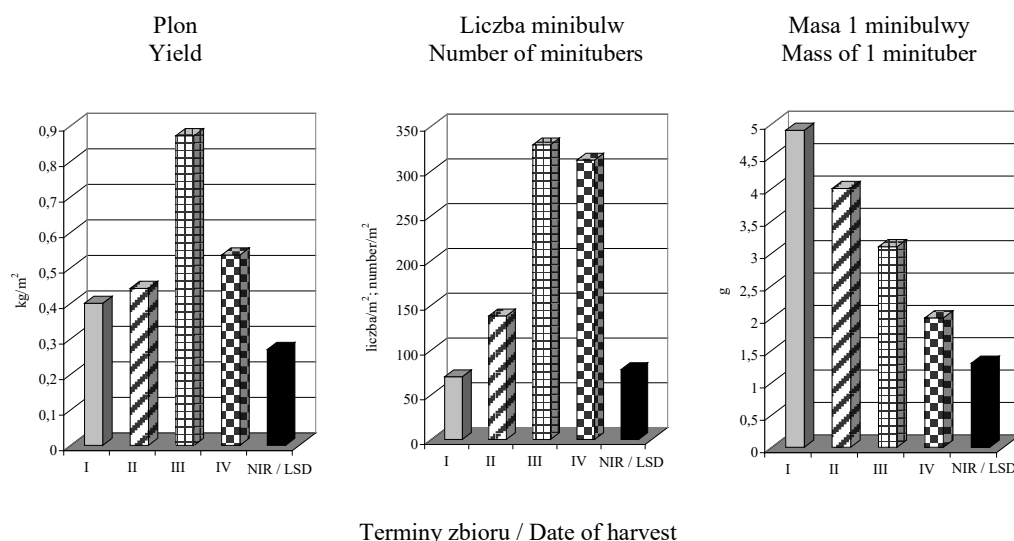
14,0. Najwyższą wydajnością minibulw charakteryzowała się odmiana Zebra i odmiana Cyprian, a najniższą — odmiana Irga. Wydajność pozostałych odmian (Cekin, Katahdin) i rodu hodowlanego (SZC2707) była zbliżona. Najwyższą średnią masą 1 minibulwy wyróżniała się odmiana Katahdin i odmiana Cekin, natomiast najniższą — odmiana Zebra.

Plon, liczba minibulw i masa 1 minibulwy badanych odmian była zależna od terminu zbioru (rys. 2). Najwyższy plon uzyskano w III terminie, a największa liczba minibulw wystąpiła w III i IV terminie. Średnia masa pojedynczej minibulwy w I terminie była bliska 5 g i z każdym kolejnym zbiorem była coraz mniejsza.

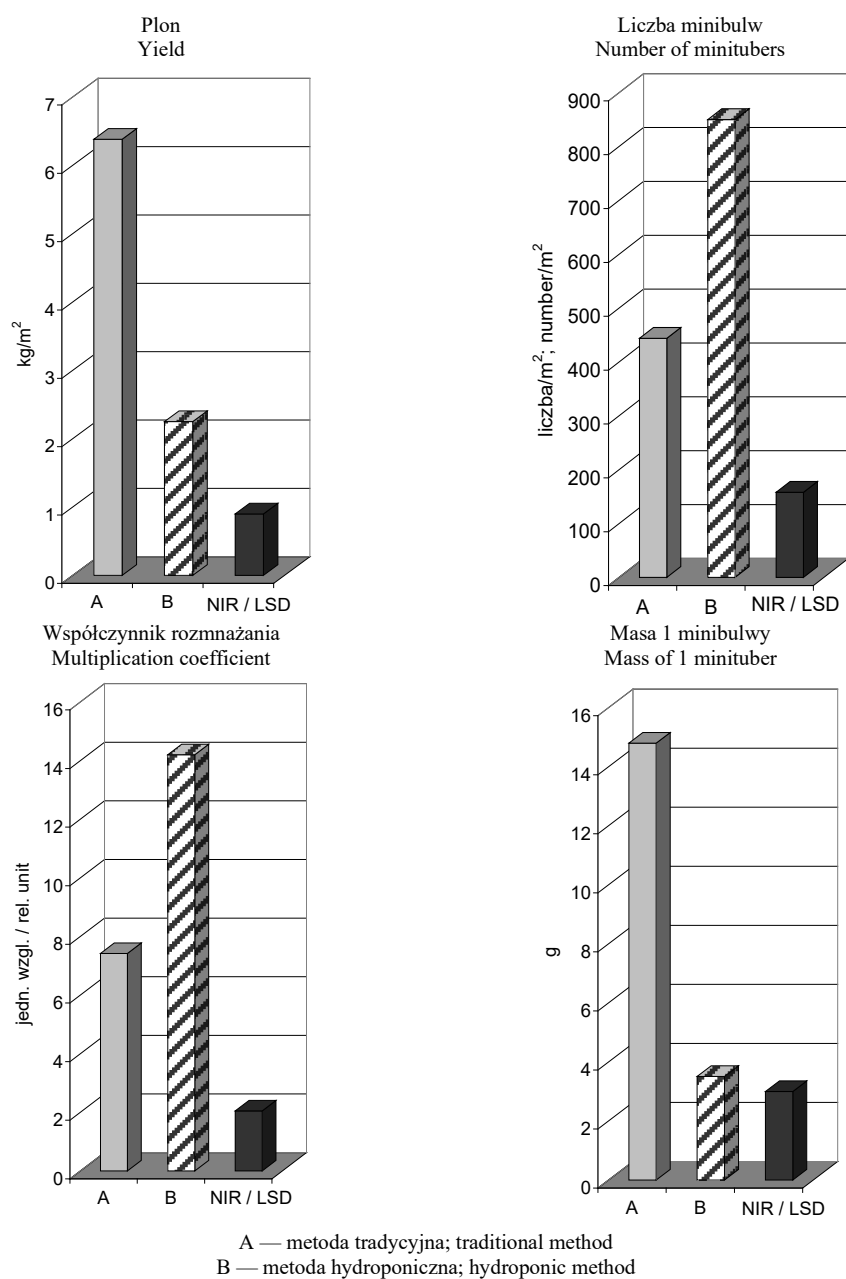
Tabela 2

Charakterystyka plonu minibulw badanych odmian wyprodukowanych metodą hydroponiczną
Characteristic of minitubers yield of the tested cultivars produced by the hydroponic method

Odmiana Cultivar	Plon Yield (kg·m ⁻²)	Liczba minibulw Minitubers number×m ⁻²	Współczynnik rozmnażania multiplication coefficient	Masa 1 minibulwy Mass of 1 minituber (g)
Cyprian	2,00	1110	18,5	2,7
Cekin	2,77	620	10,3	4,9
Irga	1,40	330	5,5	2,9
Katahdin	2,55	733	12,2	5,4
Zebra	2,61	1658	27,6	1,7
SZC2707	2,16	653	10,9	3,5
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	1,08	475	7,9	1,6



Rys. 2. Wpływ terminu zbioru minibulw uzyskanych metodą hydroponiczną na plon, liczbę i masę 1 minibulwy — średnio dla odmian
Fig. 2. Effect of the date of harvest of minitubers obtained by the hydroponic method on yield, number and mass of 1 minituber — mean for cultivars



Rys. 3. Plon, liczba minibułw, współczynnik rozmnażania i masa 1 minibułwy w zależności od zastosowanej metody mnożenia minibułw — średnio dla odmian
Fig. 3. Yield, number of minitubers, multiplication coefficient and mass of 1 minituber in dependence on the used method — mean values for cultivars

Porównanie wyników mnożenia minibulw metodą tradycyjną i hydroponiczną

Stwierdzono istotne różnice w plonie i liczbie minibulw, we współczynniku rozmnażania i masie 1 minibulwy między metodą tradycyjną a hydroponiczną (rys. 3). Plon i masa 1 minibulwy były wyższe w przypadku metody tradycyjnej niż hydroponicznej (odpowiednio o 65% i 76%), ale liczba minibulw z jednostki powierzchni i współczynnik rozmnażania osiągnęły średnią dla badanych odmian wartość wynoszącą 191% w stosunku do metody tradycyjnej. Zatem metoda hydroponiczna pozwoliła na uzyskanie oczekiwanego, wyższego współczynnika rozmnażania.

Ocena zdolności kiełkowania minibulw

Zdolność kiełkowania materiału nasiennego wszystkich badanych odmian z obydwu metod mnożenia minibulw była bardzo wysoka (100%; tab. 3).

Tabela 3

Zdolność kiełkowania minibulw wyprodukowanych metodą tradycyjną i hydroponiczną — wyrażona procentem kiełkujących bulw
Sprouting capacity of minitubers produced by the traditional and the hydroponic method — expressed by percent of sprouting tubers

Metoda Method	Odmiana Cultivar					
	Cyprian	Cekin	Irga	Katahdin	Zebra	SZC2707
Tradycyjna — traditional	100	100	100	100	100	100
Hydroponiczna — hydroponic	100	100	100	100	100	100

DYSKUSJA

Plon uzyskany w doświadczeniu, przeprowadzonym metodą tradycyjną, był bardzo wysoki. W przeliczeniu na 1 hektar osiągałby poziom 64 ton. Współczynnik rozmnażania wynosił średnio 7,4, a u odmiany Zebra dochodził do 10,4. W podobnych badaniach, w warunkach szklarni, Pruski i wsp. (2003 a) uzyskali współczynnik zależnie od odmiany zaledwie od 1,57 do 3,40. W innych badaniach tychże autorów (Pruski i in., 2003 b) współczynnik ten był nieco wyższy i wynosił od 2,22 do 3,97. Kawakami i wsp. (2003) w warunkach polowych, przy zbiorze minibulw o masie nie mniejszej jak 20 g, otrzymywali od 47,5 do 66,3 sztuk z powierzchni 1 m². Autorzy ci nie podali jednak wartości współczynnika rozmnażania.

Produkcja materiału nasiennego ziemniaka w warunkach hydroponiki jest techniką coraz częściej stosowaną, ale istnieją różne jej odmiany, na przykład uprawa żwirkowa lub „NFT” (Nutrient Film Technique), czyli cienkowarstwowa kultura przepływowa (Ritter i in., 2001; Rolot i in., 2002). W doświadczeniach Rolot i Seutin (1999), Rittera i wsp. (2001) oraz Rolot i wsp. (2002) te dwie techniki są łączone. Nie pozwalają one jednak na wykonywanie kilku zbiorów w okresie wegetacji roślin młodych. Prowadzone są również badania nad metodą produkcji bulw w obiegu całkowicie zamkniętym w warunkach kontrolowanych, celem jej wdrożenia na statkach kosmicznych (Wheeler, 2005). W przeprowadzonych badaniach własnych zastosowano prostą metodę hydroponiczną i uzyskany współczynnik rozmnażania był relatywnie wysoki, dzięki możliwości

wykonania kilkakrotnych zbiorów w okresie wegetacji roślin mącznych. Średnio dla odmian wynosił 14,0, ale w przypadku odmiany Zebra osiągał 17,6. Tymczasem Ritter i wsp. (2001) prowadząc badania metodą hydroponiczną uwzględniającą dwa cykle wegetacji i dwa zbiory, otrzymali współczynnik rozmnażania wynoszący łącznie zaledwie 4,9. Obecnie dosyć obiecującą wydaje się być metoda aeroponiczna, która pozwala na lepsze dotlenienie systemu korzeniowego, stolonów i tworzących się bulw. Metoda ta wymaga jednak większych nakładów i nie gwarantuje uzyskania bardzo wysokiego współczynnika rozmnażania materiałów *in vitro* (Ritter i in., 2001; Faran i Mingo-Castel, 2006).

WNIOSKI

1. Zastosowana metoda szybkiego mnożenia minibulw ziemniaka z zastosowaniem hydroponiki i zbiorami w trakcie wzrostu roślin mącznych pozwala na istotne zwiększenie współczynnika rozmnażania.
2. Potrzebne są dalsze prace nad optymalizacją fizjologicznych i technicznych aspektów tej metody.

LITERATURA

- Farran I., Mingo-Castel A. M. 2006. Potato minituber production using aeroponics. Effect of plant density and harvesting intervals. *Amer. J. of Potato Res.* 83: 47 — 53.
- Lommen W.J.M. 2007. The canon of potato science. 27. Hydroponics. *Potato Res.* 50: 315 — 318.
- Kawakami J., Iwama K., Hasegawa T., Jitsuyama Y. 2003. Growth and yield of potato plants grown from microtubers in fields. *Am. J. Potato Res.* 80: 371 — 378.
- Pruski K., Astatkie T., Duplessis P., Stewart L., Nowak J., Struik P.C. 2003 a. Manipulation of microtubers for direct field utilization in seed production. *Am. J. Potato Res.* 80: 173 — 181.
- Pruski K., Astatkie T., Duplessis P., Lewis T., Nowak J., Struik P. 2003 b. Use of jasmonate for conditioning of potato plantlets and microtubers in greenhouse production of minitubers. *Am. J. Potato Res.* 80: 183 — 193.
- Ritter E., Anguilo B., Riga P., Herrian C., Relloso J., San Jose M. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Pot. Res.* 44: 127 — 135.
- Rolot J. L., Seutin H. 1999. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. *Pot. Res.* 42: 457 — 469.
- Rolot J. L., Seutin H., Michelante D. 2002. Production de minitubercules de pomme de terre par hydroponie : evaluation d'un systeme combinant les techniques ' NFT' et 'Gravel Culture' pour deux types de solutions nutritives. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 6, 155 — 161.
- Rykaczewska K. 2008. Uprawa ziemniaka w hydroponikach – techniką przyszłości? *Ziemniaki — nowe perspektywy. Agroservis. Poradnik dla plantatorów* – wyd. II: 13 – 14.
- Wheeler R. M. 2005. Potato production for space. Abstracts of 16th Triennial Conference of the EAPR, July 17-22, 2005, Bilbao, Basque Country, Spain: 54 — 55.

AGNIESZKA KALICIAK

JERZY SYLLER

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Młochów

Przenoszenie różnych genetycznie izolatów wirusa Y ziemniaka przez mszyce i podatność chwastów na infekcję wirusem*

Aphid transmissibility of genetically different isolates of *Potato virus Y* and susceptibility of weeds to virus infection

Wirus Y ziemniaka (PVY) jest ważnym gospodarczo patogenem atakującym uprawy ziemniaka, tytoniu i papryki. Wirus przenoszony jest w sposób nietrwały przez mszyce, głównie przez *Myzus persicae*. Do efektywnego przeniesienia wirusa z rośliny chorej na zdrową wystarcza krótki (< 1 min.) czas żerowania owada na roślinie. Od ponad 20 lat stwierdza się szybkie rozprzestrzenianie nowych, bardziej infekcyjnych wariantów PVY, najczęściej klasyfikowanych w podgrupach PVY^{NTN} i PVY^{NW} szczepu PVY^N. Dynamiczne szerzenie się nowych wariantów genetycznych PVY może wskazywać, że efektywnie współdziałają one z wektorami wirusa. W prowadzonych w Młochowie badaniach nad przenoszeniem przez *M. persicae* 12 izolatów PVY na rośliny *Nicotiana tabacum*, *Physalis floridana* i *Solanum nigrum* zastosowano krótki i długi czas żeru nabycia wirusa na roślinach stanowiących źródła wirusa. Wykazano, że izolaty PVY^{NTN} i PVY^{NW} były przenoszone istotnie efektywniej, niż znane od dawna, standardowe izolaty PVY^N i PVY⁰. Stwierdzono ponadto, że mszyce nadspodziewanie efektywnie przenosiły niektóre izolaty po długotrwałym (3 dni) żerowaniu na roślinach źródłowych. Stopień porażenia inokulowanych roślin zależał także od ich gatunku. Zróżnicowanie genetyczne w obrębie populacji PVY nie może pozostawać bez wpływu na zdolność współdziałania wirusa z roślinami-gospodarzami, a w konsekwencji na zakres gospodarzy wirusa. Gospodarzami PVY, oprócz roślin uprawnych, są niektóre gatunki roślin dziko żyjących. Porażone chwasty mogą pełnić rolę naturalnego rezerwuaru wirusa i stanowić źródło infekcji pierwotnej. Zidentyfikowano trzech nowych, naturalnych gospodarzy PVY wśród chwastów powszechnie występujących w Polsce. Są to: bodziszek drobny i iglica pospolita (Bodziszkowate) oraz jasnota purpurowa (Jasnotowate). Potwierdzono ponadto wcześniejsze doniesienie z Grecji, że gospodarzem PVY jest sałata kompasowa (Astrowate), chwast popularny również w warunkach naszego kraju.

Słowa kluczowe: chwasty, ELISA, efektywność przenoszenia, IC-RT-PCR, izolaty, *Myzus persicae*, PVY

Potato Virus Y (PVY) is one of the most economically important pathogens attacking solanaceous crops. PVY is non-persistently transmitted by aphids, and its principal vector is *Myzus persicae*. Aphids

* Praca finansowana przez MNiSW, grant nr N310 014 32/1114, ze środków na naukę w latach 2007–2010

efficiently acquire the virus during short (< 1 min) feeding probes made by aphids in the epidermal leaf tissue. In the last 20 years, the increasing spread of new, more infective PVY variants has been reported. Novel virus variants have been classified into subgroups PVY^{NTN} and PVY^{NW} within the standard PVY^N strain. The dynamic spread of novel genetic variants of PVY may indicate that they have evolved active forms of interaction with aphid vectors. The studies carried out in Młochów on aphid transmissibility of 12 PVY isolates included timed acquisition experiments in which apterous aphids were placed on PVY-infected leaves for a short (10-min.) or long (72-h) acquisition access period (AAP). *Nicotiana tabacum* var. Samsun, *Physalis floridana* and *Solanum nigrum* were applied as assay plants. Transmissibility by *M. persicae* of PVY^{NTN} and PVY^{NW} isolates was found to be evidently higher than that of the isolates representing the standard PVY^N and PVY⁰ strains. Surprisingly high transmission rates of some isolates acquired by aphids during a 3-day AAP were recorded. Aphid transmissibility of PVY was also shown to depend on the species of an assay plant. The genetic variability within PVY population must affect the interactions of the virus with its host plant and, in consequence, modify virus host range. The natural host range of PVY includes crop plants as well as solanaceous and non-solanaceous arable weeds. PVY-infected weeds can play a role as the natural reservoir of virus and the source of primary infection. Three new natural hosts of PVY have been found among arable weeds, commonly occurring in Poland: *Geranium pusillum* and *Erodium cicutarium* (Geraniaceae each), and *Lamium purpureum* (Lamiaceae). A recent report from Greece that *Lactuca serriola* (Asteraceae) is a natural host for PVY, has also been confirmed.

Key words: ELISA, IC-RT-PCR, isolates, *Myzus persicae*, PVY, transmission efficiency, weeds.

WSTĘP

Od ponad 20 lat obserwowane są dynamiczne zmiany w populacji wirusa Y ziemniaka (*Potato virus Y*; PVY) w wielu rejonach świata, także w Polsce. Efektem dużej genetycznej zmienności PVY jest narastający problem zagrożenia wirusem upraw ziemniaka, papryki, tytoniu i pomidora. Zmiany w obrębie populacji PVY mają związek z pojawianiem się nowych, bardziej infekcyjnych izolatów wirusa, niekiedy w odległych od siebie rejonach geograficznych. Nowo wyodrębnione warianty różnią się od dotychczas opisywanych szczepów PVY^C, PVY^O i PVY^N nie tylko stopniem patogeniczności, ale także właściwościami molekularnymi, a niekiedy także serologicznymi (Chrzanowska, 1994; Chrzanowska i in., 2002; Glais i in., 2002; Kerlan i in., 1999). Izolaty typu PVY^{NW} łączą pod względem serologicznym właściwości PVY^O i PVY^N (Chrzanowska, 1991; McDonald i Singh, 1996). Inną grupę stanowią izolaty PVY^{NTN}, które od czasu odkrycia w Europie 25 lat temu (Beczner i in., 1984) szeroko rozprzestrzeniają się na całym świecie, wywołując chorobę charakteryzującą się nekrotycznymi zmianami bulw ziemniaka (potato tuber necrotic ringspot disease, PTNRD) (Le Romancer i in., 1994). Izolaty PVY^{NTN} prawdopodobnie wyewoluowały ze szczepu PVY^N, do którego zresztą są zaliczane (Nie i in., 2001). Jednakże pojawianie się licznych rekombinantów różnych szczepów utrudnia jednoznaczną klasyfikację.

Charakterystyczne dla nowych form PVY szybkie rozprzestrzenianie świadczyć może o potencjalnie korzystniejszym współdziałaniu wirusa z wektorem, a także z roślinami-gospodarzami. PVY jest wprawdzie łatwo przenoszony mechanicznie, ale w warunkach naturalnych za jego rozprzestrzenianie odpowiedzialne są niemal wyłącznie mszyce. Wirus przenoszony jest przez ponad 50 gatunków mszyc (Sigvald, 1984; Radcliffe i Ragsdale, 2002), wśród których najefektywniejszym wektorem jest *Myzus persicae* (Sulz.). Mszyce

przenoszą PVY w sposób określany jako nietrwały i niekrążeniowy (Ng i Falk, 2006). Częstki wirusa mogą być przeniesione z rośliny na roślinę w czasie bardzo krótkim, od kilkunastu sekund do kilku minut. Utrwalony jest pogląd, że efektywność przenoszenia PVY obniża się wraz z wydłużaniem się czasu nabywania wirusa przez mszyce (Bradley, 1954; Kanavaki i in., 2006). W ostatnich latach niewiele było doniesień literaturowych na temat interakcji rekombinantów PVY z wektorami wirusa oraz z różnymi genotypami roślin. Poczynione ostatnio w Młochowie obserwacje sugerują, że relacje między PVY a *M. persicae* mogły ulec poszerzeniu, stwierdziliśmy bowiem m.in. efektywne przenoszenie wirusa po długotrwałym (kilka dni) żerowaniu mszyc na roślinach stanowiących źródło wirusa. Co więcej, wyniki z ostatnich lat wskazują na zmiany w obrębie interakcji wirus – roślina, o czym świadczy pozyskiwanie przez PVY nowych gospodarzy, np. wśród gatunków roślin dziko żyjących (Chatzivassiliou i in., 2004; Fletcher, 2001; Kazinczi i in., 2004). Chwasty mogą pełnić rolę alternatywnych gospodarzy wirusa, stając się (zwłaszcza chwasty wieloletnie) naturalnym jego rezerwuarem i źródłem infekcji pierwotnej (Alvarez i in., 2007). Dotychczasowa wiedza w tym zakresie wydaje się niewystarczająca.

Celem niniejszej pracy było porównanie zdolności przenoszenia przez *M. persicae* geograficznie różnych izolatów PVY na trzy gatunki roślin z rodziny Solanaceae, z uwzględnieniem zróżnicowanego czasu przebywania mszyc na źródle wirusa. Ponadto, oceniono podatność na infekcję PVY niektórych gatunków chwastów towarzyszących uprawom ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny

W badaniach przeprowadzonych w Młochowie w latach 2007-2008 porównano przenoszenie przez mszyce siedmiu zidentyfikowanych stosunkowo niedawno wariantów PVY: PVY^{NTN}NZ, PVY^{NTN}Fr-Orl, PVY^{NTN}47/96, PVY^{NTN}Cou 8/03, PVY^NW-Wi, PVY^NW-FrKV2 i PVY^N605 z przenoszeniem pięciu izolatów użytych jako standardowe: PVY^NBo, PVY^OLW, PVY^OEpo, PVY^OLi i PVY^OWy. Izolaty pochodziły z kolekcji IHAR Oddział Młochów, zgromadzonej i utrzymywanej przez prof. M. Chrzanowską. Źródłem inokulum PVY były rośliny ziemniaka odmiany Irga, natomiast testowy materiał roślinny obejmował trzy gatunki roślin, znanych jako podatni gospodarze PVY: *Nicotiana tabacum* L. odm. Samsun, *Physalis floridana* Rydb. i *Solanum nigrum* L. Ponadto, inokulacji PVY w szklarni poddano rośliny 21 gatunków dziko żyjących, uzyskane z nasion zebranych w warunkach naturalnych.

Inokulacja roślin testowych i chwastów

Wektorem PVY były nieuskrzydłone mszyce gatunku *Myzus persicae* Sulz., pochodzące z klonu rozmnażanego na roślinach *Brassica pekinensis* Rupr.

W badaniach nad efektywnością przenoszenia 12 izolatów PVY zastosowano zróżnicowany czas przebywania mszyc na roślinach źródłowych: 10 min. lub 72 godz. Następnie mszyce przenoszono za pomocą pędzelka na zdrowe siewki roślin testowych (10 mszyc na roślinę). Czas żeru inokulacyjnego wynosił, odpowiednio, 24 i 72 godziny. Dla ochrony roślin przed niepożądaną infekcją stosowano izolatory siatkowe. Istotność różnic

w efektywności przenoszenia izolatów PVY przez *M. persicae* analizowano przy użyciu testu χ^2 .

