



Pszenżyto męskosterylne z cytoplazmą Pampa

Fot. Bogusław Łapiński

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 245/2007



Pszenżyto męskosterylne z cytoplazmą Pampa. Fot. Bogusław Łapiński

RADZIKÓW 2007
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

MATERIAŁY Z KONFERENCJI

NAUKA DLA HODOWLI ROŚLIN UPRAWNYCH

ZAKOPANE, 29. 01 — 02. 02. 2007

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

ORGANIZATOR

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
ZAKŁAD OCENY JAKOŚCI I METOD HODOWLI ZBÓŻ, KRAKÓW

KOMITET NAUKOWY KONFERENCJI

PROF. DR HAB. ANDRZEJ ANIOŁ
PROF. DR HAB. EWA ZIMNOCH-GUZOWSKA
PROF. DR HAB. IWONA BARTKOWIAK-BRODA
PROF. DR HAB. SŁAWOMIR PROŃCZUK

KOMITET ORGANIZACYJNY

PROF. DR HAB. EDWARD ARSENIUK — PRZEWODNICZĄCY
DR JACEK WAGA
DR ANNA STRZEMBICKA
DR TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI
MGR TADEUSZ ZAWISKI
ZBIGNIEW GRYMEK

OFICJALNY SPONSOR SYMPOZJUM

SYNGETA, CROP PROTECTION SP.Z O.O.

WARSZAWA UL. POWĄZKOWSKA 44C

SPONSORZY SYMPOZJUM

PRECOPTIC, CO. WOJCIECHOWSCY
CERESU WENA, WITKOWSCY
INTERMAG SP. ZOO.
NESTLE WATERS, POLSKA S.A.
EXPOL SP.ZOO.
BAHLSHEN, SNACKS S.A.
LAJKONIK, SNACKS S.A.
A.G.A. ANALYTICAL
TYSKIE BROWARY KSIĄŻECZE

WARSZAWA UL. ARKUSZOWA 60
TORUŃ UL. BIAŁA 19
OSIEK 174 A K/OLKUSZA
KRAKÓW UL, VETULANIEGO 1 A
NOWY SĄCZ UL WĘGIERSKA 94
SKAWINA UL. PIŁSUDSKIEGO 1
SKAWINA UL. PIŁSUDSKIEGO 1
WARSZAWA UL. NOWOURSYNOWSKA 121 D
TYCHY UL. MIKOŁOWSKA 5







A.G.A. Analytical

syngenta®

PRECOPTIC Co.



Przedsiębiorstwo **INTERMAG Sp. z o.o.** założone w 1988 roku jest firmą polską, której podstawową działalnością jest produkcja z zakresu chemii nieorganicznej dla potrzeb rolnictwa i ogrodnictwa.

Wieloletnie doświadczenie, elastyczność, ścisła współpraca z ośrodkami naukowymi i ciągle udoskonalanie procesów technologicznych, umożliwiło nam stworzenie oferty, obejmującej około stu różnych

nawozów mineralnych oraz inne produkty dla profesjonalnych gospodarstw rolnych, ogrodniczych oraz upraw amatorskich.

Podstawowe serie naszych produktów to:

- wieloskładnikowe nawozy dolistne (płynne i krystaliczne) dla profesjonalnych upraw: rolniczych, sadowniczych, warzywniczych, roślin ozdobnych i przemysłowych
- CHELATY: Cu, Fe, Mn, Zn
- jednoskładnikowe nawozy dolistne dla upraw rolniczych i ogrodniczych
- nawozy do fertygacji i innych technik nawożenia z nawadnianiem
- nawozy „U” (utrudniające rozwój patogenów)
- granulowane nawozy dogłębne o spowolnionym uwalnianiu składników pokarmowych
- nawozy donasienne
- nawozy magnezowe
- wieloskładnikowe nawozy płynne i granulowane dla roślin pokojowych, balkonowych i ogrodowych
- produkty chemiczne — do stosowania w produkcji rolniczej i ogrodniczej

**WSZYSTKIE NASZE PRODUKTY SPEŁNIAJĄ KRYTERIA JAKOŚCI I EKOLOGII
OBOWIĄZUJĄCE W UNII EUROPEJSKIEJ**

Nawozy „U” utrudniające rozwój patogenów (serie nawozów alkalicznych i octanowych oraz niektóre mikroelementowe), ze względu na właściwości ochronne są szczególnie polecane do stosowania w integrowanej produkcji roślinnej.

Każdy produkt przechodzi staranny proces testowania oraz etap wdrożeń. Całość zagadnień dotyczących jakości produkowanych wyrobów regulują wdrożone: systemy zarządzania jakością ISO 9001:2001 oraz zarządzania środowiskiem ISO 14001:2005.

Wszystkie produkty oraz zagadnienia związane z ich stosowaniem, a także programy nawożenia różnych gatunków roślin uprawnych są szczegółowo przedstawione na kolejnych stronach.

Dodatkowych informacji udzielamy telefonicznie lub przesyłamy odrębne, szczegółowe opracowania.

SATYSFAKCJA I ZADOWOLENIE KLIENTÓW

to najważniejszy cel w naszej firmie, którego realizacji podporządkowane są wszystkie działania rozwojowe, produkcyjne oraz indywidualna praca każdego z członków załogi.

ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY

INTERMAG Sp. z o.o.

Osiek 174a, 32-300 Olkusz, Poland

tel.: + 48 32 64 55 900; fax.: + 48 32 64 27 044

email: intermag@intermag.pl; www.intermag.pl



INTERMAG is a Polish company founded in 1988. The company specializes in inorganic chemistry with an application in agriculture and horticulture.

Our long experience, flexibility, close cooperation with research and development centers as well as continuous improvement of technology have resulted in creation of wide range of fertilizers.

Our main fertilizer lines:

- Multicomponent foliar fertilizers (liquid and crystalline) for specialized agricultural and horticultural crops, orchards, ornamental and industry plants
- Chelates: Cu, Fe, Mn, Zn
- Single-component foliar fertilizers for agricultural and horticultural plants
- Fertilizers for fertigation and other fertilization techniques with irrigation
- Fertilizers with pathogen resistance properties
- Slow-Release granular fertilizers for soil application
- Seed fertilizer
- Multicomponent liquid and granular fertilizers for indoor, balcony and garden plants
- Chemical products – for application in agriculture and horticulture

ALL OUR PRODUCTS COMPLY WITH QUALITY AND ECOLOGICAL REQUIREMENTS OF EUROPEAN UNION

Fertilizers with pathogen resistance properties (alkaline and acetate fertilizer lines and some microelement fertilizers) because of their protective properties are especially recommended for application in integrated plant production.

Each product is subject to accurate testing and implementation processes. All issues concerning product quality are regulated by Quality Management System ISO 9001:2001 and Environmental Management System ISO 14001:2005.

It will be a pleasure for us to present you detailed information on our products and fertilizing programs designed for various plant species. Please contact us and we will give you all the information required.

SATISFACTION OF CLIENTS

Is the most important purpose of our company. All development and production activities as well as our individual work is dedicated to fulfill this aim.

WE INVITE YOU FOR COOPERATION.

INTERMAG Sp. z o.o.

Head Office and Production, Trade Office in Warsaw

Osiek 174a, 32-300 Olkusz ul. Jaworowa 42/3, 02-798 Warsaw, Poland

tel.: + 48 32 64 55 900; tel. +48 606 657 316; +48 22 545 34 51

fax.: + 48 32 64 27 044; fax +48 22 545 34 51

email: intermag@intermag.pl; email: joanna.kardasz@intermag.pl

www.intermag.pl

APARATURA KONTROLNO POMIAROWA



**WYŁĄCZNY PRZEDSTAWICIEL W POLSCE
FIRMY DICKEY JOHN CORPORATIN USA**

Oferta aparatury do kontroli jakości dla przemysłu rolno-spożywczego w zakresie ziaren zbóż, przetworów zbożowych i nasion oleistych

INSTALAB 600 — analizator podczerwieni NIR

- W jednej analizie szybkie — poniżej 1 minuty — oznaczanie kilku wyróżników jakościowych, jednocześnie możliwość badania jakości ziarna i mąki w jednym urządzeniu
- Oznaczanie w ziarnie pszenicy: zawartości białka, ilości glutenu, wskaźnika sedymentacyjnego Zeleny'ego
- Oznaczanie w mące pszennej: wilgotności, zawartości białka, ilości glutenu, zawartości popiołu
- Oznaczanie w ziarnie wszystkich zbóż: zawartości białka
- Urządzenie przyjazne dla środowiska: praca bez stosowania odczynników chemicznych
- Może pracować bezpośrednio na hali produkcyjnej

GAC 2100 — urządzenie do oznaczania wilgotności, gęstości i temperatury ziarna zbóż — pierwsza klasa dokładności, dostępne typy:

GAC 2001 BI możliwość stosowania 64 kalibracji

GAC 2001 GI możliwość stosowania 16 kalibracji **GAC 2001**

Agri możliwość stosowania 8 kalibracji

MULTI GRAIN — przenośny przyrząd do oznaczania wilgotności ziarna zbóż

TA.XT PLUS — analizator tekstury i cech reologicznych produktów rolnospożywczych

W RAMACH OFERTY CEREUS WENA ZAPEWNIĄ:

- Kompleksowe usługi w zakresie doradztwa inżynieryjno-technicznego
- Instalację urządzeń u klienta
- Szkolenie w zakresie obsługi oferowanych urządzeń
- Serwis gwarancyjny i pogwarancyjny

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



Firma CEREUS WENA
ul. Biała 19, 87-100 Toruń, Polska,
tel./fax (056) 652 06 05, 654 87 83
e-mail: cereus@ikki.com.pl



APARATURA POMIAROWA



SMS
ANALIZATOR TEKSTURY

INSTALAB 600
ANALIZATOR
PODCZERWIENI - NIR



IRPC
NIR - ANALIZATOR
PODCZERWIENI
"ON LINE"

GAC 2000
KOMPUTEROWY
WILGOTNOŚCIOMIERZ



MULTI - GRAIN
WILGOTNOŚCIOMIERZ



oraz inne
urządzenia



RYSZARD WEBER¹**DARIUSZ ZALEWSKI**³**ANDRZEJ KOTECKI**²**JAN KACZMAREK**³¹ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli Wrocław² Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin³ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Ocena przydatności punktów doświadczalnych do prowadzenia PDO na Dolnym Śląsku*

Evaluation of the usefulness of experimental sites for Post-registration Variety Testing System (PDO) in Lower Silesia

W latach 2004–2006 oceniano stabilność plonowania odmian pszenicy ozimej na podstawie wyników Porejestrowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO). Badania przeprowadzono w 8 punktach doświadczalnych różniących się warunkami glebowymi i klimatycznymi. Analizowano plony 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 było określenie zmienności plonowania 11 odmian pszenicy ozimej w zależności od analizowanego środowiska i ocena przydatności punktów doświadczalnych do makro i mikrorejonyzacji. Istotna interakcja odmian z punktami doświadczalnymi wskazuje na zróżnicowane plonowanie genotypów w poszczególnych miejscowościach. Zmienne warunki atmosferyczne w trzech latach badań a szczególnie deficyt wody w okresie wegetacji roślin na glebach lżejszych spowodowały mniejszą stabilność plonowania odmian pszenicy w środowiskach Naroczyce, Pawłowice i Laskowice. Wysokie wartości interakcji genotypowo-środowiskowej w miejscowościach Naroczyce i Laskowice wskazują, że na obszarze Dolnego Śląska te punkty doświadczalne są szczególnie przydatne do mikrorejonyzacji. Znaczne różnice w plonach genotypów w niektórych miejscowościach wskazują na konieczność badania nowych odmian w wielu środowiskach ze względu na interakcję genotypowo-środowiskową.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, plon, pszenica ozima

In 2004–2006, the stability of yielding of winter wheat varieties was estimated based on the results of Post-registration Variety Testing System (PDO) experiments. The study was conducted at eight experimental sites different with respect to edaphic and climatic conditions. The analysis covered the yields of eleven cultivars in two cultivation variants. The intensive variant differed from the standard

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

one in nitrogen fertilization, which was higher by 40 kg/ha. Moreover, in the intensive variant, full chemical control of fungal diseases, growth factor and foliar feeding of the plants with a multi-component nutrient were applied study. The study was aimed at determining the yield variability in eleven cultivars of winter wheat depending on the environment, and evaluating the usefulness of the experimental localities for macro- and micro-regionalization. The significant interaction of the cultivars with the experimental sites indicated the dependence of yielding of particular genotypes on field location. Changes in atmospheric conditions during the 3-year study, and particularly the water deficit in the vegetation season of plants on lighter soils, resulted in lower yield stability of the investigated cultivars in the environments of Naroczyce, Pawłowice and Laskowice. The high values of the genotype $\times$ environment interaction at Naroczyce and Laskowice indicate that these Lower Silesian experimental sites are of particular importance for micro-regionalization. The significant differences in the yields of the genotypes studied at some of the localities suggest the necessity of investigating other cultivars in a number of different environments with a view to define the interaction between the genotype and the environment.

Key words: genotype by environment interaction, winter wheat, yield

WSTĘP

Obecnie zarówno w krajach Europy Zachodniej jak również w Polsce zboża dominują w strukturze zasiewów i zajmują w różnych regionach kraju 70–80% powierzchni uprawnej. (Krzymuski, 1998; Budzyński i Szempliński, 1999). Drastyczne ograniczenie dawek NPK w nawożeniu zbóż spowodowało w połowie lat dziewięćdziesiątych wyraźnie widoczny spadek plonów ziarna (Kus i Krasowicz, 1996). Spośród roślin zbożowych pszenica odznacza się największymi wymaganiami glebowymi i nawozowymi. Podstawowymi czynnikami decydującymi o wysokości i stabilności plonowania pszenicy ozimej są: agrotechnika uwzględniająca dobór stanowiska, optymalne nawożenie azotowe, odmiana dostosowana do lokalnych warunków środowiskowych i odpowiednia ochrona chemiczna przeciwko szkodnikom i chorobom roślin (Jańczak i in., 2005). Wieloletnie badania wykazały, że odmiany polskie różnią się znacznie pod względem reakcji na nawożenie azotowe (Stankowski i in., 2004; Podolska, 2004). Podkreśla się również, że podział i termin stosowania poszczególnych dawek azotu może w znacznym stopniu wpłynąć na plony i jakość ziarna pszenicy ozimej (Peschke i Mollenhauer, 1998; Blankenau i in., 2002). Wzrastający areal uprawy pszenicy sprawia, że obecnie poszukuje się odmian odznaczających się stabilnym plonem w zróżnicowanych warunkach środowiskowych. Wybór takich odmian utrudnia interakcja genotypów ze środowiskiem, ponieważ w jej następstwie mogą przecinać się krzywe reakcji plonów odmian w różnych środowiskach. Średnie plony odmian będą się znacznie zmieniać w różnych punktach doświadczalnych. Taki rodzaj współdziałania nazywany jest interakcją jakościową. Optymalizacja wyboru najlepszych odmian na podstawie wyników doświadczeń z większego obszaru stanowi makrorejonizację. Niektóre punkty doświadczalne — miejscowości mogą jednak odznaczać się znacznie innym plonowaniem odmian w porównaniu do wyników w makroregionie. Wydzielony podrejon reprezentowany przez daną miejscowość będzie określał mikrorejonizację. W celu oceny podobieństwa reakcji genotypów na zmienne warunki środowiska często wykorzystuje się analizę skupień, która umożliwia wydzielenie jednorodnych grup obiektów o minimalnym efekcie interakcji

wewnątrz utworzonych skupień (Hühn i Truberg, 2002). Model wielozmiennej analizy wariancji (MANOVA) przy uwzględnieniu składników interakcji ($G \times E$) został przedstawiony w pracach Calińskiego i wsp. (1987).

Celem pracy było określenie przydatności punktów doświadczalnych poprzez analizę zmienności plonowania wybranych odmian pszenicy ozimej w warunkach standardowej i intensywnej uprawy w doświadczeniach Porejestrzowego Doświadczalnictwa Odmianowego na Dolnym Śląsku.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W badaniach stabilności wykorzystano plony 11 odmian pszenicy ozimej uzyskane z doświadczeń Porejestrzowego Doświadczalnictwa Odmianowego (PDO) na Dolnym Śląsku (tab. 1).

Tabela 1

Wartości średnie plonów w dt/ha poszczególnych genotypów w doświadczeniach
Mean yields of the genotypes tested (dt/ha)

Miejscowości Localities	Wariant standardowy — Standard cultivation variant							
	Naroczycze	Kobierzyce	Zybiszów	Tarnów	Tomaszów	Laskowice	Pawłowice	Krościna
Oznaczenia Designations	AB1;9;17	AB2;10;18	AB3;11;19	AB4;12;20	AB5;13;21	AB6;14;22	AB7;15;23	AB8;16;24
Genotyp Genotype								
Kobra	69,38	92,86	82,61	69,62	56,36	50,55	60,50	89,98
Tonacja	68,99	96,64	86,12	65,00	58,33	51,40	65,46	83,67
Finezja	68,48	95,31	81,98	64,97	51,31	55,26	64,50	81,52
Mewa	67,73	88,31	83,54	66,60	56,32	53,25	65,12	85,30
Zyta	67,48	91,94	83,46	62,09	50,77	50,20	62,52	79,47
Soraja	77,41	90,56	84,79	65,98	55,12	55,47	62,06	81,89
Sukces	69,86	92,54	82,01	64,82	56,70	50,09	62,71	86,44
Nadobna	74,67	100,79	92,70	71,69	58,90	54,52	73,39	85,23
Rapsodja	84,54	106,29	100,63	72,17	61,24	54,00	73,76	90,38
Rubens	80,13	98,57	83,99	61,81	62,15	50,92	57,55	85,26
Trend	83,86	103,08	98,61	66,26	61,70	56,41	61,10	88,79
	Wariant intensywny — Intensive cultivation variant							
Kobra	74,07	106,45	95,54	80,43	62,22	58,70	65,98	108,45
Tonacja	77,30	111,16	101,84	77,36	65,01	56,65	67,89	107,41
Finezja	73,64	108,08	94,62	78,14	60,43	60,49	66,43	104,69
Mewa	73,32	105,34	95,84	80,97	63,66	63,20	71,81	104,03
Zyta	73,64	104,32	94,13	74,81	57,06	56,82	65,62	100,07
Soraja	79,06	101,51	95,04	77,58	60,36	62,44	71,49	101,60
Sukces	74,39	100,04	88,83	74,76	61,31	57,26	63,75	102,00
Nadobna	83,24	114,01	106,74	82,83	66,68	61,37	79,15	107,68
Rapsodja	91,78	113,34	110,82	84,60	68,57	61,87	82,23	114,73
Rubens	88,38	110,98	99,35	74,19	69,33	60,71	64,06	106,94
Trend	88,38	112,25	109,83	78,45	68,10	61,68	69,96	111,68

Oznaczenia: Poszczególne cyfry przy literach AB oznaczają odpowiednio rok 2004; 2005 i 2006 w określonej miejscowości;

Designations: The numbers at the AB letters mean the years 2004, 2005 and 2006 at particular localities, respectively

Pośród doświadczeń PDO wytypowano 8 miejscowości odznaczających się zróżnicowanymi warunkami glebowymi (tab. 2). Analizowano 3-letni okres uprawy odmian

pszenicy w latach 2004–2006. Powierzchnia poletka w każdym doświadczeniu wynosiła 15 m². Siew w 2004 roku w wykonywano warunkach suszy glebowej, która spowodowała słabsze rozkrzewienie roślin na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego i dobrego. Łagodna zima pozwoliła na osiągnięcie wysokich plonów szczególnie w miejscowościach Kobierzycze i Zybiszów.

Tabela 2

Warunki w analizowanych środowiskach w latach 2004–2006
Environmental conditions in 2004–2006

Wyszczególnienie Specification	Tarnów	Naroczycze	Pawłowice	Kobierzycze	Zybiszów	Tomaszów	Krościna	Jecz- Laskowice
Kompleks gleb Soil complex	2	4	2	1	1	5	2	4
Klasa bonitacyjna gleby Soil bonitation class	IIIa	IVa	IIIb	II	II	IVb	IIIa	Iva
Zasobność gleby P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ content in soil	17,7	17,1	10,3	22,0	31,0	21,2	85,0	13,0
Zasobność gleby K ₂ O K ₂ O content of soil	25,0	20,6	10,7	38,0	43,4	13,6	24,8	23,5
Zasobność gleby Mg Mg content of soil	12,6	6,0	8,4	3,5	8,4	7,4	7,8	7,4
pH gleby pH of soil	6,1	6,5	—	6,8	7,0	6,4	6,6	5,5
Nawożenie N na poziomie a1 N fertilization at a 2 level (kg/ha)	110	80	100	81	120	130	150	90
Nawożenie N na poziomie a2 N fertilization at a 2 level (kg/ha)	150	120	140	121	160	170	190	130
Nawożenie P ₂ O ₅ P ₂ O ₅ fertilization (kg/ha)	64	90	40	101	80	56	54	80
Nawożenie K ₂ O K ₂ O fertilization	104	84	60	112	100	116	111	120
Zaprawa nasienna Seed dressing	Funaben T	FunabenT	FunabenT	Oxafun T	—	Sarfun T	FunabenT	FunabenT
Herbicyd Herbicide	Arelon Fox	Chwastox Lentipur	Cougar	Glean 22 g	Granstar 15 Starane 0,41	Cougar	Chisel 60g Granstar 10	Maraton
Fungicydy na a2 Fungicide a2	Juvel, Tango	Alert 1 l	Amistar	Alert 1 l	Amistar Juvel	Juvel, Tango	Alert 1 l	Alert 1 l
Nawóz dolistny na a2 Foliar fertilization – a2	Plonvit	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Basfoliar	Plonvit Z	Basfoliar

Doświadczenia te założono w dwóch powtórzeniach metodą pasów prostopadłych niekompletnych, porównując wariant standardowy z intensywnym sposobem uprawy roli. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 10 m². W poziomie intensywnym stosowano wyższe o 40 kg/ha nawożenie azotowe niż w wariacie standardowym, pełną ochronę chemiczną przed chorobami grzybowymi, antywylegacz oraz dolistne dokarmianie roślin preparatem wieloskładnikowym (tab. 2). Wymienionych zabiegów pielęgnacyjnych nie wykonano w wariacie standardowym. Nawożenie pozostałymi makroelementami oraz inne zabiegi

agrotechniczne wykonywano w jednakowym zakresie na wszystkich poletkach analizowanych doświadczeń.

Warunki atmosferyczne w zimie na przełomie roku 2004/2005 nie stwarzały zagrożeń dla odmian pszenicy ozimej. Natomiast późna i chłodna wiosna oraz niekorzystny rozkład opadów w trakcie wegetacji pszenicy w tym rejonie uprawy, spowodowały znaczne zróżnicowanie plonów w poszczególnych miejscowościach. Deficyt wody w maju lub czerwcu zanotowano w stacjach doświadczalnych na glebach lżejszych. Zima na przełomie roku 2005/2006 oznaczała się znacznymi opadami, lecz susza pod koniec wegetacji roślin spowodowała także ograniczenie plonowania odmian pszenicy ozimej. Reasumując, czynnikiem znacznie różnicującym plony badanych odmian w analizowanym trzyleciu były niewyrównane opady deszczu w badanych punktach doświadczalnych.

Obliczenia przeprowadzono biorąc za podstawę średni plon uzyskany z każdego poletka w 8 miejscowościach w okresie 3 lat. W celu oceny zmienności plonowania analizowanych odmian pszenicy w poszczególnych miejscowościach wykorzystano analizę statystyczną zaproponowaną przez Calińskiego, Czajkę i Kaczmarka (1987). Obliczenia przeprowadzono za pomocą programu 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

Wstępna analiza wariancji dla każdego środowiska (miejscowości) wykazała istotne zróżnicowanie plonów odmian zarówno w wariancie intensywnym, jak i standardowym.

Analiza wariancji dla syntezy wielolecia (tab. 3) umożliwiła ocenę zmienności lat, punktów doświadczalnych (miejscowości) i odmian oraz weryfikację następujących hipotez:

- o braku interakcji odmian z miejscowościami,
- o braku współdziałania odmian z latami,
- o braku interakcji odmian ze środowiskami.

W rozważanych wariantach standardowym i intensywnym stwierdzono duży wpływ warunków atmosferycznych na plony badanych odmian w latach 2004–2006. Również średnie plonowanie badanych genotypów w poszczególnych miejscowościach wykazywało znaczną zmienność. Na kompleksach pszennym dobrym i bardzo dobrym plony odmian były jednak wyższe niż w miejscowościach posiadających gleby klasy III lub IV. Analiza wariancji wykazała, że średnie plony odmian w poszczególnych punktach doświadczalnych odznaczały się dużą zmiennością. Wysoka wartość interakcji genotypowo-środowiskowej wskazuje również na znaczne zróżnicowaną reakcję

poszczególnych odmian na warunki środowiska panujące w badanych miejscowościach w każdym roku badań. Duży wpływ na plony badanych odmian wywarły różniące się warunki glebowo-klimatyczne, a szczególnie zmienna ilość sumarycznych opadów w każdej miejscowości w okresie wegetacji roślin. 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 genotypów z badanymi środowiskami nie może być opisana prostą zależnością regresyjną.

Tabela 3

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

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody No. of degrees of freedom	Wariant standardowy Standard cultivation variant	Wariant intensywny Intensive cultivation variant
		średni kwadrat — mean square	średni kwadrat — mean square
Lata Years	2	10863,53**	19625,81**
Miejscowości Localities	7	7821,02**	11900,31**
Środowiska Environments	14	1645,02**	1718,52**
Genotypy Genotypes	10	310,78**	403,7**
Genotypy × lata Genotypes × years	20	36,73*	58,84*
Genotypy × miejscowości Genotypes × localities	70	37,35*	33,14*
Genotypy × środowiska Genotypes × environments	140	26,24**	23,77**
Regresja wz. Środowiska Regression on explanatory variable	10	32,73	18,61
Odchylenie od regresji Regression deviation	130	25,74**	24,17**
Błąd doświadczeń Experimental error	606	4,81	4,03

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

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

Tabela 4 przedstawia wyniki analizy szczegółowej badanych genotypów ze względu na ich plon oraz interakcję z środowiskiem. W wariancie standardowym uprawy Rapsodia, Nadobna i Trend odznaczają się dodatnimi efektami głównymi. Odmiany te w analizowanych środowiskach odznaczają się istotnie wyższym plonowaniem w porównaniu do średniej ogólnej wszystkich badanych obiektów. Istotnie niższymi plonami w 8 badanych miejscowościach charakteryzowały się Finezja, Zyta i Sukces. Natomiast pozostałe genotypy nie wykazywały istotnych odchyleń plonów od średniej generalnej. Wszystkie badane odmiany odznaczały się istotną interakcją ze środowiskami. Szczególnie Kobra i Mewa reagowały znaczną zmiennością plonowania na zmiany środowiska związane z warunkami glebowymi i klimatycznymi.

Również w wariancie intensywnym Rapsodia, Nadobna i Trend plonowały wyżej w porównaniu do pozostałych odmian. Natomiast Sukces, Soraja, Zyta i Finezja w warunkach zróżnicowanych kompleksów przydatności rolniczej gleb odznaczały się niższym plonowaniem niż pozostałe obiekty. Wyższą stabilność plonowania w intensywnym wariancie uprawy wykazywały Soraja i Zyta.

Tabela 4

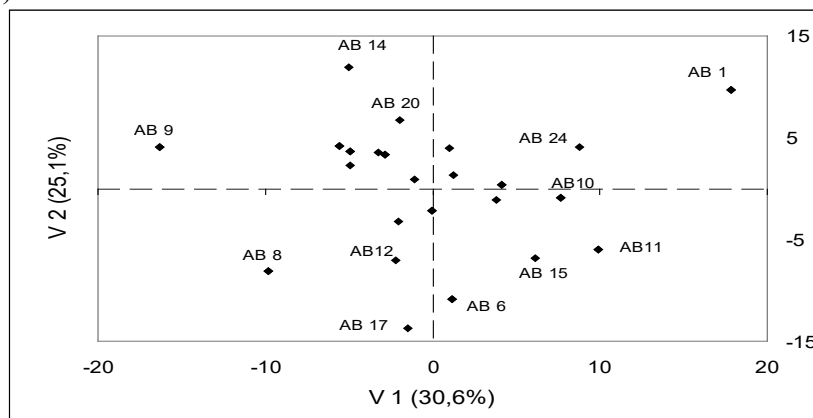
Testowanie poszczególnych genotypów i ich interakcji
Testing of genotypes and their interactions

Genotyp Genotype	Wariant standardowy — Standard cultivation variant			Wariant intensywny — Intensive cultivation variant		
	ocena efektu głównego estimate for main effect	stat.F dla efektu głównego F stat for main effect	stat. F dla interakcji z środowiskami 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	-1,46	1,46	5,08	-1,73	4,73	2,23
Tonacja	-0,99	0,95	3,57	-0,14	0,04	1,74
Finezja	-2,52	6,62	3,37	-2,40	6,76	3,00
Mewa	-2,17	2,60	6,32	-0,94	0,63	4,95
Zyta	-4,45	37,76	1,84	-4,91	56,33	1,50
Soraja	-1,28	2,89	1,98	-2,08	12,35	1,23
Sukces	-2,29	6,41	2,87	-5,42	44,15	2,34
Nadobna	3,55	14,95	2,96	4,50	21,44	3,31
Rapsodja	7,44	44,75	4,34	7,78	46,51	4,56
Rubens	-0,39	0,13	4,11	1,03	0,91	4,08
Trend	4,54	37,41	1,93	4,33	11,27	5,83
Wartości krytyczne Critical values $\alpha = 0,05$		4,60	1,71		4,60	1,71

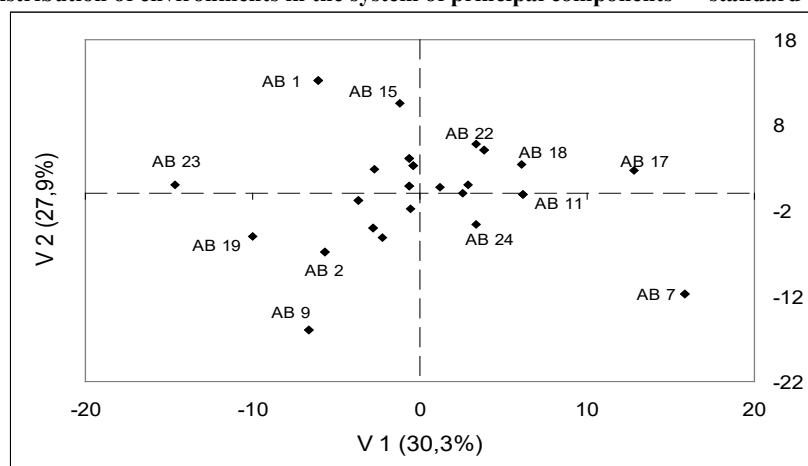
Ocenę analizowanych środowisk (miejscowości) pod względem interakcji $G \times E$ przeprowadzono poprzez podział statystyki F tej interakcji na składniki odpowiadające poszczególnym kontrastom (porównaniom) między genotypami. Odpowiednia statystyka F wyrażona w procentach statystyki F dla interakcji $G \times E$ z ogólnej analizy wariancji pokazuje jaką część tej interakcji pochłania dany kontrast. W celu graficznego przedstawienia środowisk na płaszczyźnie wykorzystano dwie pierwsze składowe główne, które stanowią oceny kontrastów pomiędzy genotypami wyliczone dla poszczególnych miejscowości. Rysunek 1 i 2 przedstawia rozmieszczenie środowisk na płaszczyźnie w układzie składowych głównych. Środowisko o wysokim udziale w interakcji $G \times E$ odznacza się dużą odległością od początku układu współrzędnych. Plony odmian w tym środowisku — miejscowości różnią się znacznie od średnich plonów uzyskanych w analizowanych latach badań.

Analizując wariant standardowy (rys. 1) można stwierdzić, że najbardziej oddalone od początku układu są środowiska AB1, AB9 i AB17 oraz AB14 i AB6, oznaczające miejscowości Naroczyce i Laskowice. Środowiska te charakteryzują się średnim plonem odmian znacznie odbiegającym od plonów genotypów w innych miejscowościach. Znaczne różnice w plonowaniu odmian w wymienionych doświadczeniach w porównaniu

do pozostałych środowisk wynikają ze zmiennych warunków klimatycznych panujących w tych miejscowościach w okresie badanego trzylecia. Świadczą o tym duże odległości pomiędzy analizowanymi środowiskami w poszczególnych latach (AB1-AB9-AB17 lub AB6-AB14).



Rys. 1. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant standardowy
Fig. 1. Distribution of environments in the system of principal components — standard variant

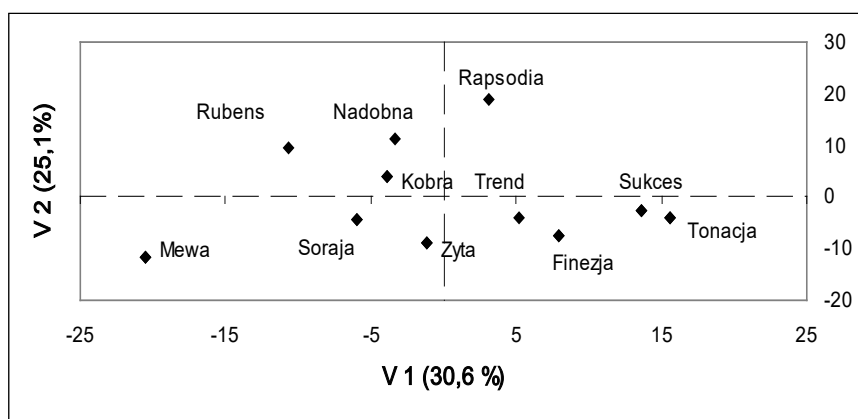


Rys. 2. Przedstawienie środowisk w układzie składowych głównych — wariant intensywny
Fig. 2. Distribution of environments in the system of principal components — intensive variant

Rysunek 2 przedstawia środowiska w układzie dwu pierwszych składowych głównych dla wariantu intensywnego. Również i w tym wariancie punkty AB1, AB17 i AB9 oznaczające środowisko Naroczyce wykazują znaczne oddalenie od początku układu współrzędnych, co wskazuje na znaczne różnice w plonowaniu odmian w porównaniu do pozostałych miejscowości. Środowisko to wykazuje również znaczne różnice w plonowaniu pszenicy w poszczególnych latach badań, o czym świadczą znaczne odległości pomiędzy punktami AB1, AB17 i AB9.

Porównując rysunek 1 z rozmieszczeniem środowisk w wariancie intensywnym można stwierdzić, że eliminacja z badań tego punktu doświadczalnego może przyczynić się do bardziej efektywnej oceny makrorejonizacji odmian w pozostałych badanych miejscowościach. Wariant intensywny i standardowy różnicował znacznie środowiska niekorzystnym rozkładem opadów w okresie wegetacji. Duże oddalenie środowisk AB1, AB17 i AB9 (Naroczyce) i AB7, AB15 i AB 23 (Pawłowice) w wariancie intensywnym wskazuje, że plony odmian w większym stopniu uzależnione były od temperatury i opadów w okresie badanych trzech lat szczególnie na glebach lżejszych.

Posługując się analizą składowych dualnych można analizować strukturę interakcji $G \times E$ ze względu na genotypy. Genotypy w układzie składowych głównych dla wariantu standardowego przedstawiono na rysunku 3. Wielkość (udział) interakcji poszczególnych genotypów ze środowiskami obrazuje odcinek (wektor) wartości statystyki F wyprowadzony od każdego punktu do początku układu. Największy udział w sumie kwadratów odchyleń dla interakcji $G \times E$ wykazują odmiany Rapsodia i Mewa. Genotypy te odznaczają się bardziej zmiennym plonowaniem w badanych środowiskach niż pozostałe obiekty. Natomiast wyższą stabilnością plonowania charakteryzują się Zyta, Soraja i Trend.

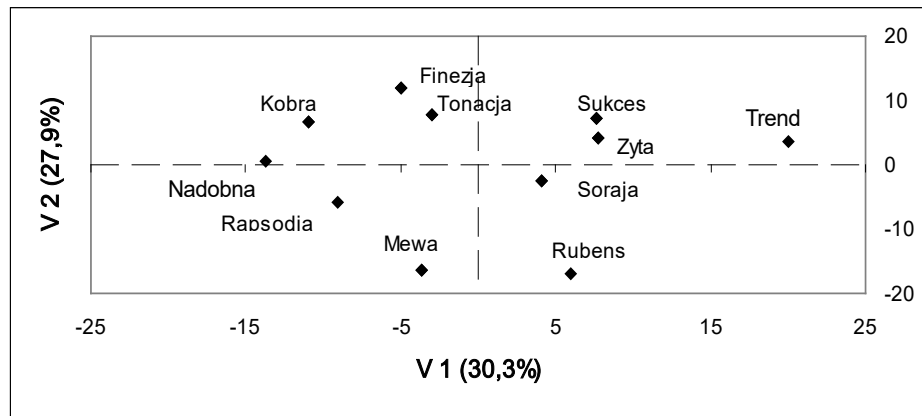


Rys. 3. Wektorowe przedstawienie genotypów w układzie składowych głównych — wariant standardowy

Fig. 3. Vectors of genotypes in the system of principal components — standard variant

W wariancie intensywnym (rys. 4) Trend, Rubens, Nadobna i Mewa odznaczały się niestabilnym plonowaniem w badanych środowiskach. Soraja i Zyta cechowały się najbardziej stabilnym plonem. Porównując konfigurację poszczególnych odmian w wariancie intensywnym i standardowym można zauważyć duże różnice. Wskazuje to na odmienną reakcję odmian na warunki środowiskowe w miejscowościach przy wysokich i standardowych dawkach nawożenia azotowego, stosowanych środkach ochrony roślin i warunkach atmosferycznych.

Rapsodia, Nadobna i Trend odznaczały się istotnie wyższymi plonami w porównaniu do pozostałych odmian zarówno w wariancie standardowym, jak i intensywnym. Wymienione odmiany zasługują na rekomendację na Dolnym Śląsku. Należy jednak zwrócić uwagę, że przy intensywnej agrotechnice występowała znaczna zmienność plonowania w poszczególnych latach badań. Wysokie plony tych odmian w wariancie intensywnym uzależnione są w dużym stopniu od korzystnego rozkładu opadów w okresie wegetacji, który zapewnia optymalną wilgotność gleby w krytycznych fazach rozwoju roślin.



Rys. 4. Wektorowe przedstawienie genotypów w układzie składowych głównych — wariant intensywny
Fig. 4. Vectors of genotypes in the system of principal components — intensive variant

Przedstawione wyniki badań wskazują na znacznie zróżnicowaną reakcję odmian na zmienne warunki środowiskowe, chociaż prezentacja środowisk i odmian za pomocą przedstawionych wykresów przedstawia jedynie około 60% zmienności plonów analizowanych genotypów. Powyższy wniosek potwierdzają badania innych autorów (Kulig i in., 2001). Głównym powodem niższych plonów odmian na glebach lekkich był deficyt wody w okresie wegetacji pszenicy, co potwierdza również w swych badaniach Mittler (2000). Stwierdzono jednak, że odmiany pszenicy bardziej tolerancyjne na stres wodny w krytycznych fazach rozwoju odznaczają się istotnie wyższym plonem w porównaniu do innych genotypów (Gupta i in., 2001; Foulkes i in., 2001). Analizując stabilność fenotypową pszenicy kanadyjskiej w różnych środowiskach wykazano szczególnie wpływ zróżnicowanych opadów deszczu na ujawnianie się zmienności plonowania badanych odmian (Domitruk i in., 2001). Brancourt i Lecomete (2003) wykazali, że interakcja genotypowo środowiskowa w 77% wpłynęła na zmienność 13 linii pszenicy w warunkach uprawy na obszarze Francji. Najczęściej podkreśla się, że głównymi czynnikami wpływającymi na jakość ziarna i zróżnicowane plony pszenicy są temperatura i opady w okresie wegetacji (Brancourt i Lecomete, 2003; Yan i Hunt, 2001).

Postęp hodowlany w ostatnim dwudziestolecu jest głównym czynnikiem przyrostu plonu. Obecnie zalecane są odmiany pszenicy o szerokich możliwościach adaptacji do

zmiennych warunków środowiskowych (tzw. uniwersalne) lub odznaczające się wysokimi i stabilnymi plonami na niewielkim obszarze uprawy. Jednak znaczne zróżnicowanie warunków klimatycznych w poszczególnych rejonach powoduje, że coraz większego znaczenia nabiera mikrorejonizacja, która często obejmuje teren powiatu lub nawet gminy. Dobrze dobrane punkty doświadczalne PDO testujące odmiany pszenicy w poszczególnych województwach przyczyniają się do bardziej dokładnej rejonizacji uprawy. Na podstawie wyników PDO można wydzielić odmiany przydatne nie tylko do konkretnego systemu intensywności uprawy, ale także określić ich makro lub mikro-rejonizację.

WNIOSKI

1. Istotna interakcja odmian z punktami doświadczalnymi wskazuje na zróżnicowane plonowanie genotypów w poszczególnych miejscowościach.
2. Zmienne warunki atmosferyczne w trzech latach badań a szczególnie deficyt wody w okresie wegetacji roślin na glebach lżejszych spowodowały mniejszą stabilność plonowania odmian pszenicy w środowiskach Naroczyce, Pawłowice i Laskowice.
3. Wysokie wartości interakcji genotypowo-środowiskowej w miejscowościach Naroczyce i Laskowice wskazują, że na obszarze Dolnego Śląska te punkty doświadczalne są szczególnie przydatne do mikrorejonizacji.
4. Z powodu zróżnicowanej liczby analizowanych genotypów w doświadczeniach porejestrowych w każdym roku, interakcja genotypowo środowiskowa może ulegać znacznym zmianom. Dlatego liczba punktów doświadczalnych o zmiennych warunkach glebowo-klimatycznych nie powinna być w dużym stopniu zredukowana.
5. Znaczne różnice w plonach genotypów w niektórych miejscowościach wskazują na konieczność badania nowych odmian w wielu środowiskach ze względu na interakcję genotypowo-środowiskową.

LITERATURA

- Brancourt-Hulmel M., Lecomte C. 2003. Effect of environmental varieties on genotype $\times$ environment interaction of winter wheat. *Crop Sci.* 43: 608 — 617.
- Blankeau K., Olfs H. W., Kuhlmann H. 2002. Strategies to improve the use efficiency of mineral fertilizer nitrogen applied. *J. Agronomy & Crop Science* 188, 146 — 154.
- Budzyński W., Szempliński W. 1999. Rośliny zbożowe. W: *Szczegółowa Uprawa Roślin*. red. Z. Jasińska i A. Kotecki AWA, Wrocław 33 — 262.
- 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.
- Domitruk D.R., Duggan B.L., Fowler D. B. 2001. Genotype-environment interaction of no-till winter wheat in Western Canada. *Can. J. Plant Sci.* 81: 7 — 16.
- Foulkes M. J., Scott R. K., Sylvester-Bradley R. 2001. The ability of wheat cultivars to withstand drought in UK conditions. *J. Agric. Sci. Cambridge* 137: 1 — 16.
- Gupta N. K., Gupta S., Kumar A. 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield of wheat cultivars at different stages. *J. Agronomy & Crop Science* 186: 55 — 62.

- Hühn M., Truberg B. 2002. Contributions to the analysis of genotype $\times$ environment interactions: Theoretical results of the application and comparison of clustering techniques for the stratification of field test sites. *J. Agronomy & Crop Science* 188: 65 — 72.
- Jańczak C., Filoda G., Matysiak R. 2005. Elements of integration in winter wheat protection programs. *Acta Agrobotanika* 58, 1: 29 — 26.
- Kulig B., Kania S., Szafrński W., Zajac T. 2001. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy. *Biul. IHAR* 218/219: 117 — 126.
- Kuś J., Krasowicz S. 1996. Możliwości produkcyjne rolnictwa na tle badań środowiskowych i technologicznych. *Fragm. Agron.* 1: 39 — 51.
- Krzymuski J. 1998. Zmiany w strukturze zasiewów i wartości przedplonów w latach 1971–1995. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A*, 113: 9 — 20.
- Mittler S. 2000. Ökoviabilität von Winterweizen unter Standortbedingungen Nordostdeutschlands. Dissertation Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin: 4 — 155.
- Peschke H., Mollenhauer S. 1998. N_{min} — Gehlt im Boden, mineralische N — Düngung und Entzug von Winterweizen im Internationalen Organischen Stickstoffdauerdüngungsversuch (IOSDV) Berlin-Dahem. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 161: 9 — 15.
- Podolska G. 2004. Efektywność agrotechnicznych oddziaływań w wykorzystaniu potencjału plonowania pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 231: 55 — 64.
- Stankowski S., Podolska G., Pacewicz K. 2004. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 3: 1363 –1671.
- Yan W., Hunt L. A. 2001. Interpretation of genotype $\times$ environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Sci.* 41: 19 — 25.

HANNA SULEWSKA
WIESŁAW KOZIARA
JAROSŁAW BOJARCZUK¹

Akademia Rolnicza w Poznaniu

¹ Hodowla Roślin Smolice Sp. z o.o. Grupa IHAR

Kształtowanie plonu i jakości ziarna wybranych genotypów *Triticum durum* Desf. w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu

Yield and grain quality of selected *Triticum durum* Desf. genotypes depending on nitrogen fertilization and sowing density

W latach 2005–2006 wykonano badania nad oceną przydatności do uprawy 4 zagranicznych odmian jarych pszenicy twardej w warunkach Wielkopolski (Swadzim k/Poznań), uwzględniające parametry jakościowe uzyskanego ziarna. Porównywano reakcję czterech odmian pszenicy twardej Durabon (Niemcy), Durabonus (Austria), Duraprimus (Austria), Rusticano (Włochy) z pszenicą zwyczajną odmiany Viniett na nawożenie azotem: (0 kg N·ha⁻¹, 50 kg N·ha⁻¹, 100 kg N·ha⁻¹, 150 kg N·ha⁻¹) oraz gęstość siewu (400, 500, 600 ziaren/m²). Stwierdzono, że badane odmiany pszenicy twardej plonowały na podobnym poziomie jak pszenica zwyczajna odmiany Viniett. Plon ziarna pszenicy zwyczajnej zwiększał się wraz ze wzrostem nawożenia azotem do dawki 132,3 kg N·ha⁻¹, a pszenicy twardej, średnio dla odmian, do 141,9 kg N·ha⁻¹ plonu ziarna. Ponadto wykazano, że odmiany pszenicy twardej korzystniej reagowały na zwiększanie ilości wysiewu niż odmiana Viniett. Niska wartość ocenianych parametrów jakościowych ziarna, głównie zawartość β-karotenu, sprawiła, że badane odmiany *Triticum durum* Desf. okazały się nieprzydatne do uprawy w warunkach Wielkopolski.

Słowa kluczowe: pszenica twarda, nawożenie azotem, gęstość siewu, plon, jakość ziarna

In 2005–2006, trials have been established to evaluate growing possibilities of four foreign durum wheat varieties in the conditions of Wielkopolska region (Swadzim near Poznań). Quality of the harvested grain has evaluated. The reaction has been evaluated of four durum wheat varieties Durabon (Germany), Durabonus (Austria), Duraprimus (Austria), Rusticano (Italy) and one common wheat variety Viniett to nitrogen fertilization (0 kg N·ha⁻¹, 50 kg N·ha⁻¹, 100 kg N·ha⁻¹, 150 kg N·ha⁻¹) and sowing density (400, 500, 600 seeds/m²). It was found, that all tested durum wheat varieties yielded at a similar level as the common wheat cv. Viniett. Grain yield of common wheat grew due to the nitrogen fertilization up to the dose of 132.3 kg N·ha⁻¹, and that of durum wheat, to the dose of 141.9 kg N·ha⁻¹ (mean for varieties). Moreover, it was concluded, that durum wheat varieties better reacted to higher sowing density when compared to the variety Viniett. Low values of grain quality parameters, mainly

content of β -carotene, make all the tested varieties of *Triticum durum* Desf. useless for growing in the Wielkopolska region.

Key words: durum wheat, nitrogen fertilization, plot density, yield, grain quality

WSTĘP

Produkcja makaronów w naszym kraju obecnie oparta jest na importowanym z Ameryki, Azji oraz krajów europejskich ziarnie pszenicy twardej. Przed II wojną światową w Polsce uprawiano jare odmiany pszenicy twardej (Puławska Twarda, Hela), głównie na kresach wschodnich. Pszenica twarda (*Triticum durum* Desf.) ma po pszenicy zwyczajnej (*Triticum aestivum* ssp. *vulgare* Mac. Key) największe znaczenie gospodarcze na świecie zajmując 10% powierzchni uprawy rodzaju *Triticum* (Szwed-Urbaś, 1993). Gatunek ten na dużą skalę uprawiany jest w Kanadzie (Manitoba, Saskatchewan), Stanach Zjednoczonych (Północna Dakota), na południu byłego Związku Radzieckiego (Kubań, Powołże, Kazachstan), w Argentynie, i w rejonie Basenu Morza Śródziemnego (Syria, Izrael, Algieria, Maroko, Turcja, Grecja, Włochy, Francja). Tereny te, podczas sezonu wegetacyjnego, charakteryzuje suchy klimat z gorącym dniem i chłodną nocą (Rachon, 2000).

Największym producentem pszenicy twardej na świecie jest Unia Europejska (ok. 9 mln ton rocznie), a produkcja skoncentrowana jest we Włoszech, Hiszpanii, Francji i Grecji. Unia jest również największym konsumentem tej pszenicy, a poza tym eksportuje ok. 1 mln ton tego ziarna rocznie.

Zainteresowanie uprawą pszenicy twardej w Polsce wiąże się z rosnącym zapotrzebowaniem przemysłu makaronowego (Jurga, 2001) oraz ze stosunkowo wysoką jej ceną na rynku światowym (Borek, 2001). Obecnie produkcja makaronów w Polsce oparta jest na importowanym z Ameryki, Azji oraz krajów europejskich ziarnie pszenicy twardej.

Większość światowej produkcji *T. durum* pochodzi z upraw odmian jarych, charakteryzujących się dobrą jakością, jednak niskimi plonami (Włochy — 2,4 t/ha, Hiszpania — 1,8 t/ha, Grecja — 2,2 t/ha, Francja 4,6 t/ha). W Polsce uprawiano jare odmiany pszenicy twardej przed II wojną światową (Bojarczuk, 2007).

Nawożenie azotem jest najbardziej plonotwórczym czynnikiem agrotechnicznym i jego niedobory wyraźnie obniżają wielkość i jakość plonów. Z kolei azot dostarczany w nadmiarze jest pobierany przez rosnące rośliny, których wydelfikowane, silnie uwodnione tkanki są w efekcie bardziej podatne na patogeny, a ich ziarno zawiera białko o niższej jakości (Achremowicz i in., 1993; Johansson i in., 2001). Dzieje się tak na skutek wzrostu udziału niskocząsteczkowej gliadyny w białku, co prowadzi do pogorszenia właściwości glutenu (Achremowicz i in., 1993). Prawidłowo stosowany azot korzystnie wpływa na krzewienie produkcyjne oraz liczbę i masę ziaren z kłosa pszenicy jarej (Piech, Labiedź, 1982), jak również na zawartość białka w ziarnie (Mazurek i in., 1991).

W piśmiennictwie krajowym można znaleźć tylko nieliczne pozycje traktujące o nawożeniu azotem pszenicy twardej, a tym bardziej jej formy jarej. W badaniach Rachonia (1999) najbardziej plonotwórczą okazała się dawka 60 kg·N⁻¹, z kolei Woźniak (2006) wykazał brak reakcji pszenicy twardej na wzrost dawki w granicach 90–140 kg,

a Rachoń i Szumiło (2002) stwierdzili spadek plonu badanych linii *T. durum* przy wzroście nawożenia z 90 do 180 kg·N⁻¹. Brak jest więc precyzyjnych doniesień dotyczących optymalizacji dawek azotu dla tego gatunku, jak również prac zajmujących się badaniami nad wyznaczeniem optymalnej gęstości siewu.

Właściwy dobór dawek i terminu stosowania azotu, z uwzględnieniem fazy rozwojowej pszenicy, gwarantuje wysoką efektywność jego wykorzystania. Informują o tym m.in. Ashraf i Azam (1998) oraz Limaux i wsp. (1999) wskazując, że termin stosowania azotu istotnie wpływa na jego pobranie przez rośliny i decyduje o udziale azotu wniesionego w ich skład. Z kolei Schelling i wsp. 2003 uznając znaczenie rodzaju gleby, jej pH i siły nawozowej dla produkcji *T. durum* podkreślają, że nawożenie azotem jest niezbędne dla wzrostu zarówno wielkości, jak i jakości plonu ziarna.

W badaniach hiszpańskich (Lopez-Bellido i in., 2006) poświęconych ocenie efektów nawożenia azotem pszenicy twardej, w zależności od terminu jego aplikacji, stwierdzono wzrost efektywności azotu dla wielkości i jakości plonu przy stosowaniu dawek dzielonych z opóźnieniem ostatniej z nich do fazy kłoszenia. Abad i wsp. (2004) wskazują, że na glebie o średniej zasobności azotu dla uzyskania satysfakcjonującego plonu i dobrej jakości ziarna pszenicy twardej wystarczającą była dawka 100 kg N·Ha⁻¹.

Można sądzić, że istnienie interakcji pomiędzy genotypem a środowiskiem w tym również warunkami agrotechnicznymi sprawia, że wyniki prac zagranicznych, prowadzonych w odmiennych warunkach glebowo-klimatycznych można traktować jedynie jako orientacyjne i wyjściowe dla planowania ścisłych badań krajowych, a nawet regionalnych nad tymi zagadnieniami.