Ocenę podatności 21 gatunków roślin dziko żyjących na infekcję PVY przeprowadzono w latach 2007 i 2008, inokulując siewki roślin wybranymi izolatami PVY (PVY^NBo, PVY^OLW, PVY^{NTN}NZ, PVY^{NTN}Fr-Orl, PVY^NW-Wi) przy użyciu *M. persicae*. W celu pobrania wirusa, mszyce nakładano na rośliny źródłowe na 10 min., a następnie przenoszono na rośliny inokulowane na okres 24 godzin. Oddzielną grupę stanowiły rośliny każdego gatunku inokulowane mechanicznie, sokiem pochodzącym z tych samych źródeł inokulum. Zebrano ponadto w sąsiedztwie upraw ziemniaka próby 23 gatunków roślin dziko żyjących dla oceny naturalnej infekcji PVY. W każdym doświadczeniu stosowano kontrolę negatywną (rośliny nieinokulowane), oraz pozytywną w postaci roślin *N. tabacum* odm. Samsun inokulowanych sokiem z roślin stanowiących źródła wirusa (3 rośliny/izolat).

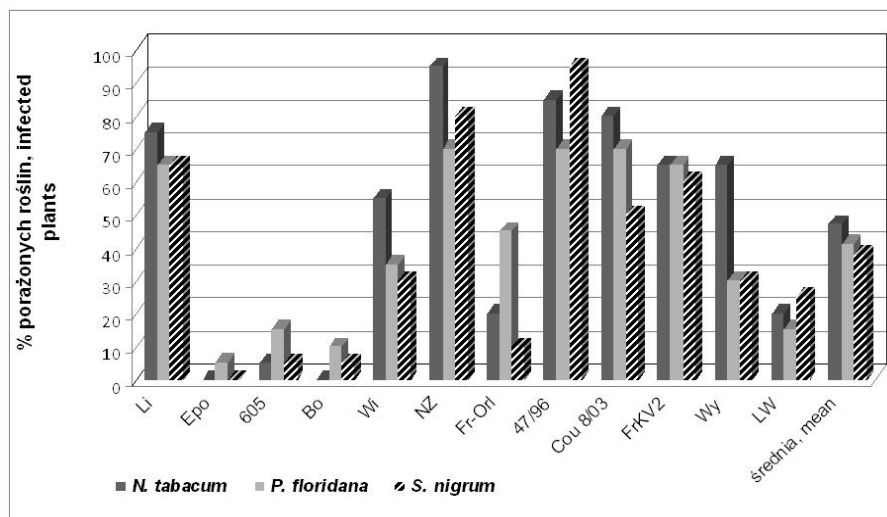
Metody wykrywania wirusa w roślinach

Wszystkie inokulowane rośliny były oceniane wizualnie pod kątem występowania objawów porażenia PVY. Po 4-5 tygodniach od inokulacji rośliny testowano na obecność PVY immunoenzymatycznym testem DAS-ELISA. Płytki titracyjne Nunc opłaszczano mieszaniną przeciwciał monoklonalnych (1 µg/ml PVY-mono-cock, Bioreba AG). Sok do badań ekstrahowano z tkanki liściowej i rozcieńczono w stosunku 1:2 (v/v) buforem ekstrakcyjnym PBS-Tween (ph 7.4, 20 g/l PVP-40). Koniugat rozcieńczano 1:1000 (v/v). W ostatniej fazie testu, roztwór substratu inkubowano w temperaturze pokojowej, a pomiary wartości A₄₀₅ wykonywano aparatem Dynex MRX II po 1 i 2 godz. inkubacji.

W badaniach nad podatnością chwastów na PVY zastosowano test DAS-ELISA, testy biologiczne oraz technikę IC-RT-PCR w oparciu o procedurę opisaną przez Weidemanna i współautorów (1996). Probówki 0,2 ml do PCR opłaszczano przeciwciałami na PVY, zgodnie z ogólną procedurą testu ELISA. Do próbek przenoszono sok roślinny zhomogenizowany z buforem PBS-T i inkubowano przez noc w 4°C. Po wypłukaniu i wysuszeniu próbek przeprowadzano reakcję odwrotnej transkrypcji z użyciem enzymu transkryptazy M-MLV RT (Invitrogen), według zaleceń producenta. Reakcję przygotowywano w objętości 20 µl mieszaniny o składzie: 1x bufor reakcyjny, 0,5 mM każdego z DTP, 5µM oligo(dT)₂₀, 0,01 M DTT, 40U inhibitora RNazy (Fermentas), 200U M-MLV RT i woda dejonizowana. Następnie przeprowadzano reakcję łańcuchowej polimerazy. Do reakcji amplifikacji PCR pobierano 3 µl cDNA do mieszaniny o pojemności 50 µl i o składzie: 1x bufor reakcyjny, 0,3 mM każdego z DTP, 2,5 mM MgCl₂, 0,4 µM każdego z użytych starterów, 1,25 U *Taq* polimerazy (Fermentas) i woda. Produkty PCR rozdzielano w 1,4% żelu agarozowym z dodatkiem bromku etydyny (0,5mg/ml). Wykorzystane w amplifikacji startery PVY5-420F i PVY3-1200R (Schubert i in. 2007) były specyficzne dla wszystkich szczepów PVY, a ich położenie w sekwencji genomu wirusa odpowiada regionom genów P1 i HC-Pro.

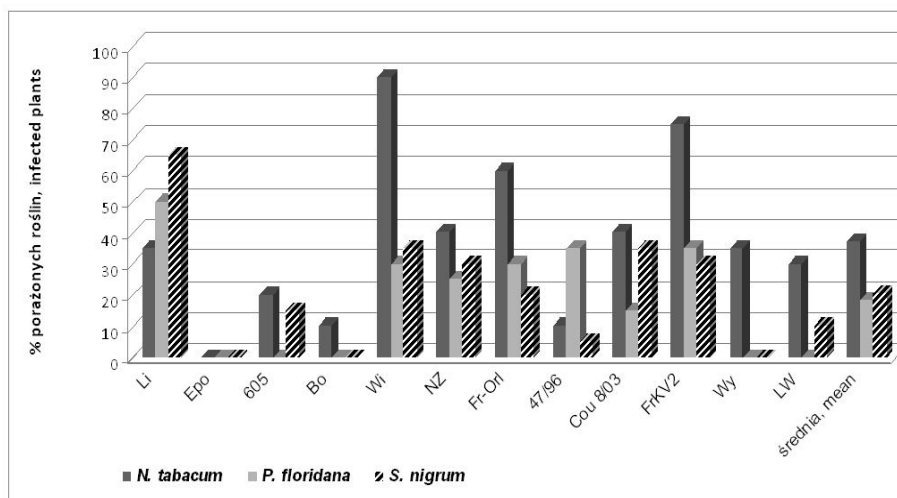
WYNIKI I DYSKUSJA

Badania wykazały znaczne zróżnicowanie efektywności przenoszenia izolatów PVY przez *M. persicae* (rys. 1–2).



Rys. 1. Efektywność przenoszenia 12 izolatów PVY przez mszyce na *Nicotiana tabacum*, *Physalis floridana* i *Solanum nigrum* po 10 minutowym czasie żeru nabycia

Fig. 1. Efficiency of transmission to *Nicotiana tabacum*, *Physalis floridana* and *Solanum nigrum* of 12 PVY isolates acquired by aphids during 10 min acquisition access period

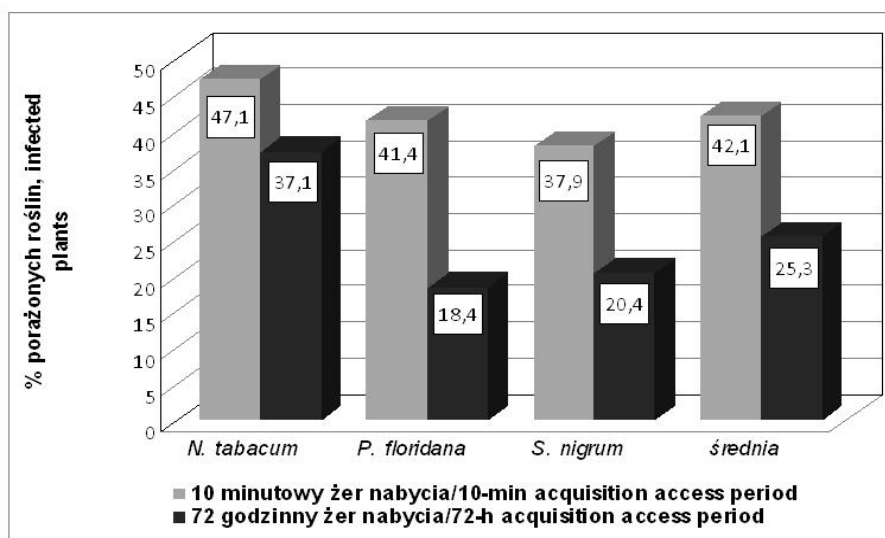


Rys.2. Efektywność przenoszenia 12 izolatów PVY przez mszyce na *Nicotiana tabacum*, *Physalis floridana* i *Solanum nigrum* po 72 godzinnym czasie żeru nabycia

Fig. 2. Efficiency of transmission to *Nicotiana tabacum*, *Physalis floridana* and *Solanum nigrum* of 12 PVY isolates acquired by aphids during 72-h acquisition access period

Różnice pomiędzy niektórymi izolatami były wysoce istotne statystycznie ($P < 0,001$ lub $P < 0,01$). Średnia dla trzech gatunków roślin efektywność przenoszenia przez mszyce izolatów zaklasyfikowanych do podgrup PVY^{NTN} i PVY^{NW} (odpowiednio, 46,4% i 50,1%) była istotnie wyższa ($p < 0,001$), niż średnia efektywność przenoszenia izolatów standardowych reprezentujących szczepy PVY^N (7%) i PVY^O (25,4%).

Efektywność przenoszenia izolatów PVY przez *M. persicae* zależała od gatunku roślin testowych i od czasu trwania żeru nabycia wirusa (10 min. vs. 72 godz.) (rys. 3). Mszyce nabywające wirus podczas 10-minutowego dostępu do liści stanowiących źródło inokulum wirusa najefektywniej przenosiły izolaty PVY^{NTN}47/96 (średnio 83,3%) i PVY^{NTN}NZ (81,7%) oraz standardowy izolat PVY^OLi (68,3%). Izolat PVY^{NTN}47/96 przenoszony był z najwyższą efektywnością na *S. nigrum* (95%), a ze stosunkowo najniższą efektywnością — na *P. floridana* (70%). Natomiast izolat PVY^{NTN}NZ mszyce najlepiej przenosiły na *N. tabacum* odm. Samsun (95%), a względnie najslabiej — znowu na *P. floridana* (70%). Z kolei najwyższa średnia efektywność przenoszenia wirusa nabywanego przez *M. persicae* podczas 72-godzinnej żeru nabycia cechowała izolaty PVY^{NW}-Wi (51,7%), PVY^{NW}-FrKV2 (46,7%) i PVY^{NTN}Fr-Orl (36,7%), oraz — ponownie — izolat standardowy PVY^OLi (50%) (rys. 2). Zaznaczył się bardzo istotny wpływ gatunku rośliny inokulowanej na efektywność przenoszenia wirusa. Na przykład, izolat PVY^{NW}-Wi przenoszony był przez mszyce na *N. tabacum* z efektywnością 90%, natomiast na *P. floridana* i *S. nigrum* z efektywnością nie przekraczającą 35%.



Rys. 3. Średnia efektywność przenoszenia PVY przez mszyce na rośliny testowe po 10 minutowym i 72 godzinnym czasie żeru nabycia

Fig. 3. Mean efficiency of transmission to assay plants of PVY acquired by aphids during 10-min. vs. 72-h acquisition access period

Izolat PVY^N605 pochodzący ze Szwajcarii był bardzo słabo przenoszony przez *M. persicae* na rośliny wszystkich trzech gatunków roślin testowych, bez względu na czas trwania żeru nabycia wirusa (rys. 1–2). Izolat ten wykazywał w naszych badaniach bardzo zróżnicowaną zdolność przenoszenia przez *M. persicae*. W innym doświadczeniu (wyniki nie są prezentowane), PVY^N605 przenoszony był przez mszyce bardzo efektywnie. Natomiast wyniki przedstawione na rys. 1–2 są zgodne z wynikami uzyskanymi we Francji przez Rouzé-Jouan i wsp. (2004). W cytowanych badaniach słabo przenoszony przez *M. persicae* był również izolat PVY pochodzący z Nowej Zelandii. Być może, był to ten sam izolat (PVY^{NTN}NZ), który w naszych badaniach charakteryzował się stabilną wysoką efektywnością przenoszenia przez mszyce nabywające wirus podczas krótkiego żeru nabycia (rys. 1). Różnica w efektywności przenoszenia izolatów PVY^N605 i PVY^{NTN}NZ byłaby o tyle interesująca, że izolaty te cechuje znaczne podobieństwo genetyczne, na poziomie 99,3%, które mogłoby stanowić argument za zaklasyfikowaniem izolatu PVY^N605 do podgrupy PVY^{NTN} (Glais i in., 2004). Duże podobieństwo w sekwencji nukleotydowej nie musi, jak widać, oznaczać podobnych właściwości biologicznych izolatów w obrębie jednej grupy/podgrupy PVY.

Izolat PVY^NBo, użyty w badaniach jako izolat standardowy, przenoszony był przez *M. persicae* z niską efektywnością (rys. 1–2). Inny standardowy izolat, PVY^OEpo, praktycznie w ogóle nie był przenoszony przez mszyce w zastosowanych warunkach doświadczalnych (jedna porażona roślina na 120 inokulowanych). Przedstawione wyniki wskazują na istotne zróżnicowanie efektywności przenoszenia przez *M. persicae* izolatów reprezentujących szczep PVY^O (np. PVY^OLi vs. PVY^OEpo). Nie można wykluczyć, że zdolność przenoszenia izolatów PVY przez mszyce mogła ulec osłabieniu na skutek wieloletniego utrzymywania ich w kolekcji z zastosowaniem pasażu wirusa z rośliny na roślinę wyłącznie metodą inokulacji mechanicznej. Trudno stwierdzić bez pogłębionych badań, czy wzmiankowane zjawisko może mieć odniesienie do izolatów użytych w badaniach, bowiem zarówno efektywnie przenoszony przez *M. persicae* izolat PVY^OLi jak i słabo bądź w ogóle nie przenoszone izolaty PVY^OEpo, PVY^OLW i PVY^OWy zostały włączone do kolekcji wiele lat temu, przed 1974 r. (Chrzanowska, 1991).

Ogólnie wysoka zdolność *M. persicae*, potencjalnego wektora PVY, do przenoszenia wariantów PVY^{NTN} i PVY^NW nie stanowi zaskoczenia, jeśli uwzględnimy fakt dynamicznego rozprzestrzeniania się tych wariantów, w szczególności PVY^{NTN}, w uprawach ziemniaka. Wzrastający niemal z roku na rok poziom infekcji wariantów PVY^{NTN} i PVY^NW odnotowano m. in. w Holandii (Van der Vlugt i in., 2007), Czechach i Słowacji (Dedic i in., 2007), w Niemczech (Lindner, 2007), Kanadzie (Xu, 2007) i Brazylii (Souza-Dias i in., 2007).

Zaznaczył się wyraźny wpływ gatunku roślin testowych na zakres porażenia przez PVY. Analiza średniej dla wszystkich izolatów efektywności przenoszenia wirusa wykazała, że w doświadczeniu z 10-minutowym żerem nabycia rośliny *N. tabacum* uległy porażeniu w większym zakresie (47,1%), niż *P. floridana* (41,4%) i *S. nigrum* (37,9%). Różnice okazały się jednak statystycznie nieistotne. Również w doświadczeniu z długim okresem żeru nabycia (72 godz.), PVY poraził więcej roślin *N. tabacum* (37,1%), niż roślin *P. floridana* (18,4%) lub *S. nigrum* (20,4%), a różnice były wysoce istotne ($p < 0,001$).

W badaniach nad podatnością na infekcję PVY roślin dziko żyjących, w tym powszechnie spotykanych chwastów, inokulowano łącznie przy użyciu *M. persicae* 3712 roślin, a mechanicznie 802 rośliny 21 gatunków (tab. 1).

Tabela 1

Porażenie przez PVY roślin gatunków dziko żyjących po inokulacji przy użyciu mszyc w warunkach eksperymentalnych i w wyniku infekcji naturalnej

Experimental and natural infection with PVY of wild living plant species

Nazwa gatunkowa Plant species		Cykl życiowy* Life cycle*	Podatność na PVY** Infecti- bility by PVY*	Inokulacja w warunkach eksperymentalnych Inoculation under experimental conditions		Infekcja naturalna Natural infection	
łacińska scientific name	polska polish name			mszyce aphids	sok sap	testowane tested	porażone infected
<i>Amaranthus retroflexus</i>	szarłat szorstki	jednoroczne	-	0/140 (1)***	0/27 (1)***		
<i>Achillea millefolium</i>	krwawnik pospolity	wieloletnie	?	0/75 (1)	0/25 (1)		
<i>Artemisia vulgaris</i>	bylica pospolita	wieloletnie	-	0/110 (2)	0/25 (1)		
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	tasznik pospolity	jednoroczne	+	0/145 (2)	0/45 (2)		
<i>Chenopodium album</i>	komosa biała	jednoroczne	+	12/215 (2)	4/25 (1)	16	1
<i>Cichorium intybus</i>	cykoria podróżnik	wieloletnie	+	0/75 (1)	0/25 (1)		
<i>Conyza canadensis</i>	przymiotno kanadyjskie	jednoroczne	+	0/75 (1)	0/10 (1)		
<i>Erodium cicutarium</i>	iglica pospolita	jedno/wieloletnie	-	79/542 (8)	2/111 (3)	110	2
<i>Galinsoga parviflora</i>	żółtlica drobnokwiatowa	jednoroczne	?	0/150 (1)	0/25 (1)		
<i>Galium aparine</i>	przytulia czepna	jednoroczne	-	0/75 (1)	0/12 (1)		
<i>Geranium pusillum</i>	bodziszek drobny	jedno/dwuletnie	-	30/318 (5)	4/35 (1)	98	3
<i>Lactuca serriola</i>	sałata kompasowa	jedno/dwuletnie	+	59/235 (4)	5/45 (2)	16	2
<i>Lamium purpureum</i>	jasnota purpurowa	jednoroczne	-	205/445 (7)	19/115 (3)	46	4
<i>Melandrium album</i>	bniec biały	jedno/dwu/wieloletnie	-	0/40 (1)	0/10 (1)		
<i>Plantago lanceolata</i>	babka lancetowata	wieloletnie	+	0/25 (1)	0/10 (1)		
<i>Plantago major</i>	babka zwyczajna	wieloletnie	-	0/110 (2)	0/25 (1)		
<i>Solanum dulcamara</i>	psianka słodkogórz	wieloletnie	+	0/124 (2)	0/62 (2)		
<i>Solanum nigrum</i>	psianka czarna	jednoroczne	+	196/553 (2)	133/140 (1)		
<i>Solidago canadensis</i>	nawłoc kanadyjska	wieloletnie	?	0/75 (1)	0/10 (1)		
<i>Taraxacum officinale</i>	mniszek pospolity	wieloletnie	+	0/75 (1)	0/10 (1)		
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	maruna bezwonna	jednoroczne	?	0/110 (2)	0/10 (1)		

*Jednoroczne — Annual; Dwuletnie — Biennial; Wieloletnie — Perennial

**Na podstawie danych literaturowych; symbole oznaczają: „+” stwierdzona podatność na infekcję PVY, „-” stwierdzony brak podatności na infekcję PVY, „?” brak informacji na temat podatności na PVY. Based on the compiled reported data; symbols mean as follows: „+” plant species reported as infectible by PVY, „-” species reported as not infectible by PVY, „?” no information on susceptibility to PVY

***Rośliny porażone/inokulowane ; w nawiasie podana jest liczba prób doświadczalnych; Plants infected/inoculated; number of transmission tests is given in parentheses

Nie uzyskano wyników pozwalających potwierdzić podatność na PVY gatunków *Capsella bursa-pastoris* (Fletcher, 2001), *Cichorium intybus* (Chatzivassiliou i in., 2004) i *S. dulcamara* (Kerlan, 2006). Pozytywne wyniki testu ELISA, wskazujące na obecność PVY w badanych próbach, odnotowano natomiast w przypadku sześciu innych gatunków: *Chenopodium album*, *Solanum nigrum*, *Lactuca serriola* (= *L. scariola*), *Geranium*

pusillum, *Erodium cicutarium* i *Lamium purpureum*. Rośliny *C. album* i *S. nigrum* rozwinęły wyraźne objawy infekcji PVY. Zarówno *C. album* jak i *S. nigrum* są od dawna znanymi gospodarzami PVY (Shukla, 1994), a *L. serriola* została niedawno zidentyfikowana jako naturalny gospodarz PVY w Grecji (Chatzivassiliou i in., 2004). Nie stwierdzono widocznych objawów porażenia PVY na roślinach *L. serriola*, *G. pusillum*, *E. cicutarium* i *L. purpureum*, z których próby dały pozytywne wyniki w teście ELISA. Obecność PVY w roślinach wymienionych czterech gatunków chwastów została potwierdzona wynikami testów biologicznych z użyciem roślin *N. tabacum* odm. Samsun.

Dla dalszego potwierdzenia obecności wirusa w próbkach roślin *L. serriola*, *G. pusillum*, *E. cicutarium* i *L. purpureum* zastosowano diagnostykę molekularną z wykorzystaniem techniki IC-RT-PCR. Oczekiwany wynikiem testu był produkt amplifikacji o wielkości ok. 820pz. Spośród próbek zebranych bezpośrednio z roślin wspomnianych czterech gatunków, tylko w przypadku *L. serriola* i *E. cicutarium* uzyskano produkt dowodzący obecności PVY. Natomiast obecność PVY w roślinach *G. pusillum* i *L. purpureum* potwierdzono metodą pośrednią, w której IC-RT-PCR wykonano na próbach z roślin *N. tabacum* zakażonych sokiem z podejrzanych o infekcję PVY roślin *L. purpureum* i *G. pusillum* (test biologiczny).

Ponadto, przy użyciu testu DAS-ELISA i testu biologicznego poddano ocenie na obecność PVY łącznie 286 roślin *E. cicutarium*, *G. pusillum*, *L. purpureum*, *L. serriola* i *C. album*, rosnących w sąsiedztwie pól ziemniaka w Młochowie. Obecność PVY stwierdzono łącznie w 12 roślinach (tab. 1).

Gatunki *G. pusillum*, *E. cicutarium* i *L. purpureum* nie były dotychczas znane ani jako naturalni, ani jako eksperymentalni gospodarze PVY, co zostało stwierdzone na podstawie analizy dostępnych danych literaturowych (Brunt i in., 1996; Chatzivassiliou i in., 2004; Edwardson i Christie, 1997; Fletcher, 2001; Kazinczi i in., 2004; Kerlan, 2006; Shukla i in., 1994; Zitter, 2001).

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że efektywność przenoszenia PVY przez *M. persicae* może w istotny sposób zależeć od izolatu wirusa oraz gatunku rośliny-gospodarza.
2. Izolaty reprezentujące podgrupy PVY^{NTN} i PVY^{NW} były przenoszone przez *M. persicae* efektywniej niż standardowe izolaty PVY^N i PVY^O.
3. Tytoń odm. Samsun okazał się podatniejszy niż *Physalis floridana* i użyta w badaniach linia *Solanum nigrum* na porażenie PVY przenoszonym przez *M. persicae*.
4. PVY może być efektywnie przenoszony przez *M. persicae* nawet po kilkudniowym okresie żerowania mszyc na roślinach źródłowych.
5. Zidentyfikowano wśród roślin dziko żyjących trzech nowych, naturalnych gospodarzy PVY. Są to: bodziszek drobny i iglica pospolita (Bodziszkowate) oraz jasnota purpurowa (Jasnotowate). Potwierdzono ponadto doniesienie z Grecji (Chatzivassiliou et al., 2004), że sałata kompasowa (Astrowate) jest naturalnym gospodarzem PVY.

LITERATURA

- Alvarez J. M., Srinivasan R., Cervantes F., Eigenbrode S., Bosque-Perez N., Hutchinson P., Pantoja A. 2007. Importance of alternative plant hosts in the epidemiology of PLRV and PVY. Abstracts from the 13th EAPR Virology Section Meeting, Scotland, 18–21 June, 42.
- Beczner L., Horváth J., Romhányi I., Förster H. 1984. Studies on the etiology of tuber necrotic ringspot disease in potato. *Potato Res.* 27: 339 — 352.
- Bradley R. H. E. 1954. Studies on the mechanism of transmission of potato virus Y by the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulz.) (*Homoptera: Aphididae*). *Can. J. Entomol.* 32: 64 — 73.
- Brunt A. A., Crabtree K., Dallwitz M. J., Gibbs A. J., Watson L., Zurcher E. J. 1996. 20 August. Plant Viruses Online: Descriptions and Lists from the VIDE Database. Retrieved from <http://image.fs.uidaho.edu/viderefs.htm>
- Chatzivassiliou E.K., Efthimiou K., Drossos E., Papadopoulou A., Poimenidis G., Katis N. I. 2004. A survey of tobacco viruses in tobacco crops and native flora in Greece. *Eur. J. Plant Pathol.* 110: 1011 — 1023.
- Chrzanowska M. 1991. New isolates of the necrotic strain of potato virus Y (PVY^N) found recently in Poland. *Potato Res.* 34: 179 — 182.
- Chrzanowska M. 1994. Differentiation of potato virus Y (PVY) isolates. *Phytopath. Polonica* 8: 15 — 20.
- Chrzanowska M., Doroszevska T., Zagórska H. 2002. Zróżnicowanie izolatów wirusa Y ziemniaka w zależności od kryterium oceny. *Acta Agrobot.* 55: 59 — 67.
- Dedic P., Ptacek J., Cerovska N. 2007. A shift of PVY strain spectrum on potatoes in CR in the course of past years. Abstracts from the 13th EAPR Virology Section Meeting, Scotland, 18 — 21 June, 59.
- Edwardson J. R., Christie R. G. 1997. Viruses infecting peppers and other *Solanaceous* crops. (Monograph 18 — I and II). FL: University of Florida Press, Gainesville.
- Fletcher J. D. 2001. New hosts of *Alfalfa mosaic virus*, *Cucumber mosaic virus*, *Potato virus Y*, *Soybean dwarf virus*, and *Tomato spotted wilt virus* in New Zealand. *New Zealand J. Crop Hortic. Sci.* 29: 213 — 217.
- Glaes L., Tribodet M., Kerlan C. 2002. Genomic variability in Potato potyvirus Y (PVY): evidence that PVY^{NTN} and PVY^{NTN} variants are single to multiple recombinants between PVY^O and PVY^N isolates. *Arch. Virol.* 147: 363 — 378.
- Glaes L., Colombel A.S., Tribodet M., Kerlan C. 2004. PVY^N 605, the reference PVY^N isolate, displays a PVY^{NTN} non-recombinant genome. Abstracts from the 12th EAPR Virology Section Meeting, Rennes, France, 13-19 June, 50.
- Kanavaki O. M., Margaritopoulos J. T., Katis N.I., Skouras P., Tsitsipis J. A. 2006. Transmission of potato virus Y in tobacco plants by *Myzus persicae nicotianae* and *M. persicae*. *Plant Dis.* 90: 777 — 782.
- Kazinczi G., Horvath J., Takacs A.P., Gaborjanyi R., Beres I. 2004. Experimental and natural weed host-virus relations. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 69: 53 — 60.
- Kerlan C., Tribodet M., Glaes L., Guillet M. 1999. Variability of potato virus Y in potato crops in France. *J. Phytopathol.* 147: 643 — 651.
- Kerlan C. 2006. October. *Potato virus Y*. Descriptions of Plant Viruses, no. 414. Retrieved from <http://www.dpvweb.net/dpv/showdpv.php?dpvno=414>
- Le Romancer M., Kerlan C., Nedellec M. 1994. Biological characterization of various geographical isolates of potato virus Y inducing superficial necrosis on potato tubers. *Plant Pathol.* 43: 138 — 144.
- Lindner K. 2007. PVY strains in Germany — the period between 1984 and 2006. Abstracts from the 13th EAPR Virology Section Meeting, Scotland, 18–21 June, 65.
- McDonald J. G., Singh R.P. 1996. Host range, symptomatology and serology of isolates of potato virus Y (PVY) that share properties with both the PVY^N and PVY^O strain groups. *Am. Potato J.* 73: 309 — 315.
- Ng J. C. K., Falk B. W. 2006. Virus-vector interactions mediating nonpersistent and semipersistent transmission of plant viruses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 44: 183 — 212.
- Nie X., Singh R. P. 2001. Possible evolution of tuber ringspot necrosis strains (PVY^{NTN}) from the regional tobacco vein necrosis (PVY^N) strains. Abstracts from the 11th EAPR Virology Section Meeting, Havlíčkův Brod-Trest, Czech Republic: 4 — 6.
- Radcliffe E. B., Ragsdale D. W. 2002. Aphid-transmitted potato viruses: the importance of understanding vector biology. *Amer. J. Potato Res.* 79: 353 — 386.

- Rouze-Jouan J., Glais L., Crocq G., Gauthier J. P., Kerlan C. 2004. Study of aphid transmissibility of a set of isolates of *Potato virus Y* strain PVY^C. Abstracts from the 12th EAPR Virology Section Meeting, Rennes, France, 13–19 June, 22.
- Schubert J., Fomitcheva V., Sztangret-Wisniewska J. 2007. Differentiation of *Potato virus Y* strains using improved sets of diagnostic PCR-primers. *J. Virol. Methods*, 140: 66 — 74.
- Shukla D. D., Ward C.W., Brunt A. A. 1994. *The Potyviridae*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Sigvald R. 1984. The relative efficiency of some aphid species as vectors of potato virus Y. *Potato Res.* 27: 285 — 290.
- Souza-Dias J. A. C de., Sawazaki H. E., Miranda Filho H. S. 2007. PVYNTN in Brazil: Occurrence, impact and characterization. Abstracts from the 13th EAPR Virology Section Meeting, Scotland, 18–21 June, 32.
- Weidemann H. L., Maiss E. 1996. Detection of the potato tuber necrotic ringspot strain of potato virus Y (PVY^{NTN}) by reverse transcription and immunocapture polymerase chain reaction. *J. Plant Dis. Prot.*, 103: 337 — 345.
- Xu H. 2007. Status of potato viruses in Canada. Abstracts from the 13th EAPR Virology Section Meeting, Scotland, 18–21 June: 74.
- Zitter T. A. 2001. Vegetable MD Online. Vegetable Crops: A checklist of major weeds and crops as natural hosts for plant viruses in the Northeast. Version: November. 2001. <http://vegetablemdonline.ppath.cornell.edu/Tables/WeedHostTable.html>.

AGNIESZKA GRĄDZIELEWSKA**EDYTA PACZOS-GRZĘDA****DANIELA GRUSZECKA**

Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Zastosowanie metod RAPD i ISSR do oceny podobieństwa genetycznego greckich form *Dasypyrum villosum* (L.) P. Candargy

Application of RAPD and ISSR methods to genetic similarity estimation of Greek *Dasypyrum villosum* (L.) P. Candargy populations

W pracy przeprowadzono ocenę podobieństwa genetycznego 9 greckich form *Dasypyrum villosum* L. (P.) Candargy pochodzących z trzech regionów Grecji (Tesalii oraz Zachodniej i Środkowej Macedonii) na podstawie polimorfizmu markerów RAPD i ISSR. Analizę podobieństwa genetycznego przeprowadzono z wykorzystaniem 18 wyselekcjonowanych starterów RAPD i 17 starterów ISSR. Ogółem otrzymano 122 fragmenty RAPD i 210 ISSR, z czego 50% było polimorficznych. Technika RAPD pozwoliła na identyfikację produktów specyficznych jedynie u pięciu z dziewięciu badanych form, podczas gdy przy udziale metody ISSR otrzymano takie fragmenty dla siedmiu populacji, najwięcej dla W6 7264. Dla obu zastosowanych w badaniach metod obliczono współczynnik informacji o polimorfizmie (PIC), którego wartość zawierała się w przedziale 0,13–0,68 dla RAPD i 0,15–0,52 dla ISSR, średnio odpowiednio 0,32 i 0,33. Na podstawie polimorfizmu markerów RAPD i ISSR oraz obu technik łącznie obliczono wartości indeksów podobieństwa genetycznego Dice'a, pomiędzy parami badanych populacji. Średnie podobieństwo badanych obiektów wyniosło odpowiednio 0,854, 0,871 i 0,864. Najbardziej odmienną od pozostałych była forma W6 7264. W oparciu o matryce podobieństw Dice'a skonstruowano dendrogramy obrazujące stosunki pokrewieństwa pomiędzy badanymi populacjami.

Słowa kluczowe: *Dasypyrum*, ISSR, markery molekularne, podobieństwo genetyczne, RAPD

Estimation of genetic similarity between nine Greek *Dasypyrum villosum* L. (P.) Candargy populations native to three Greece regions (Thessaly, West and Central Macedonia) was performed basing on polymorphism of RAPD and ISSR markers. Eighteen RAPD and seventeen ISSR selected primers were used in the genetic similarity analyses. In total, 122 RAPD and 210 ISSR products were obtained, out of which 50% were polymorphic. The RAPD method identified specific products only in five from nine populations studied, while ISSR in seven, most for W6 7264. Polymorphic information content (PIC) values calculated for the both methods, ranged from 0.13–0.68 for RAPD and 0.15–0.52 for ISSR. Mean values of PIC for RAPD and ISSR were 0.32 and 0.33, respectively. Based on the polymorphism of RAPD and ISSR markers and both methods combined, genetic similarities using Dice algorithm were estimated between pairs of populations analyzed. Mean genetic similarities were 0.854,

0.871 and 0.864, respectively. Most different from the others was W6 7264. Based on Dice matrix similarities, dendrograms showing relatedness between the analyzed populations were constructed.

Key words: *Dasypyrum*, ISSR, genetic similarity, molecular markers, RAPD

WSTĘP

Pogłębiający się spadek zmienności genetycznej wśród odmian uprawnych skłania hodowców do poszerzania puli genowej zbóż poprzez krzyżowania oddalone z dzikimi gatunkami traw, które charakteryzuje bogactwo genów odporności oraz ogromna zmienność.

Gatunkiem o bardzo dużym poziomie polimorfizmu, wykorzystywanym w hodowli pszenicy, jest *Dasypyrum villosum* L. (P.) Candargy (Zhong i Qualset, 1995; Caceres i in., 1998; Yildirim i in., 2000; De Pace i in., 2001). Uzyskanie mieszańców *Dasypyrum villosum* z różnymi gatunkami di-, tetra- i heksaploidalnymi *Triticum*, a następnie linii addycyjnych, substytucyjnych i translokacyjnych, pozwoliło na transfer genów z *D. villosum* do pszenicy (De Pace i in., 2001; Chen i in., 2002; Grądzielewska, 2006). Otrzymano linie i odmiany pszenicy odporne na mączniaka prawdziwego, rdzę żółtą, wirus wrzecionowatej smugowatości zbóż (WSSMV), a także formy o większej zawartości białka zapasowego w ziarniakach i większym potencjale plonowania (De Pace i in., 2001; Zhang i in., 2005; Zhu i in., 2007).

Przenoszenie genów z gatunków dzikich do uprawnych drogą krzyżowania oddalonego nie zawsze kończy się sukcesem z powodu istnienia barier krzyżowalności, które nie dopuszczają do powstania mieszańców lub powodują ich sterylność. Prawdopodobieństwo otrzymania płodnych mieszańców maleje wprost proporcjonalnie do wielkości dystansu genetycznego między krzyżowanymi gatunkami. Ocena zróżnicowania genetycznego umożliwia zatem odpowiedni dobór komponentów do krzyżowań, a tym samym zwiększa prawdopodobieństwo sukcesu hodowlanego. Podobieństwo genetyczne można oceniać za pomocą różnych systemów markerowych (markery morfologiczne, białka, izoenzymy) czy na podstawie informacji o pochodzeniu, jednak najbardziej informatywne i wiarygodne są markery molekularne (Bednarek i Chwedorzewska, 2001; Sztuba-Solińska, 2005).

Celem pracy była ocena podobieństwa genetycznego greckich form *Dasypyrum villosum* L. (P.) Candargy na podstawie polimorfizmu markerów RAPD i ISSR oraz identyfikacja markerów specyficznych dla poszczególnych populacji.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło 9 greckich form *Dasypyrum villosum* L. (P.) Candargy (tab. 1), które otrzymano z United States Department of Agriculture, Western Regional Plant Introduction Station, Washington University, USA. Populacje te zostały skolekcjonowane w banku genów w roku 1984.

Izolację DNA przeprowadzono zgodnie z metodą Milligana (1992) z 25 roślin każdej z form, w dwóch niezależnych powtórzeniach.

Tabela 1

Charakterystyka i miejsce skolekcjonowania badanych populacji *D. villosum*
Characteristics and collecting site of *D. villosum* populations studied

Oznaczenie formy w banku genów Accession identifier in genbank	Region Grecji Greece region	Departament Department	Wysokość występowania [m n.p.m.] Elevation [m]
PI 598391	Tesalia Thessaly	Trikala	230
PI 598392		Trikala	360
W6 7264		Larissa	90
PI 598393	Zachodnia Macedonia West Macedonia	Grevena	560
PI 598394		Grevena	770
PI 598397		Kozani	740
PI 598399	Środkowa Macedonia Central Macedonia	Imathia	470
PI 598401		*	150
W6 7280		Kilkis	230

* Brak danych, Data lacking

Amplifikację wykonano według metody Williamsa i wsp. (1990) (RAPD) i Ziętkiewicz i wsp. (1994) (ISSR) w obecności odpowiednio 18 i 17 starterów (tab. 2), z jednoczesną kontrolą negatywną. Produkty amplifikacji rozdzielano elektroforetycznie w 1,5% (RAPD) i 2,5% (ISSR) żelu agarozowym zawierającym 0,01% EtBr, w buforze TBE przez 2,5 h przy napięciu 120V.

Tabela 2

Sekwencje starterów wykorzystanych w pracy
Sequences of primers used in the study

Starter RAPD Primer RAPD	Sekwencja (5' – 3') Sequence (5' – 3')	Starter ISSR Primer ISSR	Sekwencja (5' – 3') Sequence (5' – 3')
A-18	AGG TGA CCG T	Sr-01	(AG) ₈ G
A-20	GTT GCG ATC C	Sr-06	(GT) ₈ C
D-10	GGT CTA CAC C	Sr-11	(AC) ₈ G
D-16	AGG GCG TAA G	Sr-16	(GA) ₈ C
F-05	CCG AAT TCC C	Sr-17	(GA) ₈ YC
G-04	GGA GTA CTG G	Sr-22	(CA) ₈ G
G-10	CCG ATA TCC C	Sr-23	(CA) ₈ GC
J-10	AAG CCC GAG G	Sr-27	(TC) ₈ G
J-13	CAA CAC TAC C	Sr-28	(TG) ₈ G
J-19	GGA CAC CAC T	Sr-31	(AG) ₈ YC
T-01	CGC AGT ACT C	Sr-32	(AG) ₈ YT
T-02B	CTA CAC AGG C	Sr-33	(AG) ₈ T
T-03	GTC CTT AGC G	Sr-36	(AC) ₈ CG
U-18	GGG CCG TTT A	Sr-37	(AC) ₈ C
U-225	CGA CTC ACA G	Sr-38	(CT) ₈ G
U-295	CGC GTT CCT G	Sr-39	(GA) ₈ GG
U-534	CAC CCC CTG C	Sr-40	(AC) ₈ T
U-535	CCA CCA ACA G		

Wyniki otrzymane metodami RAPD i ISSR pozwoliły na obliczenie dla każdej z nich współczynników informacji o polimorfizmie — PIC (polymorphism information content) zgodnie z założeniami Nei (1973). W oparciu o uzyskane polimorfizmy markerów RAPD, ISSR oraz obu technik łącznie, obliczono podobieństwa genetyczne (SI – similarity index) pomiędzy parami wszystkich badanych form przy użyciu formuły Dice'a (Nei i Li, 1979),

a następnie wykonano analizę skupień metodą UPGMA i skonstruowano dendrogramy. Obliczono współczynniki korelacji między otrzymanymi matrycami SI. Obliczenia wykonano w programie NTSYS-pc 2.10q (Rohlf, 2001). Masę prążków określano przez porównanie z markerem wielkości GeneRuler™ 100bp DNA Ladder Plus (Fermentas, Litwa), stosując program Dnafrag 3.03.

WYNIKI

W efekcie przeprowadzonych analiz otrzymano ogółem 122 fragmenty RAPD i 210 fragmentów ISSR, z których w obu przypadkach, połowę stanowiły produkty polimorficzne (tab. 3). Poszczególne startery powielały od 3 do 10 (RAPD) i od 6 do 19 (ISSR) fragmentów DNA, z których odpowiednio od 1 do 9 i od 2 do 11 stanowiły produkty polimorficzne. Średnio pojedynczy starter RAPD generował 3,4 fragmentów Polimorficznych, a starter ISSR — 6,2. Dla obu zastosowanych w badaniach metod obliczono współczynnik informacji o polimorfizmie (PIC), którego wartość zawierała się w przedziale 0,13–0,68 dla RAPD i 0,15–0,52 dla ISSR. Średnia wartość PIC w obu przypadkach była niemal identyczna — 0,32 i 0,33. Dla wszystkich badanych populacji uzyskano fragmenty specyficzne — 5 RAPD i 14 ISSR (tab. 4). Metoda RAPD ujawniała łącznie 87 profili prążkowych, a ISSR 118. Obie grupy starterów (RAPD oraz ISSR) generowały od 2 do 9 profili, przy czym w metodzie RAPD otrzymano ich średnio 4,8 na starter, a w metodzie ISSR — 6,9. Rozróżnienie wszystkich badanych form było możliwe po przeprowadzeniu reakcji z jednym ze starterów: T03, Sr-22, Sr-28 lub Sr-36.

Tabela 3

Ocena polimorfizmu identyfikowanego przy udziale starterów RAPD i ISSR Estimation of polymorphism identified with the RAPD and ISSR primers

Wszystkie fragmenty Total fragments	RAPD	ISSR
Całkowita liczba produktów — Total number of fragments	122	210
Liczba produktów/starter — Number of fragments per primer	3–10	6–19
Średnia liczba produktów/starter — Mean number of fragments per primer	6,8	12,3
Zakres wielkości generowanych fragmentów [pz] — Size range of amplified fragments [bp]	370–2560	270–2520
Fragmenty polimorficzne Polymorphic fragments		
Całkowita liczba produktów polimorficznych — Total number of polymorphic fragments	61	105
Liczba produktów polimorficznych/starter — Number of polymorphic fragments per primer	1–9	2–11
Średnia liczba produktów polimorficznych/starter — Mean number of polymorphic fragments per primer	3,4	6,2
Udział produktów polimorficznych [%] — Contribution of polymorphic fragments [%]	50	50
Zakres wielkości fragmentów polimorficznych [pz] — Size range of polymorphic fragments [bp]	385–2560	300–2540
Fragmenty specyficzne Specific fragments		
Liczba produktów specyficznych — Number of specific fragments	5	14
Profile Profiles		
Liczba profili — Number of profiles	87	118
Liczba profili/starter — Number of profiles per primer	2–9	3–9
Średnia liczba profili/starter — Mean number of profiles per primer	4,8	6,9

Tabela 4

Produkty specyficzne dla poszczególnych populacji *Dasypyrum villosum*
The specific fragments for the *Dasypyrum villosum* populations studied

Forma Form	Fragment Fragment
PI 598391	U-18 ¹⁵¹⁸
PI 598392	Sr-11 ²²²¹ , Sr-32 ¹⁵⁴⁷
W6 7264	Sr-11 ¹⁹¹⁴ , Sr-16 ^{1145, 1045} , Sr-27 ⁸⁴⁰ , Sr-31 ¹⁴⁴⁴
PI 598393	Sr-38 ⁵⁷⁶
PI 598394	T-03 ⁸¹³ , Sr-38 ¹⁰³¹
PI 598397	J-13 ¹⁰⁰⁰
PI 598399	A-18 ¹⁶⁶⁴ , Sr-33 ¹¹⁵⁴ , Sr-40 ⁵²⁷
PI 598401	U-225 ⁴²³ , Sr-40 ⁷⁵⁴
W6 7280	Sr-06 ¹²⁷⁰ , Sr-37 ¹⁰⁷³

Wartości indeksów podobieństwa genetycznego Dice'a uzyskane w oparciu o polimorfizm markerów RAPD wynosiły 0,803–0,911, z udziałem metody ISSR — 0,816–0,932, a otrzymane dzięki połączeniu obu technik zawierały się w przedziale 0,811–0,920 (tab. 5).

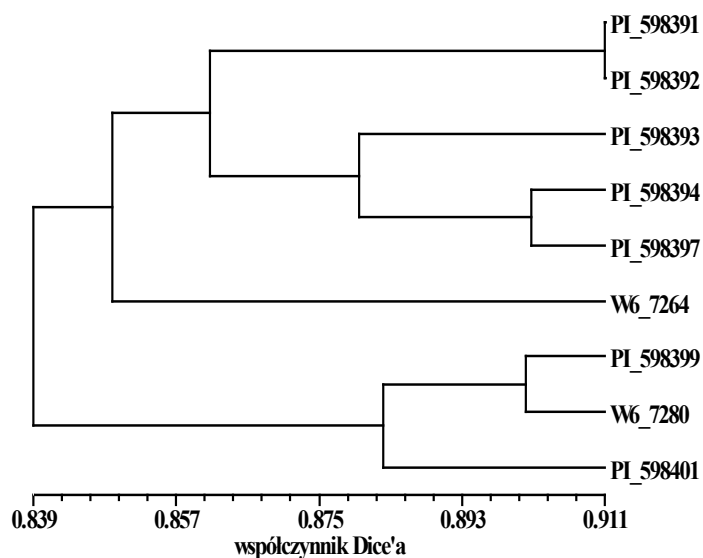
Tabela 5

Wartości indeksów podobieństwa genetycznego Dice'a uzyskane w oparciu o polimorfizm markerów RAPD i ISSR
Dice genetic similarity values based on the RAPD and ISSR markers polymorphism

	Zakres wartości współczynników podobieństwa Range of genetic similarity coefficients values	Średnia wartość współczynników podobieństwa Mean values of genetic similarity coefficients
RAPD	0,803–0,911	0,854
ISSR	0,816–0,932	0,871
RAPD+ISSR	0,811–0,920	0,864

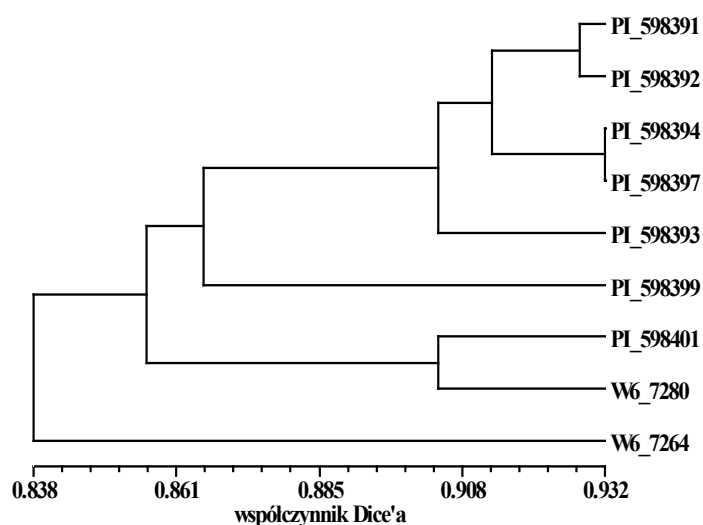
Współczynnik korelacji matryc SI był równy 0,6 i statystycznie istotny. Średnie podobieństwo wszystkich badanych form oszacowane metodą RAPD wyniosło 0,854, metodą ISSR — 0,871, a łącznie — 0,864. Najmniejsze podobieństwo do pozostałych, wykazała forma W6 7264 (0,836 — RAPD, 0,838 — ISSR, 0,837 — RAPD+ISSR). Formami najbardziej podobnymi do pozostałych były PI 598394 (RAPD, ISSR, RAPD+ISSR) oraz PI 598391 i PI 598397 (ISSR). Najbardziej podobne do siebie były z kolei PI 598391 i PI 598392 (RAPD — 0,910 i RAPD+ISSR — 0,920), oraz PI 598394 i PI 598397 (ISSR — 0,932). Za najbardziej odmienne można uznać populacje PI 598399 i W6 7264 (0,804 — RAPD, 0,816 — ISSR, 0,811 — analiza łączna).

Niezależnie od zastosowanej metody (RAPD, ISSR, RAPD+ISSR) dendrogramy, skonstruowane w oparciu o matryce podobieństw metodą UPGMA obrazują 2 główne grupy skupień (rys. 1, 2, 3). Pierwsza z nich obejmuje dwie podgrupy, skupiające formy pochodzące z Tesalii i Zachodniej Macedonii. Druga grupa skupia populacje ze Środkowej Macedonii.