Celem podjętych badań była ocena przydatności do uprawy 4 zagranicznych odmian jarych pszenicy twardej w warunkach Wielkopolski, uwzględniająca parametry jakościowe uzyskanego ziarna. Ponadto podjęto próbę wskazania optymalnego poziomu nawożenia azotem oraz gęstości siewu dla wybranych odmian *T. durum*.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w ZDD Swadzim, należącym do Akademii Rolniczej w Poznaniu w latach 2005–2006, jako trzyczynnikowe w układzie split-split-plot, w czterech powtórzeniach polowych.

- Czynniki I rzędu — odmiana: Durabon (Niemcy), Durabonus (Austria), Duraprimus (Austria), Rusticano (Włochy) — pszenica twarda; Viniett — odmiana jakościowa pszenicy zwyczajnej.
- Czynniki II rzędu — nawożenie azotem: 0 kg N·ha⁻¹, 50 kg N·ha⁻¹, 100 kg N·ha⁻¹, 150 kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem w formie saletry amonowej stosowano w dawkach po 50 kg N·ha⁻¹ przed siewem (BBCH 0), oraz na obiektach z wyższym nawożeniem w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 30) oraz kłoszenia (BBCH 51).
- Czynniki III rzędu — gęstość siewu: 400, 500, 600 ziaren·m⁻².

Ponadto zastosowano 35 kg P·ha⁻¹ oraz 83 kg K·ha⁻¹. Poletka doświadczalne chroniono przed zachwaszczeniem stosując Chwastox D 197SL w dawce 5 l·ha⁻¹. Pozostałe zabiegi przeprowadzono zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki tego gatunku.

Gleba pól doświadczalnych wg klasyfikacji PTG (Mocek i in., 1997) należy do gleb pławowych typowych, wytworzonych z piasków gliniastych lekkich, płytko zalegających na glinie lekkiej. Według klasyfikacji bonitacyjnej zaliczono ją do klasy IVa, natomiast według przydatności rolniczej do kompleksu 5 (żytni dobry).

Średnia zasobność gleby w składniki pokarmowe, w przeliczeniu na 100g, była następująca: C — 902 mg; N — 95,2 mg; K — 20,8 mg; P — 16,0 mg; Mg — 6,6 mg, natomiast pH gleby w 1 M KCl wynosiło 5,25.

Odczyty SPAD wykonywano na liściu flagowym, w fazie kwitnienia, za pomocą N-testera.

Zawartość żółtych barwników w ziarnie (ppm) — oznaczono według Standard Methoden für Getreide, Mehl und Brot. Metoda ta polega na ekstrakcji barwników z odpowiednio rozdrobnionego ziarna za pomocą n-butanolu nasyconego wodą i kolorymetrycznym oznaczeniu ich stężenia w przeliczeniu na beta-karoten przy długości fali 440 nm. Zawartość żółtych barwników obliczono ze wzoru:

$$\text{zawartość żółtych barwników (ppm)} = 0,174 + 16,57L,$$

gdzie

L — gęstość optyczna roztworu.

Pomiary prowadzono przy pomocy spektrofotometru Spekol 211 firmy Carl Zeiss Jena. Zawartość białka w ziarnie (%) — oceniono metodą pośrednią NIR (Near Infrared Reflectance) w analizatorze NIR — INSTALAB 660.

Zawartość popiołu oznaczono metodą spalania na sucho.

Liczba opadania [s] — pomiaru dokonano aparatem Falling Number 1100.

Uzyskane wyniki poddano ocenie statystycznej stosując analizę wariancji dla doświadczeń czynnikowych. Istotności różnic oszacowano na poziomie ufności $\alpha = 0,05$. Wartość analizowanych cech ilościowych i jakościowych skwantyfikowano równaniami regresji liniowej wyliczonymi względem dawek azotu i gęstości siewu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Odczyty SPAD, odzwierciedlające stan odżywienia roślin azotem rosły wraz ze wzrostem zastosowanej dawki nawozu, natomiast spadały przy zwiększaniu gęstości siewu (tab. 1). Przyrost ten wyniósł 0,78 jednostki SPAD na każdy kilogram azotu, z kolei spadek o 0,17 jednostki SPAD na szt·m⁻² (tab. 6). Dla zależności tych uzyskano wysokie współczynniki determinacji, które osiągnęły dla nawożenia azotem 99%, a dla gęstości siewu 97%.

Nawożenie azotem korzystnie wpływało na wielkość powierzchni liści pszenicy przypadających na jednostkę powierzchni pola. Wskaźnik LAI istotnie wzrastał w miarę wzrostu zastosowanych dawek azotu od 1,86 stwierdzonego w badaniu kontrolnym do 2,35 przy 150 kg N·ha⁻¹. Wzrost wartości LAI stwierdzono również względem rosnących gęstości siewu, a istotność różnic udowodniono pomiędzy skrajnymi z użytych gęstości.

Tabela 1

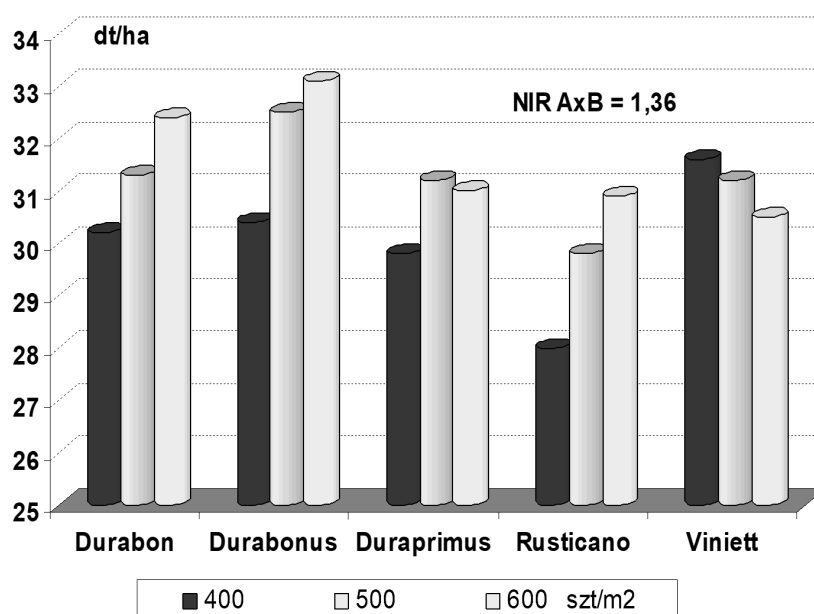
Odczyty SPAD, wskaźnik LAI oraz zawartość białka (% sm) w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu

Nitrogen nutritional stage (SPAD), LAI ratio and protein content (% DM) depending on nitrogen fertilization and sowing density

Czynnik Factor	Jednostki Units SPAD	LAI	Białko % sm Protein %DM
Nawożenie Fertilization (kg N·ha ⁻¹)			
0	497,3	1,86	13,9
50	541,3	2,11	14,4
100	583,5	2,21	15,6
150	612,5	2,35	16,2
NIR — LSD $\alpha=0,05$	16,62	0,101	0,27
Gęstość siewu (szt·m ⁻²) Sowing density (seeds·m ⁻²)			
400	578,0	2,07	15,2
500	554,8	2,13	15,0
600	543,1	2,19	14,8
NIR — LSD $\alpha=0,05$	11,63	0,087	0,10

Odmiany uczestniczące w badaniach plonowały na podobnym poziomie i uzyskane plony wahały się od 33,4 do 39,4 dt·ha⁻¹ w 2005 roku oraz od 24,3 do 25,7 dt·ha⁻¹ w suchym 2006 roku nie odbiegając pod tym względem od pszenicy zwyczajnej odmiany Viniett. W badaniach wcześniejszych Seidel i wsp. (1997), Rachoń (1997, 1999), Rachoń i wsp. (2002) stwierdzili, że pszenica twarda plonuje nieco słabiej niż pszenica zwyczajna. Zastosowanie 50 kg·ha⁻¹ azotu przed siewem prowadziło do wzrostu plonu ziarna średnio o 4,5 dt·ha⁻¹ w porównaniu z kontrolą, a zastosowanie kolejnej dawki 50 kg w fazie strzelania w źdźbło podtrzymywało tę tendencję, powodując przyrost plonu, średnio o 3,7 dt·ha⁻¹. Użycie trzeciej dawki azotu, w fazie kłoszenia, wywoływało niewielki spadek plonu w korzystniejszym z lat oraz wzrost plonu w mniej sprzyjającym uprawie *T. durum* 2006 roku. Z kolei w badaniach Rachonia (1999; 2001) nawożenie azotem w zakresie 60–120 kg N·ha⁻¹ nie wpłynęło istotnie na poziom plonowania zarówno pszenicy twardej jak i zwyczajnej. Dexter i wsp. (1982) uzyskali przyrost plonu po zastosowaniu dawki 80 kg N·ha⁻¹, a Mazurek i Ruszkowski (1965) nawet 120 kg N·ha⁻¹. Puccuci i Blanco (1973) uznali, że w uprawie pszenicy twardej zwiększanie dawki azotu powyżej 80–90 kg N·ha⁻¹ jest niekorzystne.

Wszystkie badane odmiany pszenicy twardej plonowały wyżej przy większych gęstościach siewu (500 i 600 szt·m⁻²), natomiast pszenica zwyczajna Viniett odwrotnie, najwyższy plon wydała przy gęstości siewu wynoszącej 400 szt·m⁻² (rys. 1). Podobnych obserwacji dokonał Rachoń (2001), który stwierdził wzrost plonu jarych form pszenicy twardej i zwyczajnej wraz ze zwiększaniem ilości wysiewu do 6 mln kiełkujących ziarniaków na ha.



Rys. 1. Plon ziarna w zależności od odmian i gęstości siewu (dt/ha)
 Fig. 1. Grain yield depending on varieties and sowing density (dt/ha)

Istotnie najwyższą, w doświadczeniu własnym, MTZ uzyskano dla odmiany Duraprimus — 52,2 g, natomiast najniższą dla Durabon — 44,2 g (tab. 2). W badaniach Szwed-Urbaś i wsp. (1995) zróżnicowanie genotypowe pod tym względem było większe, a MTZ wahała się od 41,1 g do 57,9 g. Ziarniaki wszystkich odmian pszenicy twardej charakteryzowały się istotnie większą masą niż ziarniaki pszenicy zwyczajnej Viniett, dla której MTZ wyniosła 37,4 g. Nawożenie azotem, niezależnie od zastosowanej dawki, korzystnie wpływało na dorodność ziarna. Z kolei wzrost gęstości siewu działał przeciwnie i największą MTZ uzyskano przy wysiewie 400 szt. $\cdot$ m⁻². Porównywane odmiany pszenicy twardej, podobnie jak w badaniach Rachonia (2001), wytwarzały mniej ziaren w kłosie i mniej kłosów na jednostce powierzchni niż pszenica zwyczajna Viniett. Nawożenie azotem prowadziło do zwiększenia liczby ziaren w kłosie i liczby kłosów na jednostce powierzchni. Ponadto, liczba ziaren w kłosie malała w miarę zagęszczania zasiewów, jednak istotne różnice wystąpiły dopiero przy wysiewie 600 szt. $\cdot$ m⁻². Wzrost gęstości siewu korzystnie wpływał na liczbę kłosów na m² i każde zwiększenie gęstości powodowało istotną różnicę.

Zawartość białka w ziarnie pszenicy twardej nie zależała istotnie od odmiany. Była ona niższa niż w badaniach Szwed-Urbaś (1993), Rachonia (1997, 2004) oraz Rachonia i Szumiło (2002), a jedynie zastosowanie najwyższej dawki azotu 150 kg N $\cdot$ ha⁻¹ pozwalało na osiągnięcie porównywalnych wartości.

Tabela 2

Plon ziarna oraz komponenty plonowania
Grain yield and its components

Czynnik Factor	Plon ziarna Grain yield (dt·ha ⁻¹)	MTZ TKW (g)	Liczba ziarn w kłosie Number of seeds in ear	Liczba kłosów Number of ears (szt·m ⁻²)
Odmiana Variety				
Durabon	31,3	44,2	26,1	445,5
Durabonus	32,0	50,6	22,6	428,3
Duraprimus	30,7	52,2	23,1	484,5
Rusticano	29,6	44,8	23,8	443,2
Viniett	31,1	37,4	29,4	508,0
NIR — LSD	r.n.	2,14	2,28	21,47
Nawożenie (kg N·ha ⁻¹) Fertilization (kg N·ha ⁻¹)				
0	25,7	44,4	21,0	444,7
50	30,2	46,0	24,5	465,5
100	33,9	46,5	26,8	461,5
150	33,9	46,4	27,9	475,9
NIR — LSD $\alpha=0,05$	1,57	0,82	1,40	13,6
Gęstość siewu (szt·m ⁻²) Sowing density (seeds·m ⁻²)				
400	30,0	46,1	25,8	428,2
500	31,2	45,8	25,6	459,6
600	31,6	45,6	23,7	497,9
NIR — LSD $\alpha=0,05$	0,61	0,40	0,94	10,4

W badaniach własnych stwierdzono jedynie tendencję do gromadzenia większej ilości białka u pszenicy twardej niż zwyczajnej, podobnie jak w badaniach Rachonia (2001) oraz Rachonia i Szumiło (2002), w których różnice te były jednak wyraźniejsze. Stwierdzono, że w zależności od odmiany *T. durum* wahała się ona od 14,7% (Rusticano) do 15,5% (Durabon), natomiast dla Viniett wynosiła 14,5%. Zastosowanie rosnących dawek azotu, podobnie jak w doświadczeniach Rachonia (1999; 2001) oraz Ciołek i Makarskiej (2004) prowadziło do istotnego przyrostu zawartości białka w ziarnie, który wg wyliczonego współczynnika regresji wyniósł 0,016% kg·N⁻¹ (tab. 1 i 6). Rachoń (1999) wykazał wzrost zawartości białka wraz ze zwiększaniem nawożenia do dawki 180 kg N·ha⁻¹, natomiast w badaniach Mazurka (1981) nad pszenicą jara, przyrost zawartości białka powyżej dawki 120 kg N·ha⁻¹ był nieistotny. Uważa się, że zmiany zawartości białka pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotem wiążą się w dużym stopniu z właściwościami odmianowymi (Mazurek i in., 1991). Cecha ta była ponadto modyfikowana gęstością siewu. Każdy wzrost liczby ziarniaków wysiewanych na m² prowadził do istotnego spadku zawartości białka w ziarnie.

Zawartość barwników karotenoidowych ściśle łączy się z genotypem pszenicy. Wiele form lokalnych jak również odmian pochodzących z Północnej Afryki, Włoch i Półwyspu Iberyjskiego charakteryzuje się niską zawartością karotenoidów, która mieści się na ogół w zakresie od 3 do 5 ppm (Kaan i in., 1993). Odmiany pochodzące z Rosji, USA i Kanady mają go dużo więcej, bo około 8 ppm. Z kolei Royo i wsp. (1998) donoszą, że w Hiszpanii średnia zawartość żółtych barwników jest wyższa i mieści się w zakresie 7,5–8,4 ppm.

Uzyskany w badaniach własnych poziom β -karotenu w ziarnie odmian *T. durum* wahał się od 2,25 ppm (Rusticano) do 3,0 ppm (Durabon) (tab. 3) i podobnie jak w opracowaniu Rachonia (2001) był niezadowalający. Z tej przyczyny zebrane ziarno nie nadawało się do wyrobu makaronu. Wskazuje to na zbyt niskie osłonecznienie oraz niewystarczającą sumę temperatur w naszych warunkach dla uprawy genotypów pszenicy twardej wyhodowanych w krajach południowej Europy. Każda z odmian *T. durum* zawierała więcej β -karotenu oraz popiołu w ziarnie niż pszenica zwyczajna odmiany Viniett. Zawartość popiołu w ziarnie w zależności od odmiany wahała się od 1,6 do 2,1% s.m. i nie różniła się od wartości uzyskanych przez Szwed-Urbaś i wsp. (1997) oraz Rachonia (2004) w badaniach nad liniami pszenicy twardej wyhodowanymi przez IG i HR w Lublinie.

Tabela 3

Zawartość β -karotenu (ppm) oraz popiołu w s.m. ziarna
Content of β -carotene (ppm) and ash in DM of grain

Czynnik Factor	Zawartość β -karotenu (ppm) Content of β -carotene (ppm)	Zawartość popiołu w s.m. % Ash content (%) in DM of grain
Odmiana Variety		
Durabon	3,00	2,1
Durabonus	2,82	1,9
Duraprimus	2,30	1,9
Rusticano	2,25	1,9
Viniett	1,96	1,6
NIR — LSD $\alpha=0,05$	0,099	0,06
Nawożenie (kg N·ha ⁻¹) Fertilization (kg N·ha ⁻¹)		
0	2,55	1,8
50	2,46	1,9
100	2,44	2,0
150	2,42	2,0
NIR — LSD $\alpha=0,05$	0,065	0,03

Nawożenie azotem niekorzystnie wpływało na zawartości tego barwnika jak również obniżało zawartość popiołu w ziarnie. Natomiast Abad i wsp. (2000) podają, że w doświadczeniach prowadzonych w Hiszpanii zawartość żółtych barwników w ziarnie wzrosła z 9,25 do 10,94 ppm i z 10,11 do 10,55 ppm odpowiednio dla odmian Tor i Bell wraz ze zwiększeniem poziomu nawożenia azotem od 0 do 200 kg N·ha⁻¹.

Dolną, graniczną wartością liczby opadania dla pszenicy twardej jest 250 s, natomiast optymalna mieści się w granicach od 350 do 400 s. Żadna z badanych odmian pszenicy twardej nie dorównywała liczbą opadania odmianie Viniett (254,8s). Najwyższą wartością spośród odmian *T. durum* charakteryzowała się odmiana Durabonus (205,0s) (tab. 4). Średnio dla badanych odmian, zwiększanie nawożenia azotem do dawki 100 kg N·ha⁻¹ powodowało wzrost wartości liczby opadania do 177 s, a dalsze podwyższanie dawki obniżało wartość tej cechy. Zależność ta miała więc przebieg funkcji drugiego stopnia, z maksimum dla odmian *T. durum* na poziomie 76,6 kg N·ha⁻¹ (tab. 6). W przypadku pszenicy zwyczajnej odmiany Viniett nawożenie azotem powodowało obniżanie liczby opadania.

Tabela 4

Liczba opadania dla odmian w zależności od nawożenia azotem (s)
Falling number for the varieties depending on nitrogen fertilization (s)

A Odmiana — Variety	B				Średnio Mean
	Dawki — N doses (kg N·ha ⁻¹)				
	0	50	100	150	
Durabon	83,7	92,0	109,1	95,9	95,2
Durabonus	199,8	222,7	223,3	174,3	205,0
Duraprimus	167,2	197,6	218,1	196,7	194,9
Rusticano	86,6	72,9	81,3	66,2	76,8
Viniett	260,9	261,0	253,1	244,0	254,8
Średnio Mean	159,6	169,2	177,0	155,4	32,75
NIR — LSD	11,54				
NIR — LSD $\alpha=0,05$ A × B = 25,8					

Cechami wykazującymi małe zróżnicowanie odmianowe były wilgotność ziarna przy zbiorze, wartość odczytów SPAD, zawartość białka w ziarnie, a także plon, natomiast największą zmiennością charakteryzowała się liczba opadania, której wartość dla odmian *T. durum* wahała się od 76,8 do 205s (tab. 5), natomiast dla pszenicy zwyczajnej była wyższa — 254,8s. Zmienność wskaźnika LAI oceniono na 11,5%. Wartość tego wskaźnika zależała od odmiany i wahała się od 1,77 (Duroprimus) do 2,35 (Rusticano). Pszenica zwyczajna odmiany Viniett posiadała nieco wyższą wartość LAI — 2,38.

Tabela 5

Wskaźniki statystyczne dla badanych cech *T. durum*
Statistical indices for the studied *T. durum* traits

Cechy Traits	Średnio Mean dt/ha	Wartości — Values	Odchylenie standardowe Standard deviation	Współczynnik zmienności Coefficient of variation %
		min – max		
Plon ziarna — Grain yield	30,9	29,9 – 32,0	1,02	3,29
Liczba ziaren w kłosie — Number of seeds in ear	23,9	22,6 – 26,1	1,55	6,47
Liczba kłosów na /m ² — Number of ears	450,4	428 – 485	24,00	5,33
MTZ — TKW (g)	48,0	44,2 – 52,2	4,04	8,43
Wilgotność ziarna — Grain moisture %	13,9	13,7 – 14,2	0,20	1,45
LAI	2,07	1,77 – 2,35	0,24	11,49
Odczyty SPAD — Values of SPAD	559,0	540 – 578	15,81	2,83
Zawartość białka (%) — Protein content (%)	15,1	14,8 – 15,5	0,31	2,02
Zawartość popiołu (%) — Ash content (%)	1,96	1,9 – 2,1	0,11	5,70
Liczba opadania — Falling number (sec)	143,0	76,8 – 205,0	66,38	46,43
Zawartość β-karotenu (ppm) — Content of β-carotene	2,59	2,25 – 3,00	0,37	14,43

Dla cech istotnie zmieniających się pod wpływem nawożenia azotem wyliczono równania regresji liniowej (tab. 6). Plon przedstawiony jako funkcja nawożenia azotem, maksimum wartości osiągał po zastosowaniu 141,9 kg N·ha⁻¹ dla pszenicy twardej oraz 132,3 kg N·ha⁻¹ dla pszenicy zwyczajnej.

Tabela 6

Równania regresji względem dawek azotu dla *T. durum*
Equations of regression of the *T. durum* traits on the nitrogen doses

Cechy Traits	Równanie Equation	R ²	Maksimum funkcji Maximum of function
Zawartość białka — Protein content	$y = 0,0168x + 13,89$	0,98	—
Stan odżywienia azotem — Nutritional stage (SPAD)	$y = 0,7774x + 500,66$	0,99	—
LAI	$y = 0,003x + 1,849$	0,95	—
Plon ziarna — Grain yield	$y = -0,0004x^2 + 0,1135x + 25,775$	0,99	141,9
Zawartość popiołu — Ash content	$y = 0,0013x + 1,862$	0,96	—
Liczba opadania — Falling number	$y = -0,0037x^2 + 0,5671x + 132,51$	0,84	76,64
Zawartość β -karotenu — Content of β -carotene	$y = -0,0007x + 2,646$	0,86	—
MTZ — TKW	$y = -0,0002x^2 + 0,0456x + 46,202$	0,99	114,0
Liczba ziarn w kłosie — Number of seeds in ear	$y = -0,0003x^2 + 0,1043x + 19,163$	1	173,8
Liczba kłosów na m ² — Number of ears per m ²	$y = -0,0014x^2 + 0,3994x + 432,76$	0,86	142,6

Zawartość białka w suchej masie ziarna, zawartość popiołu w ziarnie, odczyt SPAD, wartość wskaźnika LAI rosły prostoliniowo wraz ze zwiększaniem dawek azotu, a przyrost ten według współczynników regresji wynosił odpowiednio 0,0168%; 0,0013%; 0,7774 SPAD oraz 0,003 na każdy kilogram zastosowanego azotu. Natomiast zawartość karotenu w ziarnie przy wzrastających dawkach N malała prostoliniowo średnio o 0,0007% na każdy kg N·ha⁻¹. Z kolei dla wartości cech takich jak: liczba opadania, plon ziarna, MTZ, liczba ziaren w kłosie i liczba kłosów na m² udowodniono paraboliczny przebieg zależności względem nawożenia azotem, dla której maksima wahały się od 76,6 kg N·ha⁻¹ dla liczby opadania do 173,8 kg N·ha⁻¹ dla liczby ziaren w kłosie.

W badaniach własnych porównywano trzy poziomy gęstości siewu. Dla cech istotnie zależnych według analizy wariancji wyprowadzono równania regresji pierwszego stopnia, o wysokich współczynnikach determinacji wynoszących od 0,60 dla liczby ziaren w kłosie do 0,99 dla zawartości białka i liczby kłosów na m² (tab. 7). Wzrost gęstości siewu w przedziale od 400 do 600 szt.·m⁻² prowadził do obniżenia zawartości białka w ziarnie, odczytu wartości SPAD, MTZ oraz liczby ziaren w kłosie. Wartości tych parametrów zmniejszały się odpowiednio o 0,0015%; 0,1807 SPAD; 0,0031 g; 0,0069 szt. na każdy jednostkowy przyrost gęstości siewu.

Tabela 7

Równania regresji względem gęstości siewu dla *T. durum*
Equations of regression of the *T. durum* traits on sowing density

Cechy Traits	Równanie Equation	R ²
Zawartość białka — Protein content	$y = -0,0015x + 15,887$	0,99
Odczyty SPAD — Values of SPAD	$y = -0,1807x + 649,3$	0,87
LAI	$y = 0,0006x + 1,795$	0,98
Plon ziarna — Grain yield	$y = 0,0114x + 25,218$	0,94
Liczba kłosów na / m ² — Number of ears per m ²	$y = 0,3172x + 291,78$	0,99
Liczba ziaren w kłosie — Number of seeds in ear	$y = -0,0069x + 27,373$	0,60
MTZ — TKW	$y = -0,0031x + 49,518$	0,95

Dla cech takich jak wskaźnik LAI, plon ziarna, oraz liczba kłosów na m² wykazano przeciwną zależność, a mianowicie wzrost gęstości siewu prowadził do zwiększenia wartości wymienionych cech odpowiednio o 0,0006; 0,0114 dt·ha⁻¹ oraz o 0,3172 szt. na wysiany ziarniak.

Rachoń i Szumiło (2002) wykazali, że jakość ziarna polskich odmian i linii pszenicy twardej spełniała normy surowca do produkcji makaronu i nie różniła się zasadniczo od odmian zagranicznych. W badaniach tych nie uwzględniono jednak barwników karotenoidowych, których zawartość jest jednym z podstawowych kryteriów oceny surowca.

Szwed-Urbaś i wsp. (1997) oceniając wzrokowo barwę mąki stwierdzili, że zależała ona od genotypu, jednak większość polskich linii ustępowały pod tym względem formom amerykańskim i kanadyjskim, a tylko kilka z nich charakteryzowało się zadawalającą barwą.

WNIOSKI

1. Badane odmiany jare pszenicy twardej plonowały na podobnym poziomie jak pszenica zwyczajna odmiany Viniett.
2. Zwiększanie nawożenia azotem do dawki 141,9 kg N·ha⁻¹ spowodowało wzrost wartości odczytu SPAD, zawartości białka w ziarnie i plonu ziarna, jednak niekorzystnie wpływało na zawartość β-karotenu.
3. Porównywane odmiany pszenicy twardej korzystniej reagowały na zwiększanie ilości wysiewu niż odmiana Viniett.
4. Niska wartość ocenianych parametrów jakościowych ziarna, głównie zawartości β-karotenu sprawiła, że badane odmiany *Triticum durum* Desf. okazały się nieprzydatne do uprawy w warunkach Wielkopolski.

LITERATURA

- Abad A., Llovelas J., Michelena A. 2004. Nitrogen fertilization and foliar urea effects on *durum* wheat yield and quality and on residual soil nitrate in irrigated Mediterranean conditions. *Field Crops Res.* 87: 257 — 269.
- Achremowicz B., Zając J., Styk B. 1993. Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol. A*, 110 (1–2): 149 — 157.
- Ashraf M., Azam F. 1998. Fate and interaction with soil N of fertilizer 15 N applied to wheat at different growth stages. *Cereal Res. Commun.* 26: 397 — 404.
- Bojarczuk J. 2007. www.ihar.edu.pl/a_moze_pszienica_twarda.php.
- Borek M. 2001. Polski rynek zbóż po akcesji do Unii Europejskiej — system interwencji. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 10: 10 — 13.
- Ciołek A., Makarska E. 2004. Ocena jakości nowych linii pszenicy twardej na podstawie charakterystyki białek gliadynowych i gluteninowych w warunkach stosowania zróżnicowanego nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 3 (2): 147 — 155.
- Dexter J. E., Crowle W. L., Matsuo R. R., Kosmolak F. G. 1982. Effect of nitrogen fertilization on the quality characteristic of five North American amber *durum* wheat cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 62: 601 — 612.
- Johansson E., Prieto-Linde M. L., Jonsson. J. O. 2001. Effects of wheat cultivar and nitrogen application on storage protein composition and breadmaking quality. *Cereal Chem.* 78: 19 — 25.
- Jurga R. 2001. Granulacja surowców makaronowych z pszenicy *durum*. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 8: 11 — 12.

- Kaan I., Nachit M. 1993. Série A: Séminaires Méditerranéens. Options Méditerranéennes 22: 241 — 247.
- Limaux F., Recous S., Maynard J. M., Guckert A. 1999. Relationship between rate of crop growth at date of fertiliser N application and fate of fertiliser N applied to winter wheat. *Plant Soil* 214: 49 — 59.
- Lopez-Bellido L., Lopez-Bellido R. J., Lopez-Bellido F. J. 2006. Fertilizer nitrogen efficiency in *durum* wheat under rainfed Mediterranean conditions: Effect of split application. *Agron. J.* 98: 55 — 62.
- Mazurek J., Ruszkowski M. 1965. Badania nad pszenicą twardą. *Pam. Puł.* 19: 99 — 121.
- Mazurek J. 1981. Termin i ilość wysiewu oraz nawożenie azotem pszenicy jarej. Wpływ na plon ziarna. Wpływ na technologiczną jakość ziarna. *Pam. Puł.* 75:
- Mazurek J., Iwanejko M., Podolska G., Sulek A. 1991. Reakcja nowych odmian pszenicy jarej na nawożenie azotem. *IUNG Puławy R* (288):
- Mocek A., Drzymała S., Maszner P. 1997. Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. AR Poznań: 416ss.
- Paccuci G., Blanco A. 1973. Agronomic evaluation and technological properties of new *durum* wheat lines and varieties in Southern Italy. *Proc. Symp. on Genetics and Breeding of Durum Wheat. Bari (Italy):* 447 — 469.
- Piech M., Lebień S. 1982. Ocena wpływu poziomu nawożenia azotem na kształtowanie się cech jakościowych ziarna odmian pszenicy jarej. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, R. 28 (94):* 271 — 280.
- Rachoń L. 1997. Plonowanie i jakość niektórych odmian pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 204: 141 — 144.
- Rachoń L. 1999. Plonowanie i jakość pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.* 118: 349 — 355.
- Rachoń L., Szwed-Urbaś K., Segit Z. 2002. Plonowanie nowych linii pszenicy pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu nawożenia azotem i ochrony roślin. *Annales UMCS, Sec. E, 57:* 71 — 76.
- Rachoń L. 2001. Studia nad plonowaniem i jakością pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). Rozprawa habilitacyjna nr 248, Wyd. AR Lublin: 66 ss.
- Rachoń L., Szumiło G. 2002. Plonowanie i jakość niektórych polskich i zagranicznych odmian i linii pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Pam. Puł.* 130: 619 — 24.
- Rachoń L. 2004. Ocena przydatności ziarna krajowych i zagranicznych linii i odmian jarej pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.) do produkcji makaronu. *Biul. IHAR* 231: 129 — 137.
- Royo C., Michelena A., Carrillo J. M., García P., Juan-Aracil, J., Soler C. 1998. Spanish *durum* breeding program. In: *Proceedings of the Sewana Durum Network Workshop. Sewana (South Europe, West Asia and North Africa) Durum Research Network.*
- Schelling A. S., Abaye A. O., Griffey C. A., Brann D. E., Alley M. M., Pridgen T. H. 2003. Adaptation and performance of winter *durum* wheat in Virginia. *Agron. J.* 95: 642 — 651.
- Seidel W., Sievert D. 1997. Internationale Durumweizen Situation in den Getreidewirtschaftsjahren 1994/95 und 1995/96. *Getreide Mehl und Brot* 51, 1: 10 — 14.
- Szwed-Urbaś K. 1993. Zmienność ważniejszych cech użytkowych jarej pszenicy twardej z uwzględnieniem interakcji genotypowo-środowiskowej. Rozprawa habilitacyjna nr 159. Wyd. AR Lublin: 56 ss.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Grundas S. 1995. Wstępna ocena jakości ziarna pszenicy twardej w warunkach Lubelszczyzny. *Biul. IHAR* 194: 149 — 154.
- Szwed-Urbaś K., Segit Z., Mazurek H. 1997. Parametry jakościowe ziarna krajowych linii pszenicy twardej. *Biul. IHAR* 204: 129 — 139.
- Woźniak A. 2006. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej zwyczajnej (*Triticum aestivum* L.) i twardej (*Triticum durum* Desf.) w zależności od poziomu agrotechniki. *Acta Agrophisica* 8 (3): 755 — 763.

JAROSŁAW STALENGA**KRZYSZTOF JOŃCZYK**

Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — PIB, Puławy

Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w systemie ekologicznym

Reaction of some winter wheat varieties to cultivation in the organic system

W pracy oceniono reakcję wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w systemie ekologicznym. Przeprowadzone badania obejmowały analizę i ocenę plonowania, nagromadzenia suchej masy, stanu odżywienia azotem oraz dynamiki zmian wskaźnika pokrycia liściowego (LAI). Do badań wykorzystano doświadczenie polowe założone w 1994 roku w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach, którego celem jest porównywanie różnych systemów produkcji roślinnej. Badania prowadzono w latach 2003–2005 na polu pszenicy ozimej w systemie ekologicznym o powierzchni 1 ha, na glebie zaliczanej do kompleksu żyniego dobrego. W doświadczeniu testowano sześć odmian pszenicy ozimej (Kobra, Roma, Korweta, Sukces, Zyta, Mewa) oraz odmianę Schwabenkorn pszenicy orkisz. Dodatkowo w 2005 roku do uprawy w systemie ekologicznym, oprócz dotychczasowych odmian, wprowadzono 3 tzw. „stare” odmiany pszenicy ozimej: Ostkę Kazimierską, Kujawiankę Więclawicką, Wysokolitewkę Sztynnosłomą. Największe i najbardziej stabilne plony spośród testowanych odmian średnio w całym okresie badań uzyskiwała odmiana Mewa — 4,27 t/ha oraz Sukces — 4,21 t/ha. Odmiany „współczesne” plonowały średnio o około 2 t/ha wyżej niż tzw. odmiany „stare”. Największą akumulację suchej masy zanotowała wysoko plonująca odmiana Zyta, a także pszenica orkisz. Najwyższą wartością wskaźnika LAI charakteryzowała się pszenica orkisz, a także „stare” odmiany pszenicy ozimej. Spośród porównywanych odmian najlepszym stanem odżywienia azotem charakteryzowała się odmiana Mewa. Uzyskane wyniki badań wskazują, iż odmianami bardziej przydatnymi do uprawy w rolnictwie ekologicznym są oścista odmiana Mewa, a także jakościowe odmiany Zyta i Sukces. Pszenica orkisz, ze względu na wiele korzystnych cech wydaje się mieć korzystne perspektywy rozwoju w rolnictwie ekologicznym, choć z drugiej strony jej mała mrozoodporność stwarza istotne ograniczenia w jej rozpowszechnieniu w naszym kraju.

Słowa kluczowe: rolnictwo ekologiczne, dobór odmian, pszenica ozima

The aim of investigations was to evaluate the reaction of some winter wheat varieties to cultivation in the organic crop production system. The studies included analyses of the following features: yielding, dry matter accumulation, nitrogen nutrient status and the Leaf Area Index (LAI). The data came from the field experiment, which was set up in 1994 at the Experimental Station in Osiny (Lublin province) to compare different crop production systems. The investigations were carried out in 2003–2005 in the winter wheat field. Six varieties of common winter wheat (Mewa, Roma, Kobra, Sukces, Zyta and Korweta) and one variety of spelt winter wheat (Schwabenkorn) were evaluated. In 2005, three “old” winter wheat varieties (Ostka Kazimierska, Kujawianka Więclawicka and Wysokolitewka

Szttywnośłoma) were additionally included. The highest yields were recorded for the varieties Mewa (4.27 t/ha) and Sukces (4.21 t/ha). The common varieties yielded by about 2 t/ha higher than the “old” ones. Var. Zyta and spelt wheat accumulated the largest amounts of dry matter. The “old” winter wheat varieties and spelt wheat were characterised by the highest LAI values. Variety Mewa was found to be in the best nitrogen nutrient status. This variety seems to be the most useful in organic farming. Also vars. Zyta and Sukces and spelt wheat, seem to have good perspectives. The efficiency of nitrogen utilization seems to be an interesting test to examine the usefulness of cereal varieties in organic farming.

Key words: organic farming, variety selection, winter wheat

WSTĘP

W ostatnim okresie wzrasta zainteresowanie praktyki rolniczej ekologicznym sposobem gospodarowania. Specyfika rolnictwa ekologicznego (brak chemicznej ochrony roślin, szybko działających nawozów sztucznych) powoduje, że w systemie tym dobór do uprawy odpowiednich odmian może mieć zasadnicze znaczenie dla wielkości i jakości uzyskiwanego plonu. Przyjmuje się, że odmiany takie powinny charakteryzować się dużą odpornością na różne choroby (zwłaszcza grzybowe), lepszą zdolnością pobierania składników nawozowych z gleby, szybkim wzrostem, a tym samym większą konkurencyjnością w stosunku do chwastów. Ocena tych cech oraz ich interakcji w warunkach ekologicznego gospodarowania jest zagadnieniem nowym i bardzo aktualnym. W literaturze krajowej niewiele jest informacji na ten temat (Jończyk, 2002; Feledyn-Szewczyk i Duer, 2006; Kuś i in., 2006). Nieliczne doniesienia z literatury zagranicznej wskazują, że odpowiedni dobór odmian decyduje w znacznym stopniu o wielkości uzyskiwanych plonów w rolnictwie ekologicznym (Eisele i Kopke, 1997; Leibl i Petr, 2000).

Celem przeprowadzonych badań była ocena reakcji wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w systemie ekologicznym.

MATERIAŁ I METODY

Do przeprowadzenia badań wykorzystano doświadczenie polowe założone w 1994 roku w Stacji Doświadczalnej IUNG w Osinach (woj. lubelskie), którego celem jest porównywanie różnych systemów produkcji roślinnej (ekologicznego, integrowanego i konwencjonalnego). Badania prowadzono w latach 2003–2005 na polu pszenicy ozimej w systemie ekologicznym o powierzchni 1 ha, na glebie zaliczanej do kompleksu żyniego dobrego. System ekologiczny reprezentowany jest przez następujące zmianowanie: ziemniak — pszenica jara + wsiewka — koniczyna czerwona z trawą (1 rok) — koniczyna czerwona z trawą (2 rok) — pszenica ozima + poplon. W systemie tym nie stosuje się syntetycznych nawozów mineralnych, pestycydów oraz regulatorów wzrostu. Nawożenie organiczne obejmuje stosowanie kompostu raz w rotacji pod ziemniak w ilości 30 t/ha. Zwalczanie chwastów polega głównie na intensywnych zabiegach mechanicznych.

W doświadczeniu testowano sześć odmian pszenicy ozimej (Kobra, Roma, Korweta, Sukces, Zyta, Mewa) oraz odmianę Schwabenkorn pszenicy orkisz. Porównywane odmiany charakteryzowały się różnymi cechami morfologicznymi (długość źdźbła, intensywność krzewienia, LAI), wartością technologiczną ziarna, wczesnością, odpor-

nością na choroby, itd. Ich bliższą charakterystykę podano w tabeli 1 (Lista opisowa odmian, 2003).

Tabela 1

Ważniejsze właściwości rolniczo-użytkowe porównywanych odmian pszenicy ozimej
Major agricultural and technological features of selected winter wheat varieties

Odmiana Variety	Typ użytkowy Technological type	Plon ziarna* Grain yield*	Wysokość roślin w cm Height of stalk in cm	MTZ** 1000 KW** in g	Zimotrwałość w skali 9" Cold resistance in 9" scale	Odporność na wyleganie Lodging resistance	Zdrowotność roślin Phytosanitary status
Kobra	chlebowy B Bread (B)	103	93	45,8	4,5	duża high	przeciętna average
Roma	chlebowy B bread (B)	89	112	46,9	7	mała low	przeciętna average
Mewa	chlebowy B bread (B)	97	101	47,6	6	dość mała quite low	dość dobra quite good
Korweta	jakościowy A qualitative (A)	96	103	44,5	3,5	dość mała quite low	dobra good
Sukces	jakościowy A qualitative (A)	103	97	46,1	2,5	duża high	dobra good
Zyta	jakościowy A qualitative (A)	99	110	50,3	2,5	duża high	dobra good

*% wzorca 100% is a standard; **MTZ — masa 1000 ziaren KW — 1000 kernels weight

Doświadczenie polowe prowadzono równocześnie z wszystkimi odmianami, a powierzchnia zajmowana przez każdą z odmian wynosiła ok. 0,10 ha.

Dodatkowo w 2005 roku do uprawy w systemie ekologicznym, oprócz dotychczasowych odmian, wprowadzono trzy tzw. „stare” odmiany pszenicy ozimej: Ostkę Kazimierską (w rejestrze odmian w 1964 roku), Kujawiankę Więclawicką (1967 r.), Wysokolitewkę Sztynnosłomą (1951 r.).

Przeprowadzone badania obejmowały analizę i ocenę plonowania, nagromadzania suchej masy, stanu odżywienia azotem oraz dynamiki zmian wskaźnika pokrycia liściowego (LAI).

Plon ziarna oraz elementy jego struktury oceniano na podstawie próbek roślin pobranych z powierzchni kontrolnych (ok. 20 m²).

Analizę nagromadzania biomasy prowadzono od początku strzelania w źdźbło do kwitnienia pszenicy w odstępach ok. 10-dniowych, pobierając próby każdej z badanych odmian z 1 metra bieżącego rzędu w czterech powtórzeniach.

Do oceny stanu odżywienia azotem kilku odmian pszenicy ozimej wykorzystano 3 metody chemiczne, z czego dwie należą do kategorii metod bezpośrednich (metoda przedziału krytycznego i test NNI) natomiast jedna klasyfikowana jest jako metoda pośrednia (test SPAD — pośredni test oparty na zawartości chlorofilu).

W celu oznaczenia w suchej masie całkowitej zawartości azotu pobierano próby w czterech powtórzeniach z badanych odmian pszenicy ozimej. Każda próba składała się z 10 roślin, a ściślej ich nadziemnych części. Pobierano je w fazach: strzelanie w źdźbło (GS 32–35) i kłoszenie (GS 50–59). Zgromadzony materiał roślinny po wysuszeniu do stanu powietrznie suchego poddano mineralizacji na drodze mokrej stężonym H₂SO₄

i perhydrolem. Azot oznaczono metodą spektrofotometrii przepływowej w Głównym Laboratorium Analiz Chemicznych w Puławach.

W tych samych fazach rozwojowych oznaczono suchą masę każdej z badanych odmian pszenicy ozimej pobierając próby z metra bieżącego rzędu w czterech powtórzeniach.

Metodę przedziału krytycznego (MPK) wykorzystano do oceny stanu odżywienia pszenicy ozimej azotem w fazie strzelania w źdźbło (GS 32–35). Układem odniesienia dla tej metody był przedział zawartości krytycznej dla azotu wynoszący od 2,3 do 3,8% (Bergmann, 1992).

Indeks Odżywienia Azotem — NNI (Nitrogen Nutrient Index) wykorzystano do oceny stanu odżywienia azotem pszenicy ozimej w 2 fazach rozwojowych: strzelania w źdźbło (GS 32–35) oraz kłoszenia (GS 50–59). Indeks ten jest definiowany następująco (Lemaire i Gastal, 1997):

$$NNI = N \text{ aktualny} / N$$

gdzie: N aktualny — zawartość azotu (%) w analizowanej próbce, N krytyczny — krytyczna zawartość azotu (%).

Zawartość krytyczną azotu wyznaczono w oparciu o następujące równania regresji potęgowej, zaproponowane dla polskich warunków przez Fotyma i Pecio (1999):

$$Y = 4,56(W)^{-0,483}$$

gdzie, Y — krytyczna zawartość azotu ogólnego (%),

W — plon suchej masy w t/ha.

Dla roślin optymalnie odżywionych azotem wartość tego indeksu wynosi 1.

Ocenę stanu odżywienia azotem testem SPAD wykonano począwszy od fazy początku strzelania w źdźbło w 4 terminach w odstępach ok. 10 dniowych. Pomiary przeprowadzono na 30 w pełni rozwiniętych najmłodszych liściach w 4 powtórzeniach dla każdej z badanych odmian.

Na podstawie badań Fotymy (2002) przyjęto następujące krytyczne zawartości chlorofilu (wyrażone w jednostkach SPAD): dla Romy — 610, Kobry — 635, Korwety — 615, Zyty — 710 oraz dla Mewy — 628.

Wskaźnik powierzchni liściowej (LAI) określono wykonując losowo pomiary miernikiem Li 2000 (firmy Li Cor, USA). Pomiary dla wszystkich porównywanych odmian pszenicy ozimej wykonano w 6 powtórzeniach w każdej z trzech następujących fazach rozwojowych: strzelanie w źdźbło (GS 30–35), początek kłoszenia (GS 42–45) oraz początek dojrzałości woskowej (GS 70–72).

Warunki pogodowe

Ogólną charakterystykę warunków pogodowych w latach badań, na tle średnich wieloletnich, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Średnie miesięczne temperatury (°C) powietrza oraz sumy opadów (mm) w okresie prowadzenia badań w SD Osiny

Average monthly temperatures (in °C) and precipitation (mm) at the Experimental Station in Osiny								
Miesiąc Month	Temperatura — Temperature				Opad — Precipitation			
	2002–2003	2003–2004	2004–2005	1951–1980	2002–2003	2003–2004	2004–2005	1951–1980
IX	13,2	14,0	13,5	13,5	34	42	33	47
X	7,3	5,8	10,4	8,2	93	49	31	44
XI	4,8	5,4	3,7	2,8	25	20	54	39
XII	-6,8	1,0	3,3	-1,4	7	30	13	37
I	-3,2	-5,1	0,7	-3,5	26	21	38	30
II	-5,8	-0,4	-3,6	-2,4	8	44	18	29
III	2,8	3,2	0,1	1,5	13	34	28	31
IV	7,4	8,4	8,9	7,9	19	39	16	40
V	16,1	12,0	13,4	13,6	52	19	67	58
VI	17,6	15,9	16,0	17,0	46	52	32	70
VII	20,2	18,1	20,1	18,6	54	93	106	85
VIII	19,0	18,8	17,7	17,5	46	62	56	74

Układ warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym 2002–2003 był bardzo niekorzystny dla pszenicy ozimej. Zima 2002/2003 była długa i wyjątkowo mroźna. Grudzień 2002 i styczeń 2003 charakteryzowały się niskimi temperaturami (kilkakrotnie przy gruncie spadki temperatury przekraczały nawet -26°C) przy całkowitym braku lub małej pokrywie śnieżnej. Warunki te spowodowały znaczne uszkodzenia wszystkich odmian i przerzedzenie ładu. Wszystkie odmiany w dużym stopniu miały zniszczoną powierzchnię asymilacyjną i uszkodzone węzły krzewienia. Przerzedzenie porostu było zmienne. Pszenica orkisz wymarła prawie całkowicie, a ubytki w Życie i Korwecie dochodziły do 50%. Po pszenicy orkisz zasiano pszenicę jara, a w pozostałe odmiany wsiano mieszkankę koniczyny czerwonej z życią. Wegetacja ruszyła dopiero w połowie kwietnia i od tego okresu, do końca wegetacji pszenicy przeważała sucha i upalna pogoda, najtrudniejsze warunki wilgotnościowe wystąpiły w okresie kłoszenia.

Optymalna wilgotność gleby oraz korzystne temperatury jesienią 2003 sprzyjały równomiernym wschodom i początkowemu wzrostowi pszenicy ozimej. Dość ciepły listopad spowodował, iż przed zimą wszystkie odmiany rozpoczęły krzewienie. Łagodna zima 2003/2004 oraz długotrwałość pokrywy śnieżnej spowodowały, że wszystkie odmiany prezimowały bardzo dobrze i praktycznie nie zaobserwowano żadnych strat mrozowych. Wiosną wegetacja ruszyła nieco później niż zazwyczaj. Maj był suchy i chłodny, natomiast czerwiec charakteryzował się częstymi opadami o umiarkowanym nasileniu, w związku z tym obserwowano dość duże nasilenie chorób grzybowych liści.

Korzystny układ warunków pogodowych jesienią 2004 sprzyjał równomiernym wschodom pszenicy ozimej. Powolna wegetacja trwała aż do połowy stycznia. Zima była dość łagodna, przez większość jej czasu utrzymywała się niewielka pokrywa śnieżna. Wszystkie odmiany prezimowały dobrze i nie obserwowano poważniejszych strat mrozowych. W sezonie wegetacyjnym 2005 opady były nieduże i nierównomiernie rozłożone. Już w okresie kłoszenia obserwowano pierwsze objawy suszy, które pogłębiły się w kolejnych tygodniach wegetacji aż do dojrzałości woskowej. Natomiast w okresie

dojrzewania odnotowano dość duże opady, które korzystnie wpłynęły na dorodność ziarna, lecz jednocześnie zwiększyły porażenie przez septoriozę i rdzę.

WYNIKI I DYSKUSJA

1. Plonowanie odmian pszenicy ozimej

Plon ziarna sześciu znajdujących się obecnie w rejestrze odmian (Zyta, Sukces, Kobra, Korweta, Mewa, Roma) pszenicy ozimej uprawianych w systemie ekologicznym, średnio za 3 lata badań, wynosił 3,96 t/ha (tab. 3). W poszczególnych latach plon ten charakteryzował się dużą zmiennością i wynosił od 3,07 t/ha w 2003 roku dla odmiany Korweta do 4,67 t/ha w 2004 r. dla odmiany Mewa. Odnotowano także duże wahania obsady kłosów jak i masy 1000 ziaren. Spośród testowanych odmian największe i najbardziej stabilne plony średnio w całym okresie badań uzyskiwała odmiana Mewa — 4,27 t/ha oraz Sukces — 4,21 t/ha, choć należy podkreślić, iż odmianą najwyższej plonującą w ostatnich 2 latach badań (2004–2005) była Zyta — 4,46 t/ha. O większej produktywności wspomnianych odmian decydowała głównie stosunkowo duża obsada kłosów przy jednoczesnej większej dorodności ziarna. Najniższe plony spośród porównywanych odmian uzyskała odmiana Korweta — średnio 3,52 t/ha. Pszenica orkisz średnio za 2 lata (w 2003 r. pszenica orkisz wymarzała) plonowała na poziomie 4,38 t/ha ziarna oplewionego. Zakładając ok. 50% udział łuski w plonie, plon czystego ziarna wynosił ok. 2,2 t/ha. Biorąc po uwagę duże możliwości uzyskania za ziarno pszenicy orkisz wyższej ceny na rynku produktów EKO w porównaniu do zwykłej pszenicy, jej uprawa powinna wzbudzać duże zainteresowanie, choć z drugiej strony istotnym ograniczeniem w jej rozpowszechnieniu w naszym kraju może być jej mała mrozoodporność.

W 2005 roku do uprawy w systemie ekologicznym, oprócz dotychczasowych odmian, wprowadzono trzy tzw. „stare” odmiany pszenicy ozimej, tj. Ostkę Kazimierską, Wysokolitewkę Sztywnosłomą oraz Kujawiankę Więclawicką. Średni plon ziarna 6 „współczesnych” odmian pszenicy ozimej w 2005 roku wyniósł — 3,98 t/ha. Wśród nich najwyższą plonowała odmiana Zyta — 4,65 t/ha, najniższy plon uzyskała Korweta 3,34 t/ha, natomiast spośród „starych” odmian pszenicy ozimej najwyższy plon dała Ostka Kazimierska — 2,58 t/ha, natomiast najniższy Wysokolitewka Sztywnosłoma — 2,03 t/ha (tab. 3). Należy podkreślić, iż odmiany „współczesne” uzyskały plony średnio o około 2 t/ha większe, niż tzw. odmiany „stare”. O wyższej produktywności odmian współczesnych zadecydowała głównie większa dorodność ziarna (MTZ w granicach 43–51 g), oraz większa (o około 90 szt./m²) obsada kłosów w porównaniu do „starych” odmian.

Czynnikami, które w systemie ekologicznym w największym stopniu decydowały o wydajności pszenicy ozimej były: zachwaszczenie i porażenie patogenami grzybowymi powodującymi choroby liści. Istotne znaczenie tych czynników uwidoczniło się głównie w stosunku do odmian „starych”, silniej porażanych przez choroby grzybowe (np. mączniaka, rdzę brunatną) (Kuś i in., 2006) oraz uzyskujących małe zagęszczenia łanu, a także w stosunku do niskich odmian współczesnych, wykazujących wyraźnie mniejszą zdolność konkurencyjną w stosunku do chwastów (np. Korweta, Kobra).

Tabela 3

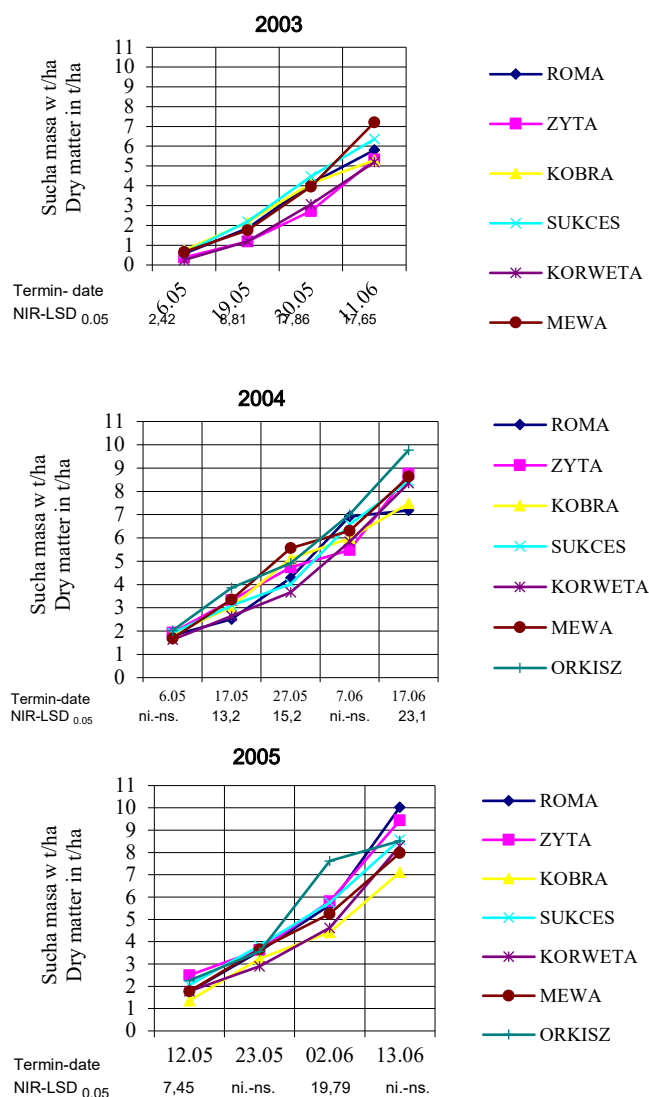
Plonowanie odmian pszenicy ozimej w systemie ekologicznym (2003–2005)
Yielding of some winter wheat varieties in the organic system (2003–2005)

Rok Year	Odmiana Variety	Plon ziarna (t/ha) Grain yield (t/ha)	Obsada kłosów (szt./m ²) Ear density (ears/m ²)	Masa 1000 ziaren (g) 1000-kernels weight (g)
2003	Kobra	3,55	410	41,8
	Roma	3,64	330	48,8
	Korweta	3,07	310	43,4
	Mewa	4,4	426	45,9
	Zyta	3,28	297	46,6
	Sukces	4,24	403	43,7
	Średnio dla 6 odmian** Average for 6 varieties**	3,71	359	45,0
	NIR _(0,05) — LSD _(0,05)	0,23	53,01	1,58
*2004	Kobra	4,45	390	47,1
	Roma	3,78	359	48,9
	Korweta	4,14	335	45,1
	Mewa	4,67	373	50,0
	Zyta	4,27	467	48,0
	Sukces	3,93	416	47,7
	Pszenica Orkisz* — Spelt wheat*	4,08	437	—
	Średnio dla 6 odmian** Average for 6 varieties**	4,19	397	47,8
	NIR _(0,05) — LSD _(0,05)	0,17	58,94	0,99
2005	Kobra	3,51	330	42,1
	Roma	4,19	297	51,2
	Korweta	3,34	351	43,0
	Mewa	3,74	336	46,0
	Zyta	4,65	471	47,8
	Sukces	4,47	479	43,7
	Ostka Kazimierska	2,58	263	31,3
	Kujawianka Węclawicka	2,29	298	28,2
	Wysokolitewka	2,03	303	25,8
Średnio Average	Pszenica Orkisz* — Spelt wheat*	4,69	503	—
	Średnio dla 6 odmian** Average for 6 varieties**	3,98	377	45,6
	Kobra	3,84	377	43,7
	Roma	3,87	329	49,6
	Korweta	3,52	332	43,8
	Mewa	4,27	378	47,3
	Zyta	4,07	412	47,2
	Sukces	4,21	433	45,0
	Pszenica Orkisz* — Spelt wheat*	4,38	470	—
	Średnio dla 6 odmian** Average for 6 varieties**	3,96	377	46,1

*Masa oplewionego ziarna yield of glumed grain; **Średnia dla 6 odmian average for 6 varieties: Kobra, Roma, Korweta, Mewa, Sukces, Zyta

2. Nagromadzanie suchej masy odmian pszenicy ozimej

Ocena akumulacji suchej masy odmian pszenicy ozimej wykazała duże zróżnicowanie wyników w poszczególnych fazach rozwojowych i w analizowanych latach (rys. 1).



Rys. 1. Nagromadzenie suchej masy odmian pszenicy ozimej w latach 2003–2005
 Fig. 1. Dry matter accumulation in some winter wheat varieties (2003–2005)

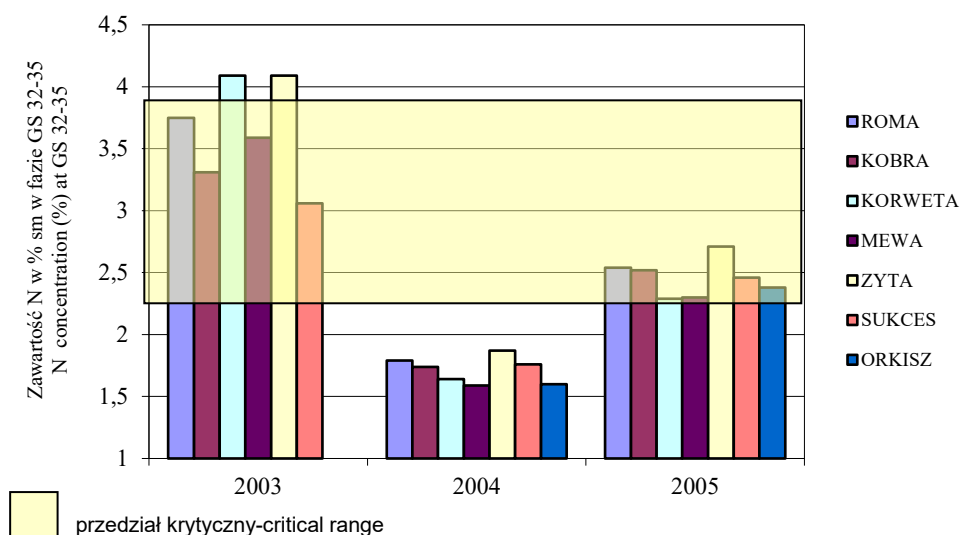
Rok 2003 charakteryzował się najmniejszą dynamiką nagromadzania suchej masy. Różnice w końcowej jej akumulacji wynosiły około 2–3 ton/ha w porównaniu do lat 2004–2005. Przyczyną akumulacji mniejszej suchej masy odnotowanej w sezonie 2003 były duże straty mrozowe wszystkich porównywanych odmian. Jednak w największym stopniu dotknęły one odmian o najmniejszym wskaźniku zimotrwałości, tj. Zytę i Sukces. W konsekwencji w 2003 roku porównywane odmiany pszenicy ozimej plonowały średnio na niższym poziomie niż w pozostałych latach (tab. 3). Sezony 2004 i 2005 były zbliżone

do siebie. Największą akumulację suchej masy odnotowała, najwyżej plonująca odmiana Zyta. Ponadto wysoką dynamiką nagromadzania suchej masy przez większą część sezonu charakteryzowała się pszenica orkisz. Najmniejszą suchą masę w końcowym terminie odnotowano dla odmian: Roma i Kobra, co mogło być związane z większym porażeniem ich aparatu asymilacyjnego przez patogeny grzybowe (rys. 1).

3. Ocena stanu odżywienia azotem

Metoda przedziału krytycznego

Ocena stanu odżywienia azotem pszenicy ozimej dokonana metodą przedziału krytycznego wykazała, iż w 2003 oraz 2005 roku w fazie początek strzelania w źdźbło (GS 32-35) zawartości tego składnika dla wszystkich porównywanych odmian mieściły się, bądź tylko nieznacznie przekraczały, granice przedziału wzorcowego, wahającego się jednak w dość szerokim zakresie od 2,3 do 3,8%. Natomiast w 2004 r. średnie zawartości azotu dla wszystkich porównywanych odmian nie znalazły się w obrębie przedziału krytycznego (rys. 2).

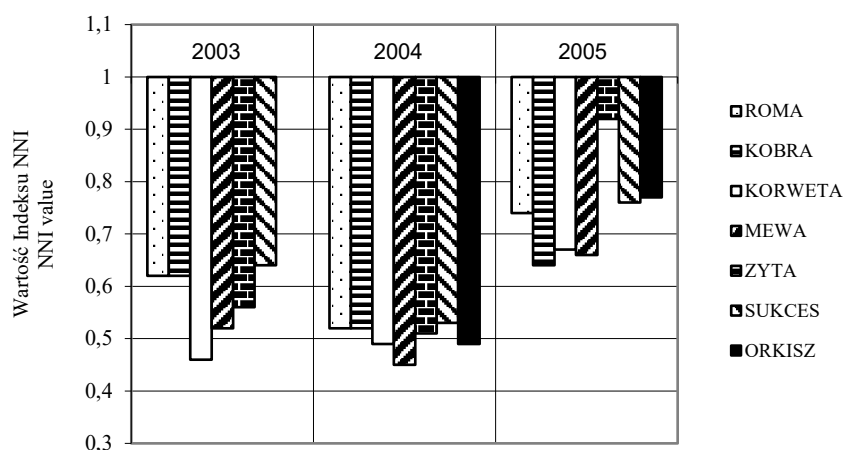


Rys. 2. Ocena stanu odżywienia azotem metodą przedziału krytycznego odmianach pszenicy ozimej w fazie GS 32-35 w latach 2003–2005

Fig. 2. Evaluation of nitrogen nutrient status by critical range method for some winter wheat varieties at the GS 32-35 in 2003–2005

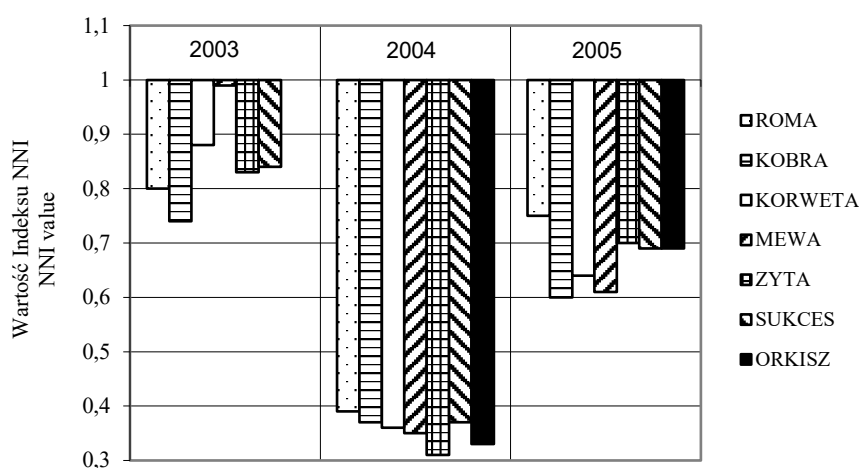
Indeks NNI

W całym okresie badań niezależnie od fazy rozwojowej wartości Indeksu NNI praktycznie dla wszystkich porównywanych odmian pszenicy ozimej wskazywały na mniej lub bardziej deficytowy stan odżywienia azotem. Najbardziej niedoborowe wartości odnotowano w sezonie 2004, najmniej w roku 2003 (rys. 3 i 4).



Rys. 3. Wskazania Indeksu NNI dla odmian pszenicy ozimej w fazie GS 32-35 w latach 2003–2005

Fig. 3. NNI values for some winter wheat varieties at the GS 32-35 (2003–2005)



Rys. 4. Wskazania Indeksu NNI dla odmian pszenicy ozimej w fazie GS 50-55 w latach 2003–2005

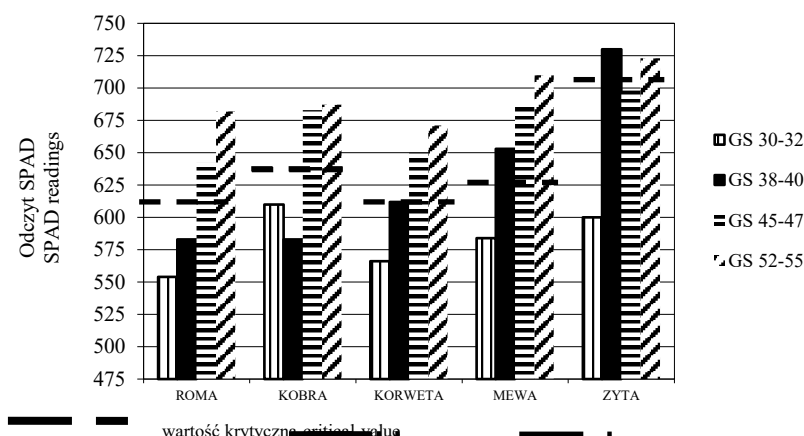
Fig. 4. NNI values for some winter wheat varieties at the GS 50-55 (2003–2005)

Średnio dla 3 lat badań, niezależnie od fazy rozwojowej, wartości Indeksu NNI dla porównywanych odmian wahały się w zakresie od 0,5 do 0,7. Największy deficyt w fazie kwitnienia dotyczył pszenicy orkisz, natomiast najlepiej odżywione w tej fazie rozwojowej były odmiana Mewa i Roma. Należy zauważyć, iż wskazania Indeksu NNI tylko w jednym przypadku, tj. dla odmiany Mewa w 2003 r. w fazie kwitnienia (GS 50-55), wskazywały na wystarczające zaopatrzenie w azot (rys. 4).

Na podstawie innych badań własnych (Stalenga, 2007) wykazano, iż najbardziej krytycznym okresem, jeżeli chodzi o zaopatrzenie w azot dla pszenicy uprawianej w systemie ekologicznym, jest faza strzelania w źdźbło, natomiast w kolejnych fazach stan odżywienia tym składnikiem z reguły ulega poprawie. Jednakże taką tendencję zaobserwowano jedynie w roku 2003. W pozostałych latach, a zwłaszcza w sezonie 2004 prawidłowość ta nie potwierdziła się. Pogorszenie stanu odżywienia azotem pszenicy ozimej w kolejnych fazach rozwojowych w sezonie 2004 mogło się wiązać ze specyficznym przebiegiem pogody. Wiosna tego roku generalnie była chłodna, a czerwiec charakteryzował się częstymi opadami o umiarkowanym nasileniu, w związku z czym obserwowano duże nasilenie chorób grzybowych liści. W 2004 roku objawy rdzy brunatnej na sporej powierzchni obserwowano już w fazie kwitnienia. Uszkodzenia trzeciego liścia sięgały w tej fazie już kilkudziesięciu procent powierzchni dla większości porównywanych odmian (Kuś i in., 2006). Tak poważnie porażony aparat asymilacyjny mógł istotnie ograniczać procesy pobrania i dystrybucji składników pokarmowych w roślinie i w konsekwencji prowadzić do gorszego zaopatrzenia w azot. Należy zauważyć, że pomimo tego poziom osiągniętych plonów w 2004 r. dla większości porównywanych odmian był wyższy niż w sezonach 2003 i 2005.

Test SPAD

W badanych latach, a także w okresie wegetacyjnym w ramach poszczególnych lat odnotowano duże zróżnicowanie odczytów SPAD (rys. 5–7). Największe różnice stwierdzono w sezonie 2003 (rys. 5).

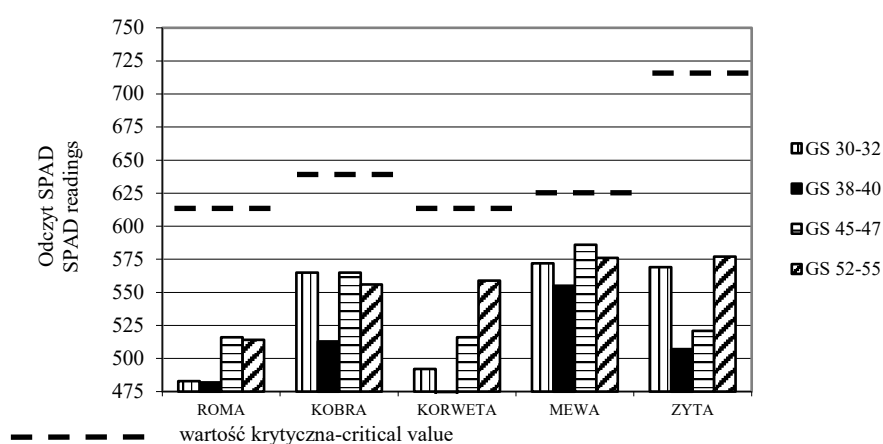


Rys. 5. Odczyty SPAD dla wybranych odmian pszenicy ozimej w 2003 roku
Fig. 5. SPAD readings for some winter wheat varieties in 2003

W okresie tym różnica wielkości odczytu między I terminem a III i IV przekraczała dla większości odmian 100 jednostek SPAD. Najprawdopodobniej bardzo niskie wartości odczytów SPAD w początkowym okresie wegetacyjnym (pierwszych dwóch terminach) i związany z tym gorszy stan odżywienia roślin azotem, wiązały się ze specyficznym przebiegiem pogody w okresie wczesnej wiosny. W 2003 r. wegetacja ruszyła wyjątkowo

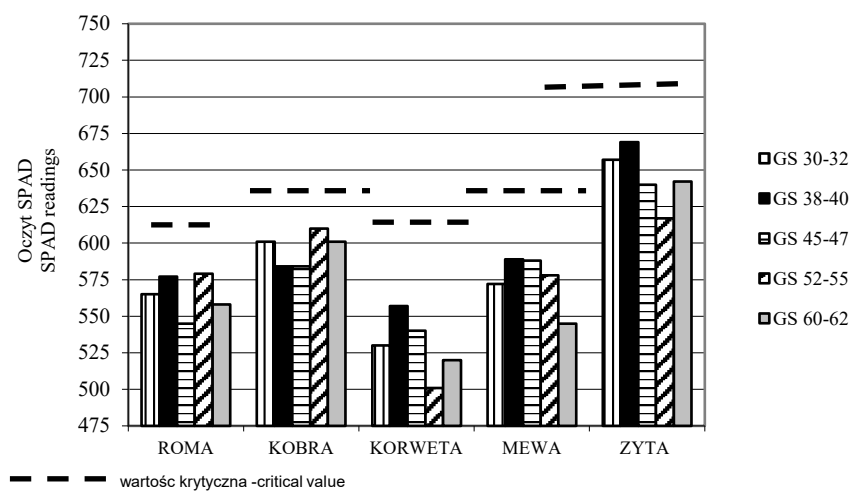
późno (połowa kwietnia) i od tego okresu, do końca wegetacji przeważała sucha, upalna pogoda. Takie warunki nie sprzyjały zapewnieniu roślinom wystarczającego zaopatrzenia w azot. Należy zauważyć, iż wczesną wiosną przebieg procesów mikrobiologicznych w glebie jest jeszcze stosunkowo powolny i nawet w przypadku odpowiedniego zasobu związków organicznych bogatych w azot nie gwarantuje odpowiedniego zaopatrzenia roślin w ten składnik (Stalenga, 2007). Niekorzystne warunki pogodowe wiosną 2003 r. mogły procesy te dodatkowo spowolnić.

Jeszcze inaczej odczyty SPAD kształtowały się w sezonie 2004 (rys. 6). Żadna z porównywanych odmian nie osiągnęła w trakcie sezonu wegetacyjnego wyznaczonej wartości krytycznej. Zdecydowanie słabsze wyniki testu SPAD w tym sezonie mogły być spowodowane wyraźnie mniejszymi plonami koniczyny z trawą w 2003 r., która w konsekwencji pozostawiła pszenicy słabsze niż zwykle stanowisko. Ponadto dodatkowym czynnikiem mogły być nieco gorsze warunki siedliskowe (pszenicę w 2004 r. uprawiano na glebie zaliczanej głównie do kompleksu żytniego słabego). Wszystko to mogło nie sprzyjać zapewnieniu roślinom wystarczającego zaopatrzenia w azot.

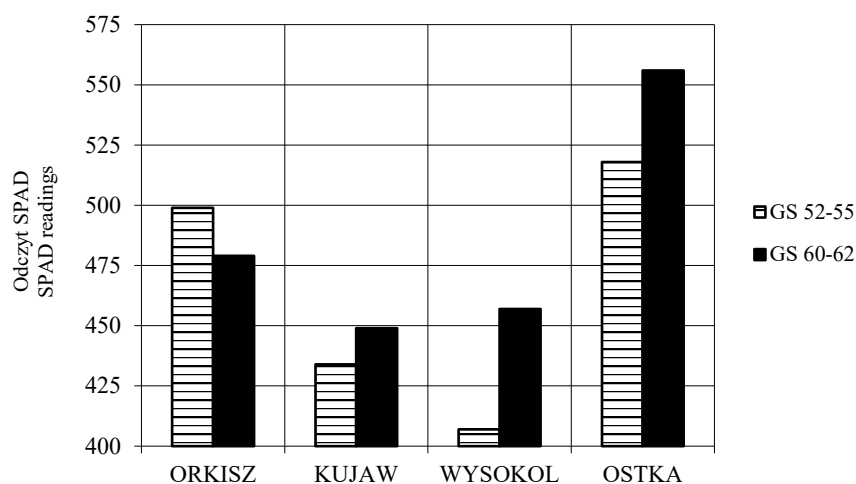


Rys. 6. Odczyty SPAD dla wybranych odmian pszenicy ozimej w 2004 roku
Fig. 6. SPAD readings for some winter wheat varieties in 2004

Także w sezonie 2005 żadna z porównywanych odmian pszenicy ozimej nie osiągnęła wyznaczonej wartości krytycznej (rys. 7). Układ wyników w tym roku był zbliżony do odnotowanego w sezonie 2004.



Rys. 7. Odczyty SPAD dla wybranych odmian pszenicy ozimej w 2005 roku
Fig. 7. SPAD readings for some winter wheat varieties in 2005



Rys. 8. Odczyty SPAD dla trzech „starych” odmian pszenicy ozimej i jednej odmiany pszenicy orkisz w 2005 roku

Fig. 8. SPAD readings for three “old” winter wheat varieties and one variety of spelt wheat in 2005

Spośród porównywanych starych odmian pszenicy ozimej odmiana Ostka Kazimierska osiągała wyraźnie wyższe wartości SPAD niż pozostałe odmiany (rys. 8). Należy ponadto zauważyć, iż we wszystkich przypadkach, za wyjątkiem pszenicy orkisz, wyższe wartości odczytów SPAD uzyskiwano w terminie późniejszym, co wskazuje na poprawę stanu

odżywienia azotem w miarę upływu czasu. Podobną tendencją dla „współczesnych” odmian zaobserwowano także w sezonie 2003 i 2004. Należy podkreślić, iż ze względu na brak wyznaczonych krytycznych wartości SPAD dla „starych odmian” pszenicy ozimej precyzyjna ocena stanu ich odżywienia azotem wydają się być utrudniona.

Uzyskane wyniki wskazują, że najlepszym stanem odżywienia azotem ocenionym testem SPAD charakteryzowała się odmiana Mewa. Średnio za 3 lata badań odchylenie od wartości krytycznej dla tej odmiany wynosiło jedynie -26 jednostek. Natomiast zdecydowanie największe odchylenie od wartości wzorcowej, wynoszące -85 jednostek, odnotowano dla odmiany Zyta, co wskazywałoby na jej wyraźnie gorsze zaopatrzenie w azot w porównaniu do pozostałych odmian (tab. 4).

Tabela 4

Odchylenie odczytu SPAD od wartości krytycznej dla wybranych odmian pszenicy ozimej
Deviation of SPAD readings from the critical value for some winter wheat varieties

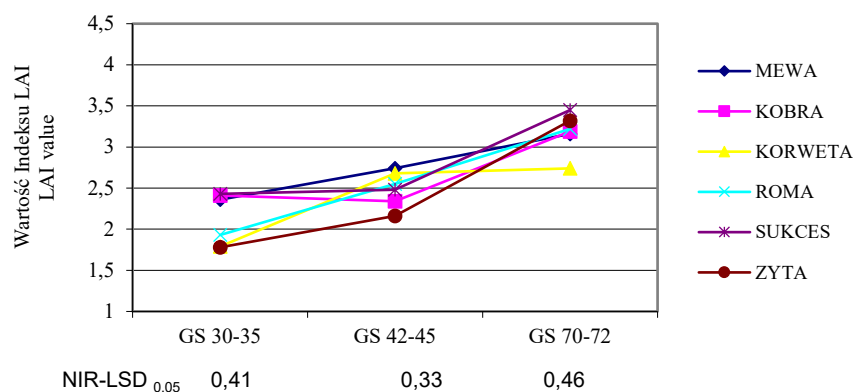
Odmiana Cultivar	2003	2004	2005	Średnio Average
ROMA	5	-111	-45	-50
KOBRA	6	-85	-39	-40
KORWETA	10	-107	-86	-61
MEWA	31	-56	-54	-26
ZYTA	-22	-167	-65	-85

W trakcie prowadzonych badań odnotowano duże zróżnicowanie ocen stanu odżywienia w zależności od zastosowanego testu. Wynika to stąd, iż zastosowane metody opierały się na innych założeniach, a także oceniały stan odżywienia z różnym stopniem precyzji. Metoda przedziału krytycznego oraz indeks NNI należą do bezpośrednich metod chemicznych, natomiast test SPAD o zaopatrzeniu rośliny w azot informuje pośrednio, na podstawie zawartości chlorofilu. Spośród wykorzystanych metod najmniej precyzyjną była metoda przedziału krytycznego, w której przyjmuje się stosunkowo szeroki zakres zawartości wystarczających danego składnika. Stąd też w latach 2003 i 2005 praktycznie dla wszystkich odmian metoda ta wskazała na dostateczny stan odżywienia azotem. Zdecydowanie precyzyjniejszą metodą był test oparty na konkretnej zawartości krytycznej azotu — NNI oraz test SPAD oparty na pomiarze zawartości chlorofilu.

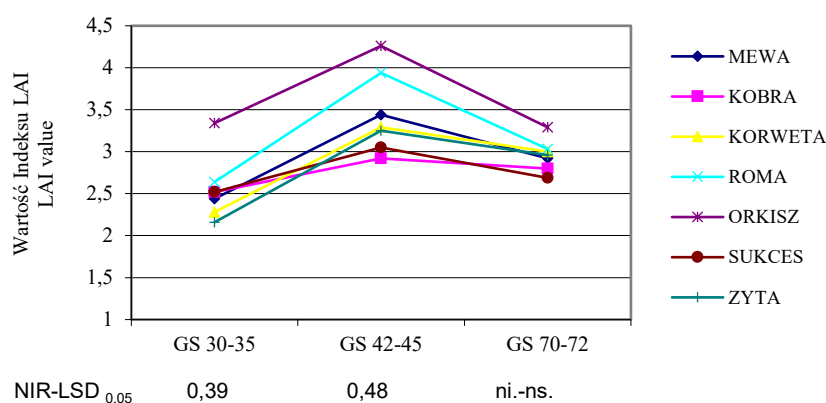
Wydaje się, że przydatność porównywanych testów stanu odżywienia roślin dla rolnictwa ekologicznego jest ograniczona. Wynika to stąd, iż w systemie tym możliwości praktycznego wykorzystania wyników testu do wyznaczenia dawek nawozów azotowych są niewielkie, ze względu na zakaz stosowania w rolnictwie ekologicznym syntetycznych nawozów mineralnych. Ponadto wykorzystane testy opracowano dla intensywnego rolnictwa ukierunkowanego na uzyskiwanie dużych plonów, zbliżonych do potencjalnej produktywności siedliska. W rolnictwie ekologicznym uzyskuje się natomiast plony zbóż z reguły mniejsze o 20–40%. Specyfika tego systemu (brak szybko działających nawozów mineralnych, chemicznej ochrony roślin, inny dobór odmian, itp.) powoduje, że warunki wzrostu i rozwoju roślin są tu odmienne. W związku z tym, konieczne jest poszukiwanie nowych metod oceny stanu odżywienia azotem przydatnych dla tego systemu, lub ponowne wykalibrowanie testów dotychczas stosowanych (Stalenga, 2002).

4. Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI)

W badanych latach odnotowano duże zróżnicowanie wartości wskaźnika LAI dla poszczególnych odmian pszenicy ozimej (rys. 9–11). W roku 2004 zdecydowanie największą wartością wskaźnika LAI charakteryzowała się odmiana Schwabenkorn pszenicy orkisz, a wśród odmian zwykłej pszenicy: Roma i Mewa (rys. 10).



Rys. 9. Wartość Indeksu Powierzchni Liściowej dla odmian pszenicy ozimej w 2003 roku
Fig. 9. LAI values for some winter wheat varieties in 2003

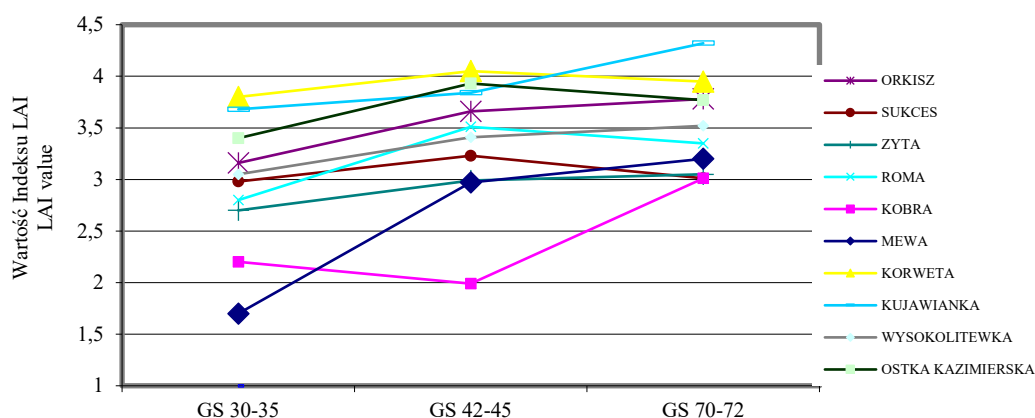


Rys. 10. Wartość Indeksu Powierzchni Liściowej dla odmian pszenicy ozimej w 2004 roku
Fig. 10. LAI values for some winter wheat varieties in 2004

Wynik ten w przypadku pszenicy orkisz należy wiązać przede wszystkim z dużym zagęszczeniem łanu połączonym ze znaczną wysokością roślin. Ogólnie wartość wskaźnika pokrycia liściowego była wypadkową wspomnianych cech oraz stanu zdrowotnego roślin determinującego czas trwania ulistnienia. Należy zauważyć, iż w latach typowym przebiegu pogody wartość wskaźnika LAI powinna począwszy od fazy

kłoseń zmniejszać się, choć z różnym natężeniem, ściśle uzależnionym od stopnia porażenia powierzchni liściowej przez patogeny grzybowe. Taką tendencję zaobserwowano w 2004 roku i dla niektórych odmian w 2005. W 2003 roku ze względu na straty mrozowe dynamika wartości Indeksu LAI miała zupełnie inny przebieg (rys. 9).

W 2005 roku największą wartością współczynnika LAI charakteryzowały się odmiany „stare”: Ostka Kazimierska, Kujawianka Wieleśławicka i pszenica orkisz, a wśród odmian zwykłej pszenicy: Korweta i Roma (rys. 11).



Rys. 11. Wartość Indeksu Powierzchni Liściowej dla odmian pszenicy ozimej w 2005 roku

Fig. 11. LAI values for winter wheat varieties in 2005

Najniższe wartości LAI odnotowano w początkowych fazach rozwoju u odmian: Mewa i Kobra. Wynik ten w przypadku odmian „starych” i pszenicy orkisz należy wiązać z dużym zagęszczeniem łanu i większą wysokością roślin. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wyższe wartości LAI u wspomnianych odmian był ich dłuższy okres wegetacji. Szczegółowa interpretacja wyników odnoszących się do współczynnika pokrycia liściowego jest utrudniona, co wynika z faktu bardzo dużego zachwaszczenia występującego w 2005 r. Konfrontując uzyskane wyniki pomiarów LAI ze stanem zachwaszczenia zauważalny jest, w przypadku odmian najsilniej zachwaszczonych (Mewa, Kobra), wzrost wartości wskaźnika pod koniec wegetacji. Zależność ta jest odmienna od obserwowanej we wcześniej prowadzonych badaniach (rok 2004) i uniemożliwia jednoznaczną interpretację uzyskanych wyników.

PODSUMOWANIE

1. Największe i najbardziej stabilne plony spośród testowanych odmian, średnio w całym okresie badań, uzyskały odmiany Mewa – 4,27 t/ha i Sukces – 4,21 t/ha. Odmianą najwyżej plonującą w sprzyjających warunkach pogodowych (2004/2005) była odmiana Zyta – 4,46 t/ha. Spośród trzech „starych” odmian pszenicy ozimej

- największy plon uzyskała Ostka Kazimierska — 2,58 t/ha, a najmniejszy Wysokolitewka Sztynnosłoma — 2,03 t/ha.
2. Największą akumulacją suchej masy charakteryzowała się odmiana Zyta oraz pszenica orkisz.
 3. Najwyższą wartością wskaźnika powierzchni liściowej (LAI) charakteryzowały się „stare” odmiany: Kujawianka Więclawicka, Ostka Kazimierska i pszenica orkisz. Spośród odmian „współczesnych” wysoką wartość tego wskaźnika uzyskały odmiany Mewa i Roma.
 4. Spośród porównywanych odmian najlepszym stanem odżywienia azotem charakteryzowała się odmiana Mewa.
 5. Wstępne wyniki badań wskazują, że „stare” odmiany pszenicy ozimej mają ograniczoną przydatność do uprawy w rolnictwie ekologicznym ze względu na wyraźnie niższą wydajność oraz większe porażenie aparatu asymilacyjnego przez patogeny grzybowe.
 6. Uprawa pszenicy orkisz, ze względu na szereg korzystnych cech (duża konkurencyjność w stosunku do chwastów, stosunkowo wysoka odporność na choroby grzybowe, popyt na rynku produktów ekologicznych) wydaje się mieć korzystne perspektywy rozwoju w rolnictwie ekologicznym.
 7. Istotnym kryterium oceny przydatności odmian do systemu ekologicznego jest poziom odporności na choroby grzybowe (głównie liści), a także zdolność do efektywnego pobierania składników pokarmowych z gleby oraz ich skuteczna redystrybucja do organów generatywnych.

LITERATURA

- Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- Eisele J. A., Köpke U. 1997. Choice of cultivars in organic farming: new criteria for winter wheat ideotypes. *Pflanzenbauwissenschaften* 1 (1): 19 — 24.
- Feledyn-Szewczyk B., Duer I. 2006. Ocena konkurencyjności odmian pszenicy ozimej uprawianej w ekologicznym systemie produkcji w stosunku do chwastów. *J. Res. Applic. Agricult. Eng.* 51(2): 30 — 35.
- Fotyma E., Pecio A. 1999. Zależność pomiędzy zawartością azotu a nagromadzeniem suchej masy przez zboża. *Pam. Puł.* 114: 93 — 100.
- Fotyma E. 2002. Zróżnicowanie odmianowe zawartości chlorofilu w liściach zbóż ozimych. *Pamiętnik Puławski* 130: 171 — 178.
- Jończyk K. 2002. Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w różnych systemach produkcji roślinnej. *Pam. Puł.* 130/I: 339 — 345.
- Kuś J., Mróz A., Jończyk K. 2006. Nasilenie chorób grzybowych wybranych odmian pszenicy ozimej w uprawie ekologicznej. *J. Res. Applic. Agricult. Eng.*, 2006, 51 (2): 88 — 93.
- Leibl M., Petr J. 2000. Varieties of winter wheat for ecological farming. In: *Proc. of the 13th Int. IFOAM Scien. Conf. in Basel*. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zurich: 243.
- Lemaire G., Gastal F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: Lemaire G. (ed.) *Diagnosis of the nitrogen in crops*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 3 — 43.
- Lista opisowa odmian. 2003. COBORU, Słupia Wielka.

- Stalenga, J. 2002. Zastosowanie testu SPAD do oceny stanu odżywienia azotem pszenicy ozimej w różnych systemach produkcji roślinnej. Nawozy i Nawożenie 2 (11): 137 — 144.
- Stalenga J. 2007. Applicability of different indices to evaluate nutrient status of winter wheat in the organic system. Journal of Plant Nutrition 30 (3): 351 — 365.

GRAŻYNA CACAK-PIETRZAK**ALICJA SULEK¹**

Zakład Technologii Zbóż Katedry Technologii Żywności, SGGW, Warszawa

¹ Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, IUNG — PIB w Puławach

Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej

The effects of nitrogen fertilization on yield and technological parameters of spring wheat

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2005–2006 w hali wegetacyjnej IUNG — PIB w Puławach posługując się wazonami Mitscherlicha (o poj. 7 kg gleby). Badano reakcję nowych odmian pszenicy jarej: Bombona, Raweta, Partyzan, Hewilla oraz rodu NAD 403 na 3 poziomy nawożenia azotem: 1,2; 2,4; 3,6 g N/wazon. Stwierdzono, że badane odmiany pszenicy wykazywały odmienną reakcję na zastosowane w doświadczeniu dawki azotu. W roku 2005 istotny wzrost plonowania przy dawce 2,4 g N/wazon wystąpił u odmian Bombona i Partyzan oraz rodu NAD 403, natomiast odmiana Raweta intensywnie wykorzystywała nawożenie 3,6 g N/wazon. W roku 2006 istotna zwiększka plonu ziarna wystąpiła przy dawce 2,4 g N/wazon u odmian Bombona, Raweta i Partyzan, natomiast odmiana Hewilla plonowała najwyższej przy dawce 3,6 g N/wazon. U wszystkich badanych odmian pszenicy wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem do dawki 3,6 g N/wazon następowało istotne zwiększenie ogólnej zawartości białka i ilości wymywanego glutenu. Tylko w przypadku rodu NAD 403 zawartość substancji białkowych zwiększała się istotnie do poziomu 2,4 g N/wazon. Zwiększenie dawki azotu powodowało na ogół obniżenie jakości glutenu, a w ziarnie zebranym w roku 2006 również wartości wskaźnika sedymentacyjnego. Poziom nawożenia azotem nie miał wpływu na aktywność enzymów amylolitycznych.

Słowa kluczowe: pszenica jara, plon, jakość ziarna, nawożenie azotem

The responses of 5 new cultivars of spring wheat to increasing nitrogen rates (1.2, 2.4 and 3.6 g N/pot) were investigated in the years 2005 and 2006 using Mitscherlich pots. The cultivars exhibited various reaction to the rates of nitrogen applied. In 2005, cultivars Bombona and Partyzan as well as strain NAD 403 showed significant increase in grain yield at the rate of 2.4 g N/pot, whereas the marked increase in the yield of cv. Raweta was recorded at 3.6 g N/pot. In 2006, the positive effect of fertilization on the yield of cvs Bombona, Raweta and Partyzan was observed at 2.4 g N/pot, while the highest yield of cv. Hewilla was obtained at 3.6 g N/pot. Apart from the amount, also yield quality depended on the rates of nitrogen fertilization. The increase in N rate to 3.6 g per pot resulted in the higher content of total protein and gluten in cvs Bombona, Raweta, Partyzan and Hewilla. With wheat strain NAD 403, significant increase in the content of these components was recorded at 2.4 g N/pot.

The gluten and sedimentation indices were found to decrease with increasing rates of N per pot. The activity of amylolytic enzymes remained at a stable level, irrespective of the nitrogen rate applied.

Key words: grain, nitrogen fertilization, quality, spring wheat, yield

WSTĘP

Pszenica jest zbożem, które ze względu na potencjał produkcyjny oraz wartość technologiczną odgrywa szczególną rolę w gospodarce światowej. Jednym z podstawowych czynników plonotwórczych, równocześnie wywierających wpływ na jakość zbieranego ziarna jest nawożenie azotem (Achremowicz i Zająć, 1991–1992; Achremowicz i in., 1993; Fatyga i in., 1994; Achremowicz i in., 1995; Borkowska i in., 1999; Mazurek i in., 1999; Mazurek i Sułek, 1999; Noworolnik i Sułek, 1999; Wróbel, 1999; Borkowska i in., 2002; Woolfolk i in., 2002; Sułek i in., 2002, 2004; Kocoń, 2005; Waclawowicz i in., 2005). Z dotychczas przeprowadzonych badań (Achremowicz i Zająć, 1991–1992; Achremowicz i in., 1993; Fatyga i in., 1994; Borkowska i in., 1999; Wróbel, 1999; Waclawowicz i in., 2005) wynika, że wraz ze zwiększaniem poziomu nawożenia azotem następuje wzrost plonowania pszenicy i na ogół poprawiają się również cechy jakościowe ziarna. Zmiany dotyczą przede wszystkim ilości i jakości substancji białkowych, w tym białek glutenowych decydujących o wartości wypiekowej mąki pszennej. Po przekroczeniu optymalnej dawki azotu może nastąpić spadek plonu ziarna oraz pogorszenie jego jakości. Wyniki wielu badań (Achremowicz i Zająć, 1993; Fatyga i in., 1994; Achremowicz i in., 1995; Fotyma, 1999; Noworolnik i Sułek, 1999; Borkowska i in., 2002; Ralcewicz i Knapowski, 2004; Waclawowicz i in., 2005) wskazują, że optymalny poziom nawożenia azotem pszenicy jarej zawiera się w szerokim przedziale wynoszącym od 50 do 150 kg N·ha⁻¹, w zależności od typu i zasobności gleby oraz różnych możliwości wykorzystania azotu przez poszczególne odmiany.

Celem badań było określenie zmian wielkości plonu oraz cech jakościowych ziarna nowych odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2005–2006 w hali wegetacyjnej IUNG — PIB w Puławach posługując się wazonami Mitscherlicha (o poj. 7 kg gleby). Badano reakcję nowych odmian pszenicy jarej: Bombona, Raweta, Partyzan, Hewilla oraz rodu NAD 403 na 3 poziomy nawożenia azotem: 1,2; 2,4; 3,6 g N/wazon. Azot podawano w formie NH₄NO₃, stosując ½ dawki przed siewem i ½ dawki w fazie strzelania w źdźbło. Nawożenie pozostałymi składnikami na wazon wynosiło: P₂O₅ — 1 g w postaci KH₂PO₄, K₂O — 1,5 g w postaci K₂SO₄, Mg — 0,6 g w postaci MgSO₄ × 7 H₂O. Ponadto do podłoża dodawano żelazo (50 mg), bor (5 mg) i miedź (3 mg). Siewu dokonano w końcu marca. W fazie drugiego liścia pozostawiono (po przerywce) po 10 roślin w wazonie. Wilgotność gleby utrzymywano przez cały okres wegetacji na poziomie 60% polowej pojemności wodnej. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach. Po zbiorze określono plon oraz cechy jakościowe ziarna: masę 1000 ziaren, zawartość białka ogółem metodą Kjeldahla (N

× 5,83), ilość i jakość glutenu mokrego (ICC 155), wskaźnik sedymentacyjny (ICC 116/1) oraz liczbę opadania (ICC 107/1). Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji w układzie kompletnie zrandomizowanym osobno dla każdego roku badań. Istotność różnic oceniano testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza statystyczna wykazała interakcję lat z badanymi cechami, dlatego wyniki przedstawiono osobno dla każdego roku badań.

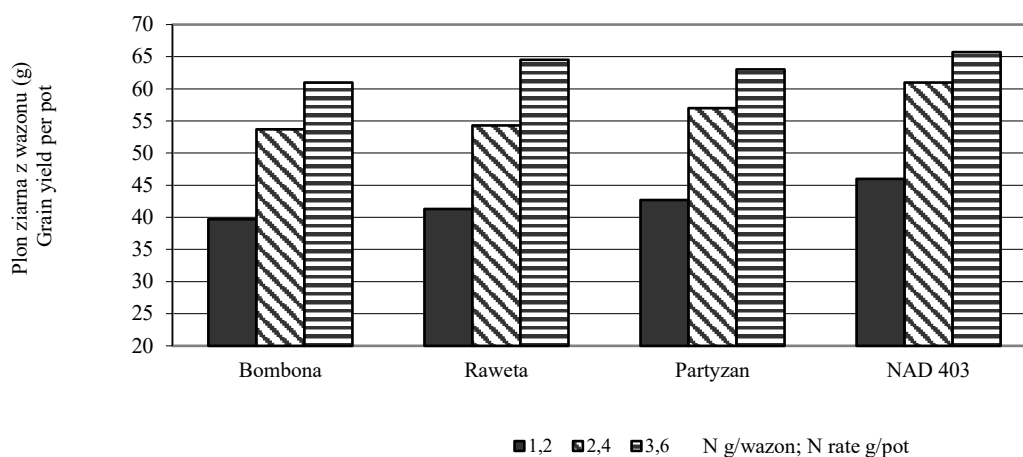
Przebieg warunków pogodowych w poszczególnych latach badań był zróżnicowany (tab. 1).

Tabela 1

Temperatura i usłonecznienie w latach 2005–2006
Temperature and insolation in the years 2005–2006

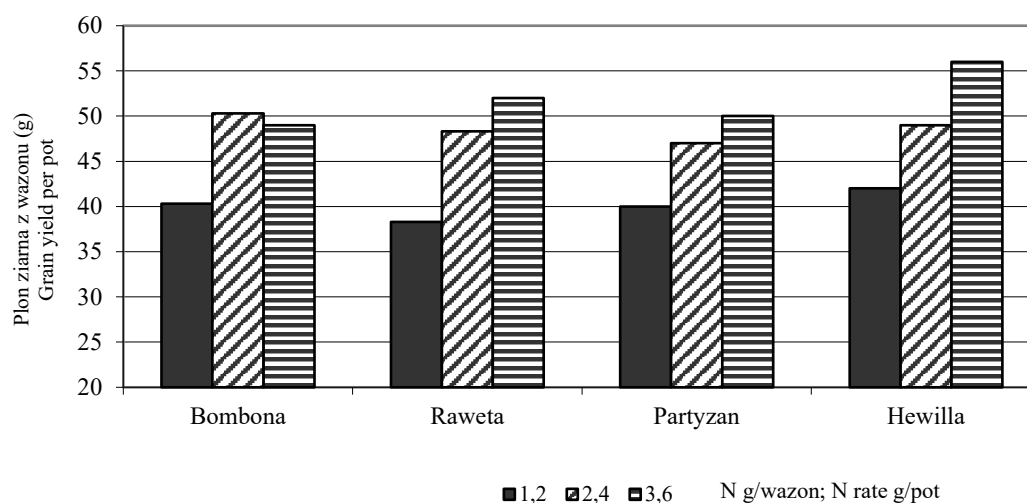
Miesiąc Month	Temperatura — temperature °C				Usłonecznienie — insolation			
	dekada — decade							
	I	II	III	średnio mean	I	II	III	średnio mean
	2005							
Kwiecień April	8,8	11,0	7,1	9,0	7,9	5,1	6,4	6,5
Maj May	11,1	11,2	18,8	13,7	4,8	6,9	12,6	8,1
Czerwiec June	13,7	17,3	18,3	16,4	5,7	8,6	12,1	8,8
Lipiec July	19,9	20,1	20,0	20,0	11,6	8,5	7,7	9,3
Sierpień August	16,9	16,9	17,9	17,3	5,8	7,2	9,2	7,4
	2006							
Kwiecień April	6,7	8,0	13,0	9,2	5,1	3,2	9,4	5,9
Maj May	13,6	14,5	13,6	13,9	9,3	8,8	6,0	8,0
Czerwiec June	12,3	18,5	22,2	17,7	6,9	12,7	9,6	9,7
Lipiec July	22,3	21,5	23,6	22,4	14,8	10,7	12,9	12,8
Sierpień August	18,8	18,6	15,9	17,8	4,5	7,0	6,7	6,0

W roku 2006 w czasie dojrzewania ziarna, w miesiącu czerwcu a szczególnie w lipcu, wystąpiło większe usłonecznienie i wyższe temperatury, w porównaniu z rokiem 2005, co wpłynęło istotnie na plonowanie oraz cechy jakościowe ziarna. Średni plon ziarna w roku 2005 był wyższy o 19% w porównaniu do plonu uzyskanego w roku 2006 (rys. 1, 2). Wynikało to m.in. z większej masy 1000 ziaren (tab. 2, 3). Na plon ziarna badanych odmian pszenicy jarej istotny wpływ miała również zastosowana dawka azotu. Spośród badanych pszenic, niezależnie od roku zbioru, najwyżej plonowały odmiany Hewilla, Raweta oraz ród NAD 403.



NIR_{0,05} dla interakcji czynników = 8,9
LSD_{0,05} for factors interaction = 8,9

Rys. 1. Wpływ nawożenia azotem (g/wazon) na plon ziarna odmian pszenicy jarej (zbiór 2005)
Fig. 1. Influence of nitrogen fertilization (g/pot) on grain yield of spring wheat cultivars (2005)



NIR_{0,05} dla interakcji czynników = 6,3
LSD_{0,05} for factors interaction = 6,3

Rys.2. Wpływ nawożenia azotem (g/wazon) na plon ziarna odmian pszenicy jarej (zbiór 2006)
Fig. 2. Influence of nitrogen fertilization (g/pot) on grain yield of spring wheat cultivars (2006)

Na cechy odmianowe jako czynnik różnicujący plony ziarna w warunkach zwiększonego nawożenia azotem wskazują również wyniki naszej wcześniejszej pracy (Sułek i in., 2004) oraz badania przeprowadzone przez innych autorów (Fotyma, 1999; Borkowska

i in., 2002). W roku 2005 spośród badanych pszenic efektywne wykorzystanie intensywnego nawożenia azotem (3,6 g N/wazon) wystąpiło wyłącznie w przypadku odmiany Raweta, natomiast u pozostałych odmian istotny wzrost plonu ziarna następował tylko do dawki 2,4 g N/wazon. W roku 2006 istotny wzrost plonowania po zastosowaniu dawki 3,6 g N/wazon wystąpił tylko u odmiany Hewilla, pozostałe odmiany reagowały istotnym wzrostem plonu ziarna już po zwiększeniu dawki z 1,2 do 2,4 g N/wazon.

Tabela 2

Cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od dawek azotu (zbiór 2005)
Grain quality traits of spring wheat cultivars depending on nitrogen fertilization (2005)

Wyszczególnienie Specification	Dawka N g/wazon N rate (g/pot)	Odmiana — Cultivar				Średnio Mean
		Bombona	Raweta	Partyzan	NAD 403	
Masa 1000 ziaren	1,2	41,5	46,5	38,5	44,7	42,8
Weight of 1000 grains	2,4	44,8	47,9	38,9	47,5	44,8
(g)	3,6	44,8	48,4	38,0	46,5	44,7
Średnio — Mean		43,7	47,6	38,5	46,2	
NIR _{0,05} dla dawek N – 2,0; odmian – 2,6; interakcji – r.n. LSD _{0,05} for rates N – 2,0; cultivars – 2,6; interactions – r.n.						
Zawartość białka ogółem	1,2	12,5	12,4	12,0	10,9	11,9
Protein content	2,4	16,5	16,2	14,7	14,6	15,5
(% s.m)	3,6	17,6	18,3	16,3	15,1	16,8
Średnio — Mean		15,5	13,5	15,6	14,3	
NIR _{0,05} dla dawek N – 0,6; odmian – 0,8; interakcji – 1,2 LSD _{0,05} for rates N – 0,6; cultivars – 0,8; interactions – 1,2						
Ilość glutenu	1,2	28,3	26,5	28,4	19,8	25,7
Gluten content	2,4	40,1	39,3	36,5	36,2	38,0
(%)	3,6	42,9	50,2	41,2	37,0	42,8
Średnio — Mean		37,0	39,6	35,4	31,0	
NIR _{0,05} dla dawek N – 1,2; odmian – 1,7; interakcji – 2,7 LSD _{0,05} for rates N – 1,2; cultivars – 1,7; interactions – 2,7						
Indeks glutenowy	1,2	84	69	85	91	82
Gluten index	2,4	78	53	86	80	74
	3,6	82	47	77	77	71
Średnio — Mean		81	56	83	83	
NIR _{0,05} dla dawek N – 5,3; odmian – 6,8; interakcji – 10,5 LSD _{0,05} for rates N – 5,3; cultivars – 6,8; interactions – 10,5						
Wskaźnik sedymentacyjny	1,2	67	75	90	69	75
Sedimentation index	2,4	65	79	93	72	77
(cm ³)	3,6	63	79	95	77	78
Średnio — Mean		65	78	93	73	
NIR _{0,05} dla dawek N – r.n.; odmian – 15; interakcji – r.n. LSD _{0,05} for rates N – r.n.; cultivars – 15; interactions – r.n.						
Liczba opadania	1,2	451	468	405	375	424
Falling number	2,4	480	470	442	303	423
(s)	3,6	466	420	401	375	415
Średnio — Mean		466	453	416	351	
NIR _{0,05} dla dawek N – r.n.; odmian – 71; interakcji – r.n. LSD _{0,05} for rates N – r.n.; cultivars – 71; interactions – r.n.						

r.n. – Różnice nieistotne; Not significant

Tabela 3

Cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej w zależności od dawek azotu (zbiór 2006)
Grain quality treats of spring wheat cultivars depending on nitrogen fertilization (2006)

Wyszczególnienie Specification	Dawka N g/wazon N rate (g/pot)	Odmiana— Cultivar				Średnio Mean
		Bombona	Raweta	Partyzan	Hewilla	
Masa 1000 ziaren	1,2	32,5	34,3	30,0	33,7	32,4
Weight of 1000 grains	2,4	34,5	30,7	28,3	31,7	31,3
(g)	3,6	30,0	33,7	31,5	33,6	32,1
Średnio — Mean		32,3	32,9	29,9	33,0	
NIR _{0,05} dla dawek N – r.n.; odmian – r.n.; interakcji – r.n.						
LSD _{0,05} for rates N – r.n.; cultivars – r.n.; interactions – r.n.						
Zawartość białka ogółem	1,2	16,1	12,8	13,7	12,8	13,9
Protein content	2,4	17,3	18,5	17,4	16,4	17,4
(% s.m)	3,6	18,0	20,2	18,8	17,2	18,5
Średnio — Mean		17,2	17,2	16,7	15,4	
NIR _{0,05} dla dawek N – 0,2; odmian – 0,3; interakcji – 0,5						
LSD _{0,05} for rates N – 0,2; cultivars – 0,3; interactions – 0,5						
Ilość glutenu	1,2	26,8	26,5	33,3	30,7	33,3
Gluten content	2,4	39,5	46,4	47,0	40,0	46,9
(%)	3,6	42,1	57,1	54,3	43,4	54,3
Średnio — Mean		36,1	43,3	44,8	38,0	
NIR _{0,05} dla dawek N – 0,7; odmian – 0,9; interakcji – 1,5						
LSD _{0,05} for rates N – 0,7; cultivars – 0,9; interactions – 1,5						
Indeks glutenowy	1,2	97	79	87	80	86
Gluten index	2,4	93	56	71	82	76
	3,6	89	49	64	80	71
Średnio — Mean		93	61	74	81	
NIR _{0,05} dla dawek N – 2,4; odmian – 3,1; interakcji – 5,3						
LSD _{0,05} for rates N – 2,4; cultivars – 3,1; interactions – 5,3						
Wskaźnik sedymentacyjny	1,2	81	72	79	78	77
Sedimentation index	2,4	72	63	77	73	71
(cm ³)	3,6	69	67	76	75	71
Średnio — Mean		74	67	77	75	
NIR _{0,05} dla dawek N – 1,4; odmian – 1,8; interakcji – 3,1						
LSD _{0,05} for rates N – 1,4; cultivars – 1,8; interactions – 3,1						
Liczba opadania	1,2	419	451	376	392	409
Falling number	2,4	468	452	467	437	466
(s)	3,6	412	419	442	410	421
Średnio — Mean		433	454	428	413	
NIR _{0,05} dla dawek N – r.n.; odmian – 18; interakcji – r.n.						
LSD _{0,05} for rates N – r.n.; cultivars – 18; interactions – r.n.						

r.n. – Różnice nieistotne; Not significant

Korzystne oddziaływanie azotu na wielkość plonów pszenicy stwierdzono w wielu pracach (Fatygą i in., 1994; Fotyma, 1999; Mazurek i in., 1999; Mazurek i Sułek, 1999; Noworolnik i Sułek, 1999; Wróbel, 1999; Ralcewicz i Knapowski, 2004; Waclawowicz i in., 2005). W doświadczeniach przeprowadzonych przez Fatygę i wsp. (1994) oraz Wróbla (1999) najwyższe plony uzyskano stosując azot w dawce 120 kg·ha⁻¹, natomiast zdaniem Waclawowicza i wsp. (2005) oraz Fotymy (1999) optymalną dla plonowania pszenicy jarej jest dawka 150 kg N·ha⁻¹. Borkowska i wsp. (1999) wykazali jednak, że zbyt intensywne nawożenie pszenicy azotem może prowadzić do silnego wylegania roślin oraz porażenia chorobami grzybowymi i tym samym spadku plonu ziarna.