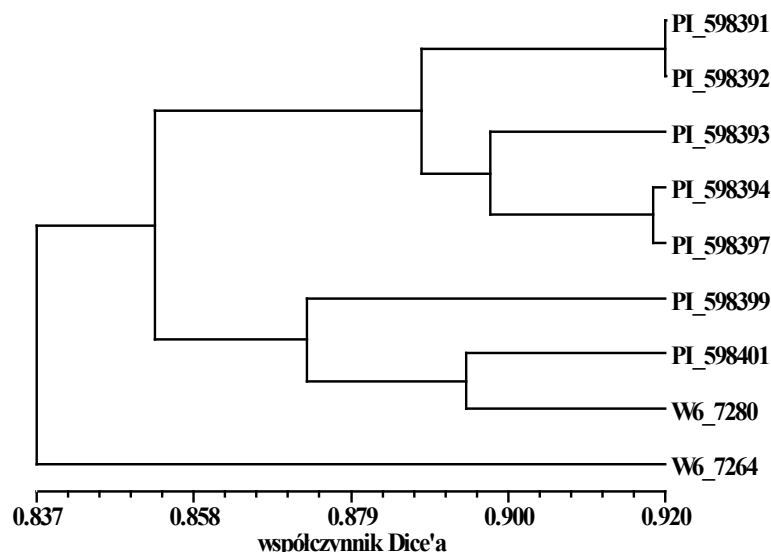
Rys. 1. Dendrogram pokrewieństwa populacji *D. villosum* uzyskany metodą UPGMA na podstawie polimorfizmu markerów RAPD

Fig. 1. UPGMA dendrogram illustrating genetic similarity between the *D. villosum* populations built on the basis of RAPD markers polymorphism



Rys. 2. Dendrogram pokrewieństwa populacji *D. villosum* uzyskany metodą UPGMA na podstawie polimorfizmu markerów ISSR

Fig. 2. UPGMA dendrogram illustrating genetic similarity between the *D. villosum* populations built on the basis of ISSR markers polymorphism



Rys. 3. Dendrogram pokrewieństwa populacji *D. villosum* uzyskany metodą UPGMA na podstawie polimorfizmu markerów RAPD i ISSR

Fig. 3. UPGMA dendrogram illustrating genetic similarity between the *D. villosum* populations built on the basis of RAPD and ISSR markers polymorphism

Na dendrogramie otrzymanym na podstawie metody ISSR jedna z form pochodząca ze Środkowej Macedonii (PI 598399) nie tworzy skupienia z populacjami pochodzącymi z tego regionu, ale luźno łączy się z formami z Tesalii i Zachodniej Macedonii. Forma W6 7264 pochodząca z Tesalii na wszystkich dendrogramach jest widoczna jako wyraźnie odmienna od pozostałych. Na dendrogramie otrzymanym w oparciu o metodę RAPD łączy się ona luźno z formami z Tesalii i Zachodniej Macedonii, a w przypadku dendrogramów uzyskanych techniką ISSR oraz ISSR i RAPD łącznie, nie klasteryzuje się z innymi populacjami z regionu jej pochodzenia, a w odniesieniu do pozostałych form zajmuje odległe miejsce.

DYSKUSJA

W niniejszej pracy ocenę podobieństwa genetycznego 9 populacji *Dasypyrum villosum* (L.) P. Candargy przeprowadzono za pomocą metod RAPD oraz ISSR. Techniki te były wielokrotnie stosowane w podobnych analizach u wielu gatunków roślin, także dzikich (Fahima i in., 1999; Qian i in., 2001; Tanyolac, 2003). Jak dotąd do oceny podobieństwa genetycznego w obrębie *Dasypyrum villosum* nie użyto żadnej z metod wykorzystujących markery molekularne DNA.

Metodę RAPD zastosowano kilkakrotnie w badaniach nad gatunkami *Dasypyrum* i mieszańcami *D. villosum* z pszenicą (Qi i in., 1996; Xia i in., 1998) i żytem (Gruszecka i

Miąc, 2002). Yang i wsp. (2006) za pomocą RAPD ocenili pokrewieństwo *Dasyphyrum breviaristatum* z 9 gatunkami z plemienia *Triticeae*, w tym z *D. villosum* i wykazali znaczny dystans genetyczny pomiędzy dwoma gatunkami *Dasyphyrum*. Metoda ISSR, jakkolwiek nie stosowana dotąd w badaniach nad *Dasyphyrum*, była wielokrotnie wykorzystywana do oceny gatunków z plemienia *Triticeae*, takich jak np. żyto (Bolibok i in., 2005) czy pszenica (Nagaoka i Ogihara, 1997).

Wydajność metod RAPD i ISSR w detekcji polimorfizmu była wielokrotnie testowana u wielu gatunków roślin. Qian i wsp. (2001), wykorzystując te dwa systemy markerowe w badaniach polimorfizmu dzikiego ryżu *Oryza granulata*, otrzymali 30,7% polimorficznych produktów RAPD i 46% ISSR, co wskazywało na znaczną przewagę systemu ISSR. Podobne wyniki otrzymali u pszenicy Nagaoka i Ogihara (1997) (20% RAPD; 40% ISSR), u żyta Matos i wsp. (2001) (36% RAPD; 82% ISSR), a także Fernández i wsp. (2002) u jęczmienia (63% RAPD i 83% — ISSR). W badaniach własnych obie metody identyfikowały polimorfizm u *D. villosum* z podobną wydajnością. W obu przypadkach otrzymano 50% produktów polimorficznych, jednak metoda ISSR okazała się bardziej efektywna — ta sama ilość starterów generowała prawie dwukrotnie więcej polimorficznych fragmentów ISSR w porównaniu z RAPD. Podobne wyniki uzyskali Fernández i wsp. (2002). Qian i wsp. (2001) oraz Tanyolac (2003) podkreślają, że mimo zastosowania większej liczby starterów RAPD, metoda ta pozwoliła na uzyskanie znacznie mniejszej ilości produktów polimorficznych niż ISSR.

Przydatność startera do ujawniania polimorfizmu i rozróżniania badanych form ocenia się m.in. za pomocą współczynnika informacji o polimorfizmie (PIC). Sarla i wsp. (2005) uzyskali wartości współczynnika PIC dla 86 ocenianych z udziałem 14 starterów ISSR form ryżu, mieszczące się w zakresie od 0,63 do 0,92, średnio — 0,82. Autorzy oceniali jednak wysoce zróżnicowaną grupę, w skład której wchodziły zarówno odmiany uprawne, jak i populacje miejscowe oraz formy dzikie. Dla poszczególnych grup wartości PIC były niższe i wynosiły odpowiednio 0,3–0,78 dla odmian, 0,41–0,89 dla populacji miejscowych i 0,09–0,68 dla form dzikich. Oszacowana w niniejszej pracy wartość PIC dla grupy greckich populacji *D. villosum*, o dużym podobieństwie genetycznym, zawierała się w przedziale 0,13–0,68 dla RAPD i 0,15–0,52 dla ISSR, co jest zgodne z wynikami otrzymanymi przez Sarla i wsp. (2005) dla form dzikich.

Wartości indeksów podobieństwa genetycznego Dice'a uzyskane w oparciu o polimorfizm obu typów markerów były podobne i jedynie nieznacznie wyższe dla metody ISSR, a współczynnik korelacji matryc był statystycznie istotny co wskazuje, że obie metody w podobny sposób odzwierciedlają podobieństwo wewnątrzgatunkowe *D. villosum*. Również Nagaoka i Ogihara (1997) oraz Castagana i wsp. (1997) wykazali, że podobieństwo genetyczne u pszenicy określone za pomocą różnych technik: RAPD, ISSR czy RFLP, przyjmowało bardzo zbliżone wartości. Patzak (2001) wykazał zbieżność wyników otrzymanych metodami RAPD, STS, ISSR i AFLP w ocenie zróżnicowania genetycznego chmielu, przy czym najbardziej zgodne były wyniki otrzymane na podstawie polimorfizmu markerów ISSR i RAPD. Z kolei Bolibok i wsp. (2005) dowiedli braku zgodności metod ISSR, SSR oraz SAMPL w ocenie podobieństwa genetycznego żyta i zasugerowali konieczność jednoczesnego stosowania różnych systemów markerowych w

badaniu zmienności genetycznej, w celu analizy wszystkich możliwych źródeł polimorfizmu.

Podobieństwo genetyczne pomiędzy populacjami *D. villosum* ocenianymi w niniejszej pracy było bardzo wysokie — 0,803–0,932. Wielu autorów podaje, że zróżnicowanie genetyczne *D. villosum* jest znacznie większe w obrębie populacji niż pomiędzy populacjami (Zhong i Qualset, 1993; Zhong i Qualset, 1995; Caceres i in., 1998), a populacje rozmieszczone geograficznie bliżej siebie wykazują większe podobieństwo genetyczne niż populacje odległe (Zhong i Qualset, 1995).

Topologia dendrogramów otrzymanych na podstawie wyników badań własnych była bardzo zbliżona. Na każdym z nich uformowały się 2 główne grupy skupień, w obrębie których badane formy klasteryzowały się zgodnie z pochodzeniem geograficznym. W jednej grupie wspólny klaster tworzyły formy z Tesalii i Zachodniej Macedonii, w drugiej skupiły się formy ze Środkowej Macedonii. Podobnie (zgodnie z rozmieszczeniem geograficznym) grupowały się populacje dzikiego jęczmienia w badaniach Tanyolac'a (2003) przeprowadzonych metodami RAPD i ISSR. Niewielkie różnice w topologii dendrogramów otrzymanych w badaniach własnych na podstawie analiz RAPD i ISSR dotyczyły jedynie dwóch form: W6 7264 z Tesalii i PI 598399 ze Środkowej Macedonii. Fernández i wsp. (2002) tłumaczą różnice w topologii dendrogramów RAPD i ISSR odmienną liczbą analizowanych produktów PCR.

WNIOSKI

1. Analiza polimorfizmu międzypopulacyjnego w obrębie *Dasypyrum villosum* (L.) P. Candargy przeprowadzona metodami RAPD i ISSR, wykazała niewielkie zróżnicowanie genetyczne ocenianych populacji.
2. Dendrogramy sporządzone na podstawie polimorfizmu markerów RAPD i ISSR grupowały badane formy zgodnie z pochodzeniem geograficznym.
3. Zgodność wyników otrzymanych przy pomocy obu zastosowanych metod wskazuje, że każda z nich może być stosowana w ocenie podobieństwa genetycznego *Dasypyrum villosum*, jednak bardziej efektywna jest metoda ISSR.

LITERATURA

- Bednarek P. T., Chwedorzewska K. 2001. Markery molekularne i ich charakterystyka genetyczna oraz wybrane zastosowania w analizie genetycznej roślin. *Biotechnologia* 1 (52): 9 — 34.
- Bolibok H., Rakoczy-Trojanowska M., Hromada A., Pietrzykowski R. 2005. Efficiency of different PCR-based marker systems in assessing genetic diversity among winter rye (*Secale cereale* L.) inbred lines. *Euphytica* 146: 109 — 116.
- Caceres M.E., De Pace C., Scarascia Mugnozza G.T., Kotsonis P., Ceccarelli M., Cionini P.G. 1998. Genome size variations within *Dasypyrum villosum*: correlations with chromosomal traits, environmental factors and plant phenotypic characteristics and behaviour in reproduction. *Theor. Appl. Genet.* 96: 559 — 567.
- Castagana R., Gnocchi S., Perenzin M., Heun M. 1997. Genetic variability of the wild diploid wheat *Triticum urartu* revealed by RFLP and RAPD markers. *Theor. Appl. Genet.* 94: 424 — 430.
- Chen Q., Conner R. L., Li H., Laroche A., Graf R.J., Kuzyk A. D. 2002. Expression of resistance to stripe rust, powdery mildew and the wheat curl mite in *Triticum aestivum*-*Haynaldia villosa* lines. *Can. J. Plant. Sci.* 82 (2): 451 — 456.

- De Pace C., Snidaro D., Ciaffi M., Vittori D., Ciofo A., Cenci A., Tanzarella O.A., Qualset C.O., Scarascia Mugnozza G.T. 2001. Introgression of *Dasypyrum villosum* chromatin into common wheat improves grain protein quality. *Euphytica* 117: 67 — 75.
- Fahima T., Sun G. L., Beharav A., Krugman T., Beiles A., Nevo E. 1999. RAPD polymorphism of wheat emmer populations, *Triticum dicoccoides*, in Israel. *Theor. Appl. Genet* 98: 434 — 447.
- Fernández M. E., Figueiras A. M., Benito C. 2002. The use of ISSR and RAPD markers for detecting DNA polymorphism, genotype identification and genetic diversity among barley cultivars with known origin. *Theor. Appl. Genet.* 104: 845 — 851.
- Grądzielewska A. 2006. The genus *Dasypyrum* — part 2. *Dasypyrum villosum* — a wild species used in wheat improvement. *Euphytica* 152: 441 — 454.
- Gruszecka D., Miąg A. 2002. Wykorzystanie metod RAPD w określaniu mieszańcowego charakteru rodów *Secale cereale* L. × *Dasypyrum villosum* (L.) P. Candargy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 488: 161 — 168.
- Matos M., Pinto-Carnide O., Benito C. 2001. Phylogenetic relationship among Portuguese rye based on isozyme, RAPD and ISSR markers. *Hereditas* 134: 229 — 236.
- Milligan B. G. 1992. Plant DNA isolation. In: *Molecular analysis of populations: a practical approach*. IRL Press, Oxford, UK, 59 — 88.
- Nagaoka T., Ogihara Y. 1997. Applicability of inter-simple sequence repeat polymorphisms in wheat for use as DNA markers in comparison to RFLP and RAPD markers. *Theor. Appl. Genet.* 94: 597 — 602.
- Nei M. 1973. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proc Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 70, 3321 — 3323.
- Nei M., Li W.H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 76: 5269 — 5273.
- Patzak J. 2001. Comparison of RAPD, STS, ISSR and AFLP molecular methods used for assessment of genetic diversity in hop (*Humulus lupulus* L.). *Euphytica* 121: 9 — 18.
- Qi L., Cao M., Chen P., Li W., Liu D. 1996. Identification, mapping, and application of polymorphic DNA associated with resistance gene Pm21 of wheat. *Genome* 39: 191 — 197.
- Qian W., Ge S., Hong D.Y. 2001. Genetic variation within and among populations of a wild rice *Oryza granulata* from China detected by RAPD and ISSR markers. *Theor. Appl. Genet.* 102: 440 — 449.
- Rohlf F.J. 2001. NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 5.1. Exeter Publishing Ltd., Setauket, N.Y.
- Sarla N., Neeraja C. N., Siddiq E. A. 2005. Use of anchored (AG)_n and (GA)_n primers to asses genetic diversity of Indian landraces and varieties of rice. *Curr. Sci.* 89(8): 1371 — 1381.
- Sztuba-Solińska J. 2005. Systemy markerów molekularnych i ich zastosowanie w hodowli roślin. *Kosmos* 54 (2–3): 227 — 239.
- Tanyolac B. 2003. Inter-simple sequence repeat (ISSR) and RAPD variation among wild barley (*Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum*) populations from west Turkey. *Genetic Resources and Crop Evolution* 50: 611 — 614.
- Williams J. G. K., Kubelik A. R., Livak K J., Rafalski J. A., Tingey S. V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucl. Acid. Res.* 18: 6531 — 6535.
- Xia G., Li Z., Wang S., Xiang F., Liu J., Chen P., Liu D. 1998. Asymmetric somatic hybridization between haploid common wheat and UV-irradiated *Haynaldia villosa*. *Plant Sci.* 137: 217 — 223.
- Yang Z. J., Liu C., Feng J., Li G. R., Zhou J.P., Deng K. J., Ren Z. L. 2006. Studies on genome relationship and species-specific PCR marker for *Dasypyrum breviaristatum* in *Triticeae*. *Hereditas* 143: 47 — 54.
- Yildirim A., Jones S. S., Murray T. D., Line R. F. 2000. Evaluation of *Dasypyrum villosum* populations for resistance to cereal eyespot and stripe rust pathogens. *Plant Diseases* 84: 40 — 44.
- Zhang Q., Li Q., Wang X., Wang H., Lang S., Wang Y., Wang S., Chen P., Liu D. 2005. Development and characterization of a *Triticum aestivum* – *Haynaldia villosa* translocation line T4VS-4DL conferring resistance to wheat spindle streak mosaic virus. *Euphytica* 145: 317 — 320.
- Zhong G. Y., Qualset C. O. 1993. Allelic diversity of high-molecular-weight glutenin protein subunits in natural populations of *Dasypyrum villosum* (L.) Candargy. *Theor. Appl. Genet.* 86: 851 — 858.

- Zhong G. Y., Qualset C.O. 1995. Quantitative genetic diversity and conservation strategies for an allogamous annual species, *Dasyphyrum villosum*. (L.) Candargy (*Poaceae*). Theor. Appl. Genet. 91: 1064 — 1073.
- Zhu Z., Tihua F., Yuan T., Ye Ch., Zhenglong R. 2007. Identification and chromosomal locations of novel genes for resistance to powdery mildew and stripe rust in wheat line 101-3. Euphytica 156: 89 — 94.
- Ziętkiewicz E., Rafalski A., Labuda D. 1994. Genome fingerprinting by simple-sequence repeat (SSR) – anchored chain reaction amplification. Genomics 20: 176 — 183.

DOROTA LASKOWSKA

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Dziedziczenie odporności na TSWV nowej linii hodowlanej tytoniu (*Nicotiana tabacum* L.)

Inheritance of TSWV resistance in a new tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) breeding line

Tomato spotted wilt virus (TSWV), powodujący brązową plamistość pomidora, występuje na całym świecie, atakując 1090 gatunków roślin. Najbardziej efektywną metodą ograniczenia strat ekonomicznych powodowanych przez tę chorobę jest wyhodowanie odmian odpornych. W IUNG-PIB w Puławach uzyskano linię hodowlaną tytoniu, charakteryzującą się wysoką odpornością na TSWV. Celem badań było określenie sposobu dziedziczenia czynnika odporności, występującego u linii L-9. W wyniku obustronnych krzyżowań linii L-9 z podatną odmianą Wiślica otrzymano pokolenie F₁, z którego powstały krzyżówki wsteczne z rodzicem odpornym i podatnym oraz pokolenie F₂. Uzyskane populacje przetestowano pod względem odporności na TSWV w warunkach szklarniowych, metodą mechanicznej inokulacji izolatem wirusa pochodzącym z plantacji produkcyjnych tytoniu. Obecność TSWV sprawdzano metodą DAS-ELISA. Stwierdzono dominujący charakter odporności i brak wpływu czynnika matecznego na ujawnianie się tej cechy. Segregacja fenotypów odpornych i podatnych w krzyżówkach testowych potwierdziła hipotezę o jednogenowym sposobie dziedziczenia odporności na TSWV pochodzącej z linii L-9.

Słowa kluczowe: *Nicotiana tabacum* L., *Tomato spotted wilt virus*, gen odporności na chorobę, tytoń szlachetny, dziedziczenie

Tomato spotted wilt virus (TSWV) has been reported worldwide in a 1090 different host species. The most effective way to minimize the damage of this disease is to develop resistance of the field crops. The tobacco breeding line developed in IUNG-PIB in Puławy exhibits a high level of TSWV resistance. The objective of this study was to investigate the inheritance of the resistance present in the L-9 line. The resistant parental L-9 line and susceptible cultivar Wiślica were crossed in both directions to create F₁ hybrids, from which backcrosses with resistant and susceptible parent were made and F₂ generation were obtained. All populations were evaluated for response to artificial inoculation with one TSWV isolate of local origin, in greenhouse conditions. The presence of the virus was verified using DAS-ELISA. A dominant character and no material effect were stated for the resistance trait. Segregation ratios of resistant and susceptible phenotypes in the testing crosses were in agreement with the hypothesis that inheritance of TSWV resistance of the L-9 line is dominant and monogenic.

Key words: *Nicotiana tabacum* L., *Tomato spotted wilt virus*, disease resistance gene, tobacco, inheritance

WSTĘP

Tomato spotted wilt virus (TSWV), powodujący brązową plamistość pomidora, należy do rodzaju *Tospovirus*, rodziny *Bunyaviridae* (Francki i in., 1991). Jest to wirus o bardzo szerokim zasięgu geograficznym, który atakuje 1090 gatunków roślin, należących do 85 rodzin botanicznych (Parella i in., 2003). W Polsce TSWV może występować na takich roślinach użytkowych jak: pomidory, papryka, groch, bób, seler, sałata, cykoria, cebula, por, dalia, chryzantema, gerbera, irys, a z upraw rolniczych atakuje głównie tytoń. TSWV powoduje na roślinach tytoniu chlorozy i nekrozy liści i łodyg, żółknięcie i deformację wierzchołka oraz przedwczesną śmierć roślin, przyczyniając się do dużych strat ekonomicznych (Mumford i in., 1996). W Europie Środkowej i Wschodniej tytoń jest infekowany wirusem TSWV za pośrednictwem wciornastka tytoniowca (*Thrips tabaci* Lindeman) (Jenser i Szenasi, 2004; Zawirska, 1979), natomiast w Europie Zachodniej oraz prawie wszystkich pozostałych rejonach świata — za pośrednictwem gatunków z rodzaju *Frankliniella* (Marchoux, 1990; Ullman i in., 1997). Do infekowania tytoniu w Polsce zdolne są wyłącznie populacje biseksualne podgatunku *T. tabaci tabaci* Lind (Zawirska, 1979). Specjalizacja tego podgatunku do żerowania na tytoniu prawdopodobnie powoduje, że nie przenosi on TSWV na uprawy ziemniaka czy pomidora. Od końca lat osiemdziesiątych TSWV staje się w Polsce poważnym problemem w uprawie roślin pod osłonami. Kamińska i Korbin (1993) wiążą to z masowym importem w tym czasie roślin ozdobnych i sprowadzeniem wraz z nimi nowego wektora choroby — wciornastka zachodniego (*Frankliniella occidentalis* Pergande), który w polskich warunkach klimatycznych może przetrwać zimę jedynie w szklarni.

Metodami hodowli konwencjonalnej nie udało się dotychczas uzyskać odpornych na TSWV odmian produkcyjnych tytoniu szlachetnego (*Nicotiana tabacum* L.), charakteryzujących się dobrymi cechami użytkowymi. Źródła odporności na TSWV w świecie roślinnym są bardzo rzadkie. U papryki gen odporności nazwany *Tsw*, został wprowadzony z *Capsicum chinense* do *C. annuum* (Boiteux i de Avilla, 1994), natomiast u pomidora odporność uwarunkowaną genem *Sw-5* przeniesiono z *Lycopersicon peruvianum* do *L. esculentum* (Stevens i in., 1992). W rodzaju *Nicotiana*, *N. alata* Link et Otto charakteryzuje się odpornością na brązową plamistość pomidora (Jankowski, 1980; Laskowska i Berbeć, 2006), lecz wykorzystanie tego gatunku w hodowli jest trudne ze względu na bariery występujące przy krzyżowaniu z tytoniem uprawnym. W Polsce wyhodowano odmianę Polalta, z odpornością pochodzącą od *N. alata*, która została zarejestrowana w latach 90. XX wieku (Gajos, 1981, 1988; Lista odmian..., 2002). Odmiana ta nie jest uprawiana ze względu na słabą wartość użytkową. W jej potomstwie, uzyskanym w wyniku krzyżowania z innymi genotypami tytoniu, ujawniają się deformacje morfologiczne, spowodowane prawdopodobnie oddziaływaniem materiału genetycznego, pochodzącego od *N. alata* (Kennedy i Nielsen, 1993; Moon i Nicholson, 2007). Tak zwane guzy genetyczne powstają u niektórych mieszańców międzygatunkowych tytoniu jako narośla niezróżnicowanej tkanki lub deformacje liści czy kwiatostanu (Ahuja, 1998; Smith, 1988). Na bazie odporności pochodzącej od odmiany Polalta wyhodowano w IUNG-PIB w Puławach, przy zastosowaniu androgenezy *in vitro* a następnie podwojenia liczby

chromosomów, linię L-9, charakteryzującą się znacznie polepszoną morfologią w porównaniu z odmianą wyjściową.

Celem pracy było określenie sposobu dziedziczenia czynnika odporności na TSWV, występującego u tej linii hodowlanej tytoniu.

MATERIAŁ I METODY

Wyjściowy materiał roślinny stanowiły: linia L-9, odporna na TSWV (O) oraz odmiana Wiślica, wzorcowa dla typu Virginia, podatna na TSWV (P). Do oceny dziedziczenia cechy odporności wykorzystywano:

- dwa rodzaje mieszańców F_1 otrzymanych w wyniku obustronnego krzyżowania odpornej i podatnej formy rodzicielskiej ($F_{1(O \times P)}$ oraz $F_{1(P \times O)}$),
- cztery populacje krzyżówek wstecznych utworzonych na bazie pokolenia F_1 : $BC_{1(O \times P)O}$, $BC_{1(P \times O)O}$, $BC_{1(O \times P)P}$, $BC_{1(P \times O)P}$,
- dwie populacje F_2 , które powstały w wyniku samozapylenia F_1 ($F_{2(O \times P)}$ i $F_{2(P \times O)}$).

Ocenę odporności na TSWV przeprowadzano w szklarni na roślinach w fazie około 6 liści, metodą opisaną przez Tsakiridis i Gooding (1972). Polegała ona na mechanicznej inokulacji filtratem z zakażonych roślin, pochodzących z plantacji produkcyjnych tytoniu, położonych w województwie świętokrzyskim. Kontrolne rośliny niezakażone (dwie z każdego genotypu) były inokulowane wyłącznie buforem fosforanowym z karborundem. Były one używane w teście ELISA jako kontrola negatywna. Obecność wirusa w testowanych roślinach analizowano standardową metodą DAS-ELISA przy użyciu komercyjnych poliklonalnych przeciwciał przeciwko białkom TSWV (Bioreba AG, Szwajcaria). Z każdej testowanej rośliny pobierano po dwie próbki z liści wierzchołkowych. Około 100 ml tkanki liściowej rozcierano w 1 ml buforu PBS-TPO. Inkubację z roztworem 4-fosforanu p-nitrofenylu prowadzono w temperaturze pokojowej w ciemności przez 30 minut. Absorbancję mierzono przy 405 nm przy użyciu czytnika wielokanałowego firmy Tecan. Rośliny uważano za podatne (zakażone), jeśli próbki wykazywały średnią wartość absorbancji wyższą niż podwojona wartość dla kontroli negatywnej. Do oceny odporności poszczególnych populacji użyto średnich wartości absorbancji, odczytanych w teście ELISA. Dla porównania obserwowanej i oczekiwanej proporcji fenotypów w krzyżówkach testowych: $BC_{1(O \times P)P}$, $BC_{1(P \times O)P}$, $F_{2(O \times P)}$ i $F_{2(P \times O)}$, zastosowano test chi-kwadrat. Obliczenia przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Statistica 8 firmy StatSoft.