W roku 2005 masa 1000 ziaren wykazywała istotny wzrost przy poziomie nawożenia 2,4 g N/wazon u odmiany Bombona i rodu NAD 403 (tab. 2). Zależności takiej nie stwierdzono w przypadku odmian Raweta i Partyzan. Korzystne oddziaływanie azotu na masę 1000 ziaren wykazali również Wróbel (1999) oraz Waławowicz i wsp. (2005). W roku 2006, podobnie jak we wcześniejszych badaniach przeprowadzonych w IUNG (Mazurek i Sułek, 1999; Mazurek i in., 1999; Noworolnik i Sułek, 1999; Sułek i in., 2002, 2004) u żadnej z badanych odmian pszenicy zastosowane w uprawie nawożenie azotem nie miało wpływu na tę cechę (tab. 3). Natomiast wyniki uzyskane przez Achremowicza i Zajęca (1991–1992), Achremowicza i wsp. (1993) oraz Borkowską i wsp. (1999) wskazują, że zwiększenie dawki azotu może wpływać niekorzystnie na masę 1000 ziaren. Zdaniem Waławowicza i wsp. (2005) oddziaływanie nawożenia azotem na masę 1000 ziaren uwarunkowane jest m.in. zasobnością gleby w ten składnik.

Warunki pogodowe w roku 2006 były bardziej sprzyjające dla odkładania się substancji białkowych w ziarnie wszystkich badanych odmian pszenicy. Średnia zawartość białka ogółem w ziarnie zebranym w roku 2006 i 2005 wynosiła odpowiednio: 16,6 i 14,7% (tab. 2, 3). Na ilość substancji białkowych istotny wpływ miało zastosowane w uprawie nawożenie azotem. W roku 2005 wraz ze wzrostem dawki azotu istotnie zwiększała się ogólna zawartość białka i ilość wymywanego glutenu u odmian Bombona, Raweta i Partyzan, natomiast u rodu NAD 403 zwiększenie dawki azotu z 2,4 do 3,6 g N/wazon nie wpłynęło istotnie na te składniki. W roku 2006 u wszystkich odmian obserwowano efektywne wykorzystanie intensywnego nawożenia azotem. Zwiększenie dawki azotu z 1,2 do 3,6 g N/wazon spowodowało wzrost zawartości białka ogółem, w zależności od odmiany, od 1,9 do 7,4 punktu procentowego. Ilość wymywanego glutenu wzrosła natomiast od 12,7 do 30,6 punktu procentowego. Przeprowadzona analiza korelacji wykazała istotny dodatni związek pomiędzy nawożeniem azotem a zawartością białka ogółem oraz ilością glutenu w ziarnie pszenicy jarej (odpowiednio: $r = 0,745$ i $r = 0,811$) (tab. 4). Korzystne oddziaływanie nawożenia azotem na ogólną zawartość białka wystąpiło również w naszych wcześniejszych pracach oraz badaniach innych autorów (Achremowicz i Zajęć, 1991–1992; Achremowicz i in., 1993; Fatyga i in., 1994; Achremowicz i in., 1995; Mazurek i Sułek, 1999; Noworolnik i Sułek, 1999; Wróbel, 1999; Bly i Woodard, 2003; Ralcewicz i Knapowski, 2004; Waławowicz i in., 2005). Fatyga i wsp. (1994) oraz Bly i Woodard (2003) wykazali, że na ogólną zawartość białka wpływ miała nie tylko dawka, ale i sposób aplikacji azotu. Stwierdzono, że stosowanie azotu według techniki tzw. dawek podzielonych oddziałuje korzystniej na ogólną zawartość białka, w porównaniu do takiej samej dawki azotu zastosowanej jednorazowo. Badania własne (Sułek i in., 2002, 2004) wskazują, że forma azotu nie wpływa znacząco na ten składnik. W obu latach badań pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem jakość glutenu ulegała obniżeniu. Największe pogorszenie jakości glutenu odnotowano u odmiany Raweta. We wcześniejszych badaniach przeprowadzonych w IUNG (Mazurek i Sułek, 1999) nawożenie azotem nie miało wpływu na jakość glutenu.

W ziarnie zebranym w roku 2005 wartości wskaźnika sedymentacyjnego nie zależały istotnie od dawki azotu. W roku 2006 największymi wartościami tego wskaźnika cechowało się ziarno nawożone najmniejszymi dawkami azotu (1,2 g N/wazon).

U wszystkich badanych odmian pszenicy zwiększenie poziomu nawożenia azotem do 2,4 g N/wazon spowodowało spadek wartości wskaźnika sedymentacyjnego. Dalsze istotne jego obniżenie po zastosowaniu maksymalnej dawki azotu (3,6 g N/wazon) wystąpiło u odmiany Bombona, natomiast u odmian Raweta i Hewilla nastąpił jego wzrost. W badaniach Mazurka i wsp. (1999) oraz Ralcewicz i Knapowskiego (2004) wzrastające dawki nawożenia azotem wpłynęły korzystnie na wartości wskaźnika sedymentacyjnego. Ralcewicz i Knapowski (2004) wykazali, że zwiększenie dawki azotu np. o 30 kg·ha⁻¹ spowodowało wzrost wartości omawianego wskaźnika o 5,8 cm³.

Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy nawożeniem azotem a wybranymi cechami jakościowymi ziarna
Correlation coefficients between nitrogen fertilization and grain quality traits in spring wheat

Cechy Factors	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains	Zawartość białka ogółem Protein content	Ilość glutenu Gluten content	Indeks glutenowy Gluten index	Wskaźnik sedymentacyjny Sedimentation index	Liczba opadania Falling number
Nawożenie azotem Nitrogen fertilization	0,010	0,745*	0,811*	-0,403	0,043	0,006

* Współczynnik statystycznie istotny ($\alpha = 0,05$); Statistically significant coefficient ($\alpha = 0.05$)

W badanym ziarnie niezależnie od roku zbioru aktywność enzymów amylolitycznych była niska (wartości liczby opadania powyżej 300 s) i nie zależała od zastosowanego nawożenia azotem (tab. 4). Z naszych wcześniejszych badań (Sułek i in., 2002, 2004) wynika, że na tę cechę wpływ mają przede wszystkim właściwości odmianowe oraz przebieg warunków pogodowych w czasie wzrostu rośliny i zbioru ziarna. Mazurek i wsp. (1999) wykazali, że nie zależy ona zarówno od dawki jak i terminu nawożenia azotem.

WNIOSKI

1. Badane odmiany pszenicy wykazywały odmienną reakcję na zastosowane w doświadczeniu dawki azotu. W roku 2005 zwiększenie nawożenia do poziomu 2,4 g N/wazon spowodowało wzrost plonu ziarna u odmian Bombona i Partyzan oraz rodu NAD 403, natomiast wykorzystanie intensywnego nawożenia azotem (3,6 g N/wazon) obserwowano tylko w przypadku odmiany Raweta. W roku 2006 istotna zwyżka plonu ziarna przy dawce 2,4 g N/wazon wystąpiła u odmian Bombona, Raweta i Partyzan, natomiast odmiana Hewilla plonowała najwyżej przy dawce 3,6 g N/wazon.
2. U wszystkich badanych odmian pszenicy, za wyjątkiem rodu NAD 403, wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem do dawki 3,6 g N/wazon następowało istotne zwiększenie ogólnej zawartości białka i ilości wymywanego glutenu. Zwiększone nawożenie azotem powodowało na ogół obniżenie jakości glutenu, a w ziarnie zebranym w 2006 roku również wartości wskaźnika sedymentacyjnego. Poziom nawożenia azotem nie miał wpływu na aktywność enzymów amylolitycznych.
3. Przeprowadzona analiza korelacji wykazała istotny dodatni związek pomiędzy nawożeniem azotem a zawartością białka ogółem oraz ilością glutenu wymytego z ziarna badanych odmian pszenicy jarej.

LITERATURA

- Achremowicz B., Zając J. 1991–1992. Wpływ podwyższonego nawożenia azotowego na wartość technologiczną ziarna pięciu odmian pszenicy jarej. *Folia Societatis Scientiarum Lublinensis, Biol.* 1–2, 32: 9 — 15.
- Achremowicz B., Zając J., Styk B. 1993. Wpływ podwyższonego nawożenia azotem na wartość technologiczną niektórych odmian pszenicy jarej i ozimej. *Rocz. Nauk Rol., ser. A*, 110 (1–2): 149 — 157.
- Achremowicz B., Borkowska H., Styk B., Grundas S. 1995. Wpływ nawożenia azotowego na jakość glutenu pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 193: 29 — 34.
- Bly A. G., Woodard H. J. 2003. Nitrogen management. *Agron. J.* 95: 335 — 338.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B. 1999. Plonowanie kilku odmian pszenicy jarej w zależności od poziomu nawożenia azotowego. *Annales UMCS, Sec. E*, 54: 21 — 29.
- Borkowska H., Grundas S., Styk B. 2002. Wysokość i jakość plonów niektórych odmian pszenicy jarej w zależności od nawożenia azotowego. *Annales UMCS, Sec. E*, 57: 99 — 103.
- Fatyga J., Chrzanowska-Drożdż B., Liszewski M. 1994. Wysokość i jakość plonu pszenicy jarej pod wpływem różnych dawek azotu. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LXII*, 254: 113 — 119.
- Fotyma E. 1999. Pobranie i wykorzystanie azotu przez pszenicę ozimą i jarą. *Pam. Puł.* 118: 143 — 152.
- ICC No. 107/1: Determination of the „Falling Number” according to Hagberg-Perten as a measure of the degree of alpha-amylase activity in grain and flour.
- ICC No. 116/1: Determination of sedimentation value (acc. to Zeleny) as an approximate measure of baking quality.
- ICC No. 155: Determination of the wet gluten quantity and quality (Gluten Index acc. to Perten) of whole wheat meal and wheat flour (*Triticum aestivum*).
- Kocoń A. 2005. Nawożenie jakościowej pszenicy jarej i ozimej a plon i jakość ziarna. *Pam. Puł.* 139: 57 — 64.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B., Kłupczyński Z. 1999. Plonowanie i jakość plonu pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 118: 257 — 261.
- Mazurek J., Sułek A. 1999. Porównanie różnych dawek i technik nawożenia azotem na plon i cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.* 118: 271 — 274.
- Noworolnik K., Sułek A. 1999. Porównanie efektywności nawożenia azotem zbóż jarych. *Pam. Puł.* 114: 289 — 293.
- Ralcewicz M., Knapowski T. 2004. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na wysokość plonu i wartość technologiczną pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 2: 969 — 978.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T. 2002. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy jarej w zależności od sposobu nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 130: 709 — 718.
- Sułek A., Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A. 2004. Wpływ różnych sposobów aplikacji azotu na plon, elementy jego struktury oraz wybrane cechy jakościowe ziarna odmian pszenicy jarej. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 2: 543 — 551.
- Wacławowicz R., Parylak D., Śniady R. 2005. Następczy wpływ nawożenia organicznego oraz mineralnego azotowego na plonowanie oraz wybrane cechy jakościowe ziarna pszenicy jarej. *Pam. Puł.* 139: 277 — 288.
- Woolfolk C. W., Raun W. R., Johnson G. V., Thomason W. E., Mullen R. W., Wynn K. J., Freeman K. 2002. Influence of late-season foliar nitrogen applications on yield and grain nitrogen in winter wheat. *Agron. J.* 94: 429 — 434.
- Wróbel E. 1999. Reakcja pszenicy jarej na dawkę i termin stosowania azotu. *Pam. Puł.* 118: 447 — 454.

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI**MARIA STACHOWICZ**

Zakład Oceny Jakości i Metod Hodowli Zbóż, IHAR Kraków

Ocena wartości technologicznej nowych polskich rodów pszenicy ozimej z doświadczeń wstępnych w latach 2005–2006

The evaluation of baking quality of new Polish strains of winter wheat investigated in pre-registration field experiments in the years 2005–2006

Celem badań była ocena wartości technologicznej 181 nowych polskich hodowlanych rodów pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach przed rejestracyjnych w latach 2005–2006. Oznaczono parametry jakości: liczbę sedimentacji z SDS, liczbę opadania, zawartość białka w suchej masie ziarna, wodochłonność mąki, rozmiękczenie ciasta, energię ciasta, wydajność mąki ogółem, objętość chleba oraz dodatkowo czas stałości i liczbę jakości, gluten mokry i indeks gluten oraz liczbę wartości chleba jako wskaźnik jakości miększu. Stwierdzono dużą zmienność CV (%) rodów pszenicy ozimej w obu latach badań pod względem cech takich jak: liczba sedimentacji, liczba opadania, czas stałości, liczba jakości, rozmiękczenie ciasta, energia ciasta, indeks gluten oraz niską wartość CV (%) dla cech: wodochłonność, wydajność mąki i objętość chleba. Przeprowadzona klasyfikacja jakościowa na podstawie 8 cech: liczba sedimentacji, liczba opadania, zawartość białka, wodochłonność mąki, rozmiękczenie ciasta, energia ciasta, wydajność mąki, objętość chleba ujawniła 56 rodów pszenicy ozimej w klasie jakości E i A co stanowiło 31% wszystkich badanych rodów. Aż 29 badanych rodów pszenicy ozimej łączyła wysoką jakość technologiczną z bardzo dobrą i dobrą plennością. Uzyskane w ostatnich latach wyniki hodowli nowych rodów pszenicy ozimej dowodzą skuteczności stosowanych metod i prac hodowlanych w polskich stacjach hodowlanych.

Słowa kluczowe: jakość technologiczna, plon, pszenica ozima, rody hodowlane.

The aim of the study was estimation of baking quality parameters for 181 new Polish strains tested in the pre-registration field trials of the years 2005 and 2006. The following quality parameters were analyzed: sedimentation value (with SDS, Axford method), falling number (1800), protein content in grain (NIR method), water absorption of flour, dough softness and stability, quality number (farinograph), dough energy (extensograph), flour yield (Quadrumat Senior, Brabender), bread volume and bread quality (baking test), wet gluten and gluten index (Glutomatic 2200). High CV (%) values were recorded in both years for sedimentation value, falling number, quality number, dough stability, dough softness, dough energy and gluten index. Low variation was found for water absorption, flour yield and bread volume. As a result of quality assessment based on eight parameters: sedimentation value, falling number, protein content, water absorption, dough softening, dough energy, flour yield and bread volume, 56 wheat strains (31%) were classified into the E (elite) and A (quality) groups. In

29 strains high technological value was combined with high or very high grain yield. The results confirm high efficiency of the methods used in the Polish breeding stations.

Key words: breeding, the technological value, the grain, the winter wheat

WSTĘP

Na podstawie publikowanych danych przez Centralny Ośrodek Badań Roślin Uprawnych w 2007 roku na liście odmian pszenic ozimych rekomendowanych do uprawy w Polsce znajdowało się 56 pozycji. Spośród nich 24 odmiany charakteryzowały się wysoką jakością technologiczną, a tylko 16 z nich to odmiany polskie (COBORU, 2007).

W ostatnich 2 latach zarejestrowano 7 nowych odmian pszenicy ozimej, charakteryzujących się dobrą jakością wypiekową, a tylko 2 odmiany zgłosiły polskie firmy hodowlane COBORU (2007). Zatem czy grozi nam zalew zagranicznych jakościowych odmian pszenicy ozimej? Odpowiedź na to pytanie mogą stanowić wyniki analiz technologicznych najnowszych rodów hodowlanych rodów pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2005–2006. Zanim rody pszenicy zostaną przebadane w doświadczeniach wstępnych przechodzą przez skomplikowane sito doświadczeń polowych i laboratoryjnych, wieloetapowych od poziomu doświadczeń zakładowych, międzyzakładowych zwanych też międzyinstytucyjnymi, przedwstępnych aż do doświadczeń wstępnych, będących ostatnim etapem przed skierowaniem ich do badań rejestracyjnych w Centralnym Ośrodku Badań Odmian Uprawnych w Słupi Wielkiej. Oprócz wysokiego i stabilnego plonu oraz mrozoodporności, odporności na choroby i wyleganie, a także dobrych cech struktury plonu, rody powinny, w przypadku pretendowania do roli odmiany jakościowej, charakteryzować się wysokimi walorami technologicznymi mąki i ciasta (Banaszak, 2006; Zych, 2006). Badania jakości technologicznej ziarna rodów pszenicy ozimej przeprowadzane w latach poprzednich przez Bichońskiego (1995) oraz Cygankiewicza (1995, 1997), wskazują na pojawienie się w doświadczeniach wstępnych rodów pszenicy ozimej o wysokiej przydatności do wypieku chleba, jednak nie łączyły tych właściwości z zadawalającym plonowaniem. Postęp w hodowli nowych odmian pszenicy ozimej przełamał niekorzystne korelacje pomiędzy cechami jakościowymi, a także cechami jakości i plonem oraz ważnymi cechami rolniczymi (Ceglińska i in., 2003; Śmiałowski, 2005), pomimo trudności wynikających z silnych genetycznych uwarunkowań cech technologicznych (Węgrzyn i in., 2002). Inne badania (Wrightley, 2005) podkreślają wpływ różnych często niekorzystnych czynników środowiskowych modyfikujących jakość ziarna i otrzymywanych produktów z pszenic ozimych.

Przedstawione wyniki prac ilustrują, jakimi problemami obarczona jest hodowla twórcza nowych rodów pszenicy ozimej również w warunkach polskich. Do tego dochodzi szereg problemów związanych z dostępnością materiałów wyjściowych, atestacją już otrzymanych linii i populacji oraz utrzymaniem odpowiedniego zadawalającego poziomu jakości wszystkich parametrów technologicznych decydujących o wysokiej wartości wypiekowej mąki (Banaszak i in., 2006; Śmiałowski, 2004). Dlatego celem niniejszej pracy była ocena wartości technologicznej najnowszych rodów polskiej hodowli oraz

poznanie ich zróżnicowania pod względem badanych cech. Ocena wartości technologicznej odpowie nam na pytanie o aktualny stan polskiej hodowli, natomiast określenie poziomu zmienności rodów pod względem badanych cech wskaże czy możliwy jest wybór z badanego materiału źródeł do ich wykorzystania w celu poprawiania w procesie hodowli młodszych materiałów hodowlanych.

MATERIAŁ I METODY

Do badań przeprowadzonych w latach 2005–2006 użyto 181 obiektów pszenicy ozimej pochodzących z siedmiu firm hodowlanych; Danko, Małopolska Hodowla Roślin, Poznańska Hodowla Roślin, Hodowla Roślin Rolniczych Kobierzyce, Hodowla Roślin Strzelce, Hodowla Roślin Smolice i Hodowla Roślin Szelejewo. Rody te badano w zespołowych doświadczeniach wstępnych stanowiących ostatni etap selekcji przed skierowaniem ich do badań rejestrowych w Centralnym Ośrodku Badania Roślin Uprawnych w Słupi Wielkiej. Odmianami wzorcowymi były Kobra i Tonacja oraz Finezja i Korweta.

Ocena jakości technologicznej wykonywana jest metodami standardowymi zgodnie z metodyką stosowaną w COBORU. Materiał oceniano pod względem 13 cech w tym 8 cech klasyfikowanych jako wskaźniki jakości: liczba sedymentacji (L.S z SDS) z siarczanem dodecylosodowym wykonana metodą Axforda (Akxford i in., 1997) modyfikacja mikro Cygankiewicza (1997), liczba opadania (L.O.) — Falling Number 1800 Norma ICC Standard No. 117, zawartość białka w suchej masie ziarna — metodą NIR w aparacie Infratec 1255 Norma ICC Standard No. 159, wodochłonność mąki — Farinograph Norma ICC Standard No. 115/1, rozmiękczenie ciasta — Farinograph Norma ICC Standard No. 115/1, energia ciasta — Ekstensograph Norma ICC Standard No. 114 — (ICC Standard, 2005), wydajność mąki ogółem — Quadrumat Senior f-y Brabender, objętość chleba — standardowy wypiek laboratoryjny w przeliczeniu na 100 g mąki po zarobieniu ciasta w miesiarce intensywnego miesienia Diosna f-y Geth, oraz dodatkowo czas stałości i liczbę jakości (analiza farinograficzna), gluten mokry i indeks glutenu (Glutomatic 2200; ICC Standards, 2005) oraz liczbę wartości chleba (L.W.CH.) jako wskaźnik jakości miękiszu. Ocenę wartości technologicznej rodów badano zgodnie z oceną jakości i klasyfikacji stosowaną w COBORU, dokonując podziału wskaźników jakościowych na 9 klas bonitacyjnych. Osiągnięcie przez badany ród wartości odpowiednich minimalnych progów jakościowych rekomendowanych przez COBORU (Zych, 2006) umożliwiło zaliczenie badanego rodu do jednej z 5 grup jakościowych (Elitarne E, Jakościowe A, Chlebowe B, Pozostałe C, Ciastkarskie K). W oparciu o uzyskane wyniki analiz laboratoryjnych przeprowadzono analizę statystyczną parametrów technologicznych, która obejmowała obliczenie średnich arytmetycznych i współczynników zmienności dla cech w każdym roku badań.

WYNIKI BADAŃ

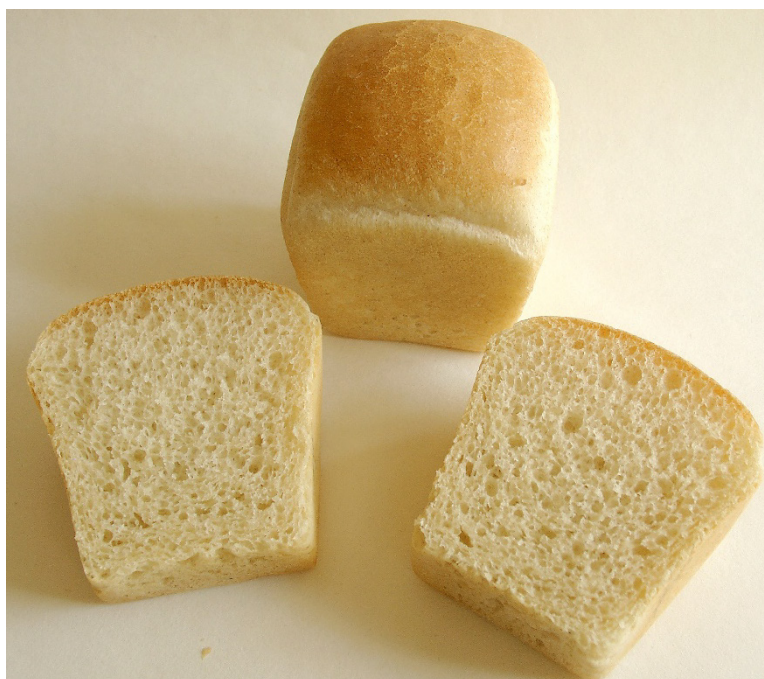
Na podstawie przeprowadzonych analiz w 2005 i 2006 roku dokonano klasyfikacji badanych rodów pszenicy ozimej. Okazało się, że w badanym materiale znaczny udział stanowią wysokiej jakości technologicznej rody, które odpowiednio zaliczono do klasy A i B (tab. 1).

Tabela 1

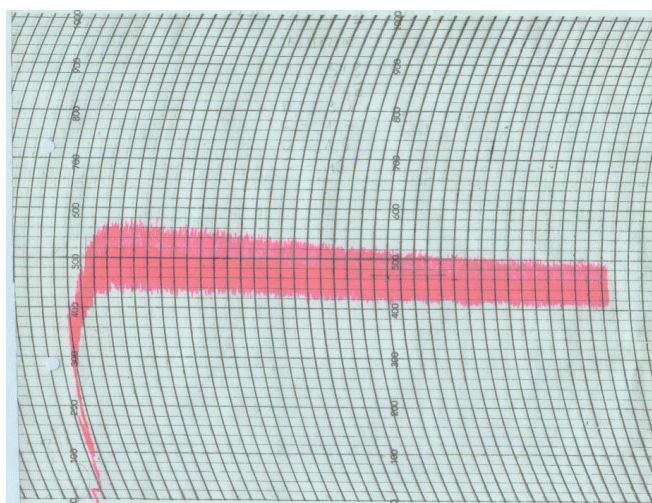
Rezultaty hodowli nowych polskich rodów pszenicy ozimej o wysokiej jakości technologicznej na podstawie doświadczeń przed rejestracyjnych (wstępnych) w latach 2005–2006
The results of Polish breeding of new of winter wheat strains with high bread-making quality, based on the pre-registration trials of the years 2005 and 2006

Rok Year	Klasy jakości — Quality class					Razem Total
	Elitarna — E Elite	Jakościowa — A Quality	Chlebowa — B Bread	Pozostałe — C Remained	Ciastkarska — K Cookies	
2005	1	29	37	20	—	87
2006	—	26	39	29	—	94
Razem Total	1	55	76	49	—	181

Pszenice zaliczone do grupy E należy raczej traktować jako poprawiacze mąk o niższych parametrach jakościowych, natomiast zaliczone do grupy A i B jako przydatne do wypieku chleba. W naszych badaniach w grupie E był jeden ród, a w grupie A — 55 rodów, łącznie obie grupy stanowiły aż 31% wszystkich badanych rodów (tab. 1). Rody zaliczane do grupy A powinny spełniać pewien określony wysoki poziom progowy (dla 8 cech jakości). Doskonałą ilustrację wybranych parametrów jakości stanowi wzorcowa odmiana jakościowa Finezja. Odmiana ta od 2006 roku zastąpiła inną wzorcową odmianę Korwetę. Wyniki analiz wartości technologicznej odmiany Finezja ilustrują rysunki 1 oraz 2 i 3. Tak jak Finezja inne rody pszenicy ozimej zaliczone do klasy jakościowej (A) muszą mieć ziarno odporne na porastanie o dużej zawartością białka (>12,5%), bardzo dobrej wartości wymiadowej i wypiekowej. Otrzymana po wymiale mąka powinna charakteryzować się wysoką zawartością (>28%) glutenu o wysokim wskaźniku indeksu gluten (> 90). Otrzymane z takiej mąki ciasto powinno posiadać odpowiednie właściwości reologiczne tzn. charakteryzować się niewielkim rozmiękczeniem (<70 j.B.), dużą stałością (wykres 1), rozciągliwością, elastycznością, o odpowiedniej energii ciasta (osiągać po 135 min >80 cm²) (wykres 2) (Stachowicz i in., 2007). W trakcie wypieku otrzymujemy lekki i dobrze wykształcony chleb o dużej objętości i delikatnym miękiszu (rys. 1). Wyniki analiz technologicznych 181 rodów pszenicy ozimej przedstawiono w tabeli 2.

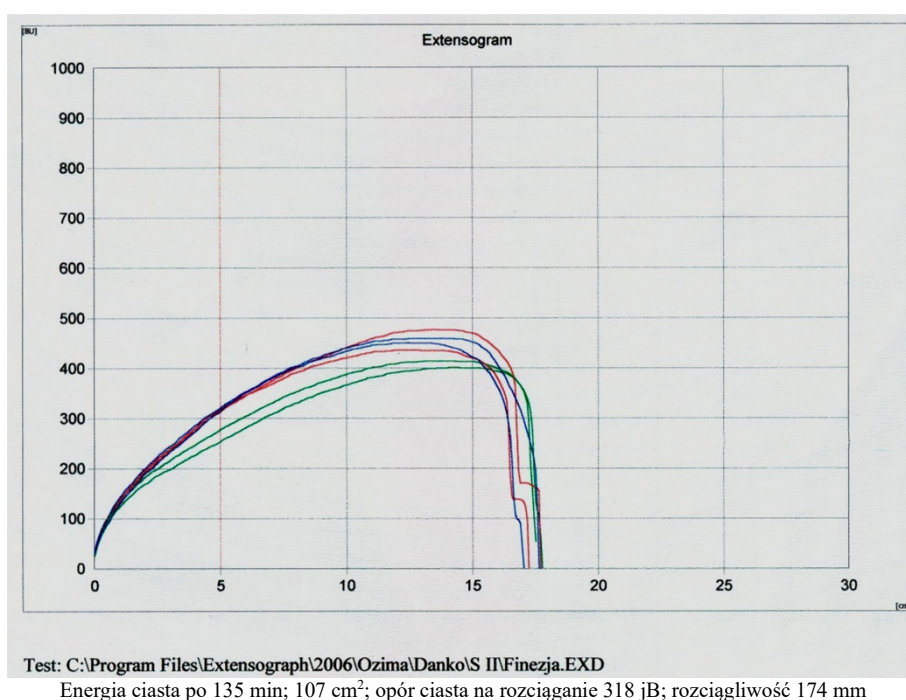


Rys. 1. Próbny wypiek z mąki odmiany jakościowej Finezja (A)
Fig. 1. Experimental bread ample of the Finezja cultivar (the A — quality class)



Wodochłonność: 55,8%; czas stałości 12,7 min; liczba jakości 125 mm; rozmięczenie 40 jB
Water absorption: 55.8%; dough stability 12.7 min; quality number 125 mm; dough softness 40 Br.u.

Rys. 2. Farinogram z mąki odmiany jakościowej Finezja (A)
Fig. 2. Farinogram of the flour produced from the Finezja cultivar



Rys. 3. Ekstensogram z mąki odmiany jakościowej Finezja (A)
Fig. 3. Extensogram for dough from flour of the quality (A) cultivar Finezja

W badanym materiale stwierdzono znaczną liczbę rodów jakościowych o wysokich parametrach jakości przewyższających odmiany wzorcowe dla badanych cech (w 2005 roku Korwety a w 2006 Tonacji). Wymienione odmiany wzorcowe w 2 kolejnych latach ze względu na niższy poziom wielu cech nie spełniły oczekiwań. Z wyżej wymienionych powodów w badanym materiale znaczna liczba rodów pszenicy ozimej okazała się lepsza zarówno w 2005 i 2006 od zastosowanych odmian wzorcowych (Korwety i Tonacji). Pod względem wydajności mąki aż 80 rodów było lepszych od odmiany wzorcowej w 2005 roku (Korweta charakteryzuje się niską wydajnością mąki ogółem), natomiast pod względem jakości męki w 2006 aż 82 obiekty pszenicy ozimej okazało się lepszych od odmiany wzorcowej (Tonacja w tym roku odznaczyła się niską jakością męki) (tab. 2). Stwierdzono również dużą liczbę rodów pszenicy ozimej lepszych od odmian wzorcowych pod względem innych cech np. wodochłonności (39 w 2005 i 35 w 2006 roku), zawartości białka (43) i liczby opadania (78) w 2006 roku (tab. 2). Porównanie wyników analiz technologicznych z obu lat badań wskazuje na zauważalną powtarzalność przeciętnych wartości badanych cech zarówno minimalnych i maksymalnych zakresów wartości. Wyjątkiem była niższa zawartość białka w ziarnie badanych rodów pszenicy ozimej w 2006 roku (tab. 2).

Tabela 2

Zakresy, średnie wartości cech technologicznych oraz liczba rodów lepszych od jakościowych odmian wzorcowych na podstawie wyników analiz technologicznych rodów pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2005–2006

Ranges and average values of baking quality traits, and numbers of strains better than quality standard cultivars, based on the quality analyses of winter wheat strains tested in pre-registration trials of the years 2005 and 2006

Rodzaj analizy Analyses	Jednostka miary Measure	2005				2006			
		min	max	średnia mean	> wz.	min	max	średnia mean	> wz.
L.S. z SDS Sedimentation value	cm ³	21	67	47,9	27	24	73	51,6	19
L.O. Falling number	s	145	464	375,3	24	85	506	379,7	78
Zawartość białka Protein content	%	12,1	15,1	13,5	27	9,1	12,8	11,3	43
Wodochłonność Water absorption	ml/ 100g	56	68	60,4	39	51	63	57,6	35
Czas stałości ciasta Dough stability	min	0,9	12	4,5	25	0,6	12,9	5,7	35
Liczba jakości Quality number	mm	25	132	59	24	17	143	63,4	38
Rozmiękczenie ciasta Dough softness	j.Br	163	38	92	29	125	20	78,7	39
Energia ciasta Dough energy	cm ²	11	116	53,3	23	31	142	75,7	38
Wydajność mąki Flour yield	%	69	81,5	74,6	80	66,4	76,4	71,1	26
Objętość chleba Bread volume	cm ³	505	625	579,6	20	559	646	608,7	10
Jakość miękiszu Bread quality	pkt	94	167	134,8	13	121	185	152,2	82
Ilość glutenu (mokry) Gluten content (wet)	%	19,3	33,7	26,4	30	9,7	34,7	26,9	50
Indeks glutenowy Gluten index	liczba	40	99	78,7	21	52	99	88,4	47

Stwierdzona duża rozpiętość pomiędzy maksymalnymi i minimalnymi wartościami cech znalazła odbicie w różnych wartościach współczynników zmienności dla badanych cech (tab. 3). Jest to zjawisko naturalne wywoływane przez współdziałanie genotypów ze środowiskiem. Wartości współczynników zmienności dla niektórych badanych cech okazały się porównywalne w obu latach np. wysoką zmienność odnotowano dla czasu stałości ciasta (52,6% w 2005 i 44,5% w 2006 roku), energii ciasta (odpowiednio 44,7% w 2005 r., 34,4% w 2006 roku), natomiast niską zmienność dla wydajności mąki (3,5% w obu latach), objętości chleba (4,2% w 2005 r., 3,5% w 2006 roku), wodochłonności (3,9% w 2005, 3,7% w 2006 roku). Wysokie wartości współczynników zmienności dla niektórych cech wskazują na możliwości selekcji, czyli wyboru lepszych rodów, natomiast niższe dla innych cech taką możliwość ograniczają. Okazało się, że sporo rodów pszenicy ozimej nie spełnia wszystkich 8 parametrów często z powodu niewielkiego przekroczenia wartości progowych tylko jednej cechy i nie zostały zaliczone do klasy jakościowej (A).

Tabela 3

Zmienność cech badanych rodów pszenicy ozimej
Variability of the traits of the strains of winter wheat

Rodzaj analizy Analyses	Jednostka Measure	2005	2006
		CV (%)	CV (%)
Liczba Sedymentacji z SDS — Sedimentation vaule	cm ³	21,4	21,7
Liczba Opadania — Falling number	s	17,2	18,0
Zawartość białka — Protein content	%	4,4	7,4
Wodochłonność — Water absorption	ml/ 100 g	3,9	3,7
Czas stałości ciasta — Dough stability	min	52,6	44,5
Liczba jakości — Quality number	mm	39,2	38,6
Rozmiękczenie ciasta — Dough softness	j.Br	24,9	28,2
Energia ciasta — Dough energy	cm ²	44,7	34,4
Wydajność mąki — Flour yield	%	3,5	3,5
Objętość chleba — Bread volume	cm ³	4,2	3,5
Jakość miękiszu L.W.CH. — Bread quality	pkt	12,5	8,6
Ilość glutenu (mokry) — Gluten content (wet)	%	10,2	17,4
Indeks glutenowy — Gluten index	liczba	20,3	14,5

Jednak wyróżniały się one unikalnym wysokim poziomem pojedynczej cechy lub grupy cech. Mogą one być źródłem służącym poprawianiu innych rodów np. poprzez krzyżowanie z młodszymi materiałami hodowlanymi. Porównując wyniki analiz cech jakościowych badanych rodów z wynikami uzyskiwanymi w latach poprzednich (Bichoński, 1995; Cygankiewicz, 1995, 1997; Zych, 2006) nie stwierdzono wyraźnej różnicy, która wskazywałaby na radykalne zwiększenie wartości poszczególnych cech technologicznych. Utrzymują się one w pewnych wymaganiach progowych, gwarantujących zaliczenie do określonej klasy jakościowej. Wyraźnym postępem była duża liczba rodów pszenicy ozimej (29 obiektów) łączących wysoką jakość technologiczną (zaliczonych do klasy A) z wysokim potencjałem plonowania, przewyższającym średni plon wzorcowych odmian plenności Kobry i Tonacji lub tylko nieznacznie im ustępując (tab. 4).

Tabela 4

Liczba rodów pszenicy ozimej łączących wysoką jakość technologiczną z wysokim poziomem plonowania (w odniesieniu do plonu 2 odmian wzorcowych Kobry i Tonacji)
Number of strains of winter wheat combining high quality with high of level of yield (yield standard varieties: Kobra and Tonacja)

Klasy jakości Quality class	2005 rok — year		2006 rok — year	
	liczba rodów number of strains	plon (%) wzorca yields (% of standard)	liczba rodów number of strains	plon (% wz.) yields (% of standard)
E	1	103,4	—	—
A	9	100,0–106,5	21	100,0–115,0
A	19	92,1–100,0	5	95,0–100,0
Razem Total	29		26	—

Wniosek ten wynika z porównania jakości i plonu rodów pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach polowych przeprowadzonych w 7 miejscowościach w latach 2005–2006 (tab. 4). Spośród badanych rodów pszenicy ozimej na uwagę zasługuje 1 ród pszenicy

ozimej o jakości elitarnej (E), który w 2005 roku plonował aż o 3,4% powyżej średniego plonu 2 odmian wzorcowych (Kobry i Tonacji).

Zatem uzyskane w ostatnich latach wyniki hodowlane dla nowych rodów pszenicy ozimej dowodzą skuteczności stosowanych metod i prac hodowlanych w polskich stacjach hodowlanych i wskazują, że w niedługim czasie zostaną zarejestrowane nowe odmiany pszenicy ozimej o wysokim potencjale plonowania i wysokiej jakości technologicznej ziarna.

WNIOSKI

1. Uzyskane wyniki wskazują na znaczny udział rodów pszenicy ozimej o wysokiej jakości technologicznej „klasa A” badanych w doświadczeniach wstępnych w latach 2005–2006. Większość tych rodów łączyła wysoką jakość z wysokim potencjałem plonowania.
2. Wartości większości badanych cech były bardzo zbliżone w obu latach badań pomimo odmiennych warunków środowiska. Zjawisko to może świadczyć o silnym genetycznym uwarunkowaniu badanych cech technologicznych pszenicy ozimej.
3. Spośród rodów pszenicy, których kompleksowa jakość uniemożliwiła objęcia klasą „A” można wyodrębnić obiekty o wysokich ponad przeciętnych wartościach cech jakościowych np. wysokiej zawartości białka, liczbie sedymentacji lub wysokiej energii ciasta. Mogą one jako źródła genetyczne służyć w twórczej hodowli dla poprawiania innych w programach krzyżowań. Uzyskane w ostatnich latach wyniki hodowlane dla nowych rodów pszenicy ozimej dowodzą skuteczności stosowanych metod i prac hodowlanych w polskich stacjach hodowlanych.

LITERATURA

- Axford D. W. E., Mc Dermott E.E., Retman D. G. 1979. Dodecyl-sulfate test of bread-making quality: Comparison with Pelshenke and Zeleny tests. *Cereal Chem.* 56 (6): 582.
- Banaszak Z. Majchrzycki D. 2006. Pszenica jakościowa — od hodowcy do młynarza. *Przegląd Zbożowo — Młynarski VII*: 17 — 19.
- Bichoński A. 1995. Ocena wybranych cech technologicznych z kolekcji pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 194: 131 — 138.
- Bichoński A., Stachowicz M. 1998. Powiązanie białek gliadynowych i gluteninowych z wybranymi cechami technologicznymi rodów i odmian pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 208: 43 — 47.
- Ceglińska A., Cacak-Pietrzak. G., Haber T. 2003. Współzależność pomiędzy cechami jakościowymi rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 230: 65 — 70.
- COBORU. 2007. Lista Opisowa Odmian. COBORU, Słupia Wielka.
- Cygankiewicz A. 1995. Ocena niektórych cech jakościowych nowych rodów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej. *Biul. IHAR* 194: 139 — 148.
- Cygankiewicz A. 1997. Wartość technologiczna ziarna materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na tle badań własnych i światowych. *Biul. IHAR* 204: 219 — 238.
- Węgrzyn S., Wojas T., Śmiałowski T. 2002. Uwarunkowania genetyczne oraz współzależność plonu i wybranych cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) *Biul. IHAR* 223/224: 77 — 88.
- ICC Standards. 2005. Standard Methods of the International Association for Cereal Science and Technology (ICC). Amylograph Nr. 126; Falling Number 1800 Nr 117: 58 — 81; Farinograph Resistograph Nr. 115: 20 — 54; Glutomatic System 2200 Nr. 137.

- Śmiałowski T. 2004. Ocena rodów pszenicy ozimej z polskiej hodowli w doświadczeniach przed rejestrowych w roku 2004. Biul. IHAR 235: 13 — 22.
- Śmiałowski T., Nita Z., Witkowski E. 2006. Ocena współzależności cech pszenicy ozimej na podstawie analizy ścieżek. Biul. IHAR 240/241: 43 — 50.
- Wrigley C. W. 2005. Mitigating the damaging effects of growth and storage conditions on grain quality. Wheat CRC and Ford Science Australia. (Sydney).
- Zych. J. 2006. Wartość technologiczna odmian pszenicy. Przegląd Zbożowo — Młynarski VII: 7 — 12.
- Stachowicz M., Śmiałowski T. 2007. Jakość technologiczna nowych rodów pszenicy ozimej badanych w doświadczeniach wstępnych. Konferencja Nauka dla Hodowli Roślin Uprawnych. Streszczenia: 181 — 182.

RENATA KIELOCH**HENRYKA ROLA**

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Herbologii i Technik Uprawy Roli, Wrocław

Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na herbicydy pochodne fenyloamocznika i sulfonyloamocznika

Reaction of some winter wheat cultivars to phenylurea and sulfonyleurea herbicides

W latach 2004–2006 przeprowadzono doświadczenia polowe nad określeniem tolerancji sześciu odmian pszenicy ozimej (Sukces, Tonacja, Kobiera, Kobra, Trend, Finecja) na herbicydy należące do 2 grup chemicznych: pochodnych fenyloamocznika — Dicuran 80 WP i Arelon Dyspersyjny 500 SC oraz pochodnych sulfonyloamocznika — Glean 75 WG i Atlantis 04 WG. Zabiegi herbicydowe wykonano jesienią w fazie 2 liści pszenicy. Badane środki nie spowodowały uszkodzeń roślin odmian pszenicy ozimej. Nie wykazano istotnego wpływu herbicydów na plon ziarna ocenianych odmian pszenicy ozimej oraz niektóre elementy jego struktury. Przebieg pogody w sezonie wegetacyjnym wpłynął na selektywność herbicydów w stosunku do pszenicy ozimej. Negatywne oddziaływanie środków Dicuran 80 WP, Arelon Dyspersyjny 500 SC oraz Glean 75 WG na pszenicę wystąpiło w sezonie o niekorzystnym dla wegetacji pszenicy przebiegu pogody w okresie wiosenno-letnim (chłodnym i wilgotnym).

Słowa kluczowe: pszenica ozima, odmiany, herbicydy, plon, warunki pogodowe

The field experiments were carried out in the years 2004–2006 to evaluate the reaction of six winter wheat cultivars: Sukces, Tonacja, Kobiera, Kobra, Trend and Finecja to phenylurea (Dicuran 80 WP, Arelon Dyspersyjny 500 SC) and sulfonyleurea (Glean 75 WG, Atlantis 04 WG) herbicides. Wheat plants were treated with the herbicides in autumn, when they were at the stage of two leaves. The treatment with herbicides did not cause any damages to the wheat plants. No significant effect of the herbicides on the yield of grain was observed. The selectivity of herbicides was affected by weather conditions during the growing season. Negative effects of the herbicides Dicuran 80 WP, Arelon Dyspersyjny 500 SC and Glean 75 WG upon the wheat plants appeared when weather conditions were unfavourable for their development (cold and rainy spring and summer).

Key words: cultivars, herbicides, weather conditions, winter wheat, yield

WSTĘP

Utrzymanie zasiewów pszenicy w stanie wolnym od konkurencyjnego oddziaływania chwastów jest jednym z warunków umożliwiających uzyskanie możliwie wysokich dla danej odmiany plonów, co jest między innymi osiągalne dzięki stosowaniu herbicydów. Jednak, jak wynika z badań naukowych, środki te nie zawsze są w pełni selektywne dla rośliny uprawnej. Herbicydy mogą powodować zakłócenia w przebiegu procesów życiowych roślin uprawnych, co najczęściej ujawnia się w postaci różnego rodzaju zmian w morfologii roślin, a w skrajnych przypadkach prowadzi nawet do strat w plonach (Rola i in., 2000; Urban, 2002). Zastosowanie chlorotoluronu w odmianach Korweta, Izolda, Sakwa, Elena, Zorza, Tercja spowodowało przejściowe zmiany w morfologii roślin w postaci żółknięcia blaszek liściowych, ale nie wpłynęło ujemnie na plon ziarna (Rola i kielich, 2002). Z kolei u odmiany Juma wystąpiło obniżenie plonowania (Nowicka i Rola, 1997). Wykazano także przejściową ujemną reakcję odmian Korweta, Izolda, Sakwa, Elena, Zorza i Tercja w postaci przebarwień oraz zasychania brzegów blaszek liściowych na zastosowanie mieszaniny karfentrazonu etylu z izoproturonem (Rola i Kieloch, 2001).

Jak z powyższego wynika, niejednakowa tolerancja pszenicy na herbicydy uzależniona jest od rodzaju uprawianej odmiany. Jako główną przyczynę tego zjawiska autorzy podają różnice w tempie metabolizowania herbicydów przez roślinę (Cabanne i in., 1985; Dastgheib i in., 1993). Stopień ich wrażliwości na herbicydy może być w znacznym stopniu modyfikowany przez warunki klimatyczno-siedliskowe oraz technikę uprawy tej rośliny, jak również samą technikę wykonywania zabiegu.

Chlorotoluron aplikowany jesienią może obniżyć zimotrwałość niektórych odmian pszenicy. Rola i wsp. (1999) dowiedli, że środek Dicuran 80 WP w sezonie o ostrym przebiegu zimy doprowadził do znacznego wymarznienia pszenicy ozimej odmiany Jubilatka, a w konsekwencji do strat w plonach. Z kolei w badaniach Adamczewskiego i Urbana (2000) środek ten obniżył zimotrwałość odmian: Elena, Izolda i Rysa. Stopień tolerancji zbóż na herbicydy jest również uzależniony jest od fazy rozwojowej roślin w momencie wykonywania zabiegu. Herbicydy z grupy regulatorów wzrostu (zawierające 2,4-D, MCPA i dikambę) wykazują największą selektywność w stosunku do pszenicy, gdy stosuje się je w fazie krzewienia. Orr i wsp. (1996) udowodnili, że środki te aplikowane w fazie 2 liści lub na początku strzelania w źdźbło powodują silniejsze uszkodzenia roślin i straty w plonach niż stosowane w fazie krzewienia.

Asortyment uprawianych odmian ulega ciągłym zmianom. COBORU dopuszcza do uprawy co roku kilka nowych i zachodzi potrzeba rozpoznania co do ich wrażliwości na zalecane herbicydy. Celem podjętych badań było ustalenie tolerancji sześciu nowych odmian pszenicy ozimej na herbicydy, które, jak wykazują badania, nie zawsze są w pełni selektywne dla rośliny uprawnej.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2004–2006 wykonano badania polowe nad oceną tolerancji sześciu odmian pszenicy ozimej: Sukces, Tonacja, Kobiera, Kobra, Trend i Finezja na herbicydy. Doświadczenia dwuczynnikowe (herbicydy i odmiany) o wielkości poletek 16 m² założono w układzie split-block w czterech powtórzeniach. Zlokalizowano je w okolicach Wrocławia w miejscowości Iwiny na czarnej ziemi, zaliczanej do klasy bonitacyjnej IIa. Pole uprawne charakteryzowało się niewielkim stopniem zachwaszczenia mało konkurencyjnymi dla pszenicy chwastami. Obiekt kontrolny był odchwaszczany ręcznie. Siew pszenicy w sezonach 2003–2004 i 2004–2005 przypadał na I dekadę października (01.10.2003 i 08.10.2004), natomiast w sezonie 2005–2006 pszenicę wysiano nieco później, na początku trzeciej dekady października (22.10.2005). Norma wysiewu wynosiła 350 ziarniaków na m². Przedplonem był burak cukrowy. Zabiegi uprawowe i nawożenie przeprowadzono zgodnie z zaleceniami dla tej rośliny.

W doświadczeniu zastosowano cztery herbicydy należące do dwóch grup chemicznych: pochodnych fenylomocznika (Dicuran 80 WP i Arelon Dyspersyjny 500 SC) oraz sulfonilomocznika (Glean 75 WG i Atlantis 04 WG).

Wszystkie badane środki aplikowano jesienią w fazie 2 liści pszenicy (BBCH = 12) w dawkach zgodnych z zaleceniami producenta. Terminy zabiegów herbicydowych były następujące: 24.11.2003, 21.11.2004 i 14.11.2005). Krótki opis objętych badaniami herbicydów wraz z zastosowanymi dawkami przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Herbicydy zastosowane w doświadczeniu
Herbicides used in the experiment

Pochodne Derivatives	Herbicydy Herbicides	Substancja aktywna (Active ingredient)	Dawka Dose
Fenylomocznika Phenylurea	Dicuran 80 WP	chlorotoluron 80%	2 kg ha ⁻¹
	Arelon Dyspersyjny 500 SC	izoproturon 500 g/l	3 l ha ⁻¹
Sulfonilomocznika Sulfonilurea	Glean 75 WG	chlorosulfuron 75%	20 g ha ⁻¹
	Atlantis 04 WG	jodosulfuron metylosodowy 0,6% + 3% mezosulfuron metylowy	0,2 kg ha ⁻¹ + 1 l ha ⁻¹

Zabiegi herbicydowe wykonano opryskiwaczem plecakowym „Gloria” z ciśnieniem 0,25 MPa i wydatkiem cieczy użytkowej 250 l·ha⁻¹. Po upływie 1–2 tygodni od zastosowania herbicydów wykonano ocenę ich fitotoksycznego działania oceniając w skali 9-stopniowej wpływ na morfologię roślin. W fazie dojrzałości pełnej przeprowadzono zbiór ziarna kombajnem Nurserymaster Elite Z 035 i określono wielkość plonu w przeliczeniu na 14% wilgotności. W warunkach laboratoryjnych oznaczono masę tysiąca ziaren zgodnie z Polską Normą nr PN-68/R-74017. Jej wartość podano w przeliczeniu na 14% wilgotności. Ponadto oznaczono elementy struktury plonu, liczbę i masę nasion w kłosie.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, gdzie obliczono NIR posługując się testem Tukeya. Wartości NIR obliczono dla czynników: herbicydy, odmiany oraz interakcji herbicydy $\times$ odmiany (w celu porównania działania herbicydów wobec danej odmiany).

Analizę wariancji wykonano dla każdego roku oddzielnie, jak również dla średnich wyników z okresu trzech lat.

Przebieg pogody

Warunki pogodowe w badanych okresach wegetacyjnych były bardzo zróżnicowane na tle średnich z wielolecia (tab. 2). Za najbardziej korzystny dla wegetacji pszenicy pod względem przebiegu pogody można uznać sezon 2003–2004. Charakteryzował się on łagodną zimą oraz umiarkowanie ciepłą wiosną i latem, z dostateczną dla tej rośliny ilością opadów deszczu. Pod względem temperatur nie odbiegał od średnich z okresu 10 lat, na ogół ich wysokość nieco przekraczała średnią z wielolecia. Z kolei suma opadów w okresie letnim i wiosennym była nieco niższa w porównaniu do tej średniej. Sezon 2004–2005 był podobny do poprzedniego pod względem warunków atmosferycznych w okresie jesienno-zimowym. Jako charakterystyczny dla tego roku badań można uznać okres wiosenno-letni, który był, jak na tę porę roku, dość chłodny i obfitujący w opady deszczu (358,1 mm od kwietnia do lipca). Suma opadów w maju i lipcu była znacznie wyższa niż dla wielolecia. Sezon 2005–2006 charakteryzował się długą i mroźną zimą, z krótkotrwałym okresem bardzo niskich temperatur (nawet do -20°C). Średnie temperatury w zimie kształtowały się poniżej średniej za okres 10 lat. Jednak ze względu na zalegającą na polach okrywę śnieżną nie odbiło się to ujemnie na przezimowaniu pszenicy. Na uwagę zasługuje okres wiosenno-letni, który cechował się długotrwałą suszą i wysokimi temperaturami utrzymującymi się od drugiej połowy czerwca do zbioru pszenicy.

Tabela 2

Warunki meteorologiczne w okresie badań
Weather conditions during the experimental period

	Rok Year	Miesiąc — Month											
		IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
temperatura (°C)	2003–2004	20,5	6,0	5,4	2,8	5,4	2,7	3,9	10,5	14,5	18,2	19,9	19,1
	2004–2005	15,4	10,8	4,8	2,3	3,7	0,9	1,6	9,1	12,0	18,0	20,3	17,2
	2005–2006	16,0	4,3	2,7	0,2	-6,4	-2,5	2,6	10,2	13,7	20,9	24,3	18,2
temperature	1994–2004	16,3	10,9	5,6	0,7	-2,0	1,9	4,1	8,4	15,6	17,6	19,6	19,4
	2003–2004	20,5	68,2	13,9	26,0	43,0	35,7	47,4	7,0	44,6	39,7	47,8	23,3
	2004–2005	15,4	38,8	85,7	13,2	37,8	44,8	8,8	35,0	133,7	55,0	134,4	59,2
opady (mm)	2005–2006	34,5	4,3	31,2	99,3	27,2	41,6	1,5	3,2	28,8	52,3	4,8	208,6
	1994–2004	59,1	42,5	34,8	46,6	29,1	28,7	40,5	35,4	39,5	77,8	110,9	69,0

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zachwaszczenie pola doświadczalnego było nieznaczne (ok. 35 szt./m²), gdzie dominowały chwasty o małej konkurencyjności w stosunku do pszenicy ozimej: *Stellaria media*, *Thlaspi arvense*, *Viola arvensis*, *Veronica hederifolia*. Występujące gatunki chwastów były dobrze zwalczane przez zastosowane w doświadczeniu herbicydy. Jedynie ze słabym lub średnim skutkiem zniszczony był *Viola arvensis*, ale ze względu na niewielkie nasilenie występowania nie stanowił on zagrożenia dla plonu ziarna pszenicy. W związku z powyższym w niniejszej pracy stan i stopień zachwaszczenia doświadczenia jako czynnik wpływający na plon nie będzie brany pod uwagę.

Plon ziarna (tab. 3)

W trakcie trzyletnich badań i obserwacji wykonywanych w ciągu sezonu wegetacyjnego nie stwierdzono, aby którykolwiek z badanych herbicydów spowodował zmiany w morfologii roślin odmian pszenicy ozimej niezależnie od warunków pogodowych. Warunki atmosferyczne w poszczególnych latach badań różnicowały wielkość uzyskanych plonów ziarna odmian pszenicy.

Tabela 3

Wpływ herbicydów (H) na plonowanie odmian (O) pszenicy ozimej
The influence of herbicides on yield of winter wheat cultivars

Herbicydy (H) Herbicides	Rok Year	Odmiany (O) — Cultivars						
		Sukces	Tonacja	Kobiera	Kobra	Trend	Finezja	średnio mean
Kontrola — Untreated	2004	7,73	7,78	8,04	8,74	9,05	7,12	8,08
Dicuran 80 WP		8,29	8,35	8,50	9,17	9,71	7,81	8,67
Arelon Dyspersyjny 500 SC		8,38	8,39	7,61	9,23	9,58	7,57	8,46
Glean 75 WG		8,34	8,52	8,36	9,31	9,54	7,95	8,67
Atlantis 04 WG		8,00	8,14	8,34	9,35	9,14	7,65	8,44
Średnio — Mean		8,15	8,24	8,17	9,16	9,40	7,62	8,46
NIR _{0,05} dla — LSD _{0,05} for: O = (0,25) H = (0,41) H×O = (0,39)								
Kontrola — Untreated	2005	6,03	6,33	6,04	5,84	6,75	5,31	6,03
Dicuran 80 WP		6,27	6,16	6,10	5,14	6,79	5,26	5,95
Arelon Dyspersyjny 500 SC		6,38	6,36	6,31	5,42	6,49	5,57	6,10
Glean 75 WG		6,37	6,05	6,12	5,35	7,01	5,57	6,13
Atlantis 04 WG		6,27	6,40	5,96	5,65	6,67	5,12	6,00
Średnio — Mean		6,26	6,26	6,11	5,48	6,74	5,37	6,04
NIR _{0,05} dla — LSD _{0,05} for: O = (0,22) H = (0,36) H×O = (0,35)								
Kontrola — Untreated	2006	5,80	6,90	5,77	4,30	6,79	5,35	5,81
Dicuran 80 WP		5,56	6,74	6,03	3,99	6,74	5,75	5,83
Arelon Dyspersyjny 500 SC		6,05	7,14	6,19	4,40	7,04	5,70	6,08
Glean 75 WG		6,20	6,95	5,93	4,65	7,07	5,30	6,12
Atlantis 04 WG		5,84	6,98	6,01	4,48	6,92	5,05	5,88
Średnio — Mean		5,89	6,96	5,99	4,36	6,91	5,43	5,00
NIR _{0,05} dla (LSD _{0,05} for): O = (0,27) H = (0,45) H×O = (0,44)								
Kontrola — Untreated	2004–2006	6,52	7,00	6,62	6,29	7,53	5,93	6,65
Dicuran 80 WP		6,71	7,08	6,88	6,10	7,75	6,27	6,80
Arelon Dyspersyjny 500 SC		6,60	7,30	6,70	6,35	7,70	6,28	6,82
Glean 75 WG		6,97	7,17	6,83	6,44	7,87	6,27	6,92
Atlantis 04 WG		6,70	7,17	6,77	6,49	7,58	5,94	6,77
Średnio — Mean		6,70	7,14	6,76	6,33	6,69	6,14	6,79
NIR _{0,05} dla — LSD _{0,05} for: O = (0,24) H = (0,33) H×O = (0,48) H×L = (0,22) O×L = (0,21)								
L – lata — years								

L – lata — years

W sezonie 2003–2004 osiągnięto najwyższe plony, gdy układ warunków atmosferycznych najbardziej sprzyjał wegetacji roślin. W omawianym sezonie stwierdzono istotne różnice w plonowaniu odmian, natomiast nie stwierdzono znaczącego wpływu herbicydów na plonowanie pszenicy. Najwyżej plonowały odmiany Kobra i Trend, natomiast najsłabiej odmiana Finezja. Kolejny okres wegetacyjny (2004–2005) zdecydowanie wyróżniał się pod względem przebiegu pogody w okresie wiosenno-letnim, co miało swoje odzwierciedlenie w wysokości uzyskanych plonów — były one wyraźnie niższe dla wszystkich odmian pszenicy. Również wystąpiły znaczące różnice odmianowe pod

względem wysokości plonowania. Nie dowiedziono natomiast, aby jego wysokość zależała od działania herbicydów. W omawianym sezonie zaobserwowano istotne współdziałanie herbicydów i odmian w kształtowaniu tej cechy. Stwierdzono znacząco niższe w porównaniu z kontrolą plonowanie odmiany Kobra po zastosowaniu środków Dicuran 80 WP, Arelon Dyspersyjny 500 SC oraz Glean 75 WG. Ekstremalne warunki pogodowe w sezonie 2005–2006 (długa i mroźna zima, długotrwała susza wiosną i latem) także nie sprzyjały wegetacji pszenicy. Wysokość plonów dla poszczególnych odmian była zbliżona do tych, jakie uzyskano w 2004–2005. U odmiany Kobra były one znacząco niskie, co było prawdopodobnie spowodowane jej reakcją na suszę. Zastosowane herbicydy nie wpłynęły na plonowanie badanych odmian pszenicy.

Przedstawione w tabeli 3 średnie wartości plonów za okres trzech lat oraz wartości NIR dla herbicydów, odmian oraz interakcji herbicydów z odmianami wskazują na zróżnicowany wpływ obu czynników doświadczenia na kształtowanie wielkości plonu ziarna. Zależała ona od odmiany pszenicy, natomiast herbicydy nie wpłynęły na tę cechę. Spośród ocenianych odmian najlepiej plonowała odmiana Tonacja, a najsłabiej Kobra i Finezja. W obrębie obiektów herbicydowych najniższy plon osiągnięto na nie traktowanym żadnym środkiem obiekcie kontrolnym, jakkolwiek nie różnił się on istotnie od tych, na których zastosowano herbicydy. Nie stwierdzono również istotnego współdziałania czynników doświadczenia na plonowanie pszenicy ozimej.

Struktura plonu (tab. 4–6)

Biorąc pod uwagę średnie wartości z okresu 2004–2006 dla masy tysiąca ziaren oraz liczby i masy ziaren w kłosie stwierdza się przede wszystkim różnice odmianowe.

Tabela 4

Wpływ herbicydów (H) na masę tysiąca nasion odmian (O) pszenicy ozimej
The influence of herbicides on weight of 1000 grains of winter wheat cultivars

Herbicydy (H) Herbicides	Rok Year	Odmiany (O) — Cultivars						
		Sukces	Tonacja	Kobiera	Kobra	Trend	Finezja	średnio mean
Kontrola — Untreated		44,5	47,4	43,3	46,9	43,8	42,8	44,8
Dicuran 80 WP		47,3	48,1	44,5	46,6	44,4	43,2	45,6
Arelon Dyspersyjny 500 SC	2004–2006	43,9	47,6	44,5	47,1	43,6	42,7	44,9
Glean 75 WG		43,8	47,9	44,7	46,7	44,1	42,7	45,0
Atlantis 04 WG		45,4	48,2	43,6	47,2	44,8	42,0	45,2
Średnio dla odmian — Mean for cultivars		45,0	47,8	44,1	46,9	44,1	42,7	45,1
NIR _{0,05} dla — LSD _{0,05} for:		O = (0,63)	H = (1,02)	H×O = (0,98)		H×L = (0,94)		O×L = (0,99)

L — lata; years

Tabela 5

Wpływ herbicydów (H) na masę nasion w kłosie odmian (O) pszenicy ozimej
The influence of herbicides on weight of grain per ear in winter wheat cultivars

Herbicydy (H) Herbicides	Rok Year	Odmiany (O) — Cultivars						
		Sukces	Tonacja	Kobiera	Kobra	Trend	Finezja	średnio mean
Kontrola — Untreated	2004–2006	1,74	1,82	1,82	1,73	2,11	1,69	1,82
Dicuran 80 WP		1,77	1,83	1,91	1,76	2,22	1,72	1,87
Arelon Dyspersyjny 500 SC		1,80	1,85	1,91	1,85	2,27	1,65	1,89
Glean 75 WG		1,74	1,79	1,89	1,79	2,33	1,63	1,87
Atlantis 04 WG		1,77	1,80	1,86	1,79	2,22	1,65	1,85
Średnio — Mean		1,76	1,82	1,88	1,78	2,23	1,67	1,86
NIR 0,05 dla — LSD 0,05 for:		O = (0,06)	H = (0,09)	H×O = (0,15)		H×L = (0,11)		O×L =(0,09)
L — lata; years								

Istotnie wyższą masą i liczbą ziaren w kłosie charakteryzowała się odmiana Trend, natomiast najmniej dorodne ziarno wystąpiło u odmiany Finezja. Badane środki nie wpłynęły istotnie na wysokość omawianych parametrów u odmian: Sukces, Tonacja, Kobiera, Kobra, Finezja. W odmianie Trend zanotowano wyższą w porównaniu z kontrolą liczbę i masę ziarniaków w kłosie na obiektach gdzie zastosowano środki Arelon Dyspersyjny 500 SC oraz Glean 75 WG.

Tabela 6

Wpływ herbicydów (H) na liczbę nasion w kłosie odmian (O) pszenicy ozimej
The influence of herbicides on number of grains per ear in winter wheat cultivars

Herbicydy (H) Herbicides	Rok Year	Odmiany (O) — Cultivars						
		Sukces	Tonacja	Kobiera	Kobra	Trend	Finezja	średnio mean
Kontrola — Untreated	2004–2006	39	39	42	37	48	40	41
Dicuran 80 WP		37	38	43	38	50	40	41
Arelon Dyspersyjny 500 SC		38	38	43	39	52	39	41
Glean 75 WG		40	39	42	38	52	39	42
Atlantis 04 WG		39	38	43	40	47	39	41
średnio — mean		39	38	43	38	50	39	41
NIR _{0.05} dla — LSD _{0.05} for:		O = (1.27)	H = (1.58)	H×O = (2.95)		H×L = (1.80)		O×L = (1.81)

DYSKUSJA

Problematyka związana z oddziaływaniem herbicydów na pszenicę ozimą wielokrotnie była opisywana w krajowej i zagranicznej literaturze. Wpływ herbicydów na pszenicę ozimą może być różnorodny — od stymulującego działania plonotwórczego — do istotnej redukcji plonu ziarna. Autorzy podają, że ujemna reakcja pszenicy ozimej na herbicydy może przejawiać się na różne sposoby. Najczęściej obserwowane są zmiany w morfologii roślin, które na ogół mają charakter przejściowy i pozostają bez wpływu na plon u odmian tolerancyjnych (Brar i Walia, 1992; Gabińska, 1986; Rola i in., 2000). Prezentowane w pracy herbicydy z grupy fenylolewnianów są środkami starszej generacji, znanymi z ich fitotoksycznego działania na pszenicę ozimą, co zostało już przedstawione w wielu pracach (Gabińska i Rola, 1985; Nowicka i Rola, 1997). Powodują one żółknięcie blaszek

liściowych pszenicy ozimej, a w przypadku odmian silniej reagujących nawet ich zasychanie (Rola i in., 2000). Środki z grupy sulfonilomocznika należą do herbicydów nowej generacji i powszechnie uważane są za bardziej bezpieczne dla pszenicy. Redukcja plonu pod wpływem ich stosowania była obserwowana sporadycznie. Jak również rzadko powodowały one zmiany w morfologii roślin (Nowicka, 1993; Rola i in., 2004; Rola i Kielich, 2006). W pracach nad oddziaływaniem chlorosulfuronu (substancja aktywna środka Glean 75 WG) dowiedziono, że środek ten może wywierać negatywne działanie na pszenicę ozimą, jakkolwiek było ono obserwowane znacznie rzadziej niż w przypadku środków z grupy pochodnych fenylomocznika. W przeprowadzonych aktualnie badaniach własnych żadne z powyższych symptomów oddziaływania herbicydów nie były jednak obserwowane u ocenianych odmian.

Prezentowana w niniejszej pracy odmiana Kobra była już wcześniej badana pod kątem jej wrażliwości na herbicydy. W pracach prowadzonych przez Nowicką i Rolę (1997) oraz Adamczewskiego i Urbana (2000) środek Dicuran 80 WP powodował opisane powyżej zmiany w wyglądzie roślin tejże odmiany. Nowicka i Rola nie udowodniły istotnego obniżenia plonowania pod wpływem jej traktowania herbicydem Dicuran 80 WP, ale wykazały tendencję do słabszego plonowania, zwłaszcza gdy wegetacja przebiegała w niekorzystnych warunkach klimatyczno-siedliskowych. W przeprowadzonych badaniach własnych Kobra zareagowała na zastosowany środek istotnym obniżeniem plonowania, pomimo że nie obserwowano zewnętrznych oznak fitotoksycznego działania. Podobny sposób reakcji na herbicydy, gdzie przy braku wizualnych symptomów działania herbicydu następuje redukcja plonu, został opisany już wcześniej (Rola i in., 1999, 2000). Należy podkreślić jednak, że obniżenie plonowania miało miejsce tylko w roku charakteryzującym się stosunkowo chłodnym i obfitującym w opady okresem wiosenno-letnim. W pozostałych latach nie stwierdzono znaczącej redukcji plonu pod wpływem zastosowania tego środka. Można tłumaczyć to faktem, że niska temperatura i duża wilgotność powietrza na ogół nie sprzyjają rozkładowi substancji aktywnej herbicydu w roślinie, przez co nasila się ich fitotoksyczne działanie (McMullan 1994). Ponadto, jak podaje Nowicka (1993), rośliny osłabione niekorzystnymi warunkami pogodowymi są bardziej wrażliwe na działanie dodatkowych czynników stresowych, jakim jest stosowanie herbicydów. Biorąc jednak pod uwagę wyniki analizy statystycznej dla średnich z okresu trzech lat, nie można jednoznacznie wykazać, że odmiana ta jest wrażliwa na środki Dicuran 80 WP, Arelon Dyspersyjny 500 SC i Glean 75 WG. Jednak ze względu na fakt wystąpienia obniżki plonu w sezonie o niekorzystnych dla wegetacji pszenicy warunkach pogodowych oraz rezultaty wcześniejszych badań można spodziewać się, że ujemna reakcja odmiany Kobra na te herbicydy może zaistnieć.

WNIOSKI

1. Herbicydy: Dicuran 80 WP, Arelon Dyspersyjny 550 SC, Glean 75 WG i Atlantis 04 WG nie spowodowały wizualnych uszkodzeń roślin odmian pszenicy ozimej: Sukces, Tonacja, Kobiera, Kobra, Trend, Finezja.

2. Wysokość plonowania oraz elementy struktury plonu badanych odmian pszenicy nie zależały istotnie od zastosowanych środków chwastobójczych.
3. Przebieg pogody zróżnicował wpływ herbicydów na pszenicę ozimą. W sezonie z chłodnym i wilgotnym okresem wiosenno-letnim herbicydy: Dicuran 80 WP, Arelon Dyspersyjny 550 SC, Glean 75 WG mogą nie być w pełni selektywne dla pszenicy ozimej.
4. Badania nad reakcją odmian pszenicy powinny być kontynuowane z uwzględnieniem nowych odmian i herbicydów. Mogą być one przydatne jako uzupełnienie charakterystyki odmian.

LITERATURA

- Adamczewski K., Urban M. 2000. Reakcja 7 odmian pszenicy ozimej na dwie formy użytkowe chlorotoluronu. Prog. Plant Protection /Post. Ochr. Roślin 40 (1): 374 — 379.
- Brar L.S., Walia U.S. 1992. Tolerance of wheat cultivars to herbicides. J. Res. Punjab Agric. Univ. 29 (2): 182 — 186.
- Cabanne F., Snape J.W. 1985. A similar metabolism of chlorotoluron in cell suspension cultures from near-isogenic susceptible and tolerant lines of wheat. Pestic-biochem-physiol., Orlando, Fla. Academic Press, Vol. 47 (1): 51 — 59.
- Dastgheib F., Field R. J., Namjou S. 1993. The mechanism of differential response of wheat cultivars to chlorsulfuron. Weed Research, Vol. 33: 299 — 308.
- Gabińska K., Rola J. 1985. Reakcja odmian pszenicy ozimej na herbicydy. Pam. Puł., 84: 103 — 120.
- Gabińska K. 1986. Tolerancja odmian pszenicy ozimej na herbicydy. Mat. XXVI Sesji Nauk. Inst. Ochr. Rośl., Cz. II — Postery: 47 — 53.
- McMullan P. M. 1994. The influence of temperature on barley (*Hordeum vulgare* L.) tolerance to diclofop-methyl or fenoxaprop-P-ethyl mixtures. Weed Research 34: 23 — 28.
- Nowicka B. 1993. Wpływ herbicydów na wysokość i jakość plonu odmian pszenicy ozimej. IUNG, Puławy, R (302): 1 — 47.
- Nowicka B., Rola H. 1997. Oddziaływanie herbicydów na wybrane odmiany pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 37(2): 254 — 256.
- Orr J. P., Canevari M., Jackson L., Wennimg R., Carner R., Nishimoto G. 1996. Post-emergence herbicides and application time affect wheat yields. California — Agriculture 50 (4): 32 — 36.
- Rola H., Domaradzki K., Kieloch R. 1999. Tolerancja wybranych odmian pszenicy na herbicydy. Pam. Puł. 114: 305 — 311.
- Rola H., Domaradzki K., Kieloch R. 2000. Wpływ herbicydów na plonowanie odmian pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 40 (1): 380 — 386.
- Rola H., Kieloch R. 2001. Wpływ herbicydu Affinity 50,75 WG na rozwój i plonowanie wybranych odmian pszenicy ozimej. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin, vol. 41(2): 882 — 884.
- Rola H., Kieloch R. 2002. Tolerancja odmian pszenicy ozimej na Dicuran 80 WP. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin vol. 40 (2): 581 — 583.
- Rola H., Kieloch R., Rola J. 2004. Reakcja odmian pszenicy ozimej na herbicydy w świetle badań prowadzonych w rejonie Dolnego Śląska w latach 1971–2002. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 44 (1): 331 — 338.
- Rola H., Kieloch R. 2006. Reakcja odmian pszenicy ozimej na chlorsulfuron stosowany jesienią oraz wiosną. Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin 46 (2): 261 — 264.
- Urban M. 2002. Biologiczna ocena herbicydów w odmianach pszenicy ozimej. Progress in Plant Protection, Vol. 42, No. 2: 526 — 529.

WIESŁAW MĄDRY¹
DARIUSZ GOZDOWSKI¹
JAN ROZBICKI²
MIROŚLAW POJMAJ³
STANISŁAW SAMBORSKI²

¹ Katedra Biometrii, SGGW, Warszawa

² Katedra Agromonii, SGGW, Warszawa

³ Hodowla Roślin Danko Sp. z o.o., z/s w Choryni, Oddział Laski

Związki między plonem ziarna a jego składowymi w populacji rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w trzech stacjach doświadczalnych

Relationships between grain yield and its components in winter triticale advanced lines across three locations

Badania oparto na wynikach doświadczeń przedrejestrowych przeprowadzonych w sezonie 2004–2005 w trzech miejscowościach z 40 rodami hodowlanymi pszenżyta ozimego pochodzącymi z Hodowli Danko. Celem badań była ocena zmienności plonu ziarna i jego trzech podstawowych składowych w badanej populacji rodów hodowlanych oraz ocena zależności między składowymi plonu i plonem, jak również określenie znaczenia składowych plonu w uwarunkowaniu zmienności genotypowej plonu ziarna. Współczynniki zmienności genotypowej dla składowych plonu były wyższe, niż dla plonu ziarna w każdym środowisku, największe z nich stwierdzono dla liczby kłosów na m². Efekty bezpośrednie każdej składowej plonu na plon ziarna były dodatnie i porównywalne, zaś efekty pośrednie tych składowych były ujemne (świadczące o znacznej kompensacji składowych plonu). Wszystkie wymienione efekty były bardzo podobne w każdej miejscowości.

Słowa kluczowe: analiza ścieżek, interakcja genotypowo-środowiskowa, plon ziarna, pszenżyto ozime, rody hodowlane, składowe plonu, zmienność

The investigations were performed based on the data derived from the pre-registered trials including 40 advanced lines of winter triticale developed in Danko plant breeding company. The trials were conducted in the season 2004–2005 at three locations. Variance components of genotypic effects, G×E interaction, error effects on grain yield and its three basic components as well as coefficients of correlation between these traits were estimated. The coefficients of genotypic variability for yield components were higher than those for grain yield in each environment; the highest coefficients were found for a number of spikes per m². The direct effects of each yield component upon grain yield were positive and comparable, whereas, the indirect effects of the yield components were negative, thereby

implicating a substantial compensation within the components. All the considered effects were consistent across locations.

Key words: advanced lines, G×E interaction, grain yield, path analysis, variability, winter triticale, yield components

WSTĘP I PRZEGLĄD LITERATURY

Selekcja genotypów (rodów) zbóż o dużym stopniu szerokiej adaptacji, czyli o średnio wysokim i stabilnym plonowaniu w danym rejonie uprawy, jest prowadzona na podstawie obserwacji plonu ziarna na poletkach w serii doświadczeń przedrejestrowych i rejestrowych (Cooper i Dalecy, 1994; Annicchiarico, 2002; Mądry, 2004). We wczesnych etapach hodowli, kiedy jeszcze niemożliwa jest ocena plonu ziarna na jednostce powierzchni, stosuje się selekcję pojedynków lub linii wsobnych o wysokim plonie w warunkach stacji hodowlanej i pożądanym poziomach tych plonotwórczych cech roślin (morfologicznych, fizjologicznych i fenologicznych), które kształtują szeroką adaptację genotypów (Slafer i in., 1996; Annicchiarico i Pecetti, 1998; Board i in., 2003).

Aby cechy plonotwórcze były skutecznym kryterium pośredniej selekcji genotypów o szerokiej adaptacji, muszą spełniać kilka warunków. Powinny one (1) posiadać dużą zmienność genotypową i powtarzalność (odziedziczalność w szerokim sensie) w różnych środowiskach rejonu uprawy oraz średnio poprzez środowiska w rejonie, (2) podlegać możliwie małej zmienności błędu doświadczalnego i efektów interakcji genotypowo-środowiskowej w stosunku do zmienności efektów genotypowych, (3) być dość silnie związane genotypowo z plonem (znacząco warunkować plon) w różnych środowiskach rejonu uprawy i średnio poprzez te środowiska, (4) być stosunkowo łatwe i tanie do obserwowania (Adams, 1967; Rasmusson, 1987; Ceccarelli i in., 1991; Annicchiarico i Pecetti, 1998; Talbert i in., 2001; Adugna i Labuschagne, 2003; Board i in., 2003; Shenkut i Trick, 2003; Kenga i in., 2006; Moragues i in., 2006).

Przy relatywnie małej zmienności efektów interakcji genotypowo-środowiskowej dla cech plonotwórczych, związki pomiędzy plonem, a cechami plonotwórczymi są zwykle zgodne (podobne) w różnych środowiskach rejonu docelowego (El Madidi i in., 2005; Garcia del Moral i in., 2005; van Oosterom i in., 2006). Jeśli genotypowa zależność plonu od cech plonotwórczych jest podobna w różnych środowiskach oraz cechy te są wyżej odziedziczalne, niż plon, wówczas te same pośrednie kryteria selekcyjne pozwalają na wybór genotypów o relatywnie wysokim plonie w każdym środowisku selekcji.

Spośród cech plonotwórczych zbóż, decydujących o plonie ziarna i stanowiących dobre kryteria do pośredniej selekcji genotypów o szerokiej adaptacji, rozpatruje się często składowe plonu (Adams, 1967; Rasmusson, 1987; Gravois i McNew, 1993; Simane i in., 1993; Collaku, 1994; Yan i Wallace, 1995; Slafer i in., 1996; Annicchiarico i Pecetti, 1998; Gravois, 1998; Samonte i in., 1998, 2006; Khanna-Chopra i Viswanathan 1999; Ball i in., 2001; de la Vega i in., 2001; Motzo i in., 2001; Talbert i in., 2001; Yan i Hunt, 2001; Richards i in., 2002; Sinego, 2002; Adugna i Labuschagne, 2003; Board i in., 2003; Garcia del Moral i in., 2003; Mohammadi i in., 2003; Moragues i in., 2006; Villegas i in., 2007). Wielu badaczy bierze pod uwagę trzy składowe plonu, tj. liczbę kłosów na jednostce

powierzchni, średnią liczbę ziarniaków w kłosie oraz średnią masę ziarniaka lub masę tysiąca ziarniaków (Ud-Din i in., 1992; Simane i in., 1993; Mądry i in., 1995; Rozbicki, 1997; Samonte i in., 1998; Rozbicki i Mądry, 1999; Duggan i in., 2000; Sinego, 2002; García del Moral i in., 2003, 2005; Kozak i Mądry, 2005; Leilah i Al-Khateeb, 2005; Kozak i in., 2007; Moragues i in., 2006; van Oosterom i in., 2006). Składowe plonu nie wpływają na plon w sposób niezależny. Często obserwowanym zjawiskiem jest ich kompensacja (Adams, 1967; Rasmusson, 1987; Yan i Wallace, 1995; Agrama, 1996; Slafer i in., 1996; Ball i in., 2001; Donaldson i in., 2001; Board i in., 2003; García del Moral i in., 2003, 2005; Mahmood i in., 2005; Moragues i in., 2006; Peltonen-Sainio i in., 2007; Reynolds i in., 2007). Kompensacja składowych plonu może być powodowana plejotropią i/lub sprzężeniami genów, a także może być wywołana sekwencyjnym kształtowaniem się składowych w trakcie ontogenezy i współzawodnictwa o zasoby pokarmowe roślin w danych warunkach środowiskowych (Simane i in., 1993; Yan i Wallace, 1995; Mahmood i in., 2005; Moragues i in., 2006; Peltonen-Sainio i in., 2007). Jej oznaką są ujemne korelacje między składowymi plonu. Znajomość kompensacji składowych plonu jest szczególnie ważna w operowaniu nimi jako kryteriami pośredniej selekcji wysokoplennych genotypów (Annicchiarico i Pecetti, 1993, 1995; Yan i Wallace, 1995; Slafer i in., 1996).

Podejście badawcze, w którym określa się złożone zależności, wyjaśniające genotypowe lub środowiskowe uwarunkowanie plonu przez jego składowe, za pomocą różnych metod statystycznych, nazywane jest analizą składowych plonu. Pozwala ona określić względne znaczenie ilościowe każdej składowej w kształtowaniu się plonu oraz zidentyfikować najważniejsze składowe plonu, jako kryteria efektywnej selekcji pośredniej na plon. Najczęściej stosowaną metodą w analizie składowych plonu jest analiza ścieżek (Dofing i Knight, 1992; Ud-Din i in., 1992; Gravois i McNew, 1993; Simane i in., 1993; Mądry i in., 1995; Agrama, 1996; Rozbicki, 1997; Gravois, 1998; Samonte i in., 1998, 2006; Rozbicki i Mądry, 1999; Ball i in., 2001; Sinebo, 2002; Board i in., 2003; García del Moral i in., 2003, 2005; Mohammadi i in., 2003; Rabiei i in., 2004; Leilah i Al-Khateeb, 2005; Kozak i Kang, 2006; Kozak i Mądry, 2005, 2006; Wu i in., 2006; Reynolds i in., 2007). Dostarcza ona informacji do opracowania wielocechowego ideotypu rośliny, warunkowanego genetycznie, który jest szeroko przystosowany w danym rejonie uprawy (Rasmusson, 1987; Gravois i McNew, 1993; Simane i in., 1993; Gravois, 1998; Samonte i in., 1998, 2006; Noffsinger i in., 2000; Adugna i Labuschagne, 2003; Villegas i in., 2007; Peltonen-Sainio i in., 2007). Współczynniki ścieżek mogą być także przydatne do tworzenia efektywnego indeksu selekcyjnego w hodowli genotypów o szerokiej adaptacji (Gravois i McNew, 1993; Gravois, 1998; Rabiei i in., 2004; van Oosterom i in., 2006).

Z badań nad zbożami wynika, że zmienność genotypowa plonu ziarna na jednostce powierzchni w obrębie określonych zasobów genowych (linii wsobnych, rodów hodowlanych, odmian uprawnych i lokalnych) jest zwykle uwarunkowana przede wszystkim zmiennością pierwszej i drugiej składowej plonu, mniejsze znaczenie ma trzecia składowa plonu (Dofing i Knight, 1992; Ud-Din i in., 1992; Yan i Wallace, 1995; Agrama, 1996; Samonte i in., 1998; Giunta i in., 1999; Sinebo, 2002; García del Moral i in., 2003, 2005; Moragues i in., 2006; Peltonen-Sainio i in., 2007; Villegas i in., 2007).

Podobne uwarunkowanie plonu zbóż przez jego składowe stwierdzono w obrębie zmienności środowiskowej dla różnych odmian (Mądry i in., 1995; Rozbicki, 1997; Rozbicki i Mądry, 1999; Duggan i in., 2000; Donaldson i in., 2001; Budzyński i in., 2003; Kozak i in., 2007). Charakter genotypowych związków tych cech z plonem jest często różny, zależnie od zbiorowości badanych genotypów i warunków środowiskowych, zwłaszcza dostępności wody i azotu w glebie dla roślin (Ceccarelli i in., 1991; Ud-Din i in., 1992; Yan i Wallace, 1995; Ceccarelli, 1996; Annicchiarico i Pecetti, 1993, 1995; Giunta i in., 1999; Razi i Assad, 1999; Noffsinger i in., 2000; Talbert i in., 2001; Sinebo i in., 2002; Adugna i Labuschagne, 2003; Garcia del Moral i in., 2003, 2005; Al-Yassin i in., 2005; Moragues i in., 2006). Natężenie zmienności genotypowej dla składowych plonu zbóż i innych roślin oraz ich odziedziczalność są większe w sprzyjających środowiskach, niż w środowiskach ograniczających plonowanie, np. narażonych na niedobory wody dla roślin, czy o niekorzystnych warunkach glebowych (Ud-Din i in., 1992; Ceccarelli, 1996; Bänziger i in., 1997; Sinebo i in., 2002; Ober i in., 2004; Padi, 2004; Al-Yassin i in., 2005; Brancourt-Hulmel i in., 2005; El Madidi, 2005; Laperche i in., 2006). Dlatego więc, konieczne są systematyczne badania nad spełnieniem trzech wyżej wymienionych wymogów dla składowych plonu, jako efektywnych kryteriów pośredniej selekcji genotypów o szerokiej adaptacji w określonym programie hodowlanym (Ceccarelli i in., 1991; Annicchiarico i Pecetti, 1993, 1995; Yan i Wallace, 1995; Ceccarelli, 1996; Talbert i in., 2001; Garcia del Moral i in., 2003, 2005).

Celem pracy były:

- ocena genotypowej, środowiskowej i interakcyjnej zmienności oraz powtarzalności dla plonu ziarna i jego trzech składowych w populacji rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w trzech miejscowościach w jednym roku,
- ocena korelacji fenotypowych między składowymi plonu, a plonem ziarna,
- określenie względnego znaczenia składowych plonu w uwarunkowaniu zmienności genotypowej plonu ziarna w trzech środowiskach.

MATERIAŁ I METODY

Material badawczy i doświadczenia polowe

Badano 40 rodów hodowlanych pszenżyta ozimego (17 krótkosłomych i 23 długosłome). Wszystkie rody pochodziły z Hodowli Danko (tab. 1). Założono, że badane rody stanowią próbę reprezentatywną z puli genotypów (populacji hodowlanej) pszenżyta ozimego w polskiej hodowli. Doświadczenia przedrejestrów z rodami przeprowadzono w sezonie 2004/5 w trzech miejscowościach (środowiskach): Laskach (Mazowsze, powiat grójecki), Dębinie (Żuławy, powiat malborski) i Sobiejuchach (Kujawy, powiat żniński). Warunki glebowo-pogodowe tych miejscowości były znacznie zróżnicowane (tab. 2, rys. 1). Najkorzystniejsze warunki glebowe były w Dębinie, nieco gorsze w Sobiejuchach, a najgorsze w Laskach. Rozkład opadów w okresie wegetacji 2004/5 był zróżnicowany. Suma opadów była najwyższa w Laskach, nieco niższa w Sobiejuchach, a najniższa w Dębinie. Średnie plony badanych rodów były wyraźnie największe w Dębinie (tab. 3).

Tabela 1

Nazwy badanych rodów krótkosłomych (K) i długosłomych (D) pszenżyta ozimego
Names of semi-dwarf (K) and tall advanced lines (D) of winter triticales

Rody Advanced lines	Forma Form	Nr No.	Rody Advanced lines	Forma Form	Nr No.
LAD267/01	K	1	LAD504/02	D	21
LAD389/01	K	2	LAD505/02	D	22
LAD597/01	K	3	LAD872/02	D	23
LAD662/01	K	4	LAD913/02	D	24
DAD282/00-179/01	K	5	DAD118/02	D	25
CHD224/00-25	K	6	DAD135/02	D	26
DED130/01	K	7	DAD161/02	D	27
DED396/01	K	8	DAD230/02	D	28
DED650/01	K	9	DAD323/02	D	29
DED1115/01	K	10	DAD262/02	D	30
DED4188/01	K	11	DAD310/02	D	31
DED5372/01	K	12	CHD7/02	D	32
DED5685/01	K	13	CHD15/02	D	33
DED6127/01	K	14	CHD16/02	D	34
DED6128/01	K	15	CHD38/02	D	35
DED6232/01	K	16	CHD83/02	D	36
DED2175/00	K	17	CHD88/02	D	37
LAD10/02	D	18	CHD112/02	D	38
LAD297/02	D	19	CHD157/02	D	39
LAD471/02	D	20	DAD151/02	D	40

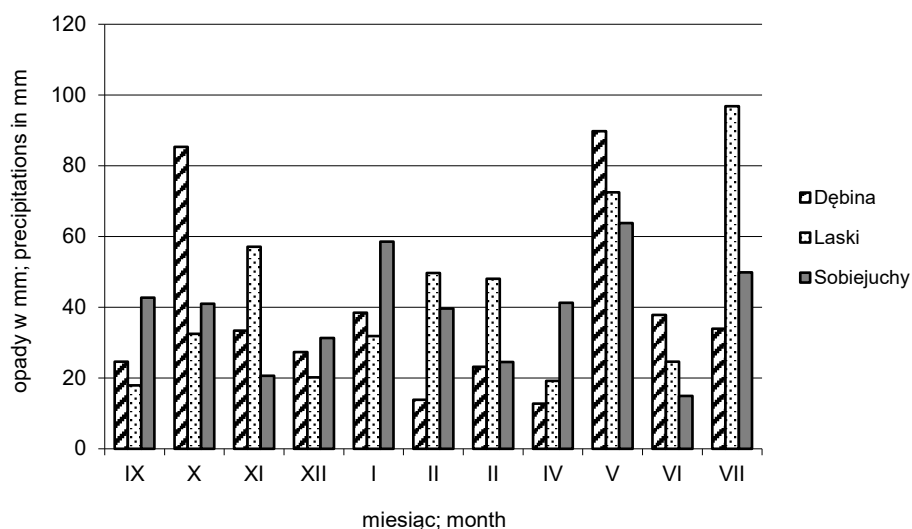
Tabela 2

Właściwości gleb i przedplony na polach doświadczalnych w poszczególnych miejscowościach
Soil properties and forecrops in experimental fields at three test locations

	Dębina (Żuławy region)	Laski (Mazowsze region)	Sobiejuchy (Kujawy region)
Klasa gleby Soil class	IIIa	IVa	IIIb
Kompleks glebowy Soil complex	pszenny dobry good wheat complex	żytni bardzo dobry very good rye complex	pszenny dobry wheat complex
pH	6,2	5,7	6,2
Przedplon Forecrop	rzepak ozimy winter rapeseed	groch pea	rzepak ozimy winter rapeseed

Miejscowości traktujemy jako próbę reprezentatywną z populacji środowisk, stanowiących rejon uprawy zbóż, określony jako obszar rolniczy Polski od Wisły na zachód.

W każdej miejscowości założono po dwa doświadczenia (obok siebie) w układzie bloków niekompletnych z trzema powtórzeniami. W pierwszym doświadczeniu badano rody krótkosłome, a drugim długosłome. Na wszystkich poletkach doświadczeń wyznaczono powierzchnie o wielkości m², na których określono plon ziarna na m² i jego składowe, tj. liczbę kłosów na m², średnią liczbę ziaren w kłosie i masę tysiąca ziaren (MTZ). Plon ziarna wyrażono w gm⁻² przy wilgotności 15%. Liczbę kłosów na m² określano bezpośrednio po zbiorze, masę tysiąca ziaren (MTZ) oceniono wg Polskiej Normy PN-68/R-74017, natomiast średnią liczbę ziaren w kłosie obliczono pośrednio na podstawie obserwacji plonu ziarna i pozostałych dwóch składowych.



Rys. 1. Miesięczne sumy opadów (mm) w badanych miejscowościach w sezonie 2004–2005
 Fig. 1. Monthly precipitations (mm) in the three locations in the season 2004–2005

Analiza statystyczna danych

Analizy wariancji dla plonu ziarna na m² i jego składowych wykonano za pomocą programu Eksplan wersja 2 (Krajewski. i in., 2006). Obliczono średnie poprawione badanych cech dla rodów oraz średnie kwadraty odchyleń dla błędu. Zakładając, że badane rody (genotypy) są próbą reprezentatywną z krajowej populacji hodowlanej pszenżyta ozimego, potraktowano je czynnik losowy, zaś ich efekty jako losowe o rozkładzie normalnym. Na podstawie średnich poprawionych każdej cechy dla rodów krótko- i długosłomych oraz średnich kwadratów odchyleń dla błędu z wszystkich doświadczeń, oszacowano wariancje genotypowe, oddzielnie w każdej (*j*-tej) miejscowości (Annicchiarico i Pecetti, 1998). Oszacowano współczynniki zmienności genotypowej, *CVG* i fenotypowej, *CVP* (tab. 3). Obliczono współczynniki powtarzalności średnich cech z *n* powtórzeń dla rodów w *j*-tych miejscowościach, korzystając ze wzoru (Cooper i DeLacy, 1994; Annicchiarico i Pecetti, 1998; Annicchiarico i in., 2000; Sinebo i in., 2002; Padi, 2004):

$$h_{(j)}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{g(j)}^2}{\hat{\sigma}_{g(j)}^2 + \frac{\hat{\sigma}_{e(j)}^2}{n}}$$

gdzie: $\hat{\sigma}_{g(j)}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{I=40} (\bar{y}_{i(j)} - \bar{y}_{(j)})^2}{I-1} - \frac{\hat{\sigma}_{e(j)}^2}{n}$ jest oceną wariancji genotypowej cechy

w j -tej miejscowości, $\hat{\sigma}_{e(j)}^2$ jest oceną wariancji błędu (średnim kwadratem dla błędu, obliczonym jako wartość przeciętna z dwóch doświadczeń dla rodów krótko- i długosłomych) danej cechy w j -tej miejscowości, $\bar{y}_{i(j)}$ ($\bar{y}_{(j)}$) są średnimi poprawionymi dla danej cechy i -tych ($i=1, 2, \dots, I=40$) rodów (średnimi ogólnymi) w j -tej miejscowości, n jest liczbą powtórzeń.

Wykonano także dwustopniową, łączną analizę wariancji według modelu losowego (efekty genotypowe, środowiskowe i interakcyjne traktowano jako losowe) dla każdej cechy, wykorzystując średnie poprawione dla wszystkich rodów w doświadczeniach z badanych miejscowości i średnie kwadraty błędu. Za pomocą analizy wariancji oszacowano komponenty wariancyjne dla efektów losowych, genotypowych ($\hat{\sigma}_g^2$), interakcyjnych ($\hat{\sigma}_{ge}^2$) oraz błędu ($\hat{\sigma}_e^2$) — (Annicchiarico, 2002). Ocenę współczynników powtarzalności średnich cech z n powtórzeń oraz J miejscowości dla rodów obliczono na podstawie wzoru (Cooper i DeLacy, 1994; Cooper i in., 1997; Annicchiarico i Pecetti, 1998; Annicchiarico, 2002; Sinebo i in., 2002; Reynolds i in., 2007):

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_g^2 + \frac{\hat{\sigma}_{ge}^2}{J} + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{nJ}}.$$

Uwzględnianie danych dla rodów krótko- i długosłomych z dwóch oddzielnych doświadczeń w jednej analizie wariancji, jest wzorowane na podejściu Oettlera i wsp. (2005), którzy opracowywali dane z obserwacji plonu ziarna i jego składowych oraz innych cech agronomicznych dla genotypów pszenżyta ozimego z oddzielnych doświadczeń (na tym samym polu) za pomocą jednej, łącznej, analizy porównawczej.

Wszystkie analizy wariancji i oceny komponentów wariancyjnych wykonano za pomocą procedur GLM oraz MIXED w pakiecie SAS (SAS/STAT SAS Institute. 2001) oraz arkusza kalkulacyjnego Excel.

Zastosowano analizę korelacji fenotypowej wszystkich cech na podstawie średnich poprawionych dla rodów, oddzielnie w miejscowościach oraz na podstawie średnich dla rodów, obliczonych z miejscowości (Wu i in., 2006). Wykonano także analizę ścieżek dla plonu i jego składowych na takich samych danych, jak przy analizie korelacji (Mądry i in., 1995). Posługiwano się procedurami CORR i REG w pakiecie SAS (SAS/STAT User's Guide, Version 8.2. 2002) oraz arkuszem kalkulacyjnym Excel.

Tabela 3

Oceny komponentów wariacyjnej, współczynników zmienności oraz powtarzalności dla badanych cech pszenżyta ozimego
Estimators of variance components, coefficients of variability and heritability for examined traits of winter tritcale advanced lines

Parametry Parameters	Miejscowości Locality	Plon ziarna Grain yield (g/m ²)	Liczba kłosów na m ² No. of spikes per m ²	Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike	MTZ Weight of thousand grains (g)
Średnie — Means	Dębina	1225 a ⁺	683 b	38,7 a	46,8 a
$\bar{y}_{(j)}$	Laski	940 b	762 a	33,5 b	37,4 c
	Sobiejuchoy	964 b	758 a	31,8 c	40,6 b
Ocena wariancji błędu Estimator of error variance	Dębina	8289	850	10,36	2,064
	Laski	9727	2701	12,95	3,304
$\hat{\sigma}_{e(j)}^2$	Sobiejuchoy	5316	1782	8,40	0,266
Ocena wariancji genotypowej Estimator of genotypic ariance	Dębina	6799*	5376*	9,91*	10,77*
	Laski	3529*	5100*	9,78*	4,85*
$\hat{\sigma}_{g(j)}^2$	Sobiejuchoy	6920*	7643*	17,63*	17,45*
Współczynnik powtarzalności Coefficient of heritability	Dębina	71,1%	95,0%	74,1%	94,0%
	Laski	52,1%	85,0%	69,4%	81,5%
$h_{(j)}^2$	Sobiejuchoy	79,6%	92,8%	86,3%	99,5%
Współczynnik zmienności fenotypowej Coefficient of phenotypic variability CVP _(i)	Dębina	8,0%	11,0%	*9,4%	7,2%
	Laski	8,8%	10,2%	11,2%	6,5%
	Sobiejuchoy	9,7%	12,0%	14,2%	10,3%
Współczynnik zmienności genotypowej Coefficient of genotypic variability CVG _(i)	Dębina	6,7%	10,7%	8,1%	7,0%
	Laski	6,3%	9,4%	9,3%	5,9%
	Sobiejuchoy	8,6%	11,5%	13,2%	10,3%

$$CVP = \frac{\hat{\sigma}_{P(j)}^2}{\bar{y}_{(j)}} \times 100\%,$$

$$CVG = \frac{\hat{\sigma}_{g(j)}^2}{\bar{y}_{(j)}} \times 100\%$$

$$\hat{\sigma}_{P(j)}^2 = \hat{\sigma}_{g(j)}^2 + \frac{\hat{\sigma}_{e(j)}^2}{n}$$

+ - Te same litery przy średnich dla miejscowości oznaczają ich przynależności do grup jednorodnych, stwierdzoną za pomocą metody Newman-Keulsa przy poziomie $\alpha = 0,05$

+ - The same letters by the means for locations denote their including to homogenous groups which was determined by Newman-Keuls procedure at $\alpha = 0.05$.

* Istotna zmienność efektów genotypowych (wariancja genotypowa) przy poziomie $\alpha = 0,05$

*Significant variability of genotypic effects (genotypic variance) at $\alpha = 0.05$

WYNIKI I DYKUSJA

Zmienność i powtarzalność w pojedynczych środowiskach oraz w serii środowisk. Stwierdzono istotną wariancję genotypową dla plonu ziarna i jego składowych w każdym środowisku (tab. 3). Oceny wariancji genotypowej oraz współczynniki zmienności genotypowej, CVG i fenotypowej, CVP dla badanych cech były zależne od środowiska,

największe zaś były one w Sobiejuchach. W tym samym środowisku stwierdzono też największe wartości współczynników powtarzalności dla każdej cechy. Współczynniki zmienności genotypowej dla składowych plonu były wyższe, niż dla plonu ziarna w każdym środowisku, największe z nich stwierdzono dla liczby kłosów na m². Współczynniki powtarzalności były na ogół duże dla wszystkich cech w każdym środowisku, jednak dużo większe dla składowych plonu, niż dla plonu ziarna.

Uzyskane wyniki nie wskazują na dodatnią zależność liniową wariancji genotypowej i współczynników powtarzalności dla plonu od urodzajności środowiska, mierzonej za pomocą średniego plonu w środowisku, którą stwierdzono u innych roślin uprawnych (Ceccarelli i in., 1991; Ud-Din i in., 1992; Ceccarelli, 1996; Sinebo i in., 2002; Ober i in., 2004; Padi, 2004; El Madidi, 2005), zaś nie stwierdzono dla jęczmienia (Al-Yassin i in., 2005). Jednakże, zróżnicowanie warunków środowiskowych (glebowo-pogodowych) w badanych miejscowościach było stosunkowo małe, w przeciwieństwie do bardzo zróżnicowanych warunków badań wymienionych autorów.

Na podstawie wykonanej łącznej analizy wariancji (tab. 4) stwierdzono istotny przeciętny wpływ genotypów i środowisk na plon i wszystkie jego składowe. Cechy te podlegały także istotnym efektom interakcji GE. Oceny komponentów wariancyjnych obrazują relatywnie większą przewagę wariancji genotypowej nad wariancją efektów interakcyjnych dla dwóch składowych plonu (liczby kłosów na m² i MTZ), niż dla plonu ziarna (tab. 5).

Tabela 4

Średnie kwadraty odchyłeń w łącznej analizie wariancji dla badanych cech rodów pszenżyta ozimego w serii doświadczeń

Mean squares in combined analysis of variance for the examined traits of the winter triticale advanced lines in a series of variety trials

Źródła zmienności Sources of variability	Stopnie. Swobody Degree of freedom	Plon ziarna Grain yield (g/m ²)	Liczba kłosów na m ² No. of spikes per m ²	Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike	MTZ Weight of thousand grains (g)
Rody (G) Lines	39	13561**	15547**	25,46**	24,02**
Miejscowości (E) Localities	2	999336**	78422**	529,6**	910,50**
Interakcja G×E G×E interaction	78	5732**	2174**	11,22**	5,46**
Błąd doświadczalny Error	186	2592	592,5	3,52	0,63

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

Także, oceny współczynników powtarzalności średnich fenotypowych liczby kłosów na m² i MTZ dla 3 powtórzeń i 3 miejscowości dla rodów były wyraźnie wyższe, niż dla plonu ziarna. Wymienione dwie charakterystyki ($\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_{ge}^2$ oraz h^2) dla średniej liczby ziaren w kłosie były na podobnym poziomie, jak te dla plonu ziarna. Te wyniki wskazują, że plon ziarna i jego składowe w populacji hodowlanej pszenżyta ozimego w badanym rejonie uprawy (w jednym sezonie wegetacyjnym) były uwarunkowane genetycznie i przez

zmienne warunki środowiskowe oraz interakcję GE. Różne relatywne znaczenie efektów interakcji GE dla badanych czterech cech wskazuje, że zróżnicowanie (porządek) wartości genotypowych rodów pszenżyta ozimego dla liczby kłosów na m² i MTZ jest bardziej podobne w różnych środowiskach, niż dla plonu ziarna i średniej liczby ziaren w kłosie.

Tabela 5

Oceny komponentów wariancyjnych dla efektów genotypowych, interakcji GE i błędu doświadczalnego oraz współczynników powtarzalności cech pszenżyta ozimego
Estimators of variance components for genotypic effects, GE interactions, experimental error and coefficients of repeatability of winter triticale traits

	Plon ziarna Grain yield (g/m ²)	Liczba kłosów na m ² No. of spikes per m ²	Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike	MTZ Weight of thousand grains (g)
$\hat{\sigma}_g^2$	2610	4458	4,75	6,19
$\hat{\sigma}_{ge}^2$	3140	1582	7,69	4,84
$\hat{\sigma}_e^2$	7777	1778	10,57	1,88
$\hat{\sigma}_g^2 / \hat{\sigma}_{ge}^2$	0,82	2,82	0,62	1,28
h^2	0,58	0,86	0,56	0,77

h^2 — Współczynnik powtarzalności; Coefficient of repeatability

$\hat{\sigma}_g^2$ — Wariancja genotypowa; Genotypic variance

$\hat{\sigma}_{ge}^2$ — Wariancja interakcji GE; GE interaction variance

$\hat{\sigma}_e^2$ — Wariancja błędu doświadczalnego; Error variance

Podane wyniki wskazują, że w rozpatrywanym programie hodowli pszenżyta ozimego został spełniony ważny warunek przydatności składowych plonu (ich duża zmienność genotypowa i odziedziczalność w różnych środowiskach oraz relatywnie małe znaczenie ich uwarunkowania, zwłaszcza dwóch składowych, przez efekty interakcji GE) do pośredniej selekcji wysokoplonujących i stabilnych genotypów, dokonywanej w jednym środowisku.

Korelacje fenotypowe

Współczynniki korelacji fenotypowej w każdej miejscowości obliczono jako współczynniki korelacji prostej dla średnich rodów z 3 powtórzeń. Z racji na dużą powtarzalność badanych cech w środowiskach (tab. 3), wartości współczynników korelacji fenotypowej w każdej miejscowości (tab. 6) są bliskie wartościom współczynników korelacji genotypowej (El Madidi i in., 2005; Kenga i in., 2006). Niektóre współczynniki korelacji fenotypowej (tab. 6) między poszczególnymi składowymi oraz nimi a plonem były podobne, inne zaś nie podobne w środowiskach, co nie pozostaje w związku ze stopniem przewagi wariancji efektów interakcji GE nad wariancją genotypową dla korelowanych cech (tab. 5). Zaledwie umiarkowana zgodność współczynników korelacji w różnych środowiskach jest rezultatem stwierdzonej interakcji GE dla wszystkich badanych cech.