WYNIKI I DYSKUSJA

Po inokulacji TSWV rośliny linii hodowlanej L-9 wykazywały pełną odporność. Test ELISA potwierdził brak wirusa w roślinach tej linii. Wszystkie rośliny kontrolnej odmiany Wiślica uległy porażeniu systemicznemu, a poziom wirusa był bardzo wysoki (absorbancja przy 405 nm — 3,390). W pierwszym pokoleniu mieszańców, zarówno w populacji $F_{1(O \times P)}$ jak i $F_{1(P \times O)}$ porażeniu uległo po około 1% roślin. Niewielki procent roślin porażonych w pokoleniu F_1 świadczy o dominującym działaniu czynnika odporności, a brak

zróźnicowania między populacjami pochodzącymi z krzyżówek dwustronnych — o braku wpływu czynnika matecznego na cechę odporności. W krzyżówkach wstecznych z rodzicem odpornym proporcja fenotypów odpornych do podatnych wynosiła w przybliżeniu 1:0, przy czym w populacji $BC_{1(OxP)}O$ stwierdzono około 2% roślin podatnych, natomiast krzyżówka $BC_{1(PxO)}O$ nie segregowała i wszystkie rośliny były odporne. W krzyżówkach wstecznych z rodzicem podatnym stwierdzono: u $BC_{1(OxP)}P$ — 55 roślin odpornych i 65 podatnych, natomiast w przypadku $BC_{1(PxO)}P$ — 71 roślin odpornych i 57 podatnych, a więc proporcję zbliżoną do 1:1. W obydwu populacjach F_2 , mimo pewnych odchyień od wartości oczekiwanych na korzyść roślin podatnych, proporcja fenotypów była zbliżona do 3:1.

Proporcja roślin odpornych i podatnych w krzyżówkach testowych oraz sposób ekspresji tej cechy w pokoleniu F_1 pozwoliły przyjąć hipotezę o jednogenowym dominującym sposobie dziedziczenia cechy odporności na TSWV u linii L-9. Test chi-kwadrat potwierdził tę hipotezę z wystarczającym prawdopodobieństwem, mieszczącym się w granicach 0,1983–0,3767 (tab. 1).

Tabela 1

Segregacja cechy odporności na TSWV w krzyżówkach testowych linii hodowlanej L-9 z odmianą Wiślica
Segregation of TSWV-resistance in testing crosses between the breeding line L-9 and the Wiślica cultivar

Genotyp Genotype	Rośliny obserwowane Observed plants				Oczekiwana proporcja* Odporne : Podatne Expected ratio Resistant : Susceptible	χ^2	p**
	odporne — resistant		podatne — susceptible				
	średnia absorbancja mean absorbance	liczba roślin no of plants	średnia absorbancja mean absorbance	liczba roślin no of plants			
Linia L-9 (O)***	0,106	69	—	0	1 : 0 (69 : 0)		
Wiślica (P)***	—	0	3,390	50	0 : 1 (0 : 50)		
F _{1(OxP)}	0,113	91	0,984	1	1 : 0 (92 : 0)		
F _{1(PxO)}	0,127	88	0,799	1	1 : 0 (89 : 0)		
BC _{1(OxP)} O	0,108	96	0,927	2	1 : 0 (98 : 0)		
BC _{1(PxO)} O	0,156	95	—	0	1 : 0 (95 : 0)		
BC _{1(OxP)} P	0,134	55	1,206	65	1 : 1 (60 : 60)	0,8333	0,3767
BC _{1(PxO)} P	0,169	71	1,375	57	1 : 1 (64 : 64)	1,5313	0,2159
F _{2(OxP)}	0,116	85	1,142	35	3 : 1 (90 : 30)	1,1111	0,2983
F _{2(PxO)}	0,098	81	0,816	35	3 : 1 (87 : 29)	1,6552	0,1983

* Oczekiwana proporcja odpornych i podatnych fenotypów przy założeniu, że cecha jest uwarunkowana działaniem jednego genu dominującego; Expected ratio of resistant and susceptible phenotypes in case of character which is determined by a single dominant gene

** Różnice między wartościami obserwowanymi a oczekiwanymi są statystycznie istotne przy $p \leq 0,05$; Differences between the observed and expected ratios are statistically significant at $p \leq 0,05$

*** O — rodzic odporny — resistant parent, P — rodzic podatny — susceptible parent

Podobne wyniki dotyczące dziedziczenia odporności tytoniu na TSWV uzyskano dla odmiany Polalta (Moon i Nicholson, 2007), podczas gdy wcześniejsze badania (Kennedy i Nielsen, 1993) wykazały, że za odporność odmiany Polalta odpowiadają dwa geny. Pojedynczy dominujący model odporności na TSWV stwierdzono również w odpornych

genotypach pomidora, zawierających gen *Sw-5* (Stevens i in., 1992) i u papryki (*Tsw*) (Boiteux i de Avila, 1994).

Nieco mniejsza od oczekiwanej liczba roślin odpornych w krzyżówkach testowych linii L-9 może być spowodowana nieregularną ekspresją lub eliminacją genu odporności, ujawniającą się zwłaszcza w genotypach heterozygotycznych pod względem cechy odporności.

Typowym wizualnym objawem odporności roślin były koncentryczne nekrotyczne plamy świadczące o nadwrażliwości. U niektórych roślin należących do genotypów odpornych oraz krzyżówek testowych, objawy porażenia systemicznego rozwijały się później i z mniejszym natężeniem, a zawartość wirusa mierzona wartością odczytanej absorbancji była niższa, niż w kontrolnej odmianie podatnej Wiślica (tab. 1). Podczas studiów nad przemieszczaniem się i dystrybucją TSWV w roślinach rodzaju *Capsicum* stwierdzono, że rozprzestrzenianie się wirusa z miejsc inokulacji jest wolniejsze w przypadku odpornych, niż w przypadku podatnych roślin, a odporność typu nadwrażliwości może osłabiać mechanizm transportu TSWV na duże odległości (Soler i in., 1999).

Linia L-9 stanowi wartościowy materiał wyjściowy dla dalszej hodowli odmian tytoniu, charakteryzujących się dobrymi cechami jakościowymi i odpornością na TSWV.

WNIOSKI

1. Linia hodowlana L-9 charakteryzuje się odpornością na porażenie wirusem brązowej plamistości pomidora, uwarunkowaną pojedynczym genem dominującym.
2. Dominujący sposób dziedziczenia się cechy odporności pozwala na wykorzystanie L-9 w praktyce zarówno jako czystej linii jak i komponenta ojcowskiego oraz matecznego w mieszańcach F_1 tytoniu.

LITERATURA

- Ahuja M. R. 1998. Genetic tumors in *Nicotiana* and other plants. The Quarterly Review of Biology. 73 (4): 439 — 459.
- Boiteux L. S., de Avila A. C. 1994. Inheritance of a resistance specific to tomato spotted wilt *tospovirus* in *Capsicum chinense* 'PI-159236'. Euphytica 75: 139 — 142.
- Francki R. I. B., Fauquet C. M., Knudson D. D., Brown F. 1991. Fifth report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Arch. Virol. Suppl. 2:1 — 450.
- Gajos Z. 1981. Przeniesienie odporności na wirus brązowej plamistości pomidora (Tomato Spotted Wilt Virus) z *Nicotiana glauca* Link et Otto do tytoniu szlachetnego poprzez skrzyżowanie obu gatunków. Biul. CLPT 1-2: 3 — 24.
- Gajos Z. 1988. Polalta — odmiana tytoniu odporna na wirus brązowej plamistości pomidora (TSWV) i czarną zgniliznę korzeni (*Thielaviopsis basicola* Ferr.). Biul. CLPT 1-4: 7 — 25.
- Jankowski F. 1980. Źródła odporności na TSWV (*Lycopersicum virus 3*) u dzikich gatunków rodzaju *Nicotiana*. Biul. CLPT 1-2:21 — 29.
- Jenser G., Szenasi A. 2004. Review of the biology and vector capacity of *Thrips tabaci* Lindeman (*Thysanoptera: Thripidae*). Acta Phytopathol. Entomol. Hung., 39(1-3): 137 — 155.
- Kamińska M., Korbin M. 1993. Wirus brązowej plamistości pomidora – występowanie i wykrywalność. Materiały z Sympozjum „Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin”, Olsztyn, Akademia Rolniczo-Techniczna, 7-9 września.

- Kennedy B. S., Nielsen M. T. 1993. Characterization of tomato spotted wilt virus (TSWV) resistance in the tobacco cultivar 'Polalta'. (Abstr.) *Phytopathology* 83 (12): 1420.
- Laskowska D., Berbec A. 2006. Resistance to Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) in *Nicotiana alata* and *N. sanderae* and in hybrids between *N. tabacum* and *N. alata*. *Plant Breeding and Seed Science* 54: 91 — 100.
- Lista odmian roślin rolniczych. 2002. COBORU, Słupia Wielka.
- Marchoux G. 1990. La transmission de virus par *Frankliniella occidentalis* et autres thrips. *Phytoma* 422: 40 — 45.
- Moon H., Nicholson J. S. 2007. AFLP and SCAR Markers Linked to *Tomato Spotted Wilt Virus* Resistance in Tobacco. *Crop Sci.* 47: 1887 — 1894.
- Mumford R. A., Barker I., Wood K. R. 1996. The biology of the tospoviruses. *Ann. Appl. Biol.* 128: 159 — 183.
- Parella G., Gognalons P., Gebre-Selassie K., Vovlas C., Marchoux G. 2003. An update of the host range of tomato spotted wilt virus. *Journal of Plant Pathology* 85 (4, Special issue): 227 — 264.
- Smith H. 1988. The inheritance of genetic tumors in *Nicotiana* hybrids. *The Journal of Heredity*. 79 (4): 277 — 283.
- Soler S., Diez M. J., Rosello S., Nuez F. 1999. Movement and distribution of tomato spotted wilt virus in resistant and susceptible accessions of *Capsicum* spp. *Can. J. Plant Pathology* 21: 317 — 325.
- Stevens M. R., Scott S. J., Gergerich R. C. 1992. Inheritance of a gene for resistance to tomato spotted wilt virus (TSWV) from *Lycopersicon peruvianum* Mill. *Euphytica* 59: 9 — 17.
- Tsakiridis J. P., Gooding G. V. 1972. Tomato spotted wilt virus in Greece. *Phytopatologia Mediterranea* 11 (1): 42 — 47.
- Ullman D. E., Sherwood J. L., German T. L. 1997. Thrips as vectors of plant pathogens. In: *Thrips as Crop Pests* (Lewis T. L., ed.). London: CAB International: 539 — 565.
- Zawirska I. 1979. Studia nad wciornastkiem tytoniowcem (*Thrips tabaci* Lind.) i jego rolę w przenoszeniu brązowej plamistości pomidora (TSWV) na tytoniu. *Materiały XIX Sesji Naukowej IOR, Poznań*: 267 — 278.

DARIUSZ GOZDOWSKI¹**DANUTA MARTYNIAK**²**WIESŁAW MĄDRY**¹¹Katedra Doświadczalnictwa i Bioinformatyki, SGGW w Warszawie²Pracownia Traw Pozapaszowych i Roślin Energetycznych, IHAR w Radzikowie

Wielowymiarowa ocena zróżnicowania odmian i rodów życicy trwałej pod względem cech użytkowych w uprawie na nasiona

Multivariate evaluation of cultivars and advanced lines of perennial ryegrass in respect of traits important in seed production

Dane doświadczalne pozyskano z doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 2004–2006 w IHAR Radzików. Celem doświadczenia była wielocechowa ocena 22 rodów i odmian życicy trwałej pochodzących z dwóch różnych hodowli (Bartązek i Wiatrowo) pod względem wybranych cech użytkowych ważnych w produkcji nasiennej. Wykonane wielowymiarowe analizy statystyczne: hierarchiczna analiza skupień oraz analiza składowych głównych (PCA) pozwoliły wydzielić i scharakteryzować 4 grupy rodów i odmian podobnych pod względem badanych cech. Cechami w bardzo dużym stopniu wpływającymi na wielocechowe zróżnicowanie badanych genotypów były wysokość roślin, odporność na pleśń śniegową oraz w nieco mniejszym stopniu plon nasion (dodatnio skorelowane z pierwszą składową główną) oraz odporność na wyleganie (ujemnie skorelowana z PC1).

Słowa kluczowe: życica trwała, plon nasion, analiza wielocechowa

Experimental data were obtained in the field experiment conducted in PBAI (IHAR) Radzików in the years 2004–2006. The aim of this study was multivariate evaluation of 22 advanced lines and cultivars (bred in Bartązek and Wiatrowo) of perennial ryegrass, taking into account traits important in seed production. On the basis of multivariate analyses i.e. hierarchical cluster analysis and principal component analysis (PCA) 4 groups of genotypes were separated and described. The traits which have the biggest influence on multivariate diversity of the examined genotypes were height of plants, resistance to *Fusarium nivale* and seed yield (positively correlated with the first principal component) and resistance to lodging (negatively correlated with PC1).

Key words: perennial ryegrass, seed yield, multivariate analysis

WSTĘP

Wartość użytkowa odmian życicy trwałej w produkcji nasiennej jest warunkowana wieloma cechami związanymi z budową morfologiczną roślin i cechami charakteryzującymi odporność na patogeny (zwłaszcza choroby grzybowe). Ocena rodów hodow-

lanych powinna, zatem uwzględniać wiele cech ważnych, nie tylko plon nasion z jednostki powierzchni, ale również cechy wpływające pośrednio i bezpośrednio na jego wielkość i jakość. Jednoczesne uwzględnienie w analizie wielu cech ważnych z agronomicznego punktu widzenia wymaga zastosowania statystycznych metod wielowymiarowych, które pozwalają na pogrupowanie i scharakteryzowanie genotypów oraz wskazanie, które z nich są najbardziej wartościowe pod względem wielu cech użytkowych (Saiga i in., 1996; Uklalska i in., 2007; Bocianowski i Rybiński, 2008.). Metody takie pozwalają na wydzielenie grup genotypów podobnych wielocechowo oraz wskazanie grup z rodami lub odmianami o wysokiej wartości użytkowej, które mogą stanowić wartościowy materiał hodowlany. Metody wielocechowe stosowane są coraz powszechniej w ocenie genotypów różnych gatunków roślin uprawnych, w tym traw (Balfourier i Charmet, 1991; Loos, 1994; Madlaina i in., 2008). Często w celu wydzielenia grup genotypów i ich scharakteryzowania wykorzystywane są jednocześnie analiza składowych głównych (PCA) oraz analiza skupień (Veronesi i Falcinelli, 1988; Charmet i in., 1994).

Jednoznaczne wskazanie tzw. obiecujących genotypów często jest trudne, między innymi dlatego, że często istnieje ujemna korelacja między wieloma cechami użytkowymi (Gozdowski i in., 2008; Martyniak i Martyniak, 2008). Kompleksowa ocena genotypów powinna uwzględniać zatem możliwie dużą liczbę cech, a zwłaszcza te, które w największym stopniu decydują o ich wartości użytkowej. W przypadku traw, w tym również życicy trwałej ważna jest zarówno ocena uwzględniająca wartość użytkową kośną lub pastwiskową (ewentualnie gazonową) oraz ważna jest ocena pod względem produkcji nasiennej (Wilkins 1991, Martyniak i Prończuk, 2003; Martyniak i Martyniak, 2006).

Celem niniejszej pracy była ocena wielocechowa 22 rodów i odmian życicy trwałej pod względem wybranych siedmiu cech użytkowych w produkcji nasiennej. Analizy wykonano wykorzystując dane z doświadczenia przeprowadzonego w IHAR Radzików w latach 2004–2006.

MATERIAŁ I METODY

Dane doświadczalne pochodziły z doświadczenia mikropoletkowego przeprowadzonego w latach 2003–2007 w IHAR Radzików. Powierzchnia pojedynczego poletka wynosiła 2 m² (2 m długości × 1 m szerokości). Doświadczenie założono w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Analizy wykonano na danych z 3 lat, tj. 2004–2006. W przeprowadzonym doświadczeniu oceniano 22 odmian i rodów, w tym 8 rodów krajowych, pochodzących z dwóch różnych hodowli: Bartązek i Wiatrowo i 16 odmian krajowych i zagranicznych (tab. 1).

W każdym roku oceniano wybrane cechy użytkowe charakteryzujące przydatność odmian do produkcji nasiennej. Do wielocechowej oceny badanych genotypów brano pod uwagę następujące cechy:

- X_1 — plon nasion z jednostki powierzchni (dt/ha),
- X_2 — wysokość roślin w cm (określana w fazie pełnego wykłoszenia),
- X_3 — liczba pędów generatywnych na jednostce powierzchni,
- X_4 — wczesność dojrzewania (liczona jako liczba dni od 1.IV do terminu zbioru),

X_5 — odporność na wyleganie,
 X_6 — stopień porażenia rdzą,
 X_7 — odporność na pleśń śniegową,
 (cechy X_5, X_6, X_7 wyrażone są w skali 1–9, 9 oznacza najwyższą odporność, cechy te oznaczano na podstawie stanu roślin i ich porażenia na całym poletku).

Tabela 1

Rody i odmiany życicy trwalej uwzględniane w badaniach
Advanced lines and cultivars of perennial ryegrass in the study

Odmiana lub ród Cultivar or advanced line	Ploidalność Ploidy	Pochodzenie Place of breeding
Ba 255	4n	Polska (HR Bartązek)
Ba 369	4n	Polska (HR Bartązek)
Ba 759	4n	Polska (HR Bartązek)
Baristra	4n	Polska (HR Bartązek)
Maja	4n	Polska (HR Wiatrowo)
Nadmorski	2n	Polska (HR Wiatrowo)
Napoleon	4n	Dania
Solen	4n	Polska (HR Szelejewo)
Anna	2n	Polska (HR Wiatrowo)
Pimpernel	2n	Dania
Argona	2n	Polska (HR Wiatrowo)
Arka	2n	Polska (HR Wiatrowo)
Barplus	2n	Holandia
Diament	4n	Polska (HR Szelejewo)
MAD 4094	2n	Polska (HR Wiatrowo)
Pastoral	4n	Francja
Rela	2n	Polska (ZDHR Radzików)
Tivoli	4n	Dania
MAD 4101	2n	Polska (HR Wiatrowo)
MAD 4103	2n	Polska (HR Wiatrowo)
MAD 5971	2n	Polska (HR Wiatrowo)
MAD 5973	2n	Polska (HR Wiatrowo)

Pozyskane dane poddano wielowymiarowym analizom statystycznym w celu scharakteryzowania i pogrupowania badanych rodów i odmian pod względem ww. cech użytkowych. Przeprowadzono hierarchiczną analizę skupień w celu wydzielenia grup genotypów podobnych pod względem badanych cech. Analizę tę wykonano na zmiennych standaryzowanych stosując kwadrat odległości euklidesowej jako miarę odległości, natomiast metoda Warda została użyta do aglomeracji podobnych obiektów. Na podstawie wyników analizy skupień wydzielono 4 grupy odmian. Analiza składowych głównych (PCA) została wykonana na średnich genotypowych dla scharakteryzowania wydzielonych grup badanych rodów i odmian.

Analizy statystyczne przeprowadzono w programie Statgraphics 4.1.

WYNIKI BADAŃ

Na podstawie wartości średnich oraz parametrów opisujących zmienność poszczególnych cech (tab. 2) można stwierdzić, że największą zmiennością charakteryzowała się odporność roślin na wyleganie ($CV = 34,8\%$) oraz wielkość plonu nasion z jednostki

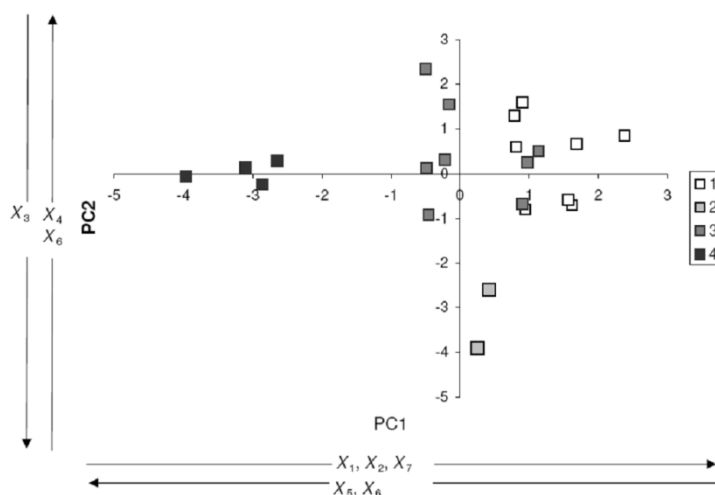
powierzchni (CV = 28,4%). Cechami o niewielkiej zmienności były wysokość roślin (CV = 7,7%) oraz wczesność dojrzewania (CV = 8,9%).

Tabela 2

Wartości średnie oraz parametry charakteryzujące zmienność badanych cech wszystkich genotypów dla danych z lat 2004–2006
Mean values and parameters of variability which characterize all genotypes for data from the years 2004–2006

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7
Średnia Mean	14,70	95,0	1316	86,5	4,82	4,51	5,68
Odchylenie standardowe Standard deviation	4,18	7,28	239	7,74	1,67	0,62	0,62
Min.	5,86	81,2	891	65,4	2,67	3,56	4,44
Max.	21,83	107,2	1759	97,1	8,67	6,11	6,67
CV	28,4%	7,7%	18,2%	8,9%	34,8%	13,7%	10,9%

Przeprowadzona analiza składowych głównych (PCA) wykazała, że 41,5% zmienności jest wyjaśnione przez pierwszą składową główną (PC1), natomiast druga składowa (PC2) wyjaśnia 26,6% całkowitej zmienności. Łącznie te dwie składowe wyjaśniają ponad 2/3 całkowitej zmienności badanych cech. Zatem przedstawienie wartości tych dwóch składowych na wykresie dwuwymiarowym dobrze ilustruje zróżnicowanie rodów i odmian pod względem badanych cech (rys. 1).



Rys. 1. Wartości pierwszych dwóch składowych głównych
Fig. 1. Values of the first and second principal components

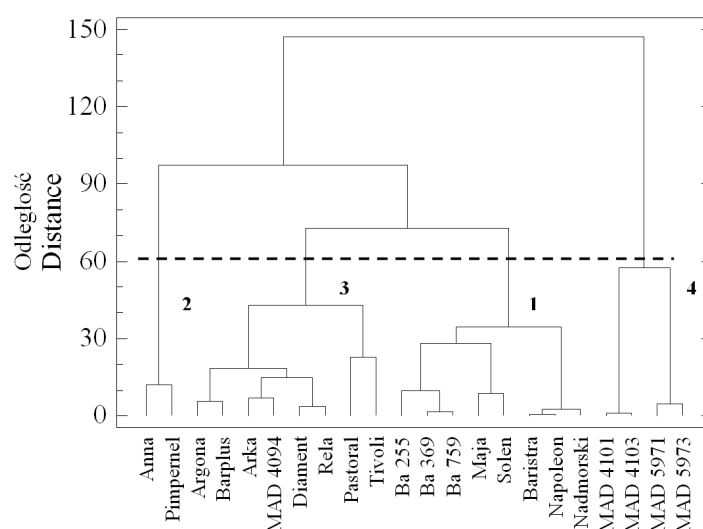
Wartości współczynników korelacji z poszczególnymi składowymi głównymi (tab. 3) wskazują, że silnie dodatnio skorelowanymi cechami z pierwszą składową główną były odporność na pleśń śniegową (X_7) oraz wysokość roślin (X_2) (wartości współczynników

korelacji odpowiednio 0,88 i 0,81), natomiast silną ujemną korelację z PC1 stwierdzono dla odporności na wyleganie (X_5) ($r = -0,87$). Możemy zatem stwierdzić, że te cechy w największym stopniu dyskryminowały wielocechowe zróżnicowanie rodów i odmian pod względem badanych cech użytkowych. W mniejszym stopniu zróżnicowanie odmian i rodów było spowodowane wielkością pozostałych badanych cech.

Tabela 3

Wartości współczynników korelacji między składowymi głównymi a badanymi cechami
Values of correlation coefficients between the principal components and the examined traits

Cecha — Trait	PC1 (41,5%)	PC2 (26,6%)	PC3 (15,6%)
X_1	0,56	0,25	0,74
X_2	0,81	0,38	-0,21
X_3	-0,27	-0,82*	0,15
X_4	-0,13	0,80*	-0,31
X_5	-0,87	0,29	-0,13
X_6	-0,57	0,50*	0,59
X_7	0,88	-0,04	-0,04



Rys. 2. Dendrogram uzyskany na podstawie analizy skupień wykonanej metoda Warda (linia przedstawia podział na 4 grupy genotypów)

Fig. 2. Dendrogram obtained on the basis of Ward method of cluster analysis (the line makes division into 4 groups of genotypes)

W celu wydzielenia rodów i odmian podobnych pod względem badanych cech użytkowych wykonano analizę skupień metodą Warda. Wyniki grupowania są przedstawione na dendrogramie na rysunku 2. Na podstawie uzyskanych wyników wydzielono 4 grupy odmian i rodów podobnych pod względem siedmiu badanych cech użytkowych. Charakterystyki wydzielonych grup można dokonać na podstawie wartości średnich

przedstawionych w tabeli 4, jak również ich położenia w układzie współrzędnych pierwszych dwóch składowych (rys. 1).