Uzyskane wyniki badań potwierdzają rozbieżne w różnych środowiskach, korelacje między cechami plonotwórczymi u wielu gatunków roślin uprawnych (Ceccarelli i in., 1991; Ud-Din i in., 1992; Yan i Wallace, 1995; Ceccarelli, 1996; Annicchiarico i Pecetti, 1993, 1995; Razi i Assad, 1999; Talbert i in., 2001; Sinebo i in., 2002; Adugna i Labuschagne, 2003; Garcia del Moral i in., 2003, 2005; Shenkut i Trick, 2003; Moragues i in., 2006).

Tabela 6

Macierze współczynników korelacji fenotypowej plonu ziarna i jego składowych pszenżyta ozimego w trzech miejscowościach i dla średnich z miejscowości
Matrices of phenotypic correlation coefficients of grain yield and its components in winter triticale advanced lines at three localities and for means across the locations

	Plon ziarna Grain yield (t/ha) Y	Liczba kłosów na m ² No. of spikes per m ² X ₁	Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike X ₂	MTZ Weight of thousand grains (g) X ₃
Dębina				
X ₁	0,43**	1,00		
X ₂	0,22	-0,53**	1,00	
X ₃	0,23	-0,31*	-0,22	1,00
Laski				
X ₁	0,08	1,00		
X ₂	0,59**	-0,57**	1,00	
X ₃	0,23	-0,43*	-0,04	1,00
Sobiejuchy				
X ₁	0,36*	1,00		
X ₂	0,27	-0,50**	1,00	
X ₃	0,15	-0,16	-0,49*	1,00
Dla średnich rodów z 3 miejscowości — For means across 3 locations				
X ₁	0,41**	1,00		
X ₂	0,18	-0,53**	1,00	
X ₃	0,16	-0,36*	-0,28	1,00

*(**) Korelacja istotna przy poziomie $\alpha = 0,05$ ($\alpha = 0,01$); Correlation significant at $\alpha = 0.05$ ($\alpha = 0.01$)

Korelacje fenotypowe każdej składowej plonu z plonem były zróżnicowane w miejscowościach i co najwyżej umiarkowane lub nieistotne. Stwierdzono korelację dodatnią plonu tylko z jedną składową, przeważnie inną w miejscowościach. Oznacza to, że żadna składowa plonu nie była sama jedna odpowiedzialna za wysoki plon ziarna rodów w różnych środowiskach i średnio w środowiskach, czyli rejonie uprawy (Yan i Wallace, 1995; Moragues i in., 2006). Niektóre składowe plonu były skorelowane ujemnie, nie we wszystkich środowiskach korelacja ta była istotna. Jedynie ujemne, istotne, choć umiarkowane wysokie korelacje między liczbą kłosów na m², a średnią liczbą ziaren w kłosie były zgodne we wszystkich miejscowościach i dla średnich rodów z miejscowości. Świadczy to wyraźnie o zjawisku kompensacji między tymi dwiema składowymi, które kształtują się bezpośrednio po sobie w ontogenezie (Yan i Wallace, 1995). Kompensacja (ujemna korelacja) pierwszej i trzeciej składowej plonu była znacznie mniej nasiloną i niezgodną w miejscowościach. Natomiast ujemna korelacja między drugą

i trzecią składową plonu była przeważnie nieistotna w miejscowościach i dla średnich rodów z miejscowości.

Uzyskane wyniki analizy korelacji są zgodne z poglądami Yana i Wallace'a (1995), którzy uważają, że największą szansę uzyskania wysokiego plonu w różnych warunkach środowiskowych mają genotypy zbóż o umiarkowanie wysokich wartościach wszystkich składowych plonu (o zrównoważonym układzie kombinacji poziomów składowych plonu), nie zaś takie, które wytwarzają ekstremalnie wysokie wartości jednej składowej, co w wyniku kompensacji współlistnieje z bardzo niskimi wartościami pozostałych składowych i obniżeniem plonu z jednostki powierzchni.

Analiza ścieżek

Podobnie jak w analizie korelacji genotypowej, również wartości parametrów analizy ścieżek, charakteryzujące zależność fenotypowych średnich plonu dla rodów w poszczególnych miejscowościach od takich samych średnich dla jego składowych, są w dużej mierze podobne do odpowiadających im parametrów dla zależności genotypowych (wartości genotypowych cech w populacji hodowlanej). Ta okoliczność jest bardzo cenna dla hodowców, ponieważ zależności cech, stwierdzone na wartościach obserwowalnych dla genotypów (średnich fenotypowych), są także zależnościami genotypowymi. Źródłem takich założeń jest duża powtarzalność badanych cech w środowiskach (tab. 3).

Efekty bezpośrednie każdej składowej plonu na plon ziarna były dodatnie i bardzo podobne w każdej miejscowości oraz dla średnich rodów z miejscowości (tab. 7). Największe wartości tych efektów stwierdzono dla liczby kłosów na m^2 , niewiele mniejsze były one dla średniej liczby ziaren w kłosie, zaś tylko nieco mniejsze dla MTZ. Wartości efektów pośrednich na plon dla liczby kłosów na m^2 przez średnią liczbę ziaren w kłosie są w zakresie od -0,71 do -0,58, podobne są wartości efektów pośrednich dla średniej liczby ziaren w kłosie przez liczbę kłosów na m^2 (od -0,68 do -0,61). Wartości efektów pośrednich dla MTZ są również ujemne, ale wskazują na słabszy wpływ pośredni tej składowej (mniejsze wartości bezwzględne). Powyższe wyniki wskazują na podobnie duże znaczenie wszystkich składowych plonu, a zwłaszcza liczby kłosów na m^2 i średniej liczby ziaren w kłosie, w kształtowaniu zmienności genotypowej plonu ziarna w populacji hodowlanej pszenżyta ozimego w warunkach przyrodniczych Polski. Są one w dużym stopniu zgodne z tymi, które uzyskali inni autorzy w badaniach genetyczno-hodowlanych zbóż w różnych warunkach.

Peltonen-Sainio i wsp. (2007) stwierdzili, że w warunkach chłodnego klimatu Finlandii, liczba ziarniaków na jednostce powierzchni jest ważniejszą składową plonu ziarna żyta i pszenicy ozimej, niż średnia masa ziarniaka. Pierwsza z tych składowych plonu głównie decyduje o wysokim plonowaniu odmian obu zbóż w bardziej żyznych środowiskach.

García del Moral i wsp. 2005 stwierdzili, że genotypowa zmienność plonu ziarna pszenicy twardej, w warunkach niedoboru wody w czasie wegetacji, była uwarunkowana głównie przez dwie pierwsze składowe plonu, które wykazywały kompensację (znacząca negatywna korelacja między tymi składowymi). Natomiast w warunkach nawadnianych genotypowa zmienność plonu ziarna była uwarunkowana w podobnym stopniu przez wszystkie trzy składowe plonu, które nie wykazywały prawie wcale kompensacji.

Tabela 7

Efekty bezpośrednie i pośrednie składowych plonu na plon ziarna pszenżyta ozimego, otrzymane w analizie ścieżek w trzech miejscowościach

Direct and indirect effects of yield components on grain yield in winter triticale advanced lines; estimated in path analysis for three locations

Zmienna przyczynowa Causal variable	Efekt bezpośredni Direct effect	Efekt pośredni Indirect effect	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Dębina (R² = 98,9%)			
Liczba kłosów na m ² — No. of spikes per m ² (X ₁)	1,28	-0,85	0,43
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,58	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,27	
Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike (X ₂)	1,10	-0,87	0,23
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,68	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,19	
Masa 1000 ziaren — Weight of thousand grains (X ₃)	0,87	-0,64	0,23
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,40	
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,24	
Laski (R² = 98,5%)			
Liczba kłosów na m ² — No. of spikes per m ² (X ₁)	1,11	-1,03	0,08
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,71	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,32	
Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike (X ₂)	1,24	-0,66	0,58
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,63	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,03	
Masa 1000 ziaren — Weight of thousand grains (X ₃)	0,75	-0,53	0,22
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,48	
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,05	
Sobiejuchoy (R² = 97,2%)			
Liczba kłosów na m ² — No. of spikes per m ² (X ₁)	1,22	-0,86	0,36
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,70	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,17	
Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike (X ₂)	1,39	-1,12	0,27
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,61	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,51	
Masa 1000 ziaren — Weight of thousand grains (X ₃)	1,04	-0,88	0,42
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,20	
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,68	
Dla średnich rodów z 3 miejscowości — For means for 3 locations (R² = 97,9%)			
Liczba kłosów na m ² — No. of spikes per m ² (X ₁)	1,44	-1,02	0,42
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,66	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,37	
Średnia liczba ziaren w kłosie Average number of grains per spike (X ₂)	1,24	-1,05	0,19
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,76	
wpływ pośredni poprzez X ₃ indirect effect via X ₃		-0,29	
Masa 1000 ziaren — weight of thousand grains (X ₃)	1,02	-0,87	0,15
wpływ pośredni poprzez X ₁ indirect effect via X ₁		-0,52	
wpływ pośredni poprzez X ₂ indirect effect via X ₂		-0,35	

Analiza ścieżek generalnie nie potwierdziła wyników uzyskanych w analizie korelacji cech. Uwidoczniała ona dość podobne znaczenie ilościowe każdej składowej (najmniejszy wpływ bezpośredni na plon miała MTZ) w kształtowaniu plonu ziarna w populacji hodowlanej pszenżyta ozimego. Efekty bezpośrednie składowych były dobrze powtarzalne (zgodne) w różnych warunkach środowiskowych miejscowości, stwierdzono też nieco mniejszą zgodność efektów pośrednich w środowiskach. W ten sposób, analiza ścieżek dostarczyła ważnych informacji dla hodowców, stanowiących podstawę do doskonalenia kryteriów pośredniej selekcji we wcześniejszych etapach hodowli, która pozwoli trafniej znaleźć takie genotypy pszenżyta ozimego, które relatywnie (w stosunku do innych) wysoko plonują średnio w rejonie, zaś ich plonowanie jest w dużym stopniu stabilne. Na podstawie wyników analizy ścieżek można uznać, że genotypy o takich własnościach produktywności powinny odznaczać się relatywnie wysokimi (nie ekstremalnymi) poziomami, co najmniej dwóch dowolnych (spośród trzech) składowych plonu, z wykluczeniem bardzo niskiej wartości trzeciej składowej. Podobne poglądy w tej kwestii prezentują Rasmusson (1987), Yan i Wallace (1995), Gravois (1998) oraz Motzo i wsp. (2001).

WNIOSKI

1. Składowe plonu podlegały znacznej zmienności genotypowej w badanej populacji rodów hodowlanych, zaś ich powtarzalność była większa, niż dla plonu ziarna i zgodna w różnych środowiskach.
2. Składowe plonu w mniejszym stopniu, niż plon ziarna, były uwarunkowane przez efekty interakcji genotypowo-środowiskowej oraz dodatnio i ilościowo podobnie, w różnych środowiskach, wpływały bezpośrednio i pośrednio na plon ziarna.
3. Ideotyp wysokoplonującej i stabilnej odmiany pszenżyta ozimego w warunkach Polski powinien odznaczać się umiarkowanie dużymi wartościami co najmniej dwóch dowolnych (spośród trzech) składowych plonu, z wykluczeniem bardzo niskiej wartości trzeciej składowej.
4. W późniejszych etapach hodowli pszenżyta ozimego należałoby uwzględnić jednocześnie trzy składowe plonu jako kryterium selekcji genotypów produktywnych.
5. W pokoleniach segregujących, kiedy jeszcze niemożliwa jest ocena plonu ziarna na jednostce powierzchni; efektywnym kryterium pośredniej selekcji genotypów mogą być średnia liczba ziarniaków w kłosie i MTZ.
6. Dla zwiększenia wiarygodności wniosków przedstawiane badania powinny być wykonane w większej liczbie reprezentatywnych miejscowości i kilku latach.

LITERATURA

- Adams M. W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plants with special reference to field bean. *Crop Sci.* 7: 505 — 510.
- Adugna W., Labuschagne M. T. 2003. Association of linseed characters and its variability in different environments. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 140: 285 — 296.

- Agrama H.A.S. 1996. Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. *Plant Breeding* 115: 343 — 346.
- Al-Yassin A., Grando S., Kafawin O., Tell A., Ceccarelli S. 2005. Heritability estimates in contrasting environments as influenced by the adaptation level of barley germ plasm. *Annals of Applied Biology* 147: 235 — 244.
- Annicchiarico P. 2002. Genotype-environment interactions: challenges and opportunity for plant breeding and cultivar recommendations. *FAO Plant Production and Protection Paper No. 174*. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Annicchiarico P., Pecetti L. 1998. Yield vs. morphophysiological trait-based criteria for selection of durum wheat in a semi-arid Mediterranean region (northern Syria). *Field Crops Research* 59: 163 — 173.
- Annicchiarico P., Pecetti L. 1993. Contribution of some agronomic traits to durum wheat performance in a dry Mediterranean region of Northern Syria. *Agronomie* 13: 25 — 34.
- Annicchiarico P., Pecetti L., Boggini G., Doust M.A. 2000. Repeatability of large-scale germplasm evaluation results in durum wheat. *Crop Sci.* 40: 1810 — 1814.
- Annicchiarico P., Pecetti P. 1995. Morpho-physiological traits to complement grain yield selection under semi-arid Mediterranean conditions in each of the durum wheat types Mediterranean typicum and syriacum. *Euphytica* 86: 191 — 198.
- Ball R. A., McNew R. W., Vories E. D., Keisling T. C., Purcell L. C. 2001. Path analyses of population density effects on short-season soybean yield. *Agron. J.* 93: 187 — 195.
- Bänziger M., Bertran F. J., Lafitte H. R. 1997. Efficiency of high nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. *Crop Sci.* 37: 1103 — 1109.
- Board J. E., Kang M. S., Bodrero M. L. 2003. Yield components as indirect selection criteria for late-planted soybean cultivars. *Agron. J.* 95:420 — 429.
- Brancourt-Hulmel M., Heumez 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.
- Budzyński W., Jankowski K., Szempliński W. 2003. Cultivar-related and agronomic conditions of rye yielding on good rye soil suitability complex part I. Yield and its relationship with the yield components. Vol. 6, issue 1, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, ser. Agronomy*.
- Ceccarelli S. 1996. Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica* 92: 203 — 214.
- Ceccarelli S., Acevedo E., Grando S. 1991. Breeding for yield stability in unpredictable environments: single traits, interaction between traits, and architecture of genotypes. *Euphytica* 56: 169 — 185.
- Collaku A. 1994. Selection for yield and its components in a winter wheat population under different environmental conditions in Albania. *Plant Breeding* 112: 40 — 46.
- Cooper M., DeLacy L. H. 1994. Relationships among analytical methods used to study genotypic variation genotype by environment interaction in plant breeding multi-environment experiments. *Theoretical and Applied Genetics* 88:561 — 572.
- Cooper M., Stucker R. E., DeLacy I. H., Harch B. D. 1997. Wheat breeding nurseries, target environments, and indirect selection for grain yield. *Crop Sci.* 37:1168 — 1176.
- de la Vega A. J., Chapman S. C., Hall A. J. 2001. Genotype by environment interaction and indirect selection for yield in sunflower. I. Two-mode pattern analysis of oil and biomass yield across environments in Argentina. *Field Crops Res.* 72:17 — 38.
- Dofing M., Knight W. 1992. Alternative model for path analysis of small-grain yield. *Crop Sci.* 32 487 — 489.
- Donaldson E., Schillinger W. F., Dofing S. M. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. *Crop Sci.* 41: 100 — 106.
- Duggan B. L., Domitrak D. R., Fowler D. B. 2000. Yield component variation in winter wheat grown under drought stress. *Can. J. Plant Sci.* 80: 739 — 745.
- El Madidi S., Diani Z., Aameur F.B. 2005. Variation of agro-morphological characters in Moroccan barley landraces under near optimal and drought conditions. *Genetic Resources and Crop Evolution* 52:831 — 838.

- García del Moral L. F., Rharrabti Y., Elhani S., Martos V., Royo C. 2005. Yield formation in Mediterranean durum wheats under two contrasting water regimes based on path-coefficient analysis. *Euphytica* 146: 203 — 212.
- García del Moral L.F., Rharrabti Y., Villegas D., Royo C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: an ontogenic approach. *Agron. J.* 95: 266 — 274.
- Giunta F., Motzo R., Deidda M. 1999. Grain yield analysis of a triticale (*X_Triticosecale* Wittmack) collection grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 63: 199 — 210.
- Gravois K. A. 1998. Optimizing selection for rough rice yield, head rice, and total milled rice. *Euphytica* 101: 151 — 156.
- Gravois K. A., McNew R. W. 1993. Genetic relationships among and selection for rice yield and yield components. *Crop Sci.* 33: 249 — 252.
- Hamblin J., Fisher H.M., Ridings H.I. 1980. The choice of locality for plant breeding when selecting for high yield and general adaptation. *Euphytica* 29: 161 — 168.
- Kenga R., Tenkouano A., Gupta S. C., Alabi S. O. 2006. Genetic and phenotypic association between yield components in hybrid sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) populations. *Euphytica* 150: 319 — 326.
- Khanna-Chopra R., Viswanathan C. 1999. Evaluation of heat stress tolerance in irrigated environment of *T. aestivum* and related species. I. Stability in yield and yield components. *Euphytica* 106: 169 — 180.
- Kozak M., Kang M. S. 2006. Note on modern path analysis in application to crop science. *Commun. Biom. Crop Sci.* 1: 32 — 34.
- Kozak M., Mądry W. 2005. Metody statystyczne analizy składowych plonu. *Postępy Nauk Rolniczych* 1/313: 33 — 45.
- Kozak M., Mądry W. 2006 Note on yield component analysis. *Cereal Research Communications* 34: 933 — 940.
- Kozak M., Samborski S., Rozbicki J., Mądry W. 2007. Winter triticale grain yield, a comparative study of 15 genotypes. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant Science* 57: 263 — 270.
- Krajewski P., Kaczmarek Z., Czajka S. 2006. EKSPLAN wersja 2. Planowanie i analiza statystyczna doświadczeń hodowlanych. Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań.
- Laperche A., Brancourt-Hulmel M., Heumez E., Gardet O., Le Gouis J, 2006. Estimation of genetic parameters of a DH wheat population grown at different N stress levels characterized by probe genotypes. *Theor. Appl. Genet.* 112: 797 — 807.
- Leilah A. A., Al-Khateeb S. A. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *J. Arid Environ.* 61: 483 — 496.
- Mahmood T., Rahman M. H., Stringam G. R., Yeh F., Good A. 2005. Molecular markers for yield components in *Brassica juncea* — do these assist in breeding for high seed yield? *Euphytica* 144: 157 — 167.
- Mądry W. 2004. Modele i metody statystyczne analizy interakcji genotypowo-środowiskowej, stabilności i adaptacji genotypów. *Post. Nauk Roln.* 2/308: 29 — 43.
- Mądry W., Pietrzykowski R., Rozbicki J. 1995. Analiza współczynników ścieżek dla cech rozwijających się w trakcie ontogenezy oraz plonu ziarna pszenżyta ozimego. *Roczn. Nauk Roln. Seria A*, 111: 9 — 21.
- Mohammadi S. A., Prasanna B. M., Singh N. N. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. *Crop Sci.* 43: 1690 — 1697.
- Moragues M., García 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.
- Motzo R., Giunta F., Deidda M. 2001. Factors affecting the genotype × environment interaction in spring triticale grown in a Mediterranean environment. *Euphytica* 121:317 — 324.
- Noffsinger S.L., Huyghe C., van Santen E. 2000. Analysis of grain-yield components and inflorescence levels in winter-type white lupin. *Agron. J.* 92:1195 — 1202.
- Ober E. S., Clark C. J. A., Le Bloa M., Royal A., Jaggard K. W., Pidgeon J. D. 2004. Assessing the genetic resources to improve drought tolerance in sugar beet: agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. *Field Crops Research* 90:213–234.

- Oettler G., Tams S. H., Utz H. F., Bauer E., Melchinger A. E. 2005. Prospects for hybrid breeding in winter triticale: I. Heterosis and combining ability for agronomic traits in European elite germplasm. *Crop Sci.* 45:1476 — 1482.
- Padi F. K. 2004. Relationship between stress tolerance and grain yield stability in cowpea. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 142: 431 — 443.
- Peltonen-Sainio P., Kangas A., Salo Y., Jauhiainen L. 2007. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi-location trials. *Field Crops Res.* 100: 179 — 188.
- PN-68/R-74017. 1968. Oznaczanie masy 1000 ziarn. Ziarno zbóż i nasiona strączkowe jadalne.
- Rabiei B., Valizadeh M., Ghareyazie B., Moghaddam M. 2004. Evaluation of selection indices for improving rice grain shape. *Field Crops Research* 89: 359 — 367.
- Rasmusson D. C. 1987: An evaluation of ideotype breeding. *Crop Sci.* 27: 1140 — 1146.
- Razi H., Assad M.T.1999. Comparison of selection criteria in normal and limited irrigation in sunflower. *Euphytica* 105: 83 — 90.
- Reynolds M. P., Condon A. G., Vargas M., Calderini D. 2007. Effects of source/sink traits on yield, biomass and radiation use efficiency of random sister lines from three wheat crosses in a high yield environment. *Journal of Agricultural Science* 145: 3 — 16.
- Richards R. A., Rebetzke G. J., Condon A. G., van Herwaarden A. F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.* 42:111 — 121.
- Rozbicki J. 1997. Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego. Fundacja "Rozwój SGGW".
- Rozbicki J., Mądry W. 1999. Zależność plonu ziarna pszenżyta ozimego od jego składowych na plantacjach produkcyjnych. *Roczniki Nauk Rolniczych Seria A* 114: 109 — 115.
- Samonte P. B., Wilson L.T., McClung A.M. 1998. Path analyses of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Sci.* 38: 1130 — 1136.
- Samonte PB., Wilson L.T., Tabien R.E. 2006. Maximum node production rate and main culm node number contributions to yield and yield-related traits in rice. *Field Crops Research* 96: 313 — 19.
- SAS Institute. 2001. SAS system for Windows. v. 8.2. SAS Inst., Cary, NC.
- Shenkut A. A., Brick M. A. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. *Euphytica* 133: 339 — 347.
- Simane B., Struik P. C., Nachit M. M., Peacock P. M. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica* 71: 211 — 219.
- Sinebo W. 2002. Yield relationships of barleys grown in a tropical highland environment. *Crop Sci.*42: 428 — 437.
- Sinebo W., Gretzmacher R., Edelbauer A. 2002. Environment of selection for grain yield in low fertilizer input barley. *Field Crops Res.* 74: 151 — 162.
- Slafer G. A., Calderini D. F., Miralles D. J. 1996. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In: *Increasing yield potential in wheat: Breaking the barriers. CIMMYT: Mexico D.F.* (Eds Reynolds M.P., Rajaram S., McNab A.): 101 — 133.
- Talbert L. E., Lanning S. P., Murphy R. L., Martin J. M.. 2001. Grain fill duration in twelve hard red spring wheat crosses: Genetic variation and association with other agronomic traits. *Crop Sci.* 41: 1390 — 1395.
- Ud-Din N., Carver B. F., Clutter A. C. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. *Euphytica* 62: 89 — 96.
- 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 Crops Research* 96:407 — 421.
- Villegas D., Garcia del Moral L. F., Rharrabti Y., Martos V., Royo C. 2007. Morphological traits above the flag leaf node as indicators of drought susceptibility index in durum wheat. *J. Agron. Crop Sci.* 193: 103 — 116.
- Wu Y. Q., Taliaferro C. M., Martin D. L., Goad C. L., Andersen J. A. 2006. Genetic variability and relationships for seed yield and its components in Chinese *Cynodon* accessions *Field Crops Research* 98: 245 — 252.

- Yan W., Hunt L. A. 2001. Interpretation of genotype $\times$ environment interaction for winter wheat yield in Ontario. Crop Sci. 41: 19 — 25.
- Yan W., Wallace D. H. 1995. Breeding for negatively associated traits. Plant Breeding Reviews 13: 141 — 177.

PODZIĘKOWANIE

Serdecznie dziękujemy studentom V roku kierunku rolnictwo Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW, Dariuszowi Nowastowskiemu, Krzysztofowi Królowi oraz Przemysławowi Piątkowskiemu za zebranie wyników badań w stacjach doświadczalnych i pomoc w ich opracowaniu.

BOGUSŁAWA JAŚKIEWICZ

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — PIB w Puławach

Dynamika wzrostu roślin pszenżyta ozimego odmian Woltario i Krakowiak w zależności od gęstości siewu

Growth dynamics of winter triticale cultivars Woltario and Krakowiak at different sowing densities

Badania przeprowadzono na mikropoletkach w Puławach z odmianami pszenżyta ozimego — Woltario półkarłowego i Krakowiak o normalnej długości słomy. Uwzględniono trzy gęstości siewu — 2, 3, 4 mln ziaren/ha. W początkowych fazach wzrostu określono liczbę pędów, liści i suchą masę rośliny. W fazie 2-go kolanka rośliny odmiany Woltario, wymagającej rzadkiego siewu, w warunkach zwiększania odległości roślin w rzędzie, miały większą liczbę pędów, liści i wyższą suchą masę w porównaniu do roślin odmiany Krakowiak wymagającej gęstego siewu.

Słowa kluczowe: dynamika wzrostu, liczba liści, liczba pędów, odmiany, pszenżyto ozime, sucha masa rośliny

The investigations were carried out in microplots located in Puławy. Two cultivars of winter triticale: Woltario and Krakowiak were sown. The cultivars differ in their requirements as regards the sowing density. Plants of cv. Woltario need rather sparse sowing, whereas plants of cv. Krakowiak find better growing conditions at dense sowing. Three rates of sowing density were applied in the experiment: 2, 3 or 4 mln grains/ha. Number of stems per plant, number of leaves from one plant and plant dry matter were assessed at early growth stages. In cv. Woltario, compared to cv. Krakowiak, the effects of increasing plant-to-plant distance, evaluated at the 2nd node growth stage, were manifested by producing a greater number of stems and leaves. Moreover, the content of dry matter in cv. Woltario plants was higher than that in plants of cv. Krakowiak.

Key words: cultivars, dry matter, number of leaves, number of shoots, plant growth dynamics, winter triticale

WSTĘP

Światło odgrywa istotną rolę w akumulacji masy roślin. Ilość dostępnego światła w łanie związana jest z obsadą kłosów na jednostce powierzchni (Podolska i in., 2002). Krzewistość odmian jest determinowana między innymi czynnikiem genetycznym, ale również przez warunki środowiskowe (Banaszak, 2004). Przebieg przyrostu suchej masy

roślin w miarę ich rozwoju, a także kształtowanie się liczby pędów na roślinie ma związek z końcowym plonem ziarna (Jaśkiewicz, 1995; Nieróbca 2002; Rozbici, 1997). Stwierdzono dodatnią korelację między plonem ziarna z jednostki powierzchni a masą roślin (Jaśkiewicz, 1995).

Zakłada się, że Woltario i Krakowiak, odmiany o różnych wymaganiach odnośnie gęstości siewu już w początkowych fazach rozwojowych będą charakteryzowały się odmiennym wzrostem i rozwojem roślin.

Celem badań jest określenie zmian w dynamice wzrostu i rozwoju roślin u odmiany Woltario i Krakowiak już w początkowych fazach rozwojowych w warunkach zróżnicowanego zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2003–2005 w Puławach na mikropoletkach o powierzchni m^2 metodą bloków losowanych. Próby roślin pobierano do badań po wyeliminowaniu efektu brzegowego. Uwzględniono gęstości siewu: 2, 3, 4 mln ziaren/ha i odmianę Woltario wymagającą siewów rzadkich oraz Krakowiak wymagającą siewów gęstych (Jaśkiewicz i in., 2005). Doświadczenie założono w terminie optymalnym dla miejscowych warunków w trzech powtórzeniach na glebie kompleksu żyniego bardzo dobrego, o kwasowości pH 6,0 i wysokiej zasobności w fosfor i potas. W początkowych fazach rozwojowych, kiedy rośliny miały 2–3 liście, 4–5 liści, 5–7 pędów i w fazie drugiego kolanka określono suchą masę roślin z mb. rzędu w gramach, liczbę liści asymilujących z rośliny, natomiast liczbę pędów z rośliny określono od fazy 5–7 pędów. W fazie dojrzałości pełnej z powierzchni $0,33 m^2$ określono plon ziarna i jego elementy struktury.

Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Hipotezę statystyczną weryfikowano za pomocą testu Tukeya dla $P = 0,95$

WYNIKI I DYSKUSJA

W fazie 2–3, 4–5 liści i 5–7 pędów w warunkach zróżnicowanej gęstości siewu, były zbliżone warunki świetlne, odmiany miały podobną średnią długość pędów z rośliny i liczbę liści z rośliny (tab. 1).

W fazie 2-go kolanka, gdy rośliny miały większe rozmiary, warunki świetle pogarszały się wraz ze wzrostem zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni gleby. Relatywny udział średniej długości pędów przy gęstości siewu 3 mln ziaren na ha w stosunku do 2 mln ziaren na ha u obydwu odmian był podobny (rys. 1). Natomiast w warunkach gęstych siewów (4 mln ziaren /ha) udział ten u odmiany Woltario był mniejszy o 5% niż u odmiany Krakowiak.

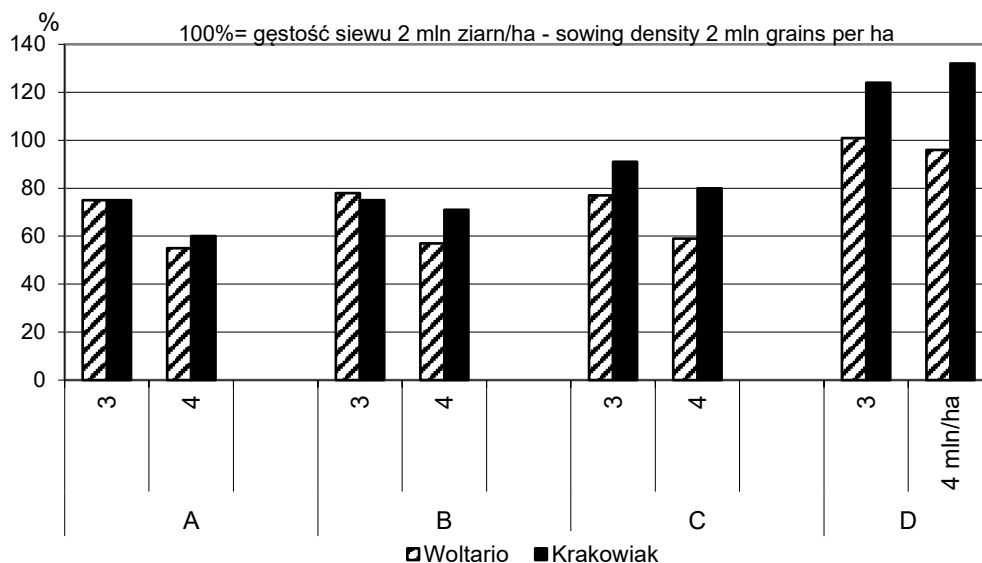
Liczba liści z rośliny u odmiany Woltario obniżyła się o 43% przy gęstości siewu 4 mln ziaren /ha w porównaniu do najmniejszej gęstości siewu — 2 mln ziaren/ha (przyjęta za 100%), natomiast u odmiany Krakowiak o 29% (rys. 1).

Tabela 1

Średnia długość pędów, liczba liści i pędów z rośliny oraz sucha masa roślin (g/mb) odmian Woltario i Krakowiak w fazach rozwojowych w zależności od gęstości siewu

Means length of shoots, number of leaves and shoots per plant and dry matter in cvs Woltario and Krakowiak at different growth stages depending on sowing density

Odmiana Cultivar	Faza rozwojowa — Growth stages															
	2-3 liście — 2-3 leaves				4-5 liści — 4-5 leaves				5-7 pędów — 5-7 shoots				2-gie kolanko — 2 nd node			
	Gęstość siewu — Sowing density (mln/ha)															
	2	3	4	NIR- LSD _{0,05}	2	3	4	NIR- LSD _{0,05}	2	3	4	NIR- LSD _{0,05}	2	3	4	NIR- LSD _{0,05}
Średnia długość pędów z rośliny w cm Means length of shoots per plant in cm																
Woltario	13,4	13,3	12,9	r.n	13,3	13,4	13,8	r.n	17,7	17,8	17,8	r.n	56,0	55,9	53,5	r.n
Krakowiak	12,0	12,2	11,9	r.n	12,7	12,6	12,6	r.n	15,6	15,9	15,9	r.n	50,3	46,6	49,9	r.n
Liczba liści z rośliny No. of leaves per plant																
Woltario	2,7	2,9	2,8	r.n	13,3	13,4	13,8	r.n	17,7	17,8	17,8	r.n	29,1	21,9	16,1	4,5
Krakowiak	2,3	2,3	2,3	r.n	12,7	12,6	12,6	r.n	15,6	15,9	15,9	r.n	27,6	20,7	19,5	3,9
Liczba pędów z rośliny No. of shoots per plant																
Woltario	—	—	—	—	2,9	2,9	2,9	r.n	6,5	5,7	5,4	0,75	6,6	5,1	3,9	1,92
Krakowiak	—	—	—	—	2,7	2,8	2,7	r.n	5,8	5,8	5,7	r.n	5,6	5,1	4,5	1,21
Sucha masa roślin (g/ 1 mb) Dry matter (g per 1 mb)																
Woltario	1,13	1,74	2,28	1,11	3,32	4,87	6,57	1,39	10,3	14,3	15,9	3,51	92,2	100,9	89,0	9,71
Krakowiak	1,01	1,42	1,98	0,89	2,27	3,16	4,54	0,81	7,5	10,6	12,4	2,93	63,7	78,9	84,0	11,21



Rys. 1. Relatywny udział średniej długości pędów (A), liczba liści z rośliny (B), liczba pędów z rośliny (C), sucha masy roślin z mb (D) w fazie 2-go kolanka przy gęstości siewu 3 i 4 mln ziaren na ha odmian Woltario i Krakowiak

Fig. 1. Relative share of average length of shoots (A), number of leaves per plant (B), number of shoots per plant (C), dry matter of plants per 1mb. (D) at 2nd node growth stage in sowing density of 3 and 4 mln grain per ha in cvs Woltario and Krakowiak

Liczby pędów z rośliny u odmiany Woltario w fazie 5–7 pędów w warunkach rzadszych siewów (2 mln ziaren/ha) w stosunku do roślin siewów gęstych (4 mln ziaren/ha) była istotnie wyższa (tab. 1).

W fazie drugiego kolanka była o 41% mniejsza przy gęstości siewu 4 mln ziaren na ha w porównaniu gęstości siewu — 2 mln ziaren na ha, natomiast u odmiany Krakowiak o 20% (rys. 1).

Odmiana Krakowiak łatwiej przystosowuje się do sąsiedztwa roślin i konkurencji w łanie, dlatego nie zareagowała tak dużą obniżką liczby liści i pędów, jak rośliny odmiany Woltario. Doroszewski (1944) stwierdził, że rośliny rosnące w łanie otrzymują skład spektralny i natężenie napromieniowania zmienione bardzo silnie przez rośliny sąsiadujące, stąd różne nasilenie konkurencji roślin w łanie odmian o odmiennych wymaganiach odnośnie gęstości siewu.

Generalnie odmiana Woltario miała dłuższe pędy, więcej liści i pędów z rośliny w badanych fazach rozwojowych roślin niezależnie od gęstości siewu aniżeli odmiana Krakowiak (tab. 1). Wskazuje to na większe tempo wzrostu roślin odmiany Woltario w początkowych fazach wzrostu w porównaniu do odmiany Krakowiak.

Sucha masa roślin z mb. rzędu odmiany Krakowiak była mniejsza aniżeli u odmiany Woltario w badanych fazach wzrostu i zwiększała się wraz ze wzrostem gęstości siewu (tab. 1). Relatywny udział suchej masy roślin z mb. rzędu przy gęstości siewu 3 i 4 mln

ziaren na ha w stosunku do gęstości siewu 2 mln ziaren na ha (przyjęto za 100%) był wyższy o 23 i 36% u odmiany Krakowiak niż u odmiany Woltario.

W fazie drugiego kolanka przy gęstości siewu 4 mln ziaren na ha w porównaniu do gęstości siewu 2mln ziaren na ha obniżyła się liczba liści z rośliny u odmiany Woltario o 49%, a Krakowiak o 29%, liczba pędów z rośliny u odmiany Woltario o 41% a Krakowiak o 20%, sucha masa roślin z mb. rzędu u odmiany Woltario o 4%, natomiast wzrosła o 32% sucha masa roślin z mb. rzędu odmiany Krakowiak.

Badania Nalborczyka (1991) i Nieróbcy (2002) wskazują, że wraz ze wzrostem liczby roślin na jednostce powierzchni zmniejsza się sucha masa pojedynczych roślin, ale zwiększa się całkowita masa roślin z jednostki powierzchni gleby. Przy bardzo dużych ilościach wysiewu może nastąpić redukcja efektywności asymilacji do tego stopnia, że może spowodować obniżenie plonu rolniczego. Znalazło to odzwierciedlenie u odmiany Woltario, wymagającej siewów rzadkich, która w warunkach gęstych siewów w fazie drugiego kolanka zareagowała obniżką suchej masy roślin z mb. rzędu i liczbą liści i pędów z rośliny w stosunku do siewów najrzadszych.

Plon ziarna z m² był istotnie wyższy przy gęstości siewu 400 ziaren na m² u odmiany wymagającej gęściejszych siewów — Krakowiak. Zróżnicowana obsada roślin nie spowodowała istotnych zmian w plonie ziarna z jednostki powierzchni u odmiany Woltario, dlatego można ją wysiewać rzadziej (tab. 2).

Tabela 2

Plon ziarna i elementy struktury plonu odmian pszenżyta ozimego w zależności od gęstości siewu
Grain yield and yield components of winter triticale cultivars depending on sowing density

Cechy Traits	Woltario				Krakowiak			
	gęstość siewu (mln/ha) — sowing density (mln/ha)							
	2,0	3,0	4,0	NIR- LSD _{0,05}	2,0	3,0	4,0	NIR- LSD _{0,05}
Plon ziarna (kg/m ²) Grain yield (kg/m ²)	1,79	1,67	1,60	r.n	1,56	1,68	1,79	0,217
% roślin przy zbiorze % of plants in harvest date	90	87	81	4,5	90	87	86	3,8
Liczba kłosów z m ² Number of heads per m ²	612	809	877	64,2	594	835	1029	99,8
Rozkrzewienie produkcyjne Productive tillering	3,4	3,1	2,7	0,32	3,3	3,2	3,0	r.n
Masa 1000 ziaren (g) Thousand kernels weight (g)	46,8	46,3	44,9	0,99	46,8	46,3	46,5	r.n
Masa ziarna z rośliny (g) Grain weight from plant (g)	9,94	6,4	4,92	2,115	8,67	6,44	5,22	1,112
Masa ziarna z kłosa (g) Grain weight from head (g)	2,92	2,06	1,88	0,455	2,63	2,01	1,74	0,266
Liczba ziaren z rośliny (szt.) Grain number per plant	212	138	110	45,2	185	138	112	43,3
Liczba ziaren z kłosa (szt.) Grain number per head	62	44	41	4,9	56	43	37	5,3

*Patrz rys. 1; See fig 1

U odmiany Krakowiak stwierdzono wyższą liczbę kłosów w miarę zagęszczania roślin na jednostce powierzchni. Natomiast MTZ, rozkrzewienie produkcyjne odmiany

Krakowiak było podobne przy zróżnicowanej obsadzie roślin na jednostce powierzchni. U odmiany Krakowiak w porównaniu do odmiany Woltario stwierdzono mniejszą obniżkę plonu i liczby ziaren z rośliny i kłosa w miarę zagęszczania roślin na m² (tab. 2).

Stwierdzono dodatnią zależność korelacyjną między plonem ziarna a liczbą pędów z rośliny i suchą masą roślin z mb. w fazie drugiego kolanka. Zależności te opisuje równanie regresji liniowej:

$$PL = 1,52065 + 0,0313665 \times lp, \quad R^2 = 48\%$$

$$PL = 1,39346 + 0,003399 \times sm, \quad R^2 = 56\%$$

lp — liczba pędów z rośliny,

sm — sucha masa roślin z mb.,

*R*² — współczynnik determinacji.

WNIOSKI

1. Odmiana tradycyjna Krakowiak wymaga większej normy wysiewu (400 szt./m²), a odmiana krótkosłoma Woltario (200 szt./m²).
2. Odmiana krótkosłoma Woltario charakteryzowała się bardziej intensywnym nagromadzeniem suchej masy we wczesnych fazach rozwojowych niż odmiana Krakowiak o normalnej długości słomy.
3. Stwierdzono dodatnią zależność między plonem ziarna a suchą masą roślin i liczbą pędów z rośliny w fazie drugiego kolanka.

LITERATURA

- Banaszak Z. 2004. Analiza postępu w hodowli pszenżyta ozimego. Praca doktorska, Poznań.
- Doroszewski A. 1994. Spectral transmission of radiation through the leaves of selected plant species. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 405: 63 — 69.
- Jaśkiewicz B. 1995. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od terminu siewu i obsady roślin. Seria R (328), IUNG, Puławy.
- Jaśkiewicz B., Cyfert R. 2005. Charakterystyka i technologia uprawy odmian pszenżyta ozimego. IHAR Radzików, IUNG Puławy, COBORU Słupia Wielka.
- Nalborczyk E. 1991. Produkcyjność łanów roślin uprawy polowej. Fragm. Agron. Zesz. Spec. 1 (2): 5 — 13.
- Nieróbca P. 2002. Dynamika akumulacji i rozdysponowania suchej masy przez rośliny pszenżyta jarego i pszenicy jarej w warunkach różnej obsady roślin. Agricultura. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 228. AR Szczecin: 93 — 99.
- Podolska G., Sułek A., Stankowski S. 2002. Obsada kłosów-podstawowy parametr plonotwórczy pszenicy ozimej. Agricultura 1 (2) ART Bydgoszcz: 5 — 14.
- Rozbicki J. 1997. Agrotechniczne uwarunkowania wzrostu, rozwoju i plonowania pszenżyta ozimego. Fundacja, Rozwój SGGW, Warszawa.

ELŻBIETA MALUSZYŃSKA

Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Wartość przechowalnicza pszenżyta ozimego oceniana testami wigorowymi

Storability of winter triticale evaluated using vigour tests

Badano nasiona 7 odmian pszenżyta ozimego przechowywane od 2004 roku. Co 6 miesięcy część nasion poddawano zabiegowi sztucznego starzenia stosując dwa warianty (testy SSAA i AA), oceniano zdolność kiełkowania i wigor mierzony suchą masą siewki oraz długością pierwszego liścia i najdłuższego korzenia siewki. Na podstawie wyników testu SSAA wykazano, że podczas przechowywania następuje stopniowe obniżanie się wigoru. Po 2 latach przechowywania nasiona poddane sztucznemu starzeniu kiełkowały około 10–30%. Nie stwierdzono zależności pomiędzy wynikami wigoru nasion i wschodami roślin w polu.

Słowa kluczowe: pszenżyto ozime, test przyspieszonego starzenia nasion, wigor, zdolność przechowalnicza

Seeds of seven cultivars of winter triticale were stored from 2004. Every 6 months the seeds were subjected to accelerated ageing according to SSAA or AA test, then germination capacity and vigour measured as dry weight of seedling, length of first leaf and length of longest root were estimated. On the basis of SSAA test results it was concluded that the seed vigour gradually diminished during storage. After two years of storage the seeds of the all cultivars subjected to artificial ageing germinated at the level of 10–30%. There were no relationship between results of seed vigour and field emergence.

Key words: accelerated ageing test of seeds, storability, vigour, winter triticale

WSTĘP

Jedną z ważnych cech jakości nasion jest zdolność nasion do przechowywania. Potencjał przechowalniczy związany jest przede wszystkim z poziomem wigoru nasion podczas dojrzwiania oraz stopniem zestarzenia nasion, gdy są umieszczane w przechowalni (Deluche, Baskin, 1973). Wigor nasion mierzy się poddając je działaniu czynników stresowych (Hampton, TeKrony, 1995). Zasada testów przyspieszonego starzenia polega na oddziaływaniu przez określony czas dwóch czynników powodujących szybkie uszkodzenia zarodków, to jest wysokiej temperatury i dużej wilgotności względnej powietrza. Nasiona o wysokim wigorze ulegają deterioracji w mniejszym stopniu niż nasiona o niskim wigorze. Użycie testu przyspieszonego starzenia pozwala na prognozowanie szybkości starzenia się nasion podczas składowania (Moś, 2000). Wyniki oceny

wigoru są wykorzystywane do podejmowania decyzji o przydatności partii nasion do przechowywania oraz ustalania warunków i długości okresu przechowywania. Z powodu braku aktualnych badań dotyczących przechowalnictwa materiału siewnego pszenżyta podjęto prace z tego zakresu.

Celem badań była ocena wartości przechowalniczej pszenżyta ozimego za pomocą dwóch testów przyspieszonego starzenia nasion oraz porównanie wigoru nasion 7 odmian po 2 latach przechowania w warunkach niekontrolowanych.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były nasiona 7 odmian pszenżyta ozimego: Alzo, Bogo, Kitaro, Lamberto, Marko, Presto i Woltario pochodzące ze zbioru w roku 2004 z tego samego doświadczenia polowego w Radzikowie. Materiał nasienny o wilgotności 12% został umieszczony w torbach papierowych w piwnicy w temperaturze 15–20°C i wilgotności względnej powietrza około 60%. Co 6 miesięcy część nasion każdej odmiany (280 sztuk) poddawano procesowi sztucznego starzenia w dwóch wariantach wg Meriaux i wsp. (2004). Przyspieszone starzenie wg testu SSAA (saturated salt accelerated ageing test) polegało na umieszczeniu nasion przez 7 dni w temp. 45°C z użyciem nasyconego roztworu NaCl (wilgotność względna powietrza ok. 75%). Przyspieszone starzenie zgodnie z testem AA (accelerated ageing test) polegało na umieszczeniu nasion przez 3 dni w temp. 45°C w atmosferze nasyconej parą wodną (wilgotność względna powietrza 100%). Nasiona znajdowały się na warstwie gazy 2 cm ponad powierzchnią roztworu w zamkniętych w pudełkach plastikowych, które włożono na określony czas do termostatu o wymaganej, stałej temperaturze.

Wigor nasion po starzeniu i kontrolnych (bez zabiegu sztucznego starzenia) oceniano na podstawie pomiaru długości pierwszego liścia i najdłuższego korzenia siewki oraz przeprowadzono ocenę suchej masy siewki wg zaleceń ISTA (Hampton, TeKrony, 1995). W tym celu wysiano 3×25 nasion w rulonach bibułowych. Wartość średnią każdego parametru obliczano w stosunku do liczby wysianych nasion. Ponadto nasiona po starzeniu i kontrolne (4×50) były badane pod względem zdolności kiełkowania w warunkach optymalnych oraz liczby siewek nienormalnych i nasion spleśniałych zgodnie z aktualnymi Międzynarodowymi Przepisami Oceny Nasion ISTA. Jesienią każdego roku wysiewano pszenżyto w polu (4×100 nasion) w celu oceny wschodów.

Przeprowadzono analizę wariancji oraz grupowanie średnich za pomocą procedury Tukeya. Obliczenia wykonano w programie SAS (SAS Institute Inc., 2004 a i 2004 b).

WYNIKI I DYSKUSJA

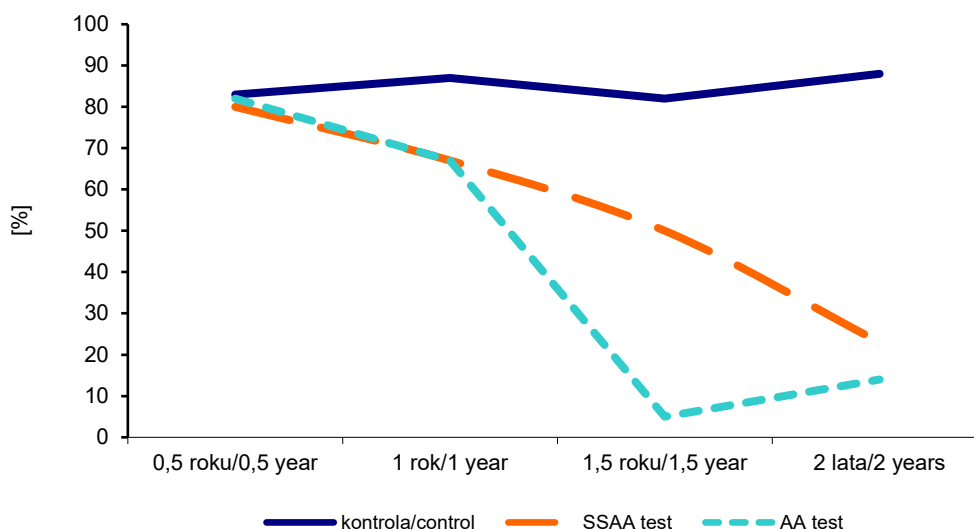
Badany materiał nasienny pszenżyta ozimego został wyprodukowany w jednakowych warunkach, gdyż pochodził z tego samego doświadczenia polowego. Przed umieszczeniem nasion w przechowalni oznaczono masę tysiąca ziarn, masę hektolitra i współczynnik dorodności wg Lityńskiego (1982). MTZ była zróżnicowana w zależności od odmiany i wahała się od 47,7 do 63 g (tab. 1). Wartości współczynnika dorodności były podobne do

siebie w zakresie od 75,4 do 81,6%. Najwyższą masą hektolitra ziarna stwierdzono u odmiany Alzo (76,6 kg/hl), a najniższą u odmiany Bogo (70,2 kg/hl). Ponadto oznaczono zdolność kiełkowania materiału wyjściowego. Udział siewek normalnych wynosił od 97 do 100% u wszystkich odmian z wyjątkiem Alzo (tab. 1). Zdolność kiełkowania nasion Alzo wynosiła 84%, gdyż występowały także siewki nienormalne oraz nasiona martwe, czyli spleśniałe. Po pół roku przechowywania zdolność kiełkowania nasion poddanych zabiegowi sztucznego starzenia i kontrolnych była jednakowa. (rys. 1).

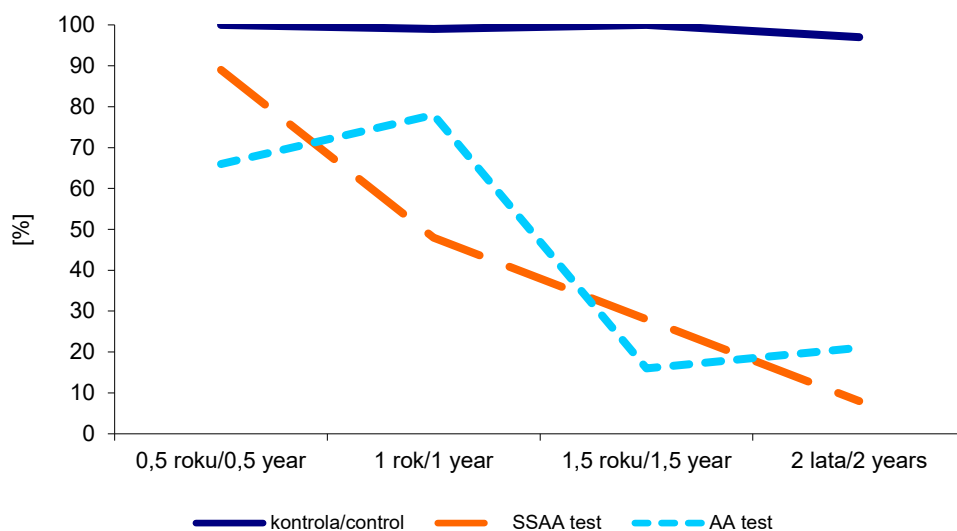
Tabela 1

Charakterystyka materiału wyjściowego pszenżyta ozimego
Characteristics of initial material of winter triticale

Odmiana Cultivar	MTZ TKW (g)	Dorodność Plumpness (%)	Masa hektolitra Weight of hectoliter (kg/hl)	Siewki normalne Normal seedlings (%)	Siewki nienormalne Abnormal seedlings (%)	Nasiona martwe Dead seeds (%)	Nasiona zdrowe niekiełkujące Fresh, ungerminated seeds (%)
Alzo	59,8	81,6	76,6	84	9	6	1
Bogo	47,7	78,2	70,2	98	1	1	0
Kitaro	63,0	77,7	75,5	97	1	2	0
Lamberto	53,5	75,4	73,5	100	0	0	0
Marko	60,0	79,9	74,6	97	2	1	0
Presto	59,9	77,8	77,5	98	1	1	0
Woltario	61,0	77,2	74,2	98	0	2	0

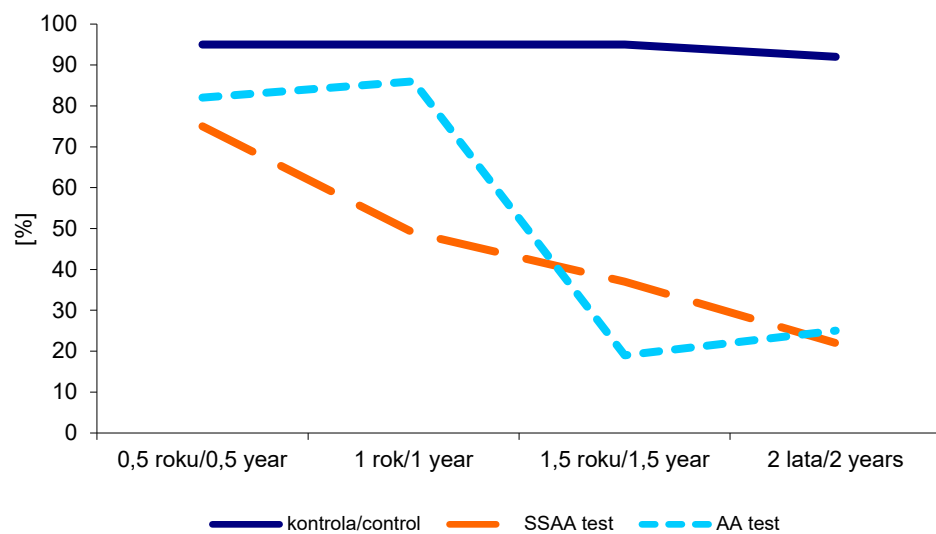


Rys. 1. Zdolność kiełkowania nasion odmiany Alzo w zależności od okresu przechowywania i zastosowanego testu starzenia
Fig. 1. Germination capacity of seeds of cv. Alzo depending on the storage period and ageing test applied



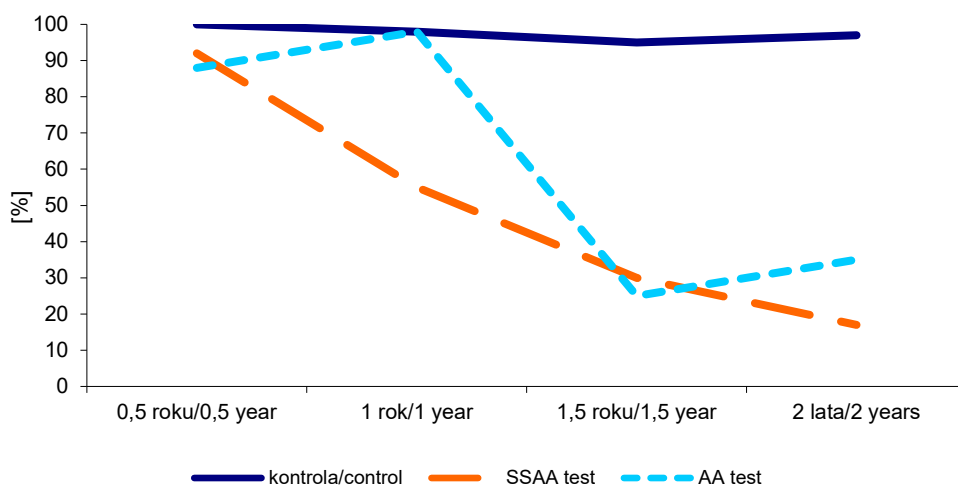
Rys. 2. Zdolność kiełkowania nasion odmiany Bogo w zależności od okresu przechowywania i zastosowanego testu starzenia

Fig. 2. Germination capacity of seeds of cv. Bogo depending on the storage period and ageing test applied

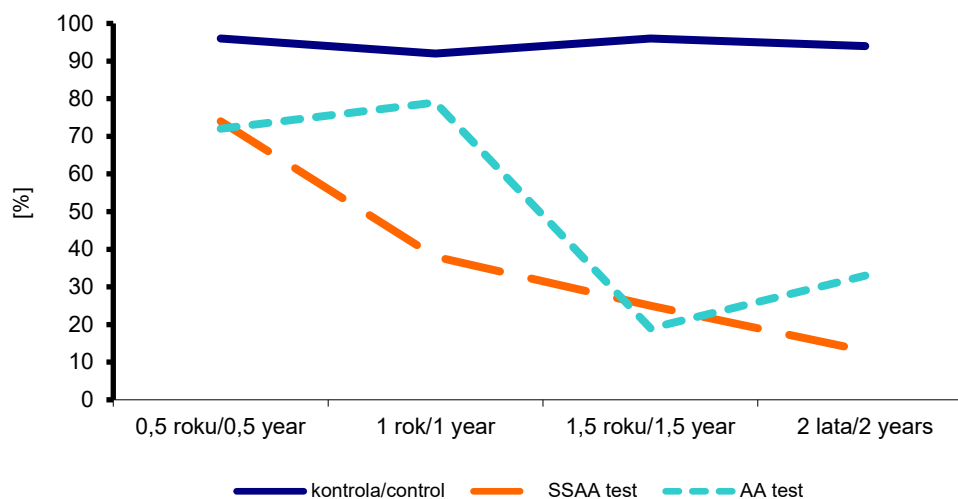


Rys. 3. Zdolność kiełkowania nasion odmiany Kitaro w zależności od okresu przechowywania i zastosowanego testu starzenia

Fig. 2. Germination capacity of seeds of cv. Kitaro depending on the storage period and ageing test applied



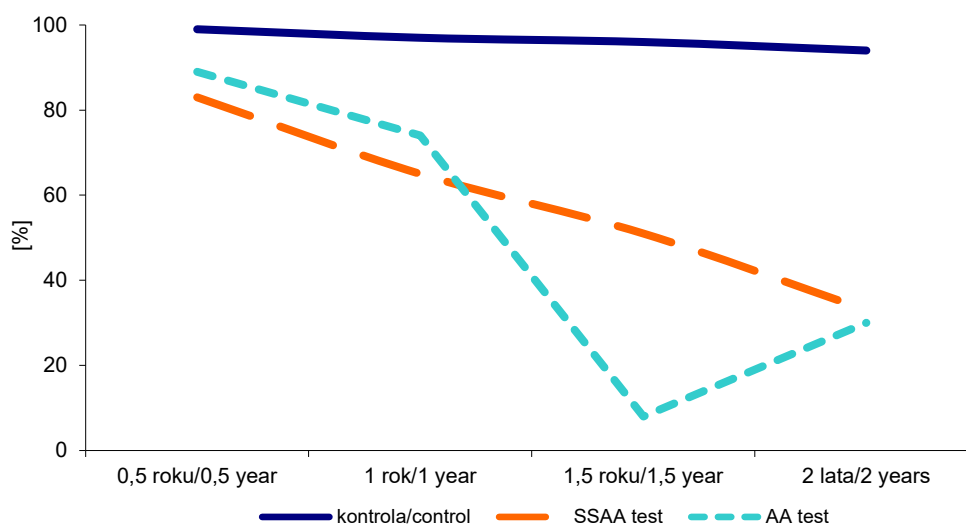
Rys. 4. Zdolność kiełkowania nasion odmiany Lamberto w zależności od okresu przechowywania i zastosowanego testu starzenia
Fig. 4. Germination capacity of seeds of cv. Lamberto depending on the storage period and ageing test applied



Rys. 5. Zdolność kiełkowania nasion odmiany Marko w zależności od okresu przechowywania i zastosowanego testu starzenia
Fig. 5. Germination capacity of seeds of cv. Marko depending on the storage period and ageing test applied

Natomiast po 1 roku przechowywania nasiona po starzeniu (niezależnie od wariantu) miały podobną zdolność kiełkowania, ale znacznie niższą niż nasiona kontrolne. Po 1,5

roku przechowywania nastąpiła bardzo duża obniżka zdolności kiełkowania po teście SSAA w porównaniu z testem AA, a po 2 latach wartość tego parametru dla nasion starzonych (niezależnie od wariantu) była zbliżona i kształtowała się w zakresie 10–30%. Inne wartości zdolności kiełkowania miały nasiona po zabiegu sztucznego starzenia u odmian Bogo i Marko (rys. 2 i 5).



Rys. 6. Zdolność kiełkowania nasion odmiany Presto w zależności od okresu przechowywania i zastosowanego testu starzenia

Fig. 6. Germination capacity of seeds of cv. Presto depending on the storage period and ageing test applied

Po pół roku przechowywania nasiona poddane 2 wariantom sztucznego starzenia uzyskały różne wartości ZK. Podczas dalszego przechowywania nasiona po teście SSAA wykazywały stopniowy spadek wartości tego parametru, natomiast po teście AA nie było takiej tendencji. Podobnie było u odmiany Kitario (rys. 3). Jednak po 2 latach przechowywania nasiona poddane zabiegowi sztucznego starzenia kiełkowały tak samo. U niektórych odmian wyniki po 2 latach przechowywania były zróżnicowane, ale przebieg krzywych kiełkowania podczas przechowywania był podobny np. Lamberto i Woltario (rys. 4 i 7). Inaczej kształtowało się kiełkowanie nasion odmiany Presto. Początkowo nasiona po starzeniu niezależnie od wariantu miały obniżoną, ale podobną zdolność kiełkowania (rys. 6). Później była ona bardzo zróżnicowana, aż po 2 latach osiągnęła wartość około 30%, tak jak i inne odmiany. Powodem tak niskiej zdolności kiełkowania był duży udział nasion martwych, czyli spleśniałych (tab. 2). U nasion kontrolnych udział nasion spleśniałych był zróżnicowany w zależności od odmiany i wahał się od 2,3% u odmiany Bogo do 22,2% u Alzo. Nasiona sztucznie starzone według testu SSAA miały od 52,8% do 70,9% nasion martwych. Odmiana Alzo, która w kontroli miała najwięcej nasion martwych, po teście SSAA miała najmniej, ale po AA najwięcej. Udział nasion

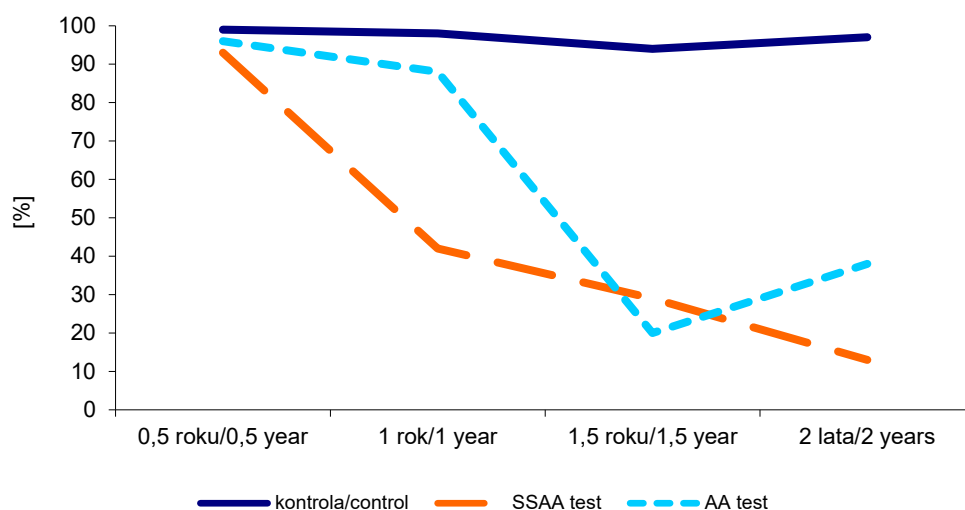
spłśniałych prawie w każdej odmianie był wyższy dla nasion starzonych według testu SSAA niż testu AA.

Tabela 2

Procentowy nasion martwych w ocenie zdolności kiełkowania
Percentage of dead seeds in germination test

Odmiana Cultivar	Kontrola Control		Nasiona po starzeniu Seeds after accelerated ageing			
			SSAA test		AA test	
Alzo	22,2	A*	52,83	E	58,7	A
Bogo	2,3	D	65,9	ABC	52,8	AB
Kitaro	13,4	B	67,2	AB	54,9	AB
Lamberto	4,7	CD	61,2	CD	41,2	C
Marko	8,5	BCD	70,9	A	52,8	AB
Presto	6,4	BCD	57,9	DE	50,2	B
Woltario	11,0	BC	64,4	BC	39,7	C
NIR — LSD	7,1		5,9		7,1	

* Grupy jednorodne wg testu Tukeya ($p = 0,05$); Homogenous groups according to Tukey's test ($p = 0,05$)



Rys. 7. Zdolność kiełkowania nasion odmiany Woltario w zależności od okresu przechowywania i zastosowanego testu starzenia

Fig. 7. Germination capacity of seeds of cv. Woltario depending on the storage period and ageing test applied

Wigor nasion kontrolnych oceniany suchą masą siewki był istotnie wyższy, gdy nasiona były 6 miesięcy w przechowalni w porównaniu do nasion dłużej przechowywanych (tab. 3). Natomiast wigor nasion po starzeniu, niezależnie od wariantu, pogarszał się statystycznie istotnie podczas przechowywania, to jest z każdym kolejnym sezonem od wiosny 2005 do jesieni 2006 r. Wigor oceniany długością pierwszego liścia siewki z nasion kontrolnych nie wykazał takiej prawidłowości. Nasiona po starzeniu testem SSAA

przejawiały stopniowe istotne pogarszanie się tego parametru podczas przechowywania. Podobną tendencję, lecz nie tak wyraźną stwierdzono podczas badania wigoru nasion po starzeniu testem AA. Wigor oceniany długością najdłuższego korzenia siewki z nasion kontrolnych był różnicowany pomiędzy latami przechowywania, tj. po 1,5 i 2 latach był istotnie niższy niż po 0,5 i 1 roku. Po zastosowaniu testu SSAA wigor nasion obniżał się istotnie co pół roku. Takiej zależności nie stwierdzono u nasion poddanych sztucznemu starzeniu wg testu AA. Zastosowanie testu SSAA pozwoliło wykazać istotne obniżanie się wigoru nasion mierzonego suchą masą siewki, długością pierwszego liścia jak i długością części korzeniowej. Według Basu i wsp. (2004) testy wigorowe oparte na długości koleoptyla mogą być wskaźnikiem jakości nasion i ich wartości przechowalniczej u nasion linii rodzicielskich kukurydzy.

Tabela 3

Wigor nasion pszenżyta oceniany na podstawie suchej masy siewki, długości pierwszego liścia i długości korzenia pierwotnego siewki w zależności od czasu przechowywania
Vigour of triticale seeds evaluated by measuring dry weight of seedling, shoot length and root length depending on storage time

Czas przechowywania Storage time (lata/years)	Sucha masa siewki Dry weight of seedling [g]			Długość pierwszego liścia Length of first leaf [mm]			Długość najdłuższego korzenia Length of longest root [mm]		
	kontrola control	SSAA test	AA test	kontrola control	SSAA test	AA test	kontrola control	SSAA test	AA test
0,5	0,444 A*	0,326 A	0,319 A	116,920 A B*	96,126 A	78,194 A	202,364 A*	40,992 A	136,347 A
1	0,425 B	0,192 B	0,277 B	111,617 B	47,253 B	77,701 A	195,330 A	80,356 B	120,061 B
1,5	0,375 B	0,088 C	0,061 C	117,594 A B	32,518 C	18,044 B	174,621 B	39,590 C	19,349 C
2	0,352 B	0,061 D	0,034 D	117,773 A	19,451 D	7,665 C	171,118 B	22,773 D	11,987 C

* Grupy jednorodnie wg testu Tukeya ($p = 0,05$); Homogenous groups according to Tukey's test ($p = 0,05$)

Testy przyspieszonego starzenia polegają na określeniu zdolności nasion do kiełkowania po przetrzymaniu próbek przez określony czas w ekstremalnych, stresowych warunkach wysokiej wilgotności powietrza oraz wysokiej temperaturze środowiska (Strzelecki, Urbaniak, 1990). Według Mazurek (1987) pszenżyto ozime o wysokiej zdolności kiełkowania podczas zbioru zachowuje dużą żywotność przez 3–4 lata, ale ziarno o obniżonej wartości siewnej najwyżej przez jeden rok. Ocena zdolności kiełkowania nasion po sztucznym starzeniu wykazała bardzo duży udział ziarniaków martwych (tab. 2). Po zastosowaniu testu AA najwięcej ziarniaków spleśniałych stwierdzono u odmiany Alzo. Potwierdziły to wschody polowe, które u tej odmiany były najniższe tj. 74% (tab. 4). Po 2 latach przechowywania nasion kontrolnych średnia długość części pędowej siewki wahała się od 98 do 129 mm w zależności od odmiany, natomiast u nasion poddanych starzeniu według testu SSAA od 29 do 66 mm, a po zastosowaniu testu AA od 37 do 52 mm. Wartość wigoru mierzonego średnią długością części korzeniowej siewki z nasion kontrolnych wahała się od 154 do 201 mm w zależności od odmiany. Natomiast po zastosowaniu testu SSAA od 38 do 90 mm, a po zastosowaniu testu AA od 61 do 90 mm. U nasion poddanych sztucznemu starzeniu rozwój siewki nie był wolniejszy niż siewki nasion kontrolnych.

Różnice wynikały ze sposobu obliczania w stosunku do liczby wysianych nasion, tak jak jest polecane w podręczniku ISTA oceny wigoru nasion (1995).

Biologiczna podstawa wigoru nasion została dobrze poznana w ostatnich 40 latach (TeKrony, 2003). Tempo starzenia się nasion zależy głównie od warunków ich przechowywania, a także od wyjściowej fizycznej i fizjologicznej jakości nasion. Wielkość nasion lub ich masa są czasem traktowane jako wskaźnik wschodów polowych, startu kiełkowania lub wigoru nasion (Naylor, 1993).

Tabela 4

Wschody polowe i wigor nasion 7 odmian pszenżyta ozimego po 2 latach przechowywania
Field emergence and seed vigour of 7 triticale cultivars after 2 years of storage

Cecha Trait	Odmiana — Cultivar							NIR LSD
	Alzo	Bogo	Kitaro	Lamberto	Marko	Presto	Woltario	
Wchody polowe Field emergence (%)	74 B*	94 A	86 A	97 A	94 A	94 A	97 A	13
Sucha masa (K) siewki Dry weight of seedling (g)	0,302 C	0,394 B	0,392 B	0,439 A	0,394 B	0,427 AB	0,446 A	0,042
(SSAA)	0,186 ABC	0,144 D	0,157 CD	0,202 AB	0,094 E	0,216 A	0,168 BCD	0,04
(AA)	0,157 BC	0,174 ABC	0,181 ABC	0,209 A	0,151 C	0,145 C	0,193 AB	0,038
Długość (K) pierwszego liścia Length of first leaf (mm)	98,13 D	113,41 B	103,8 D	126,63 A	116,15 BC	129,3 A	124,39 AB	9,38
(SSAA)	54,9 B	38,68 CD	45,45 BC	54,55 B	29,53 CD	66,01 A	52,71 B	9,6
(AA)	42,75 CD	37,39 D	42,56 CD	51,53 AB	44,27 BCD	46,9 ABC	52,42 A	7,92
Długość (K) części korzeniowej Root system length (mm)	154,18 C	187,5 AB	185,21 B	193,08 AB	191,31 AB	188,37 AB	201,34 A	15,25
(SSAA)	82,29 AB	61,96 C	66,52 BC	82,21 AB	38,14 D	90,39 A	74,96 ABC	15,84
(AA)	68,39 BCD	67,11 BCD	74,71 BC	79,16 AB	62,53 CD	61,58 D	90,05 A	12,54

* Grupy jednorodne wg testu Tukeya ($p = 0,05$); Homogenous groups according to Tukey's test ($p = 0.05$)

Nie znajduje to potwierdzenia w prezentowanych badaniach, gdyż odmiana Lamberto o najniższej MTZ i dorodności miała najwyższe wschody w polu (tab. 1 i 4). Podobnie wysokimi wschodami wyróżniała się odmiana Bogo, której masa hektolitra ziarna była najniższa spośród wszystkich badanych odmian. Szczukowski i wsp. (1993) w swoich badaniach stwierdzili, że zdolność kiełkowania nasion pszenżyta po 2 latach przechowywania obniżała się do poziomu 77%, natomiast zdolność kiełkowania nasion przechowywanych od zbioru do siewu lub przez rok wynosiła 92–93%. Powyższe wyniki wskazują, że dwuletnie składowanie ziarna pszenżyta w magazynie o naturalnej zmiennej wilgotności i temperatury powietrza powoduje znaczne obniżenie zdolności kiełkowania. Natomiast przechowywanie ziarna pszenżyta w kontrolowanych warunkach w temperaturze około zera i wilgotności powietrza w granicach 40–50% pozwala na utrzymanie wysokiej wartości siewnej nawet do 6 lat (Gabińska i in., 1991; Narkiewicz-Jodko i Schneider, 1988; Strzelecki, 1991).

Do oceny wartości przechowalniczej ziarna pszenicy wg badań Meriaux i wsp. (2004 b) bardziej przydatny jest test SSAA niż test AA. Autorzy badali 42 partie pszenicy i stwierdzili, że wyniki zdolności kiełkowania nasion przechowywanych w niekontrolowanych warunkach były skorelowane z wynikami zdolności kiełkowania po zastosowaniu testu z użyciem NaCl. Autorzy polecają dla zbóż czas działania testu przez 7 dni. Dla kukurydzy polecany jest czas 3 dni (Bennett i in., 2001), a dla nasion dyni 4 dni (Dutra i Vieira, 2004). Natomiast dla nasion małych i drobnych jak np. nasiona niektórych warzyw czy kwiatów długość trwania testu powinna wynosić 3 dni (Jianhua, McDonald, 1996). Inni autorzy (Strzelecki i Urbaniak, 1990) uważali, że zastosowanie testów przyspieszonego starzenia dla nasion roślin rolniczych takich jak pszenica ozima i żyto nie daje jednoznacznych wyników, co do wartości przechowalniczej. Powodem było znaczne zróżnicowanie odmianowe. W prezentowanych badaniach odmiany Woltario i Lamberto miały najwyższe wschody polowe oraz wigor mierzony suchą masą siewki i długością części pędowej i korzeniowej siewki zarówno u nasion kontrolnych jak i starzonych niezależnie od wariantu (tab. 4). U odmiany Presto najwyższy wigor miały nasiona kontrolne oraz starzone testem SSAA. U pozostałych odmian nie stwierdzono takich prawidłowości.

Narkiewicz-Jodko i Schneider (1988) prowadziły badania nad ustaleniem warunków przechowywania pszenżyta ozimego i wykazały, że najkorzystniejszym okazało się składowanie ziarna o wilgotności 11% w szczelnych pojemnikach w temperaturze zmiennej lub w 0°C. Przechowywanie ziarna w tych warunkach zabezpieczało wysoką wartość siewną przez okres 3 lat. Natomiast przechowywanie takiego materiału w szczelnych pojemnikach tylko w 0°C umożliwia zachowanie wysokiej wartości siewnej przez 6–8 lat (Gabińska i in., 1991). W prezentowanych badaniach nasiona umieszczono w prowokacyjnej temperaturze powyżej 15°C, która nie jest wskazana do przechowywania, gdyż w niej powinna nastąpić szybka utrata wartości siewnej. Do wielomiesięcznego i wieloletniego przechowywania najlepsza jest temperatura w przedziale -5 i +5°C (Strzelecki i Urbaniak, 1990). Według Strzeleckiego (1991), gdy nasiona pszenżyta lepiej kiełkowały w warunkach laboratoryjnych, tym lepsze były wschody roślin. Podobnie, gdy ich wyjściowa wartość biologiczna była wyższa, tym lepiej się przechowywały. Degradacja wschodów nasion z przechowalni postępowała znacznie intensywniej niż degradacja zdolności kiełkowania. W prezentowanych badaniach nie stwierdzono takiej zależności, być może z powodu zbyt krótkiego czasu przechowywania nasion.

Korona i Wiwart (1997) badali mikroflorę ziarniaków pszenżyta ozimego po zbiorze i stwierdzili najwięcej grzybów z rodzaju *Alternaria alternata*. W prezentowanych badaniach w warunkach dużej wilgotności i wysokiej temperatury następował szybki rozwój zarówno grzybów saprotroficznych jak i patogenicznych, które powodowały pleśnienie nasion. Moś (2000) na podstawie badania 4 odmian pszenżyta za pomocą testu AA stwierdziła, że 48 godzin jest wystarczającym czasem do uzyskania efektu obniżenia wigoru. Przedłużanie warunków przyspieszających starzenie do 96 godzin spowodowało obniżenie żywotności nasion poniżej 10%. Ziarniaki kontrolne wykazały najwyższą zdolność kiełkowania. Autorka obserwowała podobną reakcję badanych odmian na

warunki przyspieszające starzenie nasion, jak w prezentowanych badaniach, gdzie u wszystkich 7 odmian przechowywanych przez dwa lata, zaobserwowano znaczny spadek wigoru mierzonego suchą masą siewki, czy długością pierwszego liścia lub najdłuższego korzenia (tab. 4). Jednakże zgodnie z sugestią Merioux i wsp. (2004), którzy prowadzili badania nad pszenicą, w niniejszych badaniach do sztucznego starzenia nasion zastosowano test AA przez 72 godziny.

Ocena wartości przechowalniczej nasion jest potrzebna do wyznaczenia długości przechowywania nasion bez utraty ich wartości siewnej. Wyrazem wysokiego wigoru nasion są wysokie wschody polowe wszystkich analizowanych odmian za wyjątkiem odmiany Alzo. Oceniany materiał nasienny tej odmiany miał także najwięcej nasion spleśniałych po zastosowaniu testu AA. Wschody polowe powyżej 90% osiągnęły 4 spośród badanych odmian (tab. 4). Odmiana Lamberto miała najwyższe wschody polowe, a także najwyższe wyniki wigoru mierzonego każdą z 3 cech zarówno u nasion kontrolnych, jak i starzonych niezależnie od wariantu. Tylko u tej odmiany stwierdzono taką prawidłowość. Odmiana Woltario miała także wysokie wschody polowe i duży wigor nasion zarówno u nasion kontrolnych jak i po starzeniu testem AA, natomiast Presto u nasion kontrolnych i starzonych testem SSAA. Odmiana Bogo, chociaż miała tak wysokie wschody polowe jak Presto (94%), to wigor nasion po starzeniu niezależnie od testu, był niski.

PODSUMOWANIE

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że:

- dwuletnie przechowywanie nasion pszenżyta ozimego spowodowało stopniowe pogarszanie się wigoru nasion,
- test SSAA jest bardziej przydatny do oceny wartości przechowalniczej pszenżyta ozimego,
- po 2 letnim przechowywaniu nasion nie było zależności pomiędzy wynikami wigoru nasion i wschodami roślin w polu.

LITERATURA

- Basu S., Sharma S.P., Dadlani M. 2004. Storability studies on maize (*Zea mays* L.) parental line seeds under natural and accelerated ageing conditions. *Seed Sci. & Technol.*, 32: 239 — 245.
- Bennett M. A., Evans A. F., Grassbaugh E. M. 2001. Saturated salt accelerated ageing (SSAA) test for assessing and comparing sh2 and se sweet corn seedlots. 26 International Seed testing Congress — Seed Symposium Angers, France, June 18–20, 2001 Abstracts, Appendix: 11.
- Deluche J. C., Baskin C.C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. & Technol.* 1:427 — 452.
- Dutra A., Vieira R. 2004. Accelerated ageing as a vigor test for squash and pumpkin seeds. ISTA Seed Symposium 17–19 May 2004 Budapest, Hungary, Abstracts: 84.
- Gabińska K., Narkiewicz-Jodko M., Schneider J. 1991. Wpływ wieloletniego przechowywania na wartość siewną pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR* 180:43 — 51.
- Hampton J. G., TeKrony D. M. 1995. Handbook of vigour test methods. ISTA, Zurich, Switzerland.
- Jianhua Z., McDonald M. B. 1996. The saturated salt accelerated aging test for small-seeded crops. *Seed Sci. & Technol.* 25:123 — 131.

- Korona A., Wiwart M. 1997. Mikoflora różnych frakcji ziarniaków pszenżyta ozimego. Zesz. Nauk. AR Szczec. Rolnictwo 65: 195 — 202.
- Kwiatkowski J., Szczukowski S., Tworkowski J. 1997. Wpływ długości okresu przechowywania ziarna pszenżyta ozimego na jego wartość siewną i plon oraz zdolność kiełkowania pokolenia potomnego. Zesz. Nauk. AR Szczecin. Rolnictwo 65: 229 — 233.
- Lityński M. 1982. Biologiczne podstawy nasiennictwa. PWRiL, Warszawa.
- Mazurek J. 1987. Wartość siewna i reprodukcyjna ziarna pszenżyta ozimego w zależności od czasu przechowywania. Pam. Puł. 89:165 — 172.
- Meriaux B., Ladonne F., Fougereux J.A. 2004 a. Accelerated ageing test for wheat (*Triticum aestivum*), reproducibility of two ageing methods. ISTA Seed Symposium, 17–19 May 2004 Budapest, Hungary, Abstracts: 83.
- Meriaux B., Fougereux J. A., Ladonne F. 2004 b. Determination of storage potential of wheat seeds: relevance of an accelerated ageing test using NaCl. ISTA Seed Symposium 17–19 May 2004 Budapest, Hungary, Abstracts: 84.
- Międzynarodowe Przepisy Oceny Nasion ISTA – wersja polska 2004, 2005, 2006. Opracowanie IHAR Radzików.
- Moś M. 2000. Reakcja ziarniaków pszenżyta ozimego na warunki przyspieszonego starzenia. Biul. IHAR 216: 145 — 150.
- Narkiewicz-Jodko M., Schneider J. 1988. Wpływa warunków przechowywania na wartość siewną i zdrowotność ziarna pszenżyta ozimego. Hod. Rośl.Aklim. 32, 5–6:1 — 23.
- Naylor R. E.L. 1993. The effect of parent plant nutrition on seed size, viability and vigour and on germination of wheat and triticale at different temperatures. Ann. Appl. Biol. 123: 379 — 390.
- SAS Institute Inc. 2004 a. SAS 9.1 Companion for Windows. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- SAS Institute Inc. 2004 b. SAS/STAT 9.1 User's Guide. Cary, NC, USA, SAS Publishing, SAS Institute Inc.
- Strzelecki A. W. 1991. Wartość siewna i przechowalnicza pszenżyta ozimego w zależności od warunków zbioru. Biul. IHAR 180:23 — 31.
- Strzelecki A. W., Urbaniak Z. 1990. Przechowywanie materiału siewnego roślin rolniczych i ogrodniczych – wymagania nasion i warunki składowania. Opracowanie IHAR nr 21/1500/90.
- Szczukowski S., Tworkowski J., Kwiatkowski J. 1993. Wpływ długości okresu przechowywania ziarna pszenżyta ozimego na jego wartość siewną, plon i zdolność kiełkowania pokolenia potomnego. Mat. Konf. „Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji roślinnej”, Warszawa 1993: 91 — 97.
- TeKrony D. M. 2003. Precision is an essential component in seed vigour testing. Seed Sci.& Technol., 31:435 — 447.

WOJCIECH RYBIŃSKI
KAROLINA KRYSTKOWIAK
ANETTA KUCZYŃSKA
MICHAŁ RĘBARZ

Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Zróznicowanie nagoziarnistych mutantów jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) na poziomie fenotypowym i molekularnym

Variability of hull-less barley mutants (*Hordeum vulgare* L.) at the phenotypic and molecular levels

Celem pracy było określenie zmienności genetycznej cech u uzyskanych mutantów w porównaniu do ich formy wyjściowej zarówno na poziomie fenotypowym jak i molekularnym. Materiał wyjściowy do badań stanowiły nagoziarniste mutanty jęczmienia jarego uzyskane na drodze sztucznego indukowania mutacji wykorzystując w tym celu ziarniaki nieoplewionej formy 1N/86. Czynnikiem mutagenicznym były chemomutageny a analizę cech fenotypowych i plonotwórczych u uzyskanych mutantów prowadzono na podstawie doświadczenia polowego. Zróznicowanie genetyczne mutantów w porównaniu z ich formą wyjściową opracowano przy wykorzystaniu wielocechowych metod statystycznych oraz metod molekularnych. (reakcja RAPD-PCR). Analiza statystyczna wyników z doświadczenia polowego wykazała, że w porównaniu z formą wyjściową mutanty charakteryzowały się szerokim spektrum zmienności badanych cech. W badaniach molekularnych, na podstawie wartości podobieństwa genetycznego wyodrębniono mutanty o największym jak i najmniejszym podobieństwie genetycznym w porównaniu z ich formą wyjściową. Obliczone współczynniki podobieństwa genetycznego według Nei'a posłużyły do hierarchicznego pogrupowania badanych obiektów. Wyniki pogrupowania przedstawiono w formie dendrogramu. W oparciu o wartości obliczonego dystansu fenotypowego (odległości Mahalanobisa) i genetycznego określono ich korelację a także wyróżniono mutanty o najmniejszym podobieństwie do swej formy wyjściowej na obu badanych poziomach zmienności.

Słowa kluczowe: jęczmień nieoplewiony, mutanty, zmienność genetyczna cech, podobieństwo genetyczne, RAPD

The aim of the study was estimation of genetic variability in hull-less barley mutants as compared to their initial form at the phenotypic and molecular levels. Material for the performed studies constituted hull-less barley mutants obtained as a result of mutagenic treatment of grain of hull-less spring barley line — 1N/86. Two chemomutagens were the mutagenic agents. The phenotypic as well as yield structure traits of the mutants were analyzed on the ground of performed field trial. Genetic variations of the mutants, in comparison to their initial line, were elaborated with the use of multivariate

statistics methods and the RAPD molecular method. Statistical analysis of the obtained results indicated that the mutants were characterized by broad spectrum of variation, as compared to the initial line. On ground of the molecular study, the calculated genetic similarity coefficients allowed to select the mutants with the greatest and smallest genetic similarity to the initial line. Genetic similarity was estimated according to the formula given by Nei and the results were used for hierarchical grouping of the analyzed mutants. A result of the grouping was presented on the dendrogram. With the use of calculated phenotypic and genetic distances their correlation coefficient was estimated. As final results, the mutants were chosen with the lowest similarity to the initial line, on the both analyzed levels (phenotypic and molecular).

Key words: hull-less barley, genetic variation, genetic similarity, mutants, RAPD

WSTĘP

Głównym celem hodowli roślin jest wprowadzenie do produkcji nowych odmian dających korzystne efekty gospodarcze, jak wyższa plenność, mniejsza kosztocłonność uprawy, lepsze parametry technologiczne i niezawodność (Czembor, 1989, 1997). Pośród oplewionych gatunków zbóż uprawianych w Polsce coraz większego znaczenia gospodarczego nabierają ich formy nagoziarniste. W krajowym Rejestrze pośród 37 odmian jęczmienia jarego uprawianych na powierzchni ok. miliona ha, znajdowała się jedna odmiana nieoplewiona. W roku 1999 zespół Prof. Czembora z IHAR Radzików zarejestrował nową polską odmianę nagoziarnistą Rastik o dobrej plenności i wysokich wartościach żywieniowych. Wśród 25 odmian owsa uprawianych na powierzchni około 550 tys. ha są dwie odmiany nieoplewione Akt i Polar (Kolasińska i Boros, 2003). Nowe odmiany nagoziarniste poprzez uzyskanie redukcji włókna, wysokiej zawartości białka o korzystnym składzie aminokwasowym, a w przypadku owsa o zwiększonej ilości wartościowego tłuszczu, znajdują zastosowanie w żywieniu zwierząt monogastrycznych oraz przemyśle spożywczym.

Oplewienie ziarniaków to około 10%–13% suchej masy ziarniaka (Bhatty i in., 1975). Ponieważ głównymi komponentami łuski są celuloza, hemiceluloza, ligniny i pektyny (Bhatty, 1993) odmiany nagoziarniste charakteryzują się redukcją zawartości włókna i wzrostem zawartości skrobi (Yang i in., 1997), co w zwiększa strawność i wartość pozyskiwanej energii u zwierząt monogastrycznych (Beames i in., 1996). Jęczmień nagoziarnisty jest też coraz szerzej wykorzystywany w przemyśle spożywczym (Bhatty, 1996; Bhatty i Rosnagel, 1998), zwłaszcza w produkcji kaszy (Bhatty, 1997).

Brak oplewienia jest uwarunkowany pojedynczym recesywnym genem *nud* (inne symbole genu *k*, *n*, *s* lub *h*) zlokalizowanym blisko centromeru na długim ramieniu chromosomu 1 (7H), (Górny 2004). Ekspresja tego genu uniemożliwia trwałe przyleganie plewki do ziarniaka redukując tym samym zawartość trudno rozpuszczalnego włókna (Xue i in., 1997).

Nagość ziarna jest cechą bardzo stabilną — warunki środowiska mają tu znikomy wpływ na jego ekspresję (Górny, 2004). Znacznej zmienności podlega jednak plonowanie form nieoplewionych a z reguły ich plon jest zwykle o 15–35% niższy od plonu odmian oplewionych, przy słabszym krzewieniu produktywnym i wyższej o 20–25% masie 1000 ziaren (Dziamba i Rachon, 1988, Paris, 1999). Ponadto według Kolasińskiej i Boros (2003)

odmiany nieoplewione wnoszą niepożądane problemy związane z wartością siewną ziaren. Wspomniani autorzy sugerują, że budowa nasienia, brak plewek sprawia, że ziarniaki nagie są bardziej narażone na uszkodzenia (np. w czasie zbioru, czyszczenia) niż oplewione.

Mimo niewątpliwych zalet jęczmienia nagoziarnistego jego szersze wprowadzenie do uprawy ogranicza niższa zdolność plonowania (obniżenie parametrów struktury plonu) w porównaniu z formami oplewionymi (Bhatty, 1986), a także obserwowana negatywna korelacja między zawartością białka a plonem ziarna. Jednym z warunków zmiany tej sytuacji jest poszerzenie zmienności genetycznej cech u form nieoplewionych, wykorzystując w tym celu nie tylko efekty rekombinacji, ale także indukowane mutacje.

Efektywną metodą poszerzenia zmienności genetycznej cech u roślin uprawnych okazuje się indukowanie mutacji (Rybiński i in., 1993; Akhuary i in., 1996; Arumugan i in., 1997). Z uwagi na zalety jęczmienia nieoplewionego w porównaniu z formami oplewionymi podjęto prace nad uzyskaniem mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego. Celem pracy było określenie zmienności genetycznej cech u uzyskanych mutantów w porównaniu do ich formy wyjściowej zarówno na poziomie fenotypowym jak i molekularnym.

MATERIAŁ I METODY

Materiał wyjściowy do indukowania mutacji stanowiły ziarniaki nagoziarnistego rodzaju hodowlanego 1N/86. W wyniku traktowania ziarniaków chemomutagenami — N-nitroso-N-metylomocznika (MNU) oraz azydku sodu (NaN_3) uzyskano pokolenie M_1 , którego ziarniaki posłużyły do uzyskania pokolenia M_2 gdzie prowadzono wybór mutantów. W pokoleniu M_3 potomstwo każdego z mutantów wysiewano wraz z formą wyjściową w doświadczeniu polowym w celu potwierdzenia czy wybrane w pokoleniu M_2 i zmienione w stosunku do kontroli rośliny utrzymują swą zmienność o charakterze mutacji. Po kolejnych rozmnożeniach wybrano 30 zmutowanych form, które pod względem ich morfotypu i zdolności plonowania istotnie różniły się od swej formy wyjściowej 1N/86. Materiał ten oraz odmiana wyjściowa stanowiły obiekty do doświadczeń polowych prowadzonych na Polu Doświadczalnym IGR PAN w Cerekwicy. Doświadczenia zakładano metodą bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Wysiew prowadzono umieszczając ziarniaki na poletku o długości i szerokości metra w rozstawie 15×5 cm. W okresie wegetacji prowadzono obserwacje wzrostu i rozwoju roślin a po ich zbiorze (po 15 roślin z każdego poletka i powtórzenia) oceniano wysokość roślin, długość kłosa, liczbę kłosów z rośliny, liczbę i masę ziaren z rośliny, masę 1000 ziaren. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie określając wartości średnich, współczynniki zmienności i odchylenie standardowe. Ocenę i wyniki testowania porównań średnich dla każdej z badanych cech między formą wyjściową a mutantami przedstawiono w formie kontrastu (Caliński i in., 1976; Ceranka i in., 1977). Podobieństwo poszczególnych mutantów w stosunku do ich formy wyjściowej pod względem wszystkich badanych cech łącznie wyrażono wartościami odległości Mahalanobisa. Rozkład średnich dla badanych cech mutantów i formy wyjściowej przedstawiono w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych. Zawartość białka w ziarniakach oznaczano metodą Kjeldahla.

Uzyskane z doświadczenia polowego ziarniaki wysiewano w szklarni do doniczek. DNA mutantów i ich formy wyjściowej 1N/86 ekstrahowano z liści 3–4 tygodniowych siewek przez 15 minut w temperaturze 95°C z wyciętych korkoborem krążków liści o powierzchni 2 mm², umieszczając je w buforze TPS. Reakcję RAPD-PCR prowadzono dla dziewięciu 10 nukleotydowych starterów, wybranych wcześniej spośród 300 o losowej sekwencji. Reakcję prowadzono według protokołu: 5 min w 95°C, 45 cykli — 1 min w 94°C, 2 min w 36°C, 2 min w 72°C, 10 min w 72°C (Kuczyńska i in., 2001). Każdą reakcję przeprowadzono oddzielnie dla czterech losowo wybranych siewek mutantu i ich formy wyjściowej. Elektroforezę fragmentów prowadzono przez 2,5 godziny pod napięciem 100 V w 1,5% żelu agarozowym zawierającym bromek etydy w stężeniu 0,5 mg/L (Kuczyńska i in., 2003).

Współczynniki podobieństwa genetycznego analizowanych mutantów określono korzystając ze wzoru według Nei'a i Li, (1979). Wyliczone współczynniki umożliwiły hierarchiczne grupowanie obiektów metodą średnich połączeń, a wyniki przedstawiono w formie dendrogramu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Według Campbell i wsp. (1994) indukowane mutacje i hodowla mutacyjna może być wartościowym uzupełnieniem konwencjonalnych metod hodowli i zostać wykorzystana do tworzenia dodatkowej zmienności genetycznej. Wyniki przedstawione w tabeli 1 wskazują, że mutanty w porównaniu z ich formą wyjściową charakteryzowały się poszerzeniem zmienności analizowanych cech. Pośród 30 mutantów 25 z nich wyróżniało się obniżeniem wysokości roślin w porównaniu z formą wyjściową (ujemne wartości kontrastu). Największą redukcją wysokości przekraczającą 15 cm charakteryzowały się mutanty M 62, M 46, M 2 i M 120. Wskazuje to na wysoką efektywność zastosowanych mutagenów w indukowaniu redukcji długości źdźbła. Potwierdzają to badania Scholza (1965) i Rybińskiego (1981), którzy po działaniu mutagenów z wysoką częstotliwością selekcjonowali krótkosłome mutanty jęczmienia. W wielu wypadkach redukcji długości źdźbła towarzyszyło skrócenie długości kłosa (u 17 mutantów). Analizując elementy struktury plonowania (liczba kłosów z rośliny, liczba i masa ziarniaków z rośliny i masa 1000 ziarniaków) dla przeważającej liczby mutantów uzyskano ujemne wartości kontrastu. Wskazuje to na obniżenie cech struktury plonu mutantów w porównaniu z ich formą wyjściową. Mutanty z reguły charakteryzowały się gorszym rozkrzewieniem produkcyjnym (mniejsza liczba kłosów z rośliny), co wpływało na redukcję liczby ziarniaków z rośliny. Według Noworolnika i Leszczyńskiej (2004) jedyna krajowa, wysokowartościowa nieoplewiona odmiana Rastik w porównaniu z odmianami oplewionymi odznaczała się w doświadczeniu mikropoletkowym większym wypadaniem roślin i słabszym rozkrzewieniem produkcyjnym a odmiany oplewione plonowały istotnie wyżej dzięki większej liczbie kłosów (o 20%) na jednostce powierzchni. Również dla większości mutantów niższa była masa ziarniaków z rośliny i masa 1000 ziarniaków, co mogło mieć związek z obserwowaną redukcją długości kłosa. Pośród analizowanych

mutantów tylko dwa z nich (M 13 i M 17) charakteryzowały się nieznacznie wyższymi w porównaniu z ich formą wyjściową wartościami cech struktury plonu.

Tabela 1

Ocena różnic fenotypowych między mutantami jęczmienia jarego a ich formą wyjściową 1N86
The estimation of phenotypic differences between mutants and their initial form 1N86

Mutanty Mutants	Ocena kontrastu dla cech — Contrast estimation for traits						Wartości statystyki F dla cech łącznie Statistic value F for traits jointly
	wysokość roślin (cm) plant height (cm)	długość kłosa (cm) spike length (cm)	liczba kłosów z rośliny spikes number per plant	liczba ziaren z rośliny grains number per plant	masa ziaren z rośliny(g) grain weight per plant (g)	masa 1000 ziaren (g) weight of 1000 grains (g)	
M2-1N/86	-17,06**	-1,26	-0,13	-11,02	-1,40	-6,53	12,83**
M6-1N/86	-13,36**	0,06	-1,40**	-40,05**	-2,26**	0,80	8,41**
M13-1N/86	-0,33	0,53	0,26	1,10	0,32	1,33	0,33
M16-1N/86	-5,80**	-1,03	-1,20*	-29,41*	-2,40**	-5,50*	4,03**
M22-1N/86	-8,20**	0,60	-3,26**	-96,00**	-3,51**	-2,00	11,77**
M26-1N/86	1,60	0,76	-1,13*	-12,11	-0,80	-0,90	1,56
M28-1N/86	-10,40**	-0,03	-1,13*	-60,52**	-4,29**	-13,8**	12,40**
M32-1N/86	-8,80**	0,20	-2,53**	-72,84**	-4,18**	-5,23*	9,91**
M35-1N/86	-9,53**	0,16	-1,46**	-37,60*	-2,42**	-2,20	5,42**
M46-1N/86	-16,7**	-0,63	0,06	-5,66	-1,26	-6,43*	12,18**
M52-1N/86	-11,0**	-0,30	-1,46**	-37,43*	-3,63**	-10,03**	11,17**
M 53-1N/86	-1,93	0,76	-0,40	-5,30	-1,60	-10,13**	4,19**
M58-1N/86	0,40	-2,40*	-1,73**	-22,1	-3,72**	-18,13**	19,00**
M62-1N/86	-15,80**	0,00	-3,53**	-74,52**	-6,11**	-20,33**	33,28**
M74-1N/86	-5,86**	-0,06	-2,20**	-42,64**	-4,03**	-13,80**	13,20**
M75-1N/86	-8,40**	-0,76	-1,26**	-14,02	-2,75**	-12,10**	12,24**
M81-1N/86	-7,73**	-0,06	-2,53**	-51,83**	-4,36**	-14,16**	14,72**
M82-1N/86	-3,80	-0,03	-0,40	-26,85	-1,13	-3,86	2,49*
M84-1N/86	-11,20**	0,96	0,23	11,19	-0,68	-6,56*	7,34**
M102-1N/86	3,40	2,66**	-2,60**	-22,03	-2,51**	-9,23**	14,51**
M103-1N/86	6,26**	1,33	1,33**	74,96**	2,45**	-9,13**	10,87**
M104-1N/86	-3,20	0,66	-1,40**	-14,31	-2,74**	-13,83**	11,34**
M105-1N/86	-0,73	1,90*	-1,20*	-3,32	-1,92*	-11,43**	9,62**
M117-1N/86	-1,66	-0,60	1,06*	14,84	0,97	0,26	1,34
M120-1N/86	-18,00**	-0,70	-1,60**	-60,85**	-4,87**	-13,43**	20,82**
M121-1N/86	-5,06*	-1,13	-1,20*	-17,74	-1,74*	-5,33*	3,97**
M127-1N/86	-5,86**	-1,10	-0,86	-25,31	-2,88**	-10,73**	6,69**
M139-1N/86	-7,73**	-1,26	-0,06	-14,40	-0,94	-0,73	2,85*
M141-1N/86	-5,46**	-0,56	0,13	-12,23	-0,39	-8,53**	4,71**
M142-1N/86	-9,00**	-0,16	0,40	32,1*	0,86	-5,83*	5,27**
Forma wyjściowa 1N/86	76,9	9,5	8,0	157,5	9,36	55,8	—
Initial form 1N/86							
Wartości krytyczne Critical values							F _{0,05} = 2,26 F _{0,01} = 3,14

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

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

Na możliwość uzyskania form nieoplewionych o korzystnych parametrach plonowania wskazują prace kilku autorów (Vaidya i Mahabalan, 1989; Eslick i in., 1990; El Sayed i in., 2004), gdzie formy nagoziarniste plonowały co najmniej na poziomie form

oplewionych. Niektóre charakteryzowały się o 12% wyższym indeksem plonowania (Nagy, 2003), a także wykazywały wyższą tolerancję na stresowe czynniki środowiska (Thair i Shevstov 1994) i lepszą wartość żywieniową ziarniaków (Bhatty 1986). W porównaniu z jęczmieniem oplewionym jęczmień nagoziarnisty z reguły charakteryzuje się niższym plonem ziarna (Harlan i in., 1940; Mc Guire i Hockett, 1981; Noworolnik i Leszczyńska, 2004) nawet o 15–35% (Dziamba i Rachoń, 1988) przy redukcji rozkrzewienia produkcyjnego (Paris, 1999), co obserwowano w prezentowanej pracy. Inni autorzy upatrują przyczyn obniżenia plonu ziaren w zaburzeniu kłoszenia (Choo i in., 2001), wpływie genu nagoziarnistości na redukcję masy pojedynczego ziarniaka wyrażonego redukcją jego długości do szerokości o około 14% (Nam i Lee, 1990) przy widocznym skróceniu długości członów osadki kłosowej, czemu towarzyszyło skrócenie długości źdźbła (Takahashi i in., 1961). Ten ostatni efekt również obserwowano u analizowanych w pracy mutantów. Cecha nagości ziarna jęczmienia kontrolowana jest przez recesywne allele *nud* na chromosomie 7H, przy czym gen ten wpływa na inne cechy a jego efekt nie został jeszcze w pełni poznany (Choo i in., 2001). Według wspomnianych wyżej autorów gen *nud* może wykazywać pleiotropowy efekt w odniesieniu do plonowania lub może być sprzężony z QTL dotyczącymi plonu ziarna.

Charakterystykę statystyczną mutantów przedstawiono w tabeli 2. Najwyższą wartość odchylenia standardowego uzyskano dla liczby ziaren z rośliny a współczynnika zmienności dla liczby i masy ziaren rośliny. Najmniejszej zmienności podlegała cecha długości kłosa.

Tabela 2

Charakterystyka zmienności cech mutantów nagoziarnistych jęczmienia jarego
Characteristics of variation of hull-less barley mutants

Cechy Traits	Charakterystyka zmiennych — Characteristics of variables						
	średnia mean	min. min.	maks. max	wariancja variance	odchylenie standardowe standard deviation	współczynnik zmienności coefficient of variation	przedział ufności confidence interval
Wysokość rośliny Plant height (cm)	70,44	57,00	83,40	0,4063	6,37	9,05	69,13 71,76
Długość kłosa Spike length (cm)	9,48	7,11	12,40	0,1877	1,37	14,45	9,20 9,76
Liczba kłosów z rośliny Spikes number per plant	6,92	4,20	9,60	0,1609	1,26	18,14	6,73 7,25
Liczba ziaren z rośliny Grains number per plant	137,99	70,6	263,2	0,1202	34,68	25,13	130,84 145,13
Masa ziaren z rośliny Grain weight per plant (g)	7,26	2,84	13,24	0,4533	2,12	29,33	6,82 7,69
Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)	52,13	33,10	64,30	0,3865	6,21	11,92	50,85 53,41

W porównaniu z innymi zbożami ziarniaki jęczmienia podobnie jak pszenicy zawierają średnio od 11%–12% białka, czyli więcej niż kukurydza (9,5%) i ryż (7,5%) (Lockhart i Hurt, 1986). Jęczmiona nieoplewione w porównaniu z oplewionymi mają zwykle większą ogólną zawartość białka przy jego korzystniejszym składzie aminokwasowym

(Helm i in., 2004). Mimo zbliżonej średniej zawartości białka mutantów (16,98%) w porównaniu z ich formą wyjściową (16,85%) mutanty charakteryzowały się poszerzeniem zmienności tej cechy a jej zakres wynosił od 11,7% u M 52 do 22,82% u mutantu M 102 (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość białka w ziarniakach nieoplewionych mutantów jęczmienia jarego i ich formy wyjściowej 1N/86 (kontrola)

Protein content in grain of hull-less spring barley mutants and their initial form 1N/86 (control)

Mutanty i ich forma wyjściowa Mutants and initial form	Zawartość białka w procentach suchej masy Protein content in per cent of dry matter
M 2	18,32
M 6	18,41
M 13	15,83
M 16	14,75
M 22	16,33
M 26	18,84
M 32	20,18
M 35	17,73
M 46	15,63
M 52	11,70
M 53	16,38
M 58	19,20
M 62	19,29
M 73	19,18
M 74	18,76
M 75	16,64
M 81	15,80
M 82	15,47
M 102	22,81
M 103	18,20
M 104	19,93
M 105	18,51
M 120	15,73
M 121	12,37
M 127	17,15
M 139	14,45
M 141	12,34
M 142	15,71
1N/86 – kontrola (control)	16,85

U nagoziarnistych linii jęczmienia zawartość białka wynosiła od 13–14% (Abdel-Fattach i El Sayed 2005) oraz 12,55–16,17%, przy zawartości białka u form oplewionych od 11,14 do 12,53% (Helm i in., 2004). Białko charakteryzuje się wysoką zawartością lizyny (Shewry 1993), a jego zawartość oraz zawartość włókna pokarmowego obniżała się wraz ze wzrostem plonu ziarna, wskazując na negatywną korelację między tymi cechami (Trop i in., 1981). Dla oceny podobieństwa mutantów pod względem badanych cech łącznie wyliczono odległości Mahalanobisa (tab. 4) Najbardziej podobnymi okazały się pary mutantów: M 46 — M 2 oraz M 16 — M 121, a najbardziej zróżnicowanymi: M 103 — M 62 oraz M 117 — M 62.