Tabela 4

Średnie i odchylenia standardowe dla wydzielonych grup
Means and standard deviations for the distinguished groups

Grupa — Group Cecha — Trait	1 (n=8)	2 (n=2)	3 (n=8)	4 (n=4)
X_1	17,95 (2,7)	13,48 (3,68)	13,13 (1,97)	11,93 (6,75)
X_2	99,9 (4,46)	89,2 (4,32)	97,1 (4,76)	84,2 (3,55)
X_3	1155 (133,3)	1746 (18,9)	1313 (232,9)	1430 (153,9)
X_4	84,1 (4,42)	69,3 (5,42)	93,4 (3,15)	86,2 (0,69)
X_5	3,83 (0,64)	3,39 (0,08)	4,72 (1)	7,69 (1,15)
X_6	4,43 (0,32)	3,83 (0,39)	4,36 (0,49)	5,31 (0,77)
X_7	6,03 (0,44)	5,83 (0,24)	5,79 (0,43)	4,67 (0,18)

Pierwsza grupa rodów i odmian liczy 8 genotypów, charakteryzuje się najwyższym plonem nasion (średni plon nasion dla tej grupy to 17,95 dt/ha) oraz najwyższymi roślinami. Jednocześnie grupa ta ma względnie niewielką liczbę pędów generatywnych, niską odporność na wyleganie i najwyższą odporność na pleśń śniegową. W drugiej grupie znalazły się jedynie dwa genotypy, tj. odmiany Anna i Pimpernel. Charakteryzują się one umiarkowanie wysokim plonem nasion, najwyższą liczbą pędów generatywnych oraz bardzo wczesnym dojrzewaniem. Niekorzystnymi cechami tych dwóch odmian jest niska odporność na rdzę i wyleganie. Grupa 3 liczy 8 odmian i rodów, charakteryzują się one umiarkowanie niskim plonem nasion, wysokimi roślinami oraz późnym dojrzewaniem.

Grupa 4 liczy rody i odmiany, wyróżniają się one najniższym plonem oraz najniższą wysokością roślin. Charakteryzują się również wysoką odpornością na wyleganie oraz wysoką odpornością na rdzę.

W badaniach uwzględniano zarówno rody diploidalne jak i tetraploidalne. W poszczególnych grupach występuje różny udział takich rodów. W grupie pierwszej dominują rody tetraploidalne, tylko jedna odmiana w tej grupie jest odmianą diploidalną. Ze względu na to, że grupa ta charakteryzuje się wysokimi wartościami cech ważnych z użytkowego punktu widzenia, w tym bardzo wysokim plonem, to wskazuje to na wysoką wartość użytkową wielu odmian i rodów tetraploidalnych.

W grupie 2 obydwie odmiany są genotypami diploidalnymi, natomiast w grupie 3 dominują rody diploidalne. W grupie 4 wszystkie rody i odmiany są diploidalne, jest to grupa charakteryzująca się najniższym plonem, tak więc można przyjąć, że większość odmian diploidalnych charakteryzuje się mniejszą wartością użytkową pod względem produkcji nasiennej.

DYSKUSJA

Na podstawie analizy skupień oraz analizy składowych głównych można stwierdzić, że cechami w bardzo dużym stopniu wpływającymi na wielocechowe zróżnicowanie badanych genotypów były wysokość roślin i odporność na pleśń śniegową w nieco mniejszym stopniu plon nasion, cechy te były dodatnio skorelowane z pierwszą składową.

Również duży udział w całkowitej zmienności miała odporność na wyleganie, a cecha ta była ujemnie skorelowana z pierwszą składową. Występowanie ujemnych korelacji między cechami ważnymi dla wartości użytkowej odmian utrudnia wskazanie najwartościowszych genotypów. W przeprowadzonych badaniach taka ujemna korelacja występowała między wielkością plonu nasion a odpornością na wyleganie, ze względu na to, że obydwie te cechy są bardzo ważne w produkcji nasiennej utrudnia to jednoznaczne wskazanie obiecujących genotypów, które byłyby najwartościowszym materiałem do dalszej hodowli.

Wydzielenie grup genotypów zróżnicowanych wielocechowo przy użyciu analizy skupień oraz ich syntetyczne scharakteryzowanie na podstawie położenia w układzie współrzędnych dwóch pierwszych składowych głównych znacznie ułatwia ich ocenę (Veronesi i Falcinelli, 1988; Charmet i in., 1994).

Stosowanie tych metod jest najczęściej stosowane do oceny zróżnicowania wielocechowego ekotypów życicy trwałej, natomiast znacznie rzadziej w ocenie wartości użytkowej odmian, zwłaszcza w produkcji nasiennej (Charmet, 1994; Saiga i in., 1996; Schmidt, 2005).

WNIOSKI

1. Wielocechowa ocena 22 rodów i odmian wykazała znaczne ich zróżnicowanie pod względem badanych cech użytkowych.
2. Cechami mającymi największy udział w całkowitej zmienności były wysokość roślin, odporność na pleśń śniegową (dodatnio skorelowane z PC1) oraz odporność na wyleganie (ujemnie skorelowana z PC1).
3. Ze względu na wzajemne ujemne skorelowanie cech trudne jest jednoznaczne wskazanie grupy genotypów charakteryzującej się najwyższą wartością użytkową, a tym samym będącymi najbardziej wartościowym materiałem do dalszej hodowli.

LITERATURA

- Balfourier F., Charmet G. 1991. Spaced plant evaluation of Mediterranean germplasm collections of perennial ryegrass. *Euphytica* 57: 57 — 66.
- Bocianowski J., Rybiński W. 2006. Wykorzystanie wielowymiarowej metodyki oceny cech ilościowych mutantów lędźwianu siewnego (*Lathyrus sativus* L.) uzyskanych działaniem chemomutagenów i światła lasera helowo-neonowego. *Acta Agrophysic* 8 (4): 791 — 802.
- Casler M. D. 1995. Patterns of variation in a collection of perennial ryegrass accessions. *Crop Science* 35: 1169 — 1177.
- Charmet G., Balfourier F., Monestiez P. 1994. Hierarchical clustering of perennial ryegrass populations with geographic contiguity constraint. *Theor. Appl. Genet.* 88: 42 — 48.
- Gozdowski D., Martyniak D., Mądry W. 2008. Zastosowanie analizy ścieżek do oceny determinacji plonu nasion życicy trwałej. *Biul. IHAR* 247: 89 — 97.
- Loos B. 1994. Morphological variation in Dutch perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) populations, in relation to environmental factors. *Euphytica* 74: 97 — 107.
- Madlaina K., Schmid P., Kölliker R., Boller B. 2008. Value of permanent grassland habitats as reservoirs of *Festuca pratensis* Huds. and *Lolium multiflorum* Lam. populations for breeding and conservation. *Euphytica*, 164: 239 — 253.
- Martyniak J., Martyniak D. 2008. Przyspieszenie hodowli traw o zwiększonej reprodukcji nasiennej. *Hodowla Roślin i Nasiennictwa* nr 2: 43 — 49.

- Martyniak D., Martyniak J. 2006. Próba zastosowania wskaźnika wartości użytkowo-nasiennej do oceny odmian pastewnych życicy trwałej. *Łąkarstwo w Polsce* 9: 121 — 130.
- Martyniak D., Prończuk S. 2003. Ocena odmian i rodów form kępowych i rozłogowych *Festuca rubra* L. z zastosowaniem wskaźnika wartości ogólnogospodarczej. *Biul. IHAR* 225: 303 — 311.
- Saiga, S., Hiraga A., Ihjima K., Watanabe K. 1996. Characteristics of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) ecotypes collected from alpine and subalpine regions in northeastern Japan and southern Germany. *Grassland Science*: 42: 1 — 6.
- Schmidt J. 2005. Variation of European ecotypes of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), 51: 75 — 89.
- Ukalska J., Mądry W., Ukalski K., Masny A. 2007. Wielowymiarowa ocena różnorodności fenotypowej w kolekcji zasobów genowych truskawki (*Fragaria × ananassa* Duch.). Cz. II. Grupowanie genotypów. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 517: 759 — 766.
- Veronesi F., Falcinelli M. 1988. Evaluation of an Italian germplasm collection of *Festuca arundinacea* Schreb. through a multivariate analysis. *Euphytica* 28: 211 — 220.
- Wilkins P.W. 1991. Breeding perennial ryegrass for agriculture. *Euphytica* 52: 201 — 214.

WŁODZIMIERZ MAJTKOWSKI¹JAROSŁAW PIŁAT²¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Ogród Botaniczny w Bydgoszczy² Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Katedra Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej w Bydgoszczy

Wykorzystanie roślin wydmuchrzycy pontyjskiej *Elymus elongatus* var. *ponticus* (Podp.) Dorn jako źródła energii odnawialnej

The utilization of *Elymus elongatus* var. *ponticus* (Podp.) Dorn as a source of renewable energy

W sezonie wegetacyjnym 2007 roku określono skład chemiczny i przydatność do zakiszania 3-letnich roślin gatunku *Elymus elongatus* var. *ponticus* w różnych fazach wegetacji. Dominującym składnikiem suchej masy było włókno surowe. Zawartość tego składnika była najniższa w fazie wegetatywnej (średnio 31,8%); w kolejnych fazach rozwojowych przewyższała 40%. Białko surowe stanowiło przeciętnie 19,2% suchej masy na początku sezonu wegetacyjnego, po czym systematycznie spadało aż do poziomu 5,2% w fazie dojrzałości nasiennej. Wartość współczynnika fermentacji zielonek w okresie od początku kłoszenia do fazy pełnej dojrzałości nasion była wyższa niż 35, co gwarantuje prawidłowy przebieg fermentacji i pozwala zakwalifikować wydmuchrzycę pontyjską do roślin łatwo zakiszających się. Biomasa z tej trawy może stanowić potencjalny substrat dla biogazowni oraz dla kotłowni wykorzystujących słomę w postaci nieprzetworzonej lub w formie przetworzonej (np. brykiety, pelety).

Słowa kluczowe: *Elymus elongatus* var. *ponticus*, faza wegetacji, skład chemiczny, współczynnik fermentacji, rośliny energetyczne

Chemical composition and usefulness for ensiling process were established for *Elymus elongatus* var. *ponticus* in different stages of vegetation. Crude fibre was the predominant component of dry mass. The content of this component was the lowest in the vegetative phase (average 31.8%), while in the next developmental phases was higher than 40%. The crude protein made up 19.2% at the beginning of vegetative season and it reduced gradually to 5.2% level at the phase of seed maturity. The forage fermentation coefficient of the species was higher than 35 during vegetation period from the earing phase to the seed maturity phase, which ensured the correct fermentation. The species may constitute a potentially good raw material for biogas production or combustion.

Key words: *Elymus elongatus* var. *ponticus*, stage of vegetation, chemical composition, coefficient of ensiling ability, energy plants

WSTĘP

Wydmuchrzyca pontyjska w stanie naturalnym występuje na suchych i zasolonych stanowiskach w południowo-wschodniej Europie, Azji Mniejszej i Krymie. Introdukowana do Ameryki Pn. (USA, Kanada) i Australii. Jest rośliną wieloletnią, wytwarzającą okazałe kępy z licznymi pędami generatywnymi, do 1,8 m wysokości. Liście są ciemnozielone lub szarzielone, dzięki woskowemu nalotowi, do 50 cm długości i 2,5–10 m szerokości. System korzeniowy w poszukiwaniu wody może sięgać do 3,5 m głębokości. W warunkach klimatycznych Polski wytwarza nasiona, które dojrzewają w lipcu. Plon zielonej masy osiąga wartość od 2 do 15 t/ha. Zielona masa wykorzystywana jest do produkcji alkoholu lub metanu (Duke, 1983).

Celem pracy było określenie przydatności tej trawy do produkcji biogazu w różnych fazach wegetacji.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w okresie od kwietnia do września 2007 roku. Materiałem doświadczalnym były rośliny gatunku *Elymus elongatus* var. *ponticus*, wysadzone na wiosnę 2005 roku na glebie płowej właściwej, wytworzonej z gliny zwałowej, zaliczanej do IV klasy bonitacyjnej. Rośliny uzyskano z nasion wyłożonych na kielkowniku typu Jacobsen. Siewki wypikowano do doniczek o średnicy 6 cm, a następnie umieszczono w szklarni. W czerwcu 2005 roku sadzonki wysadzono na polu doświadczalnym w rozstawie 0,5 × 0,75 m. W doświadczeniu stosowano jednorazowe, wiosenne nawożenie mineralne NPK, w dawce odpowiednio: 60:40:40 kg·ha⁻¹. Agrotechniczną część badań przeprowadzono w Ogrodzie Botanicznym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Bydgoszczy. Dla oceny przydatności do zakiszania rośliny zbierano co 7 dni, w okresie 4 faz rozwojowych:

- wegetatywnej — od 18 do 67 dnia wegetacji liczonej od 1 kwietnia,
- kłoszenia — 74–116 dnia wegetacji,
- kwitnienia — 123 dzień wegetacji,
- pełnej dojrzałości nasiennej — 186 dzień wegetacji.

Próby w każdej fazie wegetacji zbierano w 4 powtórzeniach z powierzchni 1 m², wycinając zielonkę sierpem na wysokości 3 cm nad ziemią. Analityczną część badań przeprowadzono w Katedrze Żywienia Zwierząt i Gospodarki Paszowej Wydziału Hodowli i Biologii Zwierząt Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Zielonkę z dodatkiem mikrobiologicznym Silasil Energy zakiszano w mikro-silosach o pojemności 2 litrów każdy w 5 powtórzeniach. Dodatek składał się z hetero- i homofermentatywnych bakterii szczepów NCIMB30142 i NICMB 30141 w ilości 2 × 10¹¹ JTK/g preparatu. W podsuszonych roślinach określono zawartość podstawowych składników pokarmowych (sucha masa — SM procedura AOAC 934.01, 2006, popiół surowy — PS procedura AOAC 942.05, 2006, białko ogólne — BS metodą Kjeldahla, AOAC 984.13A-D, 2006, tłuszcz surowy — TŁ — procedura AOAC 920.39A, 2006, włókno surowe — WŁ — procedura AOAC 978.10, 2006). W kiszonkach określono

wartość pH oraz zawartość kwasów: mlekowego, octowego oraz masłowego, według standardowych metod (AOAC, 1990). Frakcje neutralno (NDF) i kwaśno detergentową (ADF) włókna surowego i kwaśną ligninę (ADL) określono według metodyki Goeringa i Van Soesta (1970). Węglowodany rozpuszczalne w wodzie (C) oznaczono według PN-R-64784. Pojemność buforową roślin (PB) i wartość współczynnika fermentacji zielonek (FC) określono według Weissbacha (1992 i 1998). Teoretyczną ilość biogazu obliczono według założeń podanych przez Weiland (2001). Wartość opałową biogazu obliczono wg Ochęduszek (1967). Statystyczne opracowanie wyników badań przeprowadzono za pomocą programu Statistica ver. 8.0. Istotność różnic obliczono z wykorzystaniem testu najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

WYNIKI I DYSKUSJA

Plon suchej masy roślin *Elymus elongatus* w fazie wegetatywnej wynosił ponad 3 t suchej masy w przeliczeniu na 1 ha powierzchni uprawy roślin. W kolejnych fazach rozwoju roślin odnotowano wzrost plonu do wartości 9,1 t s.m./ha (kłoszenie), a w fazie początku kwitnienia do 12,8 t s.m./ha (tab. 1).

Tabela 1

Plonowanie *Elymus elongatus* var. *ponticus* w zależności od fazy rozwojowej w przeliczeniu na 1 ha powierzchni uprawy
Yield of biomass of *Elymus elongatus* var. *ponticus* depending on development stage

Faza rozwojowa Development stage	Plon — Yield (t/ha)		
	zielona masa fresh weight	powietrznie sucha masa aerial dry matter	sucha masa dry matter
Wegetatywna Vegetative phase	15,06	2,71	3,11
Początek kłoszenia Beginning of earing	26,95	7,93	9,11
Początek kwitnienia Beginning of flowering	32,20	11,14	12,81
Dojrzałość pełna nasion Seeds maturity	24,26	10,15	12,01

W fazie pełnej dojrzałości nasion ilość świeżej masy zebranej z 1 ha powierzchni uprawy wynosiła 24,3 t/ha (ponad 12 t/ha w przeliczeniu na suchą masę). Potencjał plonowania badanych roślin był zbliżony do wartości podawanej przez Duka (1983) dla *Elymus elongatus* i porównywalny z plonowaniem wieloletnich gatunków traw typu C-4 fotosyntezy w doświadczeniach Piłata (2008): *Andropogon gerardi*, *Panicum virgatum* i *Miscanthus sacchariflorus*.

W fazie wegetatywnej w badanych roślinach wydmuchrzyki pontyjskiej zawartość suchej masy wahała się od 177,2 do 252,1 (średnio 206,4) g/kg zielonej masy. Dominującym składnikiem suchej masy było włókno surowe. Zawartość tego składnika wynosiła średnio 31,8% (od 24,3% do ponad 38%). Białko surowe stanowiło przeciętnie 19,2% suchej masy (od 11,5% do 28,4%; tab. 2). W fazie kłoszenia odnotowano wzrost zawartości suchej masy w roślinach do 33,8%. W okresie wykształcania kwiatostanów

Elymus elongatus var. *ponticus* podlegał procesom drewnienia. Ilość włókna surowego w suchej masie stanowiła przeciętnie ponad 43% (od 38,1% do 46,7%).

Tabela 2

Skład chemiczny roślin *Elymus elongatus* var. *ponticus* w fazach wegetacji w sezonie 2007
Chemical composition of *Elymus elongatus* var. *ponticus* in vegetation phases during the 2007 season

Wyszczególnienie Specification	SM (g/kg)	Zawartość w suchej masie — Content in dry matter (g/kg)										PB*	C/PB	FC
		PS	BS	TŁ	WŁ	NDF	ADF	HEM	ADL	BNW	C			
Faza wegetatywna — Vegetative phase (18–67 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=32														
x	206,4 ^a	75,2 ^a	192,4 ^a	33,3 ^a	318,5 ^a	564,3 ^a	334,1 ^a	230,2 ^a	30,7 ^a	380,6 ^a	57,9 ^a	89,2 ^a	0,65 ^a	25,84 ^a
±	21,5	15,7	52,6	6,9	51,7	73,7	51,3	27,3	6,9	30,3	12,5	13,2	0,17	3,1
Min.	177,2	50,4	114,6	21,2	243,5	465,3	270,1	176,5	22,7	312,6	38,6	68,6	0,38	20,74
Max.	252,1	105,6	284,5	45,2	384,8	735,7	451,6	284,1	46,5	448,4	88,3	120,0	1,29	33,50
Kłoszenie — Earing (74–116 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=28														
x	338,0 ^b	47,7 ^b	77,2 ^b	21,0 ^b	436,7 ^b	724,5 ^b	440,9 ^b	283,8 ^b	56,9 ^{bc}	417,4 ^{bc}	73,1 ^{bc}	54,9 ^{bc}	1,36 ^b	44,65 ^b
±	50,3	7,2	15,7	3,1	24,5	29,4	23,8	21,4	7,9	12,5	15,7	6,3	0,37	7,47
Min.	276,7	36,0	56,9	13,9	381,3	657,7	391,1	246,8	43,2	388,2	44,9	41,8	0,87	35,17
Max.	425,8	61,8	110,3	26,4	467,4	783,6	477,2	333,3	75,1	434,6	105,9	65,9	2,14	57,39
Początek kwitnienia — Beginning of flowering — (123 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=4														
x	397,8 ^c	42,2 ^b	70,7 ^b	16,7 ^b	476,0 ^{bc}	721,2 ^b	455,4 ^b	268,9 ^b	63,4 ^{bc}	394,4 ^{bc}	93,7 ^{bd}	52,5 ^{bc}	1,78 ^c	54,02 ^c
±	6,5	2,4	7,4	1,0	6,6	25,4	25,2	15,6	2,9	39,6	16,3	2,0	0,29	2,56
Min.	387,6	39,3	63,5	15,2	473,8	693,0	437,3	255,7	61,2	473,8	70,4	50,3	1,69	53,48
Max.	405,7	49,6	83,1	18,0	486,6	781,9	491,1	290,8	68,5	486,6	116,5	55,3	2,18	58,01
Dojrzałość pełna — Full maturity (186 dzień wegetacji; day of vegetation)														
N=4														
x	495,0 ^d	39,4 ^b	51,6 ^b	17,4 ^b	407,1 ^{bd}	723,8 ^b	460,8 ^b	262,9 ^b	78,7 ^{bdf}	484,5 ^{bdf}	94,0 ^{bd}	37,9 ^{bdf}	2,48 ^d	69,34 ^d
±	20,2	6,3	5,0	1,3	19,0	24,0	19,5	12,7	2,8	20,7	14,6	0,9	0,39	3,28
Min.	460,1	32,0	44,0	16,3	382,8	703,5	439,2	244,6	75,4	459,1	72,5	36,9	1,91	66,20
Max.	509,2	47,3	56,9	19,7	436,4	764,5	492,2	272,3	81,2	509,1	103,9	39,0	2,62	73,35

*Gramy kwasu mlekowego/100 g suchej masy; Grams of lactic acid/100 g dry matter

a, b, c — Grupy jednorodnie na podstawie testu Duncana, na poziomie istotności $p \leq 0,05$; Homogenous groups according to Duncan test, significance level $p \leq 0.05$

N — Ilość pobranych próbek; Number of taken samples

SM — Sucha masa; Dry matter

PS — Popiół surowy; Crude ash

BS — Białko surowe; Crude protein

TŁ — Tłuszcz surowy; Crude fat

WŁ — Włókno surowe; Crude fibre

NDF — Neutralno detergentowa frakcja włókna surowego; Neutral detergent fraction

ADF — Kwaśno detergentowa frakcja włókna surowego; Acid detergent fraction

HEM — Hemiceluloza; Hemicellulose

ADL — Kwaśna lignina; Acid detergent lignin

BNW — Bezazotowe związki wyciągowe; N-free extract

C — Węglowodany rozpuszczalne w wodzie; Water soluble carbohydrates

PB — Pojemność buforowa; Buffering capacity

FC — Współczynnik fermentacji; Fermentation coefficient

Zawartość białka w suchej masie (tab. 2) uległa obniżeniu średnio do poziomu 7,7% (od 5,7% do 11,0%). W kolejnej fazie rozwoju roślin (początek kwitnienia) stwierdzono wzrost poziomu suchej masy do 40% oraz wyższą ilość odłożonego włókna surowego

(przeciętnie 47,6% s.m.), natomiast dalszemu obniżeniu uległa zawartość białka (do 7,1% s.m.). W fazie pełnej dojrzałości nasion rośliny cechowały się przeciętną zawartością suchej masy na poziomie 49,5% (od 46,0% do 50,9%). Białko stanowiło średnio 5,2%, a włókno surowe — 40,7% suchej masy. Współczynnik fermentacji zielonki w fazie wegetatywnej (tab. 2) był niski i wynosił 25,85 (od 20,74 do 33,50). W kolejnych fazach rozwojowych *Elymus elongatus* var. *ponticus* wartość tego współczynnika ulegała podwyższeniu, co gwarantuje prawidłowy przebieg i pożądany kierunek fermentacji w zakiszanej biomacie. Współczynnik fermentacji powyżej 35% pozwala zakwalifikować badany gatunek do roślin łatwo ulegających procesowi zakiszania. (Weissbach, 1998). Przeciętna zawartość suchej masy w kiszonkach wynosiła 45,1% (tab. 3). W kiszonkach dominował kwas octowy (1,2%). Ilość kwasu mlekowego wynosiła 0,96%. Odnotowano ponadto śladowe ilości kwasu masłowego (0,095%). Wartość pH kiszonek wynosiła 3,78.

Tabela 3

Skład chemiczny zielonek i kiszonek z *Elymus elongatus* var. *ponticus*
The chemical composition of green forages and silages from *Elymus elongatus* var. *ponticus*

Wyszczególnienie Specification	SM (g/kg)	Zawartość w suchej masie — Content in dry matter (g/kg)										PB*	C/PB	FC
		PS	BS	TŁ	WŁ	NDF	ADF	HEM	ADL	BNW	C			
Zielonka — Green forage														
N=5														
x	442,1	44,7	54,2	20,0	387,7	674,5	416,0	258,5	61,7	493,4	126,0	3,67	3,43	71,65
±	53,0	2,5	3,3	1,6	30,1	28,0	24,3	19,2	2,6	29,8				
Kiszonka — Silage														
N=5														
x	451,1	134,0	62,9	17,6	375,9	709,3	492,7	216,6	—	409,6	—	—	—	—
±	61,1	19,7	3,8	2,7	31,5	33,7	26,1	28,0		25,0				
Kiszonka — Silage														
Zawartość kwasów — Content of acids (%)												pH		
mlekowy — lactic acid				octowy — vinegar acid				masłowy — butter acid						
0.96				1.20				0.095				3.78		

*Gramy kwasu mlekowego /100gramów suchej masy; Grams of lactic acid/100 g dry matter

N — Ilość pobranych prób; Number of taken samples,

SM — Sucha masa; Dry matter

PS — Popiół surowy; Crude ash

BS — Białko surowe; Crude protein

TŁ — Tłuszcz surowy; Crude fat

WŁ — Włókno surowe; Crude fibre

NDF — Neutralno detergentowa frakcja włókna surowego; Neutral detergent fraction

ADF — Kwaśno detergentowa frakcja włókna surowego; Acid detergent fraction

HEM — Hemiceluloza; Hemicellulose

ADL — Kwaśna lignina; Acid detergent lignin

BNW — Bezazotowe związki wyciągowe; N-free extract

C — Węglowodany rozpuszczalne w wodzie; Water soluble carbohydrates

PB — Pojemność buforowa; Buffering capacity

FC — Współczynnik fermentacji; Fermentation coefficient

Wartość energetyczna w fazie wegetatywnej wynosiła 10,89 MJ energii brutto (tab. 4). W późniejszych okresach wegetacji (początek kłoszenia do dojrzałości pełnej nasion) wartość energetyczna ustabilizowała się na poziomie od 15,6 do 16 MJ.

Tabela 4

Plon energii brutto uzyskanej z 1 ha *Elymus elongatus* var. *ponticus*
The crop of energy got from 1 ha of *Elymus elongatus* var. *ponticus*

Faza rozwojowa Development stage	Wartość energetyczna powietrznie suchej masy Energy value of aerial dry mass (MJ/kg)	Plon energii — Crop of energy (GJ/ha)	
		świeża masa fresh matter	sucha masa (87%) dry matter
Wegetatywna Vegetative phase	10,87	38,85	29,46
Początek kłoszenia Beginning of earing	15,62	163,58	123,87
Początek kwitnienia Beginning of flowering	15,61	229,91	173,89
Dojrzałość pełna nasion Seed maturity	16,05	215,19	162,91

Trawy fotosyntezy C-4 (*Panicum virgatum*, *Miscanthus sacchariflorus*, *Andropogon gerardi*) charakteryzowały się wyższą (17 MJ) zawartością energii w 1 kg powietrznie suchej masy (Piłat, 2008). Wartość energetyczna plonu pozyskanego w wyniku uprawy *Elymus elongatus* var. *ponticus* w fazie początku kwitnienia do początku dojrzałości nasion była wysoka. Z 1 ha powierzchni uprawy uzyskano odpowiednio od 162,6 do 173,9 GJ. Uzyskany plon energii był niższy niż przy uprawie traw typu C-4, który w badaniach Piłata (2008) wynosił ponad 250 GJ/ha. Wydajność metanu z 1 kg strawnej substancji organicznej roślin wydmuchrzycy pontyjskiej była najniższa w fazie wegetatywnej i wynosiła 75,5 l (tab. 5).

Tabela 5

Teoretyczna wydajność biogazu i wartość energii uzyskana z 1 ha powierzchni uprawy *Elymus elongatus* var. *ponticus*

Theoretical efficiency of biogas and the value of energy got from 1 ha of *Elymus elongatus* var. *ponticus* plantation

Faza rozwojowa Development stage	Wydajność biogazu w fazach wegetacji (l/kg strawnej substancji organicznej) Efficiency of biogas in phases of vegetation (l/kg of digestible organic substance)	Wydajność CH ₄ w fazach wegetacji (l/kg strawnej substancji organicznej) Efficiency of CH ₄ in phases of vegetation (l/kg of digestible organic substance)	Teoretyczna wydajność Theoretical efficiency of CH ₄ (l/ha)	Teoretyczna ilość energii Theoretical quantity of energy (GJ/ha)
Wegetatywna Vegetative phase	108,7	75,5	1309	0,046
Początek kłoszenia Beginning of earing	383,49	218,03	861218	30,83
Początek kwitnienia Beginning of flowering	382,31	216,81	1209799	43,31
Dojrzałość pełna nasion Seed maturity	484,78	287,02	1506855	53,94

Począwszy od fazy początku kłoszenia roślin do fazy dojrzałości pełnej nasion ilość metanu możliwa do uzyskania z 1 kg strawnej substancji organicznej była wyrównana i wynosiła odpowiednio od 218 do 287 l. Wartości te były zbliżone do ilości metanu uzyskiwanego z kisonki z prasowanych wysłodków buraczanych, z których otrzymano

262 l z 1 kg strawnej substancji. Kiszonki z kukurydzy, żyta oraz traw charakteryzowały się wyższym poziomem produkcji metanu, wartości te wynosiły odpowiednio 385, 374 i 341 litrów z 1 kg strawnej substancji organicznej (Weilandt, 2001).

WNIOSKI

1. Wartość współczynnika fermentacji roślin *Elymus elongatus* var. *ponticus*, począwszy od fazy kłoszenia, pozwala zakwalifikować zielonkę do materiałów łatwo kiszących się.
2. Rośliny *Elymus elongatus* var. *ponticus* stanowić mogą potencjalny substrat do biogazowni.
3. Wysoka zawartość węglowodanów strukturalnych wskazuje na możliwość wykorzystania biomasy do różnych technologii wytwarzania energii.

LITERATURA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th Ed. Assoc. Office Anal. Chem., Arlington, Virginia, USA.
- Duke J. 1983. Handbook of energy crops. www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html.
- Goering H. K., Van Soest P. J. 1970. Forage fibre analyses, apparatus, reagents, procedures and some applications, Agriculture Handbook No. 379. Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture.
- Janicki B., Piłat J. 1998. Wpływ różnych dodatków do zakiszania na wartość pH kiszzonek sporządzonych z traw i motylkowatych oraz kukurydzy o zróżnicowanej zawartości suchej masy. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 462: 403 — 408.
- Ochęduszek S. 1967. Termodynamika stosowana. WNT, Warszawa: 358 ss.
- Piłat J. 2008. Pora na C-4. Agroenergetyka 2: 23 — 26.
- Polska Norma. 1994. Pasze. Oznaczanie zawartości cukrów. PN-R-64784, 4 ss.
- Weiland P. 2001. Grundlagen der Methangärung-Biologie und Substrate, VDI Berichte, Nr. 1620 "Biogas als regenerative Energie-Stand und Perspektive", VDI Verlag: 19 — 32.
- Weissbach F. 1992. Bestimmung der Pufferkapazität. Institut für Grünland und Futterpflanzenforschung FAL, Braunschweig: 3 ss.
- Weissbach F. 1998. Über der Einfluss von verschiedenen Kräutern in Aufwuchs extensive genutzter Wiesen auf den Gärungsverlauf bei Bereitung von Grassilage. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 462: 297 — 313.

TOMASZ SEKUTOWSKI**JÓZEF ROLA**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy w Puławach
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli we Wrocławiu

Zbiorowiska chwastów i ich zwalczanie na plantacji *Miscanthus giganteus*

Weed associations and weed control on a *Miscanthus giganteus* plantation

W wyniku oceny florystycznej zbiorowiska roślinnego plantacji *Miscanthus giganteus*, stwierdzono występowanie około 27 gatunków chwastów, należących do różnych klas. W poszczególnych latach badań wystąpiły nieznaczne różnice w składzie gatunkowym ocenianego zbiorowiska. Różnice te były wynikiem zmiennej dynamiki rozprzestrzeniania się badanych gatunków. Jednak niezależnie od roku badań, najwyższy stopień pokrycia oraz największą liczebność stwierdzono dla trzech dominantów: *Elymus repens* (50–75% powierzchni), *Artemisia vulgaris* (5–10% powierzchni) oraz *Anthemis arvensis* (5–8% powierzchni). W drugim etapie tego doświadczenia przebadano 4 herbicydy, które aplikowano w dwóch terminach, pod kątem ich przydatności do stosowania w uprawie *M. giganteus*. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że selektywność poszczególnych herbicydów oraz skuteczność ich działania uzależniona była od substancji aktywnej, terminu aplikacji oraz fazy rozwojowej chwastów dominujących oraz roślin *M. giganteus*. Najlepsze efekty w ograniczaniu zachwaszczenia oraz dużej tolerancji roślin *M. giganteus* na badane herbicydy osiągnięto stosując je w terminie 14–20 dni po posadzeniu sadzonek.

Słowa kluczowe: fitotoksyczność, herbicydy, *Miscanthus giganteus*, termin stosowania, zniszczenie chwastów

As a result of weed community floristic assessment on a *Miscanthus giganteus* plantation, about 27 weed species belonging to different classes were noticed. In particular years of the experiment differences in weed composition were negligible. The differences resulted from variable dynamics of weed species spread. Irrespectively of the experiment year, the highest soil coverage and the highest density were noticed for three dominating weeds: *Elymus repens* (50–75% of soil coverage), *Artemisia vulgaris* (5–10% of soil coverage), and *Anthemis arvensis* (5–8% of soil coverage). Usefulness of four herbicides, applied in two times on the *M. giganteus* plantation, was tested in the second part of the experiment. The data indicate, that selectivity and effectiveness of the tested herbicides were determined by the herbicide active agent time of application and by growth stages of dominating weeds and *M. giganteus*. The best results in weed control and the highest *M. giganteus* tolerance were achieved when herbicides application was carried out 14–20 days after planting.

Key words: herbicides, *Miscanthus giganteus*, phytotoxicity, time of application, weed control

WSTĘP

Za podstawowe źródło energii odnawialnej w naszym kraju, nadal uważa się biomasę pozyskiwaną z roślin wieloletnich, szybkiej rotacji (cykl 1, 2 lub 3- letni) takich jak: *Salix sp.* czy *Populus sp.* lub wieloletnich traw (cykl roczny) np. *Miscanthus sp.*, *Spartina sp.*, *Andropogon sp.* czy *Phalaris sp.* Największą produkcją biomasy z wyżej wymienionych gatunków, charakteryzują się trawy przeprowadzające fotosyntezę typu C-4 (*Miscanthus sp.*). Cykl ten pozwala na wydajniejsze wiązanie CO₂ i względną tolerancję środowiska kserofitycznego. Dlatego bioenergia otrzymywana z szybko rosnących gatunków traw takich jak *Miscanthus giganteus* staje się powoli dochodowym kierunkiem produkcji rolniczej (Kowalik, 1994, 1997; Jeżowski, 1999, 2001, 2003; Jeżowski i in., 2007; Majtkowski, 2007). Samo założenie plantacji nie nastręcza już plantatorom tak dużych kłopotów jak to w jaki sposób poradzić sobie z pojawiającymi się licznie agrofagami (np. chwastami). Szczególnym problemem na plantacjach traw wieloletnich są gatunki chwastów jednoliściennych, zwłaszcza *Agropyron repens*, który masowo występuje na stanowiskach zaniedbanych, a bardzo często wykorzystywanych pod uprawę *M. giganteus*. Natomiast stanowiska po wieloletnich uprawach rolniczych na których coraz częściej zakłada się plantacje roślin wykorzystywanych na cele energetyczne, charakteryzują się zdecydowanie mniejszą bioróżnorodnością lecz zawierają więcej diaspor chwastów (zwłaszcza gatunków dwuliściennych), które w sprzyjających warunkach (uprawa mechaniczna) pojawiają się masowo, stanowiąc duże zagrożenie dla rozwoju młodych roślin *M. giganteus* (Bochenek, 2000; Rola i in., 2000, 2006 a; Sekutowski i Badowski, 2007). Dlatego zwalczanie chwastów w początkowym okresie ich rozwoju powinno być jednym z najważniejszych zabiegów agrotechnicznych, jakie plantator powinien wykonać na nowo założonej plantacji. Niestety, w literaturze fachowej brak jest odpowiednich zaleceń dotyczących chemicznej regulacji zachwaszczenia plantacji *M. giganteus*. Szczególnie dotyczy to problemu związanego z brakiem informacji na temat selektywności herbicydów w stosunku do roślin *M. giganteus*. Wiedząc, że na rynku krajowym dostępnych jest wiele herbicydów przydatnych do regulacji zachwaszczenia upraw zbożowych i kukurydzy przyjęto tezę, że niektóre z nich mogą być przydatne do ochrony tej uprawy, gdyż będą w pełni bezpieczne również dla roślin *M. giganteus*.

Celem przeprowadzonego badania było ustalenie bioróżnorodności florystycznej wybranej plantacji oraz ocena herbicydów pod kątem ich selektywności dla roślin *M. giganteus*, a także skuteczności działania w odniesieniu do istniejącego zachwaszczenia.

MATERIAŁY I METODA

Badania polowe prowadzone były w 2006–2008 na 1 ha plantacji założonej na madzie brunatnej średniej, klasy II w miejscowości Wilczyce. Analizę florystyczną całej powierzchni plantacji wykonywano podczas trwania każdego nowego sezonu wegetacyjnego, posługując się metodą agrofitosocjologiczną, powszechnie stosowaną w herbologii (Domaradzki i in., 2001). Występujące na plantacji gatunki chwastów

zestawiano w obrębie grup systematycznych (tab. 1), podając uśredniony stopień pokrycia gleby w 6° skali, gdzie: + oznacza występowanie rzadkie — pokrycie poniżej 1%, 1 pokrycie od 1–5%, 2 — od 6–25%, 3 — od 26–50%, 4 — od 51–75% natomiast 5 — od 76–100%.

Następnym etapem było założenie doświadczenia metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach, na poletkach o powierzchni 25 m², w nasadzeniach *M. giganteus* w celu przebadania przydatności wybranych herbicydów zarejestrowanych do regulacji zachwaszczenia różnych plantacji roślin rolniczych, takich jak: kukurydza czy zboża.

Herbicydy aplikowano w 2 fazach rozwojowych *M. giganteus* tj.: T-1 — 14–20 dni po posadzeniu (BBCH — 11–13) oraz T-3 — w fazie ukazywania się 5–7 pędów *M. giganteus* (BBCH — 25–30). Fitotoksyczność badanych herbicydów oceniano metodą bonitacyjną, 7, 14, 28 oraz 56 dni od momentu aplikacji herbicydów, określając w skali 9° stan i rodzaj uszkodzenia *M. giganteus* w porównaniu do obiektu kontrolnego, gdzie: 1 — oznacza brak działania, natomiast 9 — całkowite zniszczenie. Stan i stopień zachwaszczenia plantacji gatunkami dominującymi (dominantami) oceniano na początku wegetacji metodą ilościową podając gatunek i liczbę chwastów w szt.·m⁻². Zniszczenie chwastów na poletkach ustalono na podstawie analizy szacunkowej zachwaszczenia, wykonanej 3–4 tygodnie po oprysku podając wynik w procentach. Oceny zachwaszczenia wtórnego gatunkami dominującymi dokonano metodą analizy agrofitosocjologicznej. Nomenklaturę faz rozwojowych *M. giganteus* podanych w skali BBCH oraz skrótów nazw dominujących gatunków chwastów, które zidentyfikowano na plantacji i przedstawiono w tabelach wynikowych, podano wg Adamczewskiego i Matysiak (2005). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie wykorzystując metodę analizy wariancji, najmniejsze istotne różnice (NIR_{0,05}) określono testem Tukeya. W pracy zamieszczono uśrednione wyniki z 3 lat badań, ponieważ nie wystąpiła interakcja dla skuteczności herbicydów z latami badań.

WYNIKI I DYSKUSJA

Podczas prowadzenia obserwacji agrofitosocjologicznych na plantacji *M. giganteus* stwierdzono występowanie łącznie 27 gatunków roślin, które reprezentują zarówno zbiorowiska segetalne, ruderalne jak i łąkowe (tab. 1). Analizując gatunki roślin naczyniowych występujące na tej plantacji stwierdzono przewagę taksonów zaliczanych do klasy dwuliściennych (23 gatunki), wśród których przeważały krótkotrwale gatunki roczne (tab. 1). Natomiast analizując stopień pokrycia gleby przez poszczególne gatunki stwierdzono ekspansywne występowanie tylko jednego taksonu — *Agropyron repens*, który zajmował blisko 75 % powierzchni plantacji, zaś gatunki typowe dla upraw polowych były w regresie i osiągały minimalne stopnie pokrycia, np. *Capsella bursa-pastoris*, *Galium aparine*, *Papaver rhoeas*, *Stellaria media*, *Thlaspi arvense*, *Cirsium arvense* i inne (tab. 1).

Przeprowadzone obserwacje wskazują na to, że prawdopodobnie taki stan spowodowany był wieloletnimi zaniedbaniami w agrotechnice oraz wcześniejszym sposobem użytkowania tego pola, gdzie przedplonem przez wiele lat był użytek zielony, a w ostatnich trzech latach kukurydza. Podobnego zdania jest również Rola i wsp. (2007), którzy

przewodili obserwacje agrofitosocjologiczne w nasadzeniach *Salix viminalis* przeznaczonej na cele energetyczne. Teza ta znajduje potwierdzenie w innych publikacjach tych badaczy, którzy zajmowali się analizą zbiorowisk segetalnych występujących na ugorach, odłogach oraz na gruntach wykorzystywanych rolniczo (Rola i Rola, 1998; Rola i in., 2000, 2006 b).

Tabela 1

Gatunki chwastów występujące na plantacji *M. giganteus*
Weed species on the *M. giganteus* plantation

Gatunek Weed species		Miejscowość: Wilczyce Location: Wilczyce
		stopień pokrycia gleby w skali 1:6 soil coverage degree in 1:6 scale
Gatunki jednoliścienne Monocotyledonous species	<i>Apera spica-venti</i>	+
	<i>Elymus repens</i>	4
	<i>Phleum pratense</i>	+
	<i>Poa pratensis</i>	+
Gatunki dwuliścienne roczne Annual broadleaved species	<i>Anthemis arvensis</i>	1
	<i>Brassica napus</i>	+
	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+
	<i>Fallopia convolvulus</i>	+
	<i>Geranium pusillum</i>	+
	<i>Galium aparine</i>	+
	<i>Lamium purpureum</i>	+
	<i>Lapsana communis</i>	+
	<i>Papaver rhoeas</i>	+
	<i>Stellaria media</i>	+
	<i>Thlaspi arvense</i>	+
	<i>Veronica hederifolia</i>	+
	<i>Vicia hirsuta</i>	+
Gatunki dwuliścienne wieloletnie Perennial broadleaved species	<i>Achillea millefolium</i>	+
	<i>Artemisia vulgaris</i>	1
	<i>Conyza acer</i>	+
	<i>Cirsium arvense</i>	+
	<i>Plantago major</i>	+
	<i>Rumex crispus</i>	+
	<i>Sonchus arvensis</i>	+
	<i>Taraxacum officinale</i>	+
	<i>Tanacetum vulgare</i>	+
	<i>Trifolium pratense</i>	+

+ — pokrycie gleby < 1%; soil cover < 1%

1 — pokrycie gleby od 1–5%; soil cover from 1–5%;

4 — pokrycie gleby od 51–75%; soil cover from 51–75%

Praktycznie wszystkie gatunki, a szczególnie *A. repens* obserwowane na badanej plantacji stanowiły dużą konkurencję dla wzrostu i rozwoju *M. giganteus*, głównie w pierwszych trzech latach prowadzenia plantacji. Jeżeli gatunki te nie zostaną odpowiednio szybko ograniczone, to ich silna konkurencja (szczególnie *A. repens*) może doprowadzić do zahamowania wzrostu *M. giganteus*, a w konsekwencji do likwidacji takiej plantacji.

Następnym etapem było założenie doświadczenia z wykorzystaniem różnych herbicydów aplikowanych w dwóch terminach pod kątem ich selektywności dla roślin *M.*

giganteus oraz skuteczności działania w odniesieniu do istniejącego stanu i stopnia zachwaszczenia.

Większość z przebadanych substancji aktywnych herbicydów, które zastosowano w nasadzeniach *M. giganteus* nie powodowała żadnych uszkodzeń lub jedynie przejściowe uszkodzenia roślin *M. giganteus* w postaci chloroz czy nekroz, które po upływie około 4 tygodni od momentu aplikacji ustępowały nie wpływając ujemnie na dalszy wzrost i rozwój (tab. 2–3).

Tabela 2

Fitotoksyczny wpływ herbicydów na *M. giganteus* (termin T-1)
Phytotoxicity effect of herbicides' on *M. giganteus* (time T-1)

Obiekt Treatment	Dawka na ha Dose per ha	Termin stosowania Time of application	Fitotoksyczność w skali 9° — Phytotoxicity in 9° scale							
			A ₍₇₎	U	A ₍₁₄₎	U	A ₍₂₈₎	U	A ₍₅₆₎	U
Kontrola Control	—	—	1	b	1	b	1	b	1	b
Attribut 70 WG + Granstar 75 WG	100 g 20 g	T-1	1	b	1	b	1	b	1	b
Apyros 75 WG + Chwastox Extra 300 SL	26,5 g 2,0 l	T-1	1	b	1	b	1	b	1	b
Maister 310 WG + Actirob 842 EC	150 g 2,0 l	T-1	2-3	ch, n	3-4	ch, n	4	ch, zw	4	zw
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g 0,2 l	T-1	1-2	ch, n	2-3	n	3	n	2	zw

Fitotoksyczność — wrażliwość na herbicyd w skali 9°, gdzie: 1 — brak działania, 9 — całkowite zniszczenie

Phytotoxicity of herbicides in 9° scale, where: 1 — no reaction, 9 — totally damaged

U — typ uszkodzeń; type of injury; b — brak działania; no reaction; ch — chloroza liści; leaf chlorosis

z — zasychanie liści; leaf drying up; zw — zahamowanie wzrostu; growth inhibition; n — nekroza liści; leaf necrosis

A₍₇₎ — 7 dni po zastosowaniu herbicydu — 7 days after herbicide application

A₍₁₄₎ — 14 dni po zastosowaniu herbicydu — 14 days after herbicide application

A₍₂₈₎ — 28 dni po zastosowaniu herbicydu — 28 days after herbicide application

A₍₅₆₎ — 56 dni po zastosowaniu herbicydu — 56 days after herbicide application

T-1 = 14–20 dni po posadzeniu — 14–20 days after planting

Wyjątek stanowiły tylko dwa herbicydy: Maister 310 WG + Actirob 842 EC oraz Titus 25 WG + Trend 90 EC, które stosowane zarówno w terminie 14-20 dni po posadzeniu (T-1) oraz w fazie ukazywania się 5-7 pędów *M. giganteus* (T-3) powodowały uszkodzenia w postaci chloroz i nekroz liści oraz zahamowania wzrostu, utrzymujące się praktycznie do końca wegetacji *M. giganteus*. Analizując wymienione herbicydy pod kątem terminu aplikacji, stwierdzono większą tolerancję sadzonek na te preparaty w terminie 14-20 dni po posadzeniu (T-1). Natomiast najbardziej wrażliwy na środek Maister 310 WG + Actirob 842 EC oraz Titus 25 WG + Trend 90 EC okazał się *M. giganteus* w fazie pojawiania się 5-7 pędów oraz 7-9 liści (termin T-3), a więc wtedy, kiedy zalecane jest stosowanie większości dostępnych herbicydów z uwagi na ich skuteczność oraz bardzo dużą wrażliwość siewek chwastów na te preparaty. Aplikowanie środka Maister 310 WG + Actirob 842 EC w tej fazie rozwojowej *M. giganteus* doprowadziło do zahamowania wzrostu, a w konsekwencji do zniszczenia sadzonek (tab. 2–3). We wcześniejszych badaniach własnych również stwierdzano fitotoksyczne działanie badanych substancji

aktywnych herbicydów na rośliny *S. viminalis* wykorzystywanych na cele energetyczne (Sekutowski i in., 2007). Według Roli i wsp. (2006 b) rośliny energetyczne są najbardziej wrażliwe na działanie stresogennych czynników, takich jak herbicydy w fazie tworzenia nowych pędów i liści.

Tabela 3

Fitotoksyczny wpływ herbicydów na *M. giganteus* (termin T-3)
Phytotoxicity effect of herbicides' on *M. giganteus* (time T-3)

Obiekt Treatment	Dawka na ha Dose per ha	Termin stosowania Time of application	Fitotoksyczność w skali 9° — Phytotoxicity in 9° scale							
			A ₍₇₎	U	A ₍₁₄₎	U	A ₍₂₈₎	U	A ₍₅₆₎	U
Kontrola Control	—	—	1	b	1	b	1	b	1	b
Attribut 70 WG + Granstar 75 WG	100 g 20 g	T-3	2	ch	1-2	ch	1	b	1	b
Apyros 75 WG + Chwastox Extra 300 SL	26,5 g 2,0 l	T-3	2	ch	1-2	ch	1	b	1	b
Maister 310 WG + Actirob 842 EC	150 g 2,0 l	T-3	4-5	ch, n	5	ch, n	6	n, zw	8-9	d
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g 0,2 l	T-3	3	ch, n	3-4	n	4	n	3	zw

d — 95% roślin *M. giganteus* zostało zniszczonych — 95% of *M. giganteus* plants were totally destroyed; T-3 = 5-7

pędów *M. giganteus* — 5-7 — shoots of *M. giganteus*;

Pozostałe objaśnienia — patrz tabela 2 — other explanations — see table 2

Tabela 4

Skuteczność herbicydów w terminie (T-1) na plantacji *M. giganteus*
Effectiveness of herbicides applied at the date (T-1) on the *M. giganteus* plantation

Obiekt Treatment	Dawka na ha Dose per ha	Termin stosowania Time of application	Zniszczenie chwastów — Weed damage (%)					
			<i>Elyre</i>	<i>Apesv</i>	<i>Antar</i>	<i>Artvu</i>	<i>Lampu</i>	<i>Brsna</i>
Kontrola (szt.·m ⁻²) Control (no. per sq. m)			(45)	(5)	(8)	(7)	(6)	(5)
Attribut 70 WG + Granstar 75 WG	100 g 20 g	T-1	92	95	90	70	90	98
Apyros 75 WG + Chwastox Extra 300 SL	26,5 g 2,0 l	T-1	95	100	65	70	65	98
Maister 310 WG + Actirob 842 EC	150 g 2,0 l	T-1	98	100	95	85	98	100
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g 0,2 l	T-1	98	100	90	50	95	100
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			r.n.	r.n.	6,50	4,87	6,95	r.n.

T-1 = 14-20 dni po posadzeniu; 14-20 days after planting; r.n. — różnice nieistotne; difference insignificant

Elyre — *Elymus repens*, *Apesv* — *Apera spica-venti*, *Antar* — *Anthemis arvensis*, *Artvu* — *Artemisia vulgaris*, *Lampu* — *Lamium purpureum*, *Brsna* — *Brassica napus*

Pozostałe objaśnienia jak w metodyce; Other explanations — see the chapter of methods

Najlepsze efekty w regulacji zachwaszczenia osiągnięto stosując mieszaninę zbiornikową herbicydów Attribut 70 WG + Granstar 75 WG oraz Maister 310 WG + Actirob 842 EC zarówno w terminie T-1 — 14-20 dni po posadzeniu (BBCH — 11-13) oraz T-3 — w fazie ukazywania się 5-7 pędów *M. giganteus* (BBCH — 25-30). Preparaty te skutecznie

ograniczały gatunki jednoliścienne, takie jak: *A. repens* i *A. spica-venti*, jak i dwuliścienne np. *Anthemis arvensis*, *Artemisia vulgaris*, *Lamium purpureum* i *Brassica napus* (tab. 4–5).

Tabela 5

Skuteczność herbicydów w terminie (T-3) na plantacji *M. giganteus*
Effectiveness of herbicides applied at the date (T-3) on the *M. giganteus* plantation

Obiekt Treatment	Dawka na ha Dose per ha	Termin stosowania Time of application	Zniszczenie chwastów — Weed damage (%)					
			<i>Elyre</i>	<i>Apesv</i>	<i>Antar</i>	<i>Artvu</i>	<i>Lampu</i>	<i>Brsna</i>
Kontrola (szt.·m ⁻²) Control (no. per sq. m)			(75)	(5)	(12)	(10)	(8)	(6)
Attribut 70 WG + Granstar 75 WG	100 g 20 g	T-3	90	95	90	60	90	95
Apyros 75 WG + Chwastox Extra 300 SL	26,5 g 2,0 l	T-3	96	95	60	60	55	95
Maister 310 WG + Actirob 842 EC	150 g 2,0 l	T-3	99	98	90	80	95	98
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g 0,2 l	T-3	98	98	85	30	90	98
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			r.n.	r.n.	5,60	4,25	5,55	r.n.

T-3 = 5–7 pędów *M. giganteus*; 5–7 shoots of *M. giganteus*

Pozostałe objaśnienia — patrz tabela 4; Other explanations — see table 4

Tabela 6

Stopień pokrycia gleby przez chwasty na plantacji *M. giganteus* dla terminu (T-1)
Degree of soil coverage by weeds on the *M. giganteus* plantation for the date (T-1)

Obiekt Treatment	D	T	Stopień pokrycia gleby — Degree of soil coverage [%]										
			<i>Misgi</i>	<i>Elyre</i>	<i>Apesv</i>	<i>Antar</i>	<i>Artvu</i>	<i>Lampu</i>	<i>Brsna</i>	<i>Plama</i>	<i>Gerpu</i>	<i>Achmi</i>	<i>Tarof</i>
Kontrola Control			95	65	3	5	8	2	3	2	3	5	2
Attribut 70 WG + Granstar 75 WG	100 g 20 g	T-1	98	1	+	1	4	—	—	3	5	8	2
Apyros 75 WG + Chwastox Extra 300 SL	26,5 g 2,0 l	T-1	97	1	—	4	5	2	—	2	8	5	1
Maister 310 WG + Actirob 842 EC	150 g 2,0 l	T-1	60	+	—	1	2	—	—	—	+	+	+
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g 0,2 l	T-1	90	+	—	1	7	+	—	1	2	5	2

+ — Pokrycie < 1% — Coverage < 1%; D — Dawka na ha; Dose per ha; T — Termin stosowania; Time of application

T-1 = 14–20 dni po posadzeniu; 14–20 days after planting

Misgi — *Miscanthus giganteus*, *Elyre* — *Elymus repens*, *Apesv* — *Apera spica-venti*, *Antar* — *Anthemis arvensis*, *Artvu* — *Artemisia vulgaris*, *Lampu* — *Lamium purpureum*, *Brsna* — *Brassica napus*, *Plama* — *Plantago major*, *Gerpu* — *Geranium pusillum*, *Achmi* — *Achillea millefolium*, *Tarof* — *Taraxacum officinale*

Pozostałe objaśnienia jak w metodyce; Other explanations in the chapter of methods

Niestety herbicyd Maister 310 WG stosowany łącznie z adiuwantem Actirob 842 EC, który bardzo dobrze ograniczał wszystkie gatunki chwastów występujące w doświadczeniu, powodował również bardzo silne uszkodzenia samych sadzonek *M. giganteus*, co w konsekwencji doprowadziło do ich „wypadnięcia”.

Tabela 7

Stopień pokrycia gleby przez chwasty na plantacji *M. giganteus* dla terminu (T-3)
Degree of soil coverage by weeds on the *M. giganteus* plantation for the date (T-3)

Obiekt Treatment	D	T	Stopień pokrycia gleby — Degree of soil coverage (%)										
			<i>Misgi</i>	<i>Elyre</i>	<i>Apesv</i>	<i>Antar</i>	<i>Artvu</i>	<i>Lampu</i>	<i>Brsna</i>	<i>Plama</i>	<i>Gerp</i>	<i>Achmi</i>	<i>Tarof</i>
Kontrola Control			90	70	1	8	8	2	2	3	2	3	1
Attribut 70 WG + Granstar 75 WG	100 g 20 g	T-3	98	2	—	1	7	—	—	5	6	5	1
Apyros 75 WG + Chwastox Extra 300 SL	26,5 g 2,0 l	T-3	96	2	—	6	8	2	—	4	8	5	2
Maister 310 WG + Actirob 842 EC	150 g 2,0 l	T-3	5	+	—	1	2	—	—	—	+	—	+
Titus 25 WG + Trend 90 EC	60 g 0,2 l	T-3	85	1	—	2	8	+	—	2	2	4	1

D — Dawka na ha; Dose per ha; T — Termin stosowania; Time of application

T-3 = 5–7 pędów *M. giganteus*; 5–7 shoots of *M. giganteus*

+ pokrycie < 1%; cover < 1%

Misgi — *Miscanthus giganteus*, *Elyre* — *Elymus repens*, *Apesv* — *Apera spica-venti*, *Antar* — *Anthemis arvensis*, *Artvu* — *Artemisia vulgaris*, *Lampu* — *Lamium purpureum*, *Brsna* — *Brassica napus*, *Plama* — *Plantago major*, *Gerp* — *Geranium pusillum*, *Achmi* — *Achillea millefolium*, *Tarof* — *Taraxacum officinale*

Pozostałe objaśnienia jak w metodyce; Other explanations in the chapter of methods

Pozostałe objaśnienia — patrz tabela 6; Other explanations — see table 6

Wyniki uzyskane podczas prowadzenia doświadczenia potwierdziły przydatność tylko czterech przebadanych herbicydów w chemicznej regulacji zachwaszczenia plantacji *M. giganteus*. Wyjątek stanowiły dwa herbicydy Maister 310 WG i Titus 25 WG, które okazały się środkami nie nadającymi się do stosowania w nasadzeniach *M. giganteus*. Ponadto stwierdzono, że jednorazowa aplikacja nie zapewnia utrzymania uprawy *M. giganteus* w stanie wolnym od chwastów, gdyż po upływie około 16 tygodni od momentu stosowania herbicydów, obserwuje się wtórne zachwaszczenie plantacji na której oprócz już występujących gatunków pojawiają się nowe taksony (*Achillea millefolium*, *Taraxacum officinale*, *Plantago major*, *Geranium pusillum*, *Cirsium arvense*) tworzące często tzw. kompensacje herbicydowe (6–7). Zjawisko to jest wynikiem ograniczonego spektrum działania stosowanych środków, jak również zaawansowanymi fazami rozwojowymi chwastów w momencie ich aplikacji (zredukowana skuteczność działania).

Niestety w dostępnej literaturze fachowej jest bardzo niewiele informacji dotyczących przydatności herbicydów do ochrony plantacji *M. giganteus*. Z tego względu w dalszej perspektywie, wydaje się rzeczą naturalną przebadanie większej ilości herbicydów i wdrożenie ich w odpowiednich systemach chemicznej regulacji zachwaszczenia (zwiększających skuteczność działania), podobnych do tych, jakie stosuje się już z dużym powodzeniem w innych uprawach rolniczych. Wykorzystanie herbicydów w takich systemach może być brane pod uwagę w ochronie herbicydowej wielkotowarowych plantacji roślin energetycznych, zwłaszcza *M. giganteus*. Podobnego zdania dotyczącego powyżej omówionego problemu jest wielu innych badaczy, zajmujących się zagadnieniem regulacji zachwaszczenia plantacji roślin wykorzystywanych na cele energetyczne (Eriksson, 1988; Rola i in., 2006 b; Skrzypczak i in., 2008).

PODSUMOWANIE

Na badanej plantacji stwierdzono występowanie łącznie 27 gatunków chwastów, wśród których największe zagrożenie dla roślin *M. giganteus* stanowił *A. repens*. Bioróżnorodność gatunkowa zbiorowiska oraz stopień pokrycia gleby przez poszczególne chwasty zależał głównie od stosowanej agrotechniki (a właściwie jej braku) i sposobu użytkowania w okresie poprzedzającym założenie plantacji.

Selektywność oraz skuteczność działania badanych herbicydów uzależniona była od terminu ich aplikacji oraz fazy rozwojowej roślin *M. giganteus*. Uszkodzenia sadzonek *M. giganteus* powstałe po zastosowaniu badanych herbicydów utrzymywały się przez okres około 4 tygodni od momentu oprysku (nie wpływając negatywnie na dalszy wzrost i rozwój). Całkowite zniszczenie roślin *M. giganteus*, stwierdzono jedynie w przypadku stosowania herbicydu Maister 310 WG, dlatego środek ten nie powinien być polecany do ochrony plantacji *M. giganteus*. Najlepsze efekty w regulacji zachwaszczenia osiągnięto stosując mieszanki zbiornikowe środków Attribut 70 WG + Granstar 75 WG oraz Apyros 75 WG + Chwastom Extra 300 SL w terminie T-1 — 14–20 dni po posadzeniu roślin *M. giganteus*.

Jeden zabieg herbicydowy nie zabezpieczał w pełni plantacji przed konkurencją ze strony chwastów. Spowodowane było to ograniczonym spektrum działania badanych herbicydów, oraz pojawianiem się w przeciągu kilkunastu tygodni od momentu aplikacji, zachwaszczenia wtórnego. Dlatego najlepszym rozwiązaniem było by opracowanie tzw. systemów chemicznej regulacji zachwaszczenia, zwiększających spektrum i okres działania, oczywiście w powiązaniu z wcześniejszą rejestracją tych herbicydów w uprawie *M. giganteus*.

LITERATURA

- Adamczewski K., Matysiak K. 2005. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. IOR, Poznań: 134 ss.
- Bochenek A. 2000. Wpływ czynników biotycznych i zabiegów uprawowych na glebowy bank nasion chwastów. Post. Nauk Rol. 2/284: 19 — 29.
- Domaradzki K., Badowski M., Filipiak K., Franek M., Gołębiowska H., Kieloch R., Kucharski M., Rola H., Rola J., Sadowski J., Sekutowski T., Zawerbny T. 2001. Metodyka doświadczeń biologicznej oceny herbicydów, bioregulatorów i adiuwantów. Cz. 1. Doświadczenia polowe. Wyd. IUNG Puławy: 167 ss.
- Eriksson S. 1988. Post-emergence herbicides in Swedish willow stands. Biomass 15 (1): 55 — 66.
- Jeżowski S. 1999. Miskant chiński (*Miscanthus sinensis* (Thunb.) Andersson) — źródło odnawialnych i ekologicznych surowców dla Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 468: 159 — 166.
- Jeżowski S. 2001. Rośliny energetyczne — ogólna charakterystyka, uwarunkowania fizjologiczne i znaczenie w produkcji ekobiopaliwa. Post. Nauk Rol. 2: 19 — 27.
- Jeżowski S. 2003. Rośliny energetyczne — produktywność oraz aspekt ekonomiczny, środowiskowy i socjalny ich wykorzystania jako ekobiopaliwa. Post. Nauk Rol. 3: 61 — 73.
- Jeżowski S., Głowacka K., Bocianowski J. 2007. Zmienność wybranych klonów traw olbrzymich z rodzaju *Miscanthus* pod względem plonowania w pierwszych latach uprawy. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 517: 339 — 348.
- Kowalik P. 1994. Potencjalne możliwości energetycznego wykorzystania biomasy w Polsce. Gospodarka Paliwami i Energią 3: 9 — 12.

- Kowalik P. 1997. Światowe tendencje w wykorzystaniu biomasy do produkcji ciepła, elektryczności i paliw samochodowych. *Gospodarka paliwami i energią* 1: 2 — 5.
- Majtkowski Wł. 2007. Rośliny energetyczne na paliwo stałe. W: *Biomasa dla elektroenergetyki i ciepłownictwa — szanse i problemy*. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 69 — 75.
- Rola J., Rola H. 1998. Ograniczenie zarastania chwastami segetalnymi i ruderalnymi ugorów oraz odłogów. *Fragm. Agron.* 5: 145 — 160.
- Rola J., Rola H., Badowski M. 2000. Zbiorowiska segetalne na polach gospodarstw ekologicznych i tradycyjnych Dolnego Śląska. *Pam. Puł.*, 122: 21 — 29.
- Rola J., Rola H., Sekutowski T., Badowski M. 2006 a. Wpływ sposobu użytkowania gruntów rolnych na zbiorowiska segetalne. *Pam. Puł.* 143: 131 — 140.
- Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M. 2006b. Problem zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis*. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 46(1): 72-76.
- Rola J., Sekutowski T., Rola H., Badowski M. 2007. Bioróżnorodność zbiorowisk chwastów na plantacjach *Salix viminalis* Dolnego Śląska. *Pam. Puł.*, 145: 165 — 175.
- Sekutowski T., Badowski M. 2007. Zróżnicowanie zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.) w zależności od warunków glebowych siedliska. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 47 (4): 371 — 378.
- Sekutowski T., Rola J., Rola H., Badowski M. 2007. Wykorzystanie niektórych herbicydów do regulacji zachwaszczenia plantacji *Salix viminalis* (L.). *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 47 (4): 379 — 378.
- Skrzypczak W., Waligóra H., Szulc P., Panasiewicz K. 2008. Możliwość zwalczania chwastów w pierwszym roku uprawy wikliny. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 48 (2): 669 — 673.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Andrzej Anioł	Dr Norman E. Borlaug	5
Karolina Krystkowiak	Ocena zróżnicowania odmian pszenicy pod względem cech użytkowych	11
Tadeusz Adamski	z wykorzystaniem jedno- i wielowymiarowych metod statystycznych	
Maria Surma	Variation of wheat cultivars with regard to agronomic traits estimated	
Zygmunt Kaczmarek	by uni- and multivariate analysis	
Anetta Kuczyńska		
Joanna Ukalska	Wielowymiarowe wydzielanie fenotypowo podobnych grup obiektów	21
Krzysztof Ukalski	w kolekcji roboczej pszenicy ozimej (<i>Triticum aestivum</i> L.)	
Tadeusz Śmiałowski	Multivariate distinguishing of phenotypically similar groups of	
	genotypes in a winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) working germplasm	
	collection	
Marzena Iwańska	Porównanie syntetycznych wskaźników stopnia szerokiej adaptacji odmian	31
Wiesław Mądry	na przykładzie serii doświadczeń przedrejestracyjnych z pszenicą ozimą	
Anna Rajfura	Comparison of some indices for evaluating wide adaptation degree of	
Tadeusz Drzazga	cultivars on the basis of data from pre-registration trials with winter wheat	
Tadeusz Śmiałowski	Wielowymiarowa ocena zmienności cech jakości technologicznej ziarna	47
Maria Stachowicz	rodów i odmian pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach	
	przedrejestracyjnych	
	Multivariate analysis of the variability of traits determining	
	technological quality of grains in strains and varieties of winter wheat	
	assessed in pre-registration trials	
Ryszard Weber	Analiza zmienności masy tysiąca ziaren odmian pszenicy ozimej w	59
Dariusz Zalewski	seriach doświadczeń PDO na Dolnym Śląsku	
Jan Kaczmarek	Variability analysis of thousand-grain weight of winter wheat varieties	
	on the post-registration experiments (PDO) in Lower Silesia	
Tadeusz Drzazga	Ocena rodzajów reakcji plonowania odmian pszenicy ozimej w	71
Jakub Paderewski	doświadczeniach PDO na przestrzennie zmienne warunki przyrodnicze	
Wiesław Mądry	w kraju	
Paweł Krajewski	The estimation of winter wheat field response to variable environmental	
	conditions in post-registration cultivar trials	
Grażyna Podolska	Reakcja odmian pszenicy ozimej na nawożenie azotem w	83
	doświadczeniach wazonowych	
	The response of winter wheat cultivars to nitrogen fertilization in plot	
	experiments	
Monika Langner	Identyfikacja puroindolinowych alleli w krajowych odmianach pszenicy	93
Bolesław P. Salmanowicz	przy zastosowaniu markerów molekularnych	
	Identification of puroindoline alleles in Polish wheat cultivars by	
	molecular markers	
Jacek Waga	Polimorfizm białek gliadynowych i gluteninowych a zmienność cech	103
Maria Stachowicz	technologicznych u mieszańców orkisz i pszenicy zwyczajnej	
Katarzyna Karska	Polymorphism of gliadins and HMW glutenins and variability in quality	
	traits in hybrid genotypes of spelt and common wheat	
		347

Felicyta Walczak Anna Tratwal Kamila Rosiak	Wpływ zasiewów mieszanych i czystych pszenicy ozimej na występowanie mączniaka prawdziwego (<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>) i szkodników zbóż oraz plonowanie The influence of winter wheat cultivation in mixtures and pure stands on plant yielding and the occurrence of powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i>) and cereal pests	117
Katarzyna Panasiewicz Wiesław Koziała Hanna Sulewska	Reakcja pszenicy ozimej <i>Triticum durum</i> Desf. odmiany Komnata na gęstość siewu i nawożenie azotem The response of winter wheat <i>Triticum durum</i> Desf. cv Komnata to different sowing density and nitrogen fertilization	125
Tomasz Sekutowski	Ocena wybranych cech jakościowych ziarna pszenicy ozimej w zależności od terminu stosowania herbicydu i formy aplikacji azotu Characteristics of selected quality parameters of winter wheat grain depending on the time and method of plant treatment with a herbicide and nitrogen fertilizer	135
Renata Kieloch Krzysztof Domaradzki	Wpływ gęstości siewu pszenicy ozimej odmian Kobra i Tonacja na skuteczność działania herbicydów The influence of sowing rates of winter wheat on herbicides efficacy in cultivars Kobra and Tonacja	147
Wanda Kociuba Aneta Kramek	Wartość mieszańców pszenżyta ozimego z pszenicą pod względem cech plonotwórczych oraz zawartości białka w ziarnie The value of hybrids of winter triticale with wheat in relation to the yielding traits and protein content in grain	157
Paweł Dopierała Leszek Kordas	Znaczenie interakcji genotypowo-środowiskowej na plonowanie i cechy składowe plonu u wybranych gatunków zbóż ozimych The effects of genotype-environment interaction on the yield and its structure in some winter cereals	165
Anna Woźniak-Strzembicka Grzegorz Czajowski	Wirulencja populacji <i>Puccinia triticea</i> w Polsce w latach 2002–2007 The virulence of <i>Puccinia triticea</i> population in Poland in 2002–2007	175
Henryk Cichy Zygmunt Kaczmarek Elżbieta Adamska	Ocena przydatności pszenżyta jarego do jesiennych zasiewów Estimation of usefulness of spring triticale for autumn sowing	185
Maria Chrzastek Katarzyna Kruk Sylwia Okoń Edyta Paczos-Grzęda Emilia Wójtowicz	Ocena mieszańców BC ₁ (<i>Avena sativa</i> L. × <i>Avena maroccana</i> Gdgr.) × <i>Avena sativa</i> L. pod względem stabilności cytogenetycznej i wybranych cech ilościowych Estimation of BC ₁ hybrids (<i>Avena sativa</i> L. × <i>Avena maroccana</i> Gdgr.) × <i>Avena sativa</i> L. regarding cytogenetic stability and some quantitative traits	193
Alicja Sułek	Reakcja nowych odmian owsa na nawożenie azotem w doświadczeniach wazonowych The response of new oat cultivars to nitrogen fertilization in greenhouse experiments	205
Zygmunt Kaczmarek Laurencja Szała Elżbieta Adamska Teresa Cegielska-Taras	Statystyczna i genetyczna ocena linii DH rzepaku ozimego na podstawie wyników doświadczenia jednopowtórzeniowego z wzorcami Statistical and genetic evaluation of winter oilseed rape DH lines based on the results of an unreplicated experiment with standards	211

Błażej Hernacki Iwona Bartkowiak-Broda Aleksandra Piotrowska Teresa Cegielska-Taras	Rozważania nad mapowaniem genetycznym QTL odpowiedzialnym za cechę żółtonasienności rzepaku ozimego (<i>Brassica napus</i> L.) A consideration on genetic mapping of QTL responsible for the yellow-seedness in winter rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.)	221
Janusz Rogacki Zofia Bulińska-Radomska Jakub Dzieńkiewicz Józef Adamczyk Henryk Cygert	Zróżnicowanie genetyczne linii wsobnych kukurydzy a plonowanie odmian mieszańcowych Genetic distance among inbred lines of maize and its association with hybrid performance	231
Hubert Waligóra Witold Skrzypczak	Plonowanie odmian kukurydzy cukrowej typu sh2 Yielding of sh2 sugar maize varieties	245
Kamilla Kuźdowicz	Poszukiwanie odporności na choroby w miejscowych populacjach buraka Search for resistance to diseases among local populations of beet	251
Dariusz R. Mańkowski Zbigniew Laudański	Postęp biologiczny w hodowli, nasiennictwie i produkcji ziemniaka w Polsce Część III. Ocena ilościowego postępu odmianowego w nasiennictwie oraz w produkcji polowej ziemniaka Biological progress in breeding, seed technology and production of potato in Poland Part III. Estimation of potato cultivars yield potential progress in seed production and farm cultivation	259
Krystyna Rykaczewska	Szybkie mnożenie minibulw ziemniaka z zastosowaniem hydroponiki Rapid multiplication of potato minitubers using hydroponic	277
Agnieszka Kaliciak Jerzy Syller	Przenoszenie różnych genetycznie izolatów wirusa Y ziemniaka przez mszyce i podatność chwastów na infekcję wirusem Aphid transmissibility of genetically different isolates of <i>Potato virus Y</i> and susceptibility of weeds to virus infection	285
Agnieszka Grądzielewska Edyta Paczos-Grzęda Daniela Gruszecka	Zastosowanie metod RAPD i ISSR do oceny podobieństwa genetycznego greckich form <i>Dasyphyrum villosum</i> (L.) P. Candargy Application of RAPD and ISSR methods to genetic similarity estimation of Greek <i>Dasyphyrum villosum</i> (L.) P. Candargy populations	297
Dorota Laskowska	Dziedziczenie odporności na TSWV nowej linii hodowlanej tytoniu (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) Inheritance of TSWV resistance in a new tobacco (<i>Nicotiana tabacum</i> L.) breeding line	309
Dariusz Gozdowski Danuta Martyniak Wiesław Mądry	Wielowymiarowa ocena zróżnicowania odmian i rodów życicy trwałej pod względem cech użytkowych w uprawie na nasiona Multivariate evaluation of cultivars and advanced lines of perennial ryegrass in respect of traits important in seed production	315
Włodzimierz Majtkowski Jarosław Piłat	Wykorzystanie roślin wydmuchrzycy pontyjskiej <i>Elymus elongatus</i> var. <i>ponticus</i> (Podp.) Dorn jako źródła energii odnawialnej The utilization of <i>Elymus elongatus</i> var. <i>ponticus</i> (Podp.) Dorn as a source of renewable energy	323
Tomasz Sekutowski Józef Rola	Zbiorowiska chwastów i ich zwalczanie na plantacji <i>Miscanthus giganteus</i> Weed associations and weed control on a <i>Miscanthus giganteus</i> plantation	331