Tabela 4

Ocena podobieństwa między mutantami pod względem analizowanych cech określona na podstawie odległości Mahalanobisa

Estimation of similarity between the mutants for the analyzed traits calculated on the basis of Mahalanobis distance

Porównywane obiekty Compared objects	Najkrótsze odległości shortest distances	Porównywane obiekty Compared objects	Najdłuższe odległości longest distances
M13 – M84	3,130	M58 – M2	10,314
M82 – M139	3,101	M58 – M6	10,205
M139 – M35	3,093	M62 – M16	8,109
M35 – M6	2,000	M74 – M13	8,505
M35 – M16	2,294	M82 – M62	10,920
M16 – M121	0,955	M82 – M58	9,891
M16 – M127	2,010	M84 – M62	8,889
M127 – M52	2,457	M102 – M2	11,286
M52 – M28	2,814	M102 – M46	11,034
M28 – M120	3,406	M102 – M6	9,833
M52 – M75	2,314	M102 – M82	9,185
M75 – M74	2,437	M103 – M62	13,787
M74 – M81	1,126	M103 – M46	11,074
M81 – M62	4,377	M103 – M32	10,602
M74 – M104	2,171	M103 – M28	10,578
M104 – M58	3,611	M103 – M81	9,325
M104 – M105	1,775	M117 – M62	13,295
M105 – M102	3,201	M117 – M58	10,754
M105 – M103	5,751	M117 – M102	10,205
M127 – M53	2,579	M117 – M81	9,583
M53 – M141	2,433	M120 – M103	12,869
M141 – M142	2,217	M120 – M102	10,694
M142 – M84	2,192	M120 – M117	10,031
M84 – M46	3,244	M120 – M13	9,946
M46 – M2	0,838	M120 – M58	9,241
M35 – M32	2,714	M139 – M62	10,625
M32 – M22	2,853	M139 – M102	9,659
M13 – M117	1,834	M139 – M58	9,624

W porównaniach mutantów z ich formą wyjściową (tab. 5) najmniejszym stopniem podobieństwa charakteryzowały się mutanty M 62, M 120, M 58 oraz M 81. Rozmieszczenie mutantów w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych pod względem kompleksu badanych cech przedstawiono na rysunku 1.

Metodę RAPD-PCR opracowaną przez dwie niezależne grupy badaczy (Williams i in., 1990; Welsh i McClelland, 1990) wykorzystano do oceny zmienności genetycznej mutantów na poziomie molekularnym. Jest to najprostsza w wykonaniu technika pozwalająca na szybkie wykrycie różnic w sekwencji DNA na obszarze całego genomu wykorzystując polimorfizm losowo amplifikowanych fragmentów DNA (Barua in., 1993; Hang i in., 2000; Kuczyńska i in., 2001). Stosując dziewięć starterów uzyskano 55 zampifikowanych fragmentów DNA, z których 49,1% wykazywało polimorfizm. Średnia liczba zampifikowanych fragmentów wynosiła więc 6,1, natomiast średnio 3,0 fragmenty na starter były polimorficzne. Otrzymana liczba fragmentów polimorficznych była niższa aniżeli uzyskana u odmian jęczmienia ozimego (66,8%) przy wykorzystaniu 24 starterów (Kuczyńska i in., 2003), lecz wyższa niż u łubinu gdzie przy wykorzystaniu 30 starterów liczba fragmentów polimorficznych wynosiła 39,7% (Przyborowski i Weeden, 2001).

Analizując paszowe i browarne odmiany jęczmienia jarego także przy zastosowaniu metody RAPD i 24 starterów uzyskano 149 zamplifikowanych produktów, z których 45% było polimorficzne (Kuczyńska i in., 2001).

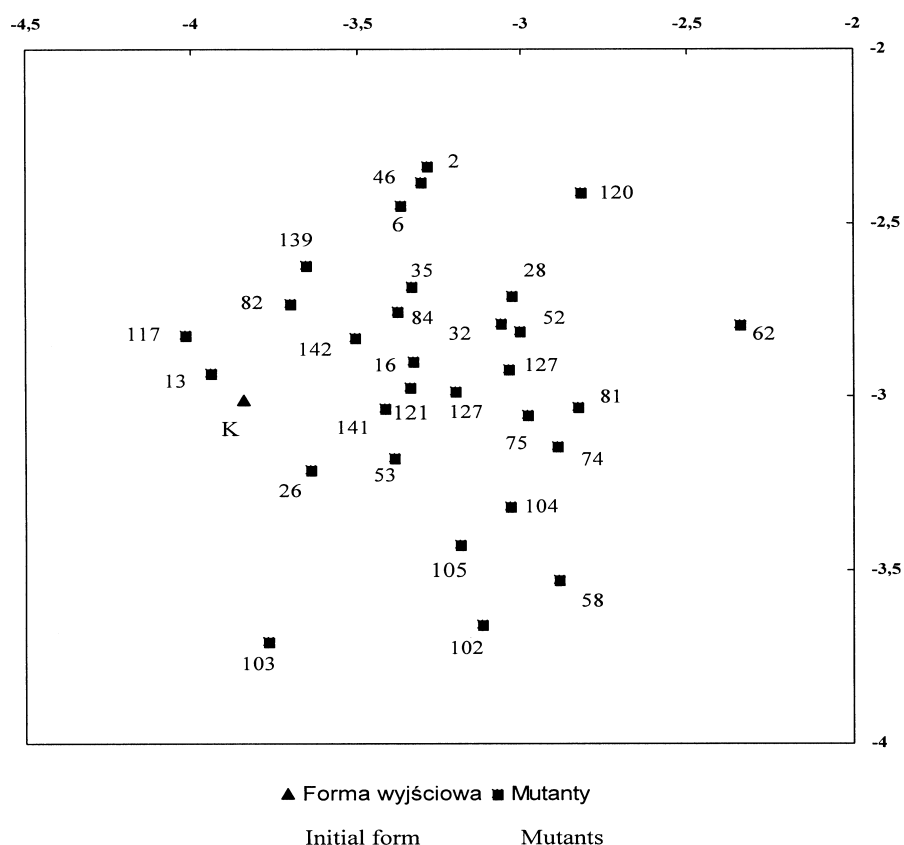
Tabela 5

Odległości Mahalanobisa oraz współczynnik podobieństwa genetycznego między mutantami a ich formą wyjściową 1N/86
The values of Mahalanobis distance and coefficient of genetic similarity between the initial form 1N/86 and the mutants

Rodzaj porównań Pair compared	Odległości Mahalanobisa Mahalanobis distance	Współczynnik podobieństwa genetycznego Coefficient of genetic similarity
1N/86-M62	12,033	0,816
1N/86-M120	9,518	0,868
1N/86-M58	8,092	0,929
1N/86-M81	8,003	0,875
1N/86-M102	7,945	0,894
1N/86-M74	7,578	0,920
1N/86-M105	7,482	0,860
1N/86-M2	7,471	0,805
1N/86-M28	7,344	0,907
1N/86-M75	7,298	0,916
1N/86-M 46	7,279	0,905
1N/86-M22	7,156	0,916
1N/86-M104	7,024	0,892
1N/86-M52	6,972	0,857
1N/86-M103	6,875	0,920
1N/86-M32	6,560	0,941
1N/86-M6	6,050	0,907
1N/86-M84	5,652	0,851
1N/86-M127	5,396	0,945
1N/86-M35	4,850	0,907
1N/86-M142	4,786	0,914
1N/86-M141	4,524	0,918
1N/86-M 53	4,271	0,867
1N/86-M16	4,198	0,902
1N/86-M121	4,154	0,905
1N/86-M139	3,524	0,911
1N/86-M82	3,292	0,907
1N/86-M26	2,605	0,860
1N/86-M117	2,415	0,948
1N/86-M13	1,191	0,867
Współczynnik korelacji Coefficient of correlation	-0,303 istotny dla poziomu P = 0,1; significant at level P = 0.1	

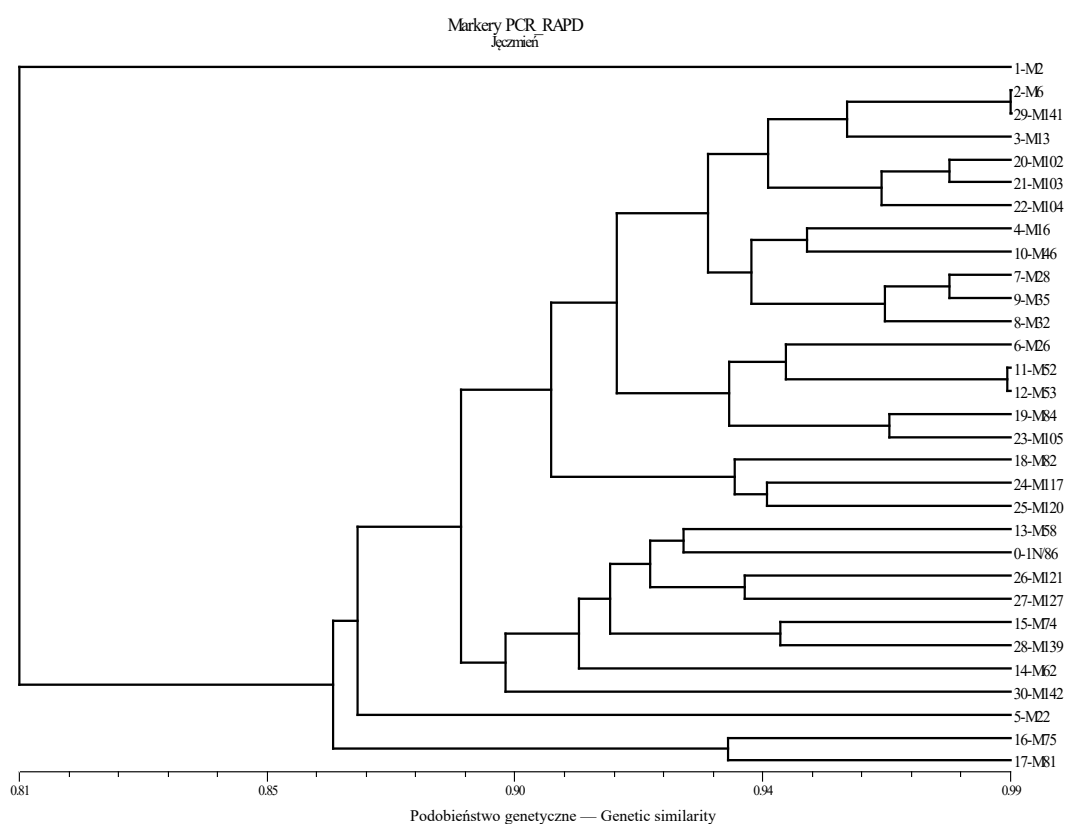
Uzyskane wyniki reakcji RPD-PCR dla każdego z czterech powtórzeń danego mutantu były identyczne jak i dla każdego z użytych starterów. Współczynniki podobieństwa genetycznego według Nei'a dla poszczególnych mutantów i formy wyjściowej przedstawiono w tabeli 5. Otrzymane wartości współczynnika dla par: mutant — forma wyjściowa były podobne, co niewątpliwie wynika z faktu, że mutanty mają ten sam rodowód, a różnice wynikać mogą tylko z efektu działania mutagenu. Największym podobieństwem pod względem genetycznym w porównaniu z formą wyjściową charakteryzowały się mutanty M 32 i M 127. Najmniej podobnymi były M 2, M 62, M 84

i M 81, przy czym różnica między największą a najmniejszą wartością współczynnika podobieństwa genetycznego jest niewielka. W badaniach nad podobieństwem genetycznym sześciu nieoplewionych i browarnych odmian jęczmienia stosowano pięć starterów uzyskując 34 fragmenty RAPD, a zakres współczynnika podobieństwa genetycznego wynosił od 0,53 do 0,85 (Kroth i in., 2005). Wykorzystując pięć starterów u nagoziarnistych odmian jęczmienia Giza 130 i Giza 131 uzyskano polimorficzne fragmenty w metodzie RAPD a otrzymane wyniki wykazały znaczne różnice genetyczne między analizowanymi odmianami (El-Sayed i in., 2004). Z kolei w badaniach odmian browarnych, lecz oplewionych wartość współczynnika była zróżnicowana w obrębie par odmian i wynosiła od 0,38 do 0,89 (Kuczyńska i in., 2001).



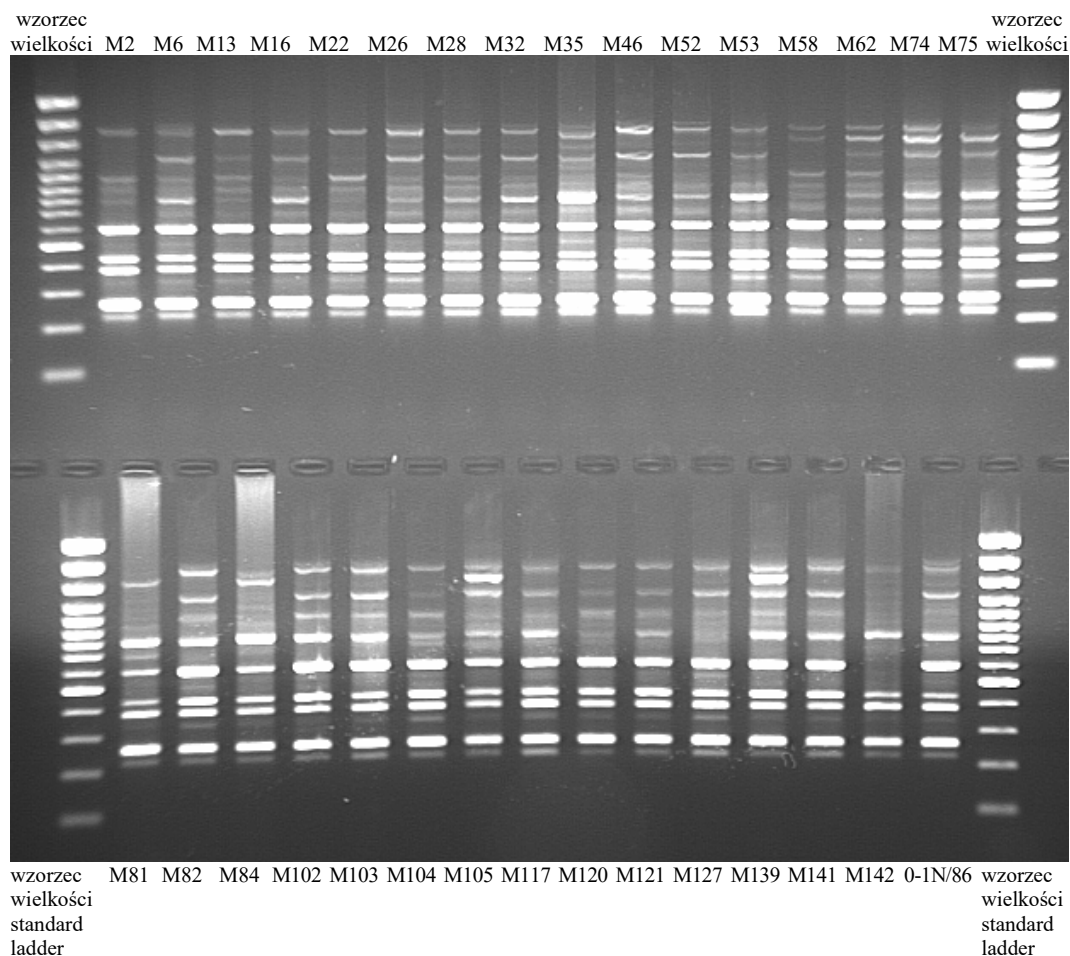
Rys. 1. Rozmieszczenie mutantów i ich formy wyjściowej 1N/86 w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych pod względem badanych cech
Fig. 1. Distribution of mutants and their initial form – 1N/86 in the space of two first canonical variables for the analyzed traits

Przedstawione w tabeli 5 wartości odległości Mahalanobisa oraz wartości współczynnika podobieństwa genetycznego pozwoliły na ocenę uzyskanej zmienności zarówno na poziomie fenotypowym jak i molekularnym. Współczynnik korelacji dla wartości na obu poziomach zmienności był stosunkowo niski i wynosił -0,303 wskazując, że obserwowana zmienność na poziomie fenotypowym w ograniczonym stopniu znajduje odzwierciedlenie w zmianach w DNA. Mimo słabej korelacji wyróżnić można mutanty, które na obu poziomach wykazują niski stopień podobieństwa do ich formy wyjściowej (M 2, M 62, M 81 i M 120). Nie można jednak wykluczyć, że szerszy wybór analizowanych cech mutantów ocenianych na poziomie fenotypowym i trafniejszy dobór starterów mógłby wpłynąć na wzrost wartości współczynnika korelacji. W badaniach Kuczyńskiej i in. (2004) nad jęczmieniem jarym z wykorzystaniem metody RAPD wykazano również niską, lecz statystycznie istotną korelację między dystansem fenotypowym (odległości Mahalanobisa) a dystansem genetycznym.



Rys. 2. Hierarchiczne grupowanie mutantów na podstawie podobieństwa genetycznego
Fig. 2. Hierarchical grouping of mutants on the basis of genetic similarity

Prezentowany dendrogram (rys. 2) wykonany na podstawie współczynników podobieństwa genetycznego nie pozwala na wyróżnienie wyraźnych skupień mutantów. Może to wskazywać na mało zróżnicowaną pulę genów mutantów w odniesieniu do zmian wywołanych działaniem mutagenów. Nie można jednak wykluczyć, że uzyskana liczba polimorficznych fragmentów DNA okazuje się niewystarczająca do wykazania różnic między mutantami oraz między mutantami a ich formą wyjściową na poziomie molekularnym. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowy faliogram obrazujący rozdział zamplifikowanych fragmentów DNA badanych obiektów, otrzymany w wyniku zastosowania startera 1 (5'-GTGCCTAACG-3').



Rys. 3. Wyniki rozdziału fragmentów RAPD dla analizowanych mutantów jęczmienia jarego uzyskanych z zastosowaniem startera 1 (5'-GTGCCTAACG-3')

Fig. 3. Results of RAPD analysis for the studied barley mutants with the primer 1 (5'-GTGCCTAACG-3')

WNIOSKI

1. Mutageneza okazała się efektywną metodą zwiększenia zmienności genetycznej cech u jęczmienia nagoziarnistego 1N/86.
2. Większość mutantów w porównaniu z ich formą wyjściową charakteryzowała się obniżoną wysokością roślin, krótszym kłosem, niższymi parametrami struktury plonu a zwłaszcza obniżoną masą 1000 ziaren. Kilka mutantów pod względem cech struktury plonu nie odbiegało istotnie od formy wyjściowej.
3. Zastosowane chemomutageny wywołały poszerzenie zakresu zmienności zawartości białka w ziarniakach mutantów w porównaniu z ich formą wyjściową. Mimo zbliżonej średniej zawartości białka u odmiany wyjściowej i mutantów (16,85 i 16,98%) zakres zmienności tej cechy dla mutantów wynosił od 11,7 do 22,8%.
4. Uzyskany polimorfizm fragmentów DNA nie pozwolił na wyodrębnienie zdecydowanych grup mutantów różniących się znacząco na poziomie molekularnym a zróżnicowanie współczynników podobieństwa między poszczególnymi mutantami a ich formą wyjściową było niewielkie. Stosunkowo niski współczynnik korelacji między zmiennością na poziomie fenotypowym (odległości Mahalanobisa) i molekularnym (współczynniki podobieństwa genetycznego) wynoszący -0,303 wskazuje na słaby związek między zmiennością obserwowaną na poziomie fenotypowym i molekularnym.

LITERATURA

- Abdel-Fattach, El-Sayed A. A. 2005. Improvement of food hull-less barley in Egypt. International Workshop on Food Barley Improvement, 14–17 January 2002, Hammamet, Tunisia. Proceedings: 7 — 12.
- Akhuary S.B., Sinha A.N., Sinha A. K. 1996. The effectiveness and efficiency of chemical mutagens on biological parameters in hull-less variety of *Hordeum vulgare* (L.) Karan. Neo Botanica 4 (1): 1 — 5.
- Arumugan S., Reddy V. R. K., Asir R., Viswanathan P., Dhamodaran S. 1997. Induced mutagenesis in barley. Advances in Plant Science 10 (1): 103 — 106.
- Barua U. M., Chalmers K. J., Hackett C. A., Thomas W. T. B., Powell W., Waugh R. 1993. Identification of RAPD markers linked to the *Rhynchosporium secalis* resistance locus in barley using near-isogenic lines and bulked segregant analysis. Heredity 71: 177 — 184.
- Beames R. M., Helm J. H., Eggum B.O., Boisen S., Bach Knudsen K. E., Swift M. L. 1996. A comparison of methods for measuring the nutritive value for pigs of a range of hulled and hullless barley cultivars. Anim. Feed Sci. Technol. 62: 189 — 201.
- Bhatty R. S., Brdhal J. D., Christison G. I. 1975. Chemical composition and digestible energy of barley. Can. J. Anim. Sci., 55: 759 — 764.
- Bhatty R. S. 1986. The potential of hull-less barley — review. Cereal Chem., 63: 97 — 103.
- Bhatty R. S. 1993. Nonmalting uses of barley. In: A. MacGregor and R.S.Bhatty (ed), Barley: Chemistry and Technology. AACC: 355 — 417.
- Bhatty R. S. 1996. Nonwheat grains and products — production of food malt from hull-less barley. Cereal Chemistry 73 (1): 75 — 80.
- Bhatty R.S. 1997. Milling of regular and waxy starch hull-less barleys for the production of bran and flour. Cereal Chemistry 74 (6): 693 — 699.
- Bhatty R. S., Rossnagel B. G. 1998. Comparison of pearled and unpearled Canadian and Japanese barleys. Cereal Chemistry 75 (1): 15 — 21.
- Caliński T., Dyczkowska A., Kaczmarek Z. 1976. Algorytmy Biometrii i Statystyki, Zeszyt 5: 77 — 113.

- Campbell S. G., Mehra R. B., Agrawal S.K., Chen Y. Z., Abd El Moneim A.M., Khawaja H. I. T., Yadov C. R., Tay J. U., Araya W. A.. 1994. Current status and future strategy in breeding grasspea (*Lathyrus sativus* L.). *Euphytica* 73: 167 — 175.
- Ceranka B., Chudzik H., Czajka S., Kaczmarek Z. 1987. Wielozmienna analiza wariancji dla doświadczeń wieloczynnikowych. *Algorytmy Biometrii i Statystyki. Zesz.* 6: 51 — 60
- Choo T. W., Ho K. H., Martin R. A. 2001. Genetic analysis of hulless x covered cross of barley using doubled-haploids lines. *Crop Sci.* 41: 1021 — 1026.
- Czembor H. J. 1989. Stan i perspektywy hodowli w Polsce. *Biul. IHAR* 171-172: 5 — 14.
- Czembor H. J. 1997. Hodowla jęczmienia w Polsce i Europie. *Agrotechnika i Wykorzystanie Jęczmienia, Seminarium Naukowe. Puławy, 23–24 października 1997*: 41 — 48.
- Dziamba S., Rachoń L. 1988. Zróżnicowanie elementów struktury plonu nagoziarnistych i oplewionych odmian jęczmienia jarego uprawianych w siewie czystym i mieszanym. *Biul. IHAR* 167: 79 — 85.
- El-Sayed A. A., El-Enein R. A., El-Gamal A. S. 2004. Two new hull-less barley varieties for rainfed in Egypt. New directions for a diverse plant. 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia, 26 Sep. – 1 Oct. 2004. Ed. — Fischer T., *Proceedings*: 28
- Eslick R. F., Blake T., Stallknecht G. 1990. Registration of Wanubet a hulless waxy barley germplasm. *Crop Science* 30 (6): 1371.
- Górny A. 2004. *Zarys Genetyki Zboż (Zarys Genetyki Jęczmienia)*, IGR PAN, Poznań. Tom 1: 15 — 142.
- Hang A., Burton C. S., Hoffman D. L., Jones B. L. 2000. Random amplified polymorphic primer-generated embryo DNA polymorphism among 16 North American malting barley cultivars. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 58 (4): 147 — 151.
- Harlan H. V., Martini M. L., Stevens H. 1940. A study on methods in barley breeding. USDA Washington DC, Technical Bull. 720.
- Helm C. V., De Francisco Gaziola S A., Fornazier R. F., Pompeu G. B., Azevedo R. A. 2004. Hull-less barley varieties: storage proteins and amino acid distribution in relation to nutritional quality. *Food Biotechnology* 18 (3): 327 — 341.
- Kolasińska K., Boros L. 2003. Wartość siewna oplewionych i nieoplewionych nasion jęczmienia jarego. *Hod. Rośl.Nasien.* 1/2003: 14 — 15.
- Kroth M. A., Ramella M. S., Tagliari C., De Francisco A., Arisi A. C. M. 2005. Genetic similarity of Brazilian hull-less and malting barley varieties evaluated by RAPD markers. *Sci. Agric.* 62 (1): 36 — 39.
- Kuczyńska A., Milczarski P., Surma M., Masojć P., Adamski T. 2001. Genetic diversity among cultivars of spring barley revealed by random amplified polymorphic DNA (RAPD). *J. Appl. Genet.* 42 (1): 43 — 48.
- Kuczyńska A., Bocianowski J., Masojć P., Surma M., Adamski T. 2003. Zastosowanie markerów RAPD do określenia podobieństwa genetycznego odmian jęczmienia ozimego (*Hordeum vulgare* L.). *Biul. IHAR* 226/227 (1): 81 — 85.
- Kuczyńska A., Bocianowski J., Surma M., Kaczmarek Z., Adamski T. 2004. Relationship between phenotypic and genetic distances in a set of barley breeding lines. 9th International Barley Genetics Symposium, Brno, Czech Republic, 20-26 June, *Proc.*, 33.
- Lockhart H.N., Hurt D.H. 1986. Nutrition of oats. In: Webster (ed.). *Oats: chemistry and technology*. St. Paul, AACC: 73 — 130.
- McGuire C.F., Hockett. 1981. Effect of awn length and naked caryopsis of malting quality of Betzes barley. *Crop Sci.* 21: 18 — 21.
- Nagy J.G. 2003. Economic returns to feed barley yield-increasing and disease resistance research at the Alberta Field Crop Development Centre. *Canadian J. of Agricultural Economics* 51(30): 281 — 298.
- Nam I.H., Lee E.S. 1990. Effect of waxy hulless genes on endosperm quality, yield and its related traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Upland and Industrial Crops* 32(2): 1 — 12.
- Nei M., Li W.H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction. *Proceedings of the Academy of Sciences of the USA* 76: 5269 — 5273.
- Noworolnik K., Leszczyńska D. 2004. Reakcja nagoziarnistego jęczmienia jarego na gęstość siewu w porównaniu z jęczmieniem oplewionym. *Biul. IHAR* 233: 99 — 105.
- Paris R. L. 1999. Development of hulless varieties as an improved feed crop. *Barley Newsl.*, 43: 30.

- Przyborowski J.A., Weeden N.F. 2001. RAPD-based assessment of genetic similarity and distance between *Lupinus* in section *Albus*. *J. Appl. Genet.* 42 (4): 55 — 61.
- Rybiński W. 1981. Short-straw forms of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) obtained as a result of MNUA-induced mutations. *Genetica Polonica* 22 (3): 271 — 287.
- Rybiński W., Patyna H., Przewoźny T. 1993. Mutagenic effect of laser and chemical mutagens in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Genetica Polonica* 34 (4): 337 — 343.
- Scholz F. 1965. Experiments on the use of induced mutants to hybridization breeding in barley. *Induction of Mutations and the Mutation Process*, Praha: 73 — 79.
- Shewry P.R. 1993. Barley seeds proteins. In: MacGregor and Bhatti, *Barley: Chemistry and technology*. St. Paul, AACC: 1 — 5.
- Takahashi R.H., Inamura H., Matsumoto T. 1961. Effect of genes for covered and naked kernels on some agronomic characters in barley. I. Comparison of two covered and their naked mutants. *Ber. Ohara Inst. Landwirtsch. Biol., Okayama Univ.* 11: 385 — 392.
- Thair M., Shevtsov V. 1994. New hull-less barley germplasm for high — altitude areas. *Rachis* 13(1/2): 43 — 46.
- Trop J., Doll H., Haahr V. 1981. Genotypic and environmental influence upon the nutritional composition of barley grain. *Euphytica* 30 (30): 719 — 728.
- Welsh J., McClelland M. 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Res.* 18: 7213 — 7218.
- Williams J. G. K., Kubelik A. R., Livak K. J., Rafalski J. A., Tingey S. V. 1990. DNA polymorphism amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18: 6531 — 6535.
- Vaidya S. M., Mahabalan M. 1989. Karan 3 and Karan 16 — two high yielding hull-less barley varieties. *Indian Farming* 39 (7): 37 — 38.
- Xue Q., Wang L., Newman R. K., Newman C. W., Graham H. 1997. Influence of hullless, waxy starch and short-awn genes on the composition of barleys. *J. of Cereal Sci.* 26(2): 251 — 257.
- Yang W. Z., Beauchemin B. I., Farr B. I., Rode L. M. 1997. Comparison of barley, hull-less barley, and corn in the concentrate of dairy cow. *J. Dairy Sci.* 80: 2885 — 2895.

BARBARA CHRZANOWSKA-DROŻDŻ**KRZYSZTOF KACZMAREK**

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Reakcja dwóch odmian prosa na nawożenie azotowe

Response of two common millet cultivars to nitrogen fertilization

W Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Pawłowice koło Wrocławia zbadano wpływ nawożenia azotem na cechy struktury oraz wysokość i jakość plonów ziarna dwóch odmian prosa zwyczajnego. Doświadczenie dwuczynnikowe założono w układzie „split-plot” w czterech powtórzeniach. Badanymi czynnikami w kolejności były: I-odmiany prosa zwyczajnego: Gierczyckie i Jagna, II-poziomy nawożenia azotem: 0, 30, 60, 90 kg N·ha⁻¹. Odmiana Jagna w dwóch latach badań plonowała wyżej niż odmiana Gierczyckie. Odmiana Gierczyckie w porównaniu z odmianą Jagna charakteryzowała się krótszym, średnio o 12 dni okresem wegetacji. O wyższym plonowaniu prosa w 2003 roku względem 2004 roku decydowała między innymi wyższa suma temperatur okresu wegetacji i wyższa liczba ziaren w wiesze, co znalazło potwierdzenie w ich masie. Istotny przyrost plonu ziarna prosa następował do dawki 60 kg N·ha⁻¹, po czym przy dawce 90 kg N·ha⁻¹ uległ istotnemu obniżeniu. Nie wykazano współdziałania odmiany z nawożeniem azotowym na poziom plonowania prosa. Odmiana Gierczyckie w porównaniu z odmianą Jagna charakteryzowała się istotnie wyższą liczbą wiech z jednostki powierzchni i dłuższą wiechą oraz istotnie niższą masą 1000 ziaren i liczbą ziaren w wiesze. W odniesieniu do najważniejszych cech struktury plonu wykazano współdziałanie odmian z nawożeniem azotem. Zawartość białka w ziarnie prosa była zbliżona u obydwu odmian i wzrastała istotnie w miarę podwyższania dawek azotu, osiągając najwyższą wartość (12,6%) przy dawce 90 kg N·ha⁻¹. Odmiana Gierczyckie w zestawieniu z odmianą Jagna charakteryzowała się istotnie wyższą o 5,1% zawartością włókna surowego oraz niższą o 5,6% bezazotowych związków wyciągowych. Poziomy nawożenia azotem nie różnicowały zawartości podstawowych składników mineralnych w ziarnie prosa, natomiast większe różnicowanie dotyczyło odmian i lat badań.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, odmiana, plon, proso, skład chemiczny, struktura plonu

The exact field experiment with two cultivars of millet: Gierczyckie and Jagna was conducted in four replications in the years 2003 and 2004 at the agricultural experimental station Pawłowice near Wrocław. The „split-plot” method was applied. The cultivars were established as the factors of the first order, and the following levels of nitrogen fertilization (kg·ha⁻¹) were the factors of the second order: 0 (no fertilization), 30 (presowing), 60 (30 presowing + 30 at the stage of plant tillering), 90 (30 presowing + 30 at the stage of plant tillering + 30 before panicle appearance). The yield harvested from the two cultivars in 2003 was higher by more than 1 t·ha⁻¹ than that obtained in 2004, essentially due to the more favourable weather conditions in 2003. Cultivar Jagna, compared to cv. Gierczyckie, produced higher yield, mainly because of the considerably greater number of panicles per the area unit and the

longer panicles. However, the weight of 1000 seeds and the number of seeds in a panicle were lower in cv. Jagna. This resulted in significantly reduced panicle fertility in this cultivar. As regards the yield components, the total content of protein was similar in both millet cultivars, increasing significantly with the increase in nitrogen doses, up to 12.6% at 90 kg·ha⁻¹. The content of crude fat, crude fibre and crude ash was each higher in cv. Gierczyckie than in cv. Jagna. No effects of nitrogen doses upon the content of mineral elements in seeds were found. A value of this yield component was rather influenced by the cultivar and the year of investigations.

Key words: chemical composition, common millet, cultivar, nitrogen fertilization, yield, yield structure

WSTĘP

Zainteresowanie prosem wynika przede wszystkim z zawartości w jego ziarnie wysokiej koncentracji tłuszczu i białka ogółem o wysokiej wartości pokarmowej, ale mało wykorzystanej w żywieniu ludzi i drobiu.

W Polsce w 2005 roku powierzchnia uprawy prosa wynosiła około 4 tys. ha; przy średnim plonie 17,9 dt·ha⁻¹. W uprawie występują tylko dwie polskie odmiany prosa: Gierczyckie o wieszce rozpięchłej, która została zarejestrowana w 1965 roku (Kaznowski, 1965) i odmiana hodowli smoliczkiej — Jagna o wieszce zwartej, wpisana do rejestru w 2000 roku. Obecnie odmiany prosa nie są już rejestrowane i nie znajdują się w krajowym rejestrze odmian (COBORU, 2006).

W dotychczasowej literaturze brakuje prac na temat produktywności i składu chemicznego prosa w zależności od nawożenia azotem. Ważną rolę w podniesieniu poziomu plonowania prosa odgrywa umiejętna agrotechnika podparta znajomością biologii tego gatunku (Kornilov, 1960; Lysov, 1968; Pała i in., 1999; Pudełko i in., 1996; Ruszkowski, 1974). Jednym z czynników, od których zależy wykorzystanie potencjału plonotwórczego prosa jest zaopatrzenie w podstawowe składniki pokarmowe, szczególnie w azot. Z badań Nieróbcy (1993); Ruszkowskiego (1974) i Songinowej (2003) wynika, że ze wzrostem dawek azotu zwiększa się biomasa całych roślin jak i ziarna, jednakże tylko do pewnego granicznego poziomu. Proso należy do roślin wrażliwych na nadmiar azotu, co przejawia się spadkiem plonu z powodu wylegania (Ruszkowski, 1993; Szreder, 1999). Zbyt wysokie dawki azotu przyczyniają się do osypywania ziarna na skutek nierównomiernego dojrzewania. Inne badania wskazują na wyraźną zależność plonowania prosa od czynnika odmianowego (Nieróbca, 1996). W doświadczeniach porównawczych wykonanych w Smolicach, odmiana Jagna plonowała o 50% wyżej od odmiany Gierczyckie.

Celem podjętych badań było określenie wpływu poziomów nawożenia azotem w kształtowaniu plonu ziarna odmian prosa oraz podstawowych składników pokarmowych i mineralnych w ziarnie. W hipotezie badawczej założono wyższą konkurencyjność, wyrażoną wielkością plonu ziarna odmiany Jagna w stosunku do odmiany Gierczyckie.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenie polowe założono metodą losowanych podbloków „split-plot” w 4 powtórzeniach na polach doświadczalnych RZD Pawłowice koło Wrocławia w latach 2003 i 2004. Czynnikiem I rzędu były odmiany prosa: Gierczyckie i Jagna. Czynnikiem II rzędu były poziomy nawożenia N w $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$: 0 — obiekt kontrolny bez nawożenia N, 30 przedsięwzięcie, 60 (30 przedsięwzięcie + 30 w fazie strzelania w źdźbło), 90 (30 przedsięwzięcie + 30 w fazie strzelania w źdźbło + 30 przed ukazywaniem wiech).

Doświadczenie założono w stanowisku po rzepaku ozimym na glebie kompleksu pszennego dobrego. Gleba charakteryzowała się wysoką lub średnią zasobnością w fosfor i potas i wysoką w magnez, odczynem pH lekko kwaśnym. Nawozy fosforowe i potasowe w dawkach $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ i $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ zastosowano przedsięwzięcie. Nawóz azotowy w formie 34% saletry amonowej stosowano w ilościach zgodnych z metodyką. Zaprawione ziarno Oxafunem wysiano w obu latach w I dekadzie maja w rozstawie rzędów 20 cm i ilości wysiewu 300 ziaren/ m^2 . Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 10 m^2 . Przed zbiorem zastosowano desykant Reglone w ilości $2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$. Jednoetapowy zbiór kombajnem poletkowym przeprowadzono 28 sierpnia w 2003 roku i 1 września w 2004 roku. Chwasty dwuliścienne zwalczano Chwastoxem Extra w ilości $1,8 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$, a jednoliścienne usuwano ręcznie.

Przed zbiorem na 10 roślinach z każdego poletka określono cechy warunkujące plon prosa: liczbę wiech z jednostki powierzchni, liczbę ziaren w wieszce, masę 1000 ziaren, masę ziarna z jednej wiechy i długość wiechy. Plony ziarna sprowadzono do stałej 13% zawartości wody. Wykonano następujące analizy chemiczne ziarna: sucha masa, białko ogółem, tłuszcz surowy, włókno surowe, popiół surowy, a na ich podstawie obliczono bezazotowe związki wyciągowe, określono również wydajność białka z ha. Analizy chemiczne na zawartość K wykonano metodą fotometrii płomieniowej, P i Mg metodą kolorymetryczną.

Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Proso ma duże wymagania termiczne i świetlne, a stosunkowo małe wilgotnościowe (Lysov, 1968; Ruszkowski, 1974, 1993; Songin, 2003).

W prezentowanych badaniach rozwój prosa w obu latach odbywał się przy zmiennym przebiegu pogody. W 2003 roku średnia dobową temperatura poszczególnych fazach rozwojowych była wyższa (z wyjątkiem dojrzałości mleczej i woskowej) od średniej dobowej w 2004 roku (tab. 1). W maju (faza krzewienia się prosa) i w sierpniu (faza dojrzewania), temperatury znacznie przekraczały średnie wieloletnie dla tych miesięcy. Faza ukazywania wiech przebiegała przy ciepłym i suchym przebiegu pogody. Upalny lipiec znacznie przyspieszył wegetację prosa, natomiast mokry i ciepły sierpień opóźnił dojrzewanie i zbiór. Okres wegetacji odmiany Gierczyckie trwał 116 dni, odmiany Jagna był o 10 dni dłuższy. W 2004 roku przebieg pogody był mniej korzystny dla rozwoju prosa.

Fazy krzewienia i strzelania w źdźbło przebiegały w niższych temperaturach od średniej wieloletniej. W fazie ukazywania wiech zanotowano silne opady, które przyczyniły się do wylegania odmiany Gierczyckie w stopniu 4–5 według 9-stopniowej skali. W lipcu i sierpniu zanotowano mniej opadów w stosunku do wieloletnich, co sprzyjało dojrzewaniu i umożliwiło wcześniejszy zbiór. Suma temperatur okresu wegetacji w 2003 roku wynosiła 2189°C dla odmiany Gierczyckie i 2396°C dla odmiany Jagna. W 2004 roku zanotowano niższą sumę temperatur, odpowiednio 1799 i 2056°C.

Tabela 1

Rozwój odmian prosa na tle warunków pogody
Development of millet cultivars depending on the weather conditions

Faza Phase	Lata Years	Temperatura — Temperature (°C)				Opady — Rainfall (mm)	
		suma temperatur sum of temperatures		średnia dobowa days mean		suma opadów sum of rainfall	
		odmiana — cultivar					
		Gierczyckie	Jagna	Gierczyckie	Jagna	Gierczyckie	Jagna
Siew — Wschody Seeding — Emergence	2003	182	182	16,5	16,5	7,9	7,9
	2004	165	165	12,6	12,6	25,9	25,9
Krzewienie Tillering	2003	240	240	14,9	14,9	72,1	72,1
	2004	244	244	13,5	13,5	21,2	21,2
Strzelanie w źdźbło Shooting	2003	200	221	18,2	18,4	0,0	0,0
	2004	202	232	16,8	16,5	20,9	41,0
Ukazywanie wiech Panicle appearance	2003	153	281	21,8	21,6	0,0	17,5
	2004	410	567	17,0	17,2	60,4	67,0
Dojrzałość mleczna Milk stage	2003	425	312	19,3	18,3	33,1	39,5
	2004	304	280	21,7	19,9	20,7	18,9
Dojrzałość woskowa Wax maturity	2003	265	340	17,6	18,8	20,0	14,9
	2004	120	448	19,9	22,4	4,6	23,8
Dojrzałość pełna Full maturity	2003	724	820	21,8	21,0	68,9	67,5
	2004	354	120	19,6	17,1	18,3	4,6
Σ	2003	2189	2396	—	—	202,0	219,4
	2004	1799	2056	—	—	172,0	199,0
Długość okresu wegetacji (dni) Length of growing season (days)	2003	116	126	—	—	—	—
	2004	105	120	—	—	—	—

Wysokość plonu ziarna prosa zależała od przebiegu pogody w latach badań, odmiany i nawożenia azotem. Średni plon ziarna w 2003 roku był wysoki i wynosił 3,88 t·ha⁻¹, a w 2004 roku uzyskano istotnie niższy plon 2,81 t·ha⁻¹ (tab. 2). Odmiana Jagna plonowała istotnie o 11% wyżej od odmiany Gierczyckie. O wyższym plonowaniu tej odmiany donoszą Hołubowicz-Kliza (2006) i Nieróbca (1993). W odniesieniu do plonu ziarna stwierdzono, że obydwie odmiany prosa reagowały w zbliżony sposób na wielkość dawki azotu. Istotny przyrost plonu ziarna następował do dawki 60 (30 + 30) kg N·ha⁻¹, po czym przy dawce 90 (30 + 30 + 30) uległ istotnemu obniżeniu. Agdag i wsp. (2001) oraz Ruszkowski (1993) zalecają w uprawie prosa dawki azotu nieprzekraczające 60 kg·ha⁻¹. Wyższe dawki azotu powodują nadmiernie bujny wzrost i wyleganie, co przyczynia się do obniżenia plonu i opóźnienia dojrzewania.

Tabela 2

Plon ziarna odmian prosa (średnie z lat 2004–2005)
Grain yield of millet cultivars (means for 2004–2005)

Odmiana Cultivar	Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Plon ziarna Grain yield (t·ha ⁻¹)	Plon względny Relative yield (%)
Średnie dla współdziałania czynników — Means for factors interaction			
Gierczyckie	0	2,59	100
	30	3,17	122
	60 (30+30)	3,79	146
	90 (30+30+30)	3,15	122
Jagna	0	2,89	100
	30	3,47	120
	60 (30+30)	4,07	141
	90 (30+30+30)	3,64	126
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	—
Średnie dla czynników — Means for factors			
Gierczyckie		3,17	100
Jagna		3,52	111
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		0,09	—
	0	2,74	100
	30	3,32	121
	60 (30+30)	3,93	143
	90 (30+30+30)	3,39	123
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		0,11	—
2003		3,88	138
2004		2,81	100
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		0,09	—

r.n. — Różnica nieistotna

n.s. — Not significant

W badaniach własnych proso uprawiano w stanowisku po rzepaku i na glebie o wysokiej zasobności w składniki pokarmowe, dlatego dla obu odmian wystarczającą dawką okazało się nawożenie w wysokości 60 (30 + 30) kg N·ha⁻¹.

Odmiana Gierczyckie w porównaniu do odmiany Jagna charakteryzowała się istotnie o 16% wyższą liczbą wiech z jednostki powierzchni (tab. 3). Poziomy nawożenia azotem nie różnicowały wartości liczbowych tej cechy u odmiany Gierczyckie, natomiast u odmiany Jagna stwierdzono istotny wzrost przy dawce 60 kg N·ha⁻¹ w porównaniu z obiektem kontrolnym.

Odmiana Jagna odznaczała się istotnie wyższą masą 1000 ziaren oraz liczbą ziaren w wiesze, co skutkowało wyraźnym wzrostem masy ziarna z jednej wiechy. Poziomy nawożenia azotem w zbliżony sposób wpłynęły na masę 1000 ziaren badanych odmian. Najwyższą masą 1000 ziaren odznaczało się ziarno z obiektów kontrolnych. Pod wpływem wzrastających dawek azotu do 90 kg·ha⁻¹ uległa obniżce, ale bez potwierdzenia statystycznego. Odmiana Jagna odznaczała się dorodniejszym ziarnem, której masa 1000 była wyższa o 1,47 g od odmiany Gierczyckie.

Liczba ziaren i masa ziarna z wiechy zależały od poziomów nawożenia azotem, czynnika odmianowego i lat badań. Obydwie odmiany wytworzyły najwięcej ziaren w jednej wiesze na dawce 30 kg N·ha⁻¹. Dawki w wysokości 60 i 90 kg N·ha⁻¹ w stosunku do 30 kg

$N \cdot ha^{-1}$ obniżyły liczbę ziaren u odmian. Odmiana Jagna odznaczała się istotnie większą liczbą ziaren w wieszce od odmiany Gierczyckie. O plenności wieszy decyduje masa 1000 ziaren i liczba ziaren w wieszce. Odmiana Jagna w zestawieniu z odmianą Gierczyckie charakteryzowała się wyższą o 47% masą ziarna z wieszy. Dawka w wysokości 30 kg $N \cdot ha^{-1}$ w stosunku do kontroli, u odmiany Gierczyckie podniosła istotnie masę ziarna z wieszy, a dawki 60 i 90 kg $N \cdot ha^{-1}$ obniżyły jej wartość. U odmiany Jagna nawożenie w dawce 30 kg $N \cdot ha^{-1}$ w stosunku do kontroli nie było efektywne, a wyższe dawki ją obniżały. Odmiana Jagna miała istotnie krótszą wiechę niż odmiana Gierczyckie. Długość wieszy u odmiany Gierczyckie nie zależała od nawożenia azotem, natomiast u odmiany Jagna wyraźnie wzrastała pod wpływem dawki 30 kg $N \cdot ha^{-1}$.

Tabela 3

Cechy struktury plonu odmian prosa (średnie z lat 2004–2005)
Characteristics of the yield components of millet cultivars (means for 2004–2005)

Odmiana Cultivar	Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Liczba wiech z m ² Number of panicles per m ²	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains (g)	Liczba ziaren w wieszce Number of grains per panicle	Masa ziarna z wieszy Weight of grains per panicle (g)	Długość wieszy Length of panicle (cm)
Średnie dla współdziałania czynników — Means for factors interaction						
Gierczyckie	0	273	6,16	291	1,76	20
	30	263	6,10	368	2,22	21
	60 (30+30)	274	6,09	312	1,88	21
	90 (30+30+30)	280	6,07	237	1,43	21
Jagna	0	170	7,64	383	2,76	14
	30	180	7,54	414	2,95	16
	60 (30+30)	216	7,61	327	2,46	16
	90 (30+30+30)	220	7,53	354	2,54	17
NIR($\alpha=0,05$) — LSD($\alpha=0,05$)		19,6	r.n.-n.s.	39,1	0,24	1,59
Średnie dla czynników — Means for factors						
Gierczyckie		272	6,11	302	1,82	21
Jagna		196	7,58	370	2,68	16
NIR($\alpha=0,05$) — LSD($\alpha=0,05$)		9,7	0,15	19,3	0,15	0,18
0		222	6,90	337	2,26	17
30		222	6,82	391	2,58	18
60 (30+30)		245	6,85	320	2,17	18
90 (30+30+30)		250	6,80	296	1,99	19
NIR($\alpha=0,05$) — LSD($\alpha=0,05$)		13,9	r.n.-n.s.	27,6	0,15	0,92
2003		189	7,01	377	2,71	18
2004		280	6,67	295	1,79	19
NIR($\alpha=0,05$) — LSD($\alpha=0,05$)		9,7	0,15	19,3	0,15	r.n.-n.s.

r.n. — Różnica nieistotna

n.s. — Not significant

Niewiele jest prac poświęconych badaniu składu chemicznego prosa. Na zawartość składników pokarmowych, obok czynnika odmianowego ma również wpływ czynnik pogodowy. W prezentowanych wynikach badań (tab. 4), wykazano zbliżoną zawartość białka ogółem w ziarnie odmiany Gierczyckie (11,5%) i odmiany Jagna (11,3%). Każda dawka azotu powodowała wzrost zawartości białka w ziarnie, w największym stopniu

dawka 90 kg N·ha⁻¹ z podziałem (30 + 30 + 30). Powyższe wyniki można odnieść do wcześniejszych badań Mazurka i wsp. (1999) dotyczących nawożenia pszenicy jarej; stwierdzono w nich między innymi dodatni wpływ późno stosowanych dawek azotu na wzrost zawartości białka w ziarnie. Na podobne zależności zwracają uwagę (Nieróbca, 1996; Pala i in., 1999; Ruskowski, 1993).

Tabela 4

Skład chemiczny ziarna (średnie z lat 2004–2005)
The chemical composition of grain (means for 2004–2005)

Odmiana Cultivar	Dawka N Dose N (kg·ha ⁻¹)	Białko ogółem Total protein (%)	Tłuszcz surowy Crude fat (%)	Włókno surowe Crude fibre (%)	Popiół surowy Crude ash (%)	Bezasotowe związki wyciągowe (%) Nitrogen free extract (%)	Białko ogółem Total protein (kg·ha ⁻¹)
Średnie dla współdziałania czynników — Means for factors interaction							
Gierczyckie	0	10,2	4,4	13,1	3,18	69,2	262
	30	11,1	4,1	13,1	3,18	68,3	351
	60 (30+30)	11,5	4,3	12,5	3,19	68,3	437
	90 (30+30+30)	13,1	3,9	12,9	3,10	66,8	413
Jagna	0	10,2	3,7	8,4	3,29	74,0	295
	30	11,8	3,9	8,1	2,99	73,1	401
	60 (30+30)	11,2	4,0	7,5	3,11	74,0	456
	90 (30+30+30)	12,1	4,2	7,3	2,94	73,3	442
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	43
Średnie dla czynników — Means for factors							
Gierczyckie		11,5	4,2	12,9	3,16	68,1	365
Jagna		11,3	3,9	7,8	3,08	73,7	398
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	0,64	r.n.-n.s.	0,84	r.n.-n.s.
	0	10,2	4,0	10,8	3,23	71,6	278
	30	11,5	4,0	10,6	3,08	70,6	376
	60 (30+30)	11,3	4,1	10,0	3,15	71,1	446
	90 (30+30+30)	12,6	4,0	10,1	3,02	70,1	427
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		1,37	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	28
2003		11,1	4,3	10,6	3,14	70,6	434
2004		11,7	3,8	10,1	3,12	71,1	330
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	0,31	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	18

r.n. — Różnica nieistotna

n.s. — Not significant

Zawartość tłuszczu surowego była zmienna w latach, w 2003 roku stwierdzono istotnie więcej tego składnika niż w 2004 roku. U obydwu odmian poziomy nawożenia azotem nie miały wpływu na zawartość tego składnika.

Zawartość włókna surowego była silnie zróżnicowana czynnikiem odmianowym. Odmiana Jagna (7,8%) zawierała istotnie mniej o 60% włókna surowego w ziarnie od odmiany Gierczyckie (12,9%). U odmiany Gierczyckie dawki azotu wyższe od 30 kg·ha⁻¹ obniżały zawartość tłuszczu, natomiast u drugiej odmiany każda dawka azotu spowodowała spadek zawartości tłuszczu, w największym stopniu dawka 90 kg N·ha⁻¹.

Zawartość bezazotowych związków wyciągowych zależała głównie od odmiany. Odmiana Jagna charakteryzowała się istotnie wyższą w ziarnie zawartością bezazotowych

związków wyciągowych od odmiany Gierczyckie. Wzrastające poziomy nawożenia azotem do $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ stabilizowały zawartość węglowodanów w ziarnie odmiany Jagna, natomiast odmiana Gierczyckie zareagowała jej obniżeniem.

Badane czynniki doświadczenia nie różnicowały zawartości popiołu w ziarnie prosa, nieco więcej popiołu surowego zawierała odmiana Gierczyckie. W 2004 roku bardziej suchym zawartość białka była wyższa, a włókna i popiołu niższa niż w roku poprzednim.

Wydajność białka z ha jest wypadkową uzyskanego plonu i koncentracji tego składnika w ziarnie. Odmiany prosa odznaczały się zbliżoną wydajnością białka z ha, wykazano istotny wzrost tej cechy do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Analogicznie do plonu ziarna w latach kształtował się plon białka z ha i był wyższy w roku 2003 w stosunku do 2004.

Zawartość składników mineralnych w roślinie zależy między innymi od odmiany, fazy rozwojowej i zawartości składników przyswajalnych w glebie.

Ziarno prosa zawierało najwięcej magnezu i fosforu, a w dalszej kolejności potasu (tab. 5).

Tabela 5

Zawartość składników mineralnych w ziarnie (średnie z lat 2004–2005)**The content of mineral components in grain (means for 2004–2005)**

Odmiana Cultivar	Dawka N — Dose N ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	P (%)	K (%)	Mg (%)
Średnie dla współdziałania czynników — Means for factors interaction				
Gierczyckie	0	0,25	0,15	0,28
	30	0,26	0,16	0,29
	60 (30+30)	0,25	0,15	0,28
	90 (30+30+30)	0,25	0,15	0,29
Jagna	0	0,23	0,18	0,30
	30	0,22	0,19	0,30
	60 (30+30)	0,23	0,18	0,31
	90 (30+30+30)	0,26	0,19	0,24
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.
Średnie dla czynników — Means for factors				
Gierczyckie		0,25	0,15	0,27
Jagna		0,23	0,18	0,29
NIR _(α=0,05) - LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	0,01	r.n.-n.s.
	0	0,24	0,16	0,28
	30	0,24	0,17	0,29
	60 (30+30)	0,24	0,16	0,29
	90 (30+30+30)	0,25	0,17	0,26
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	r.n.-n.s.	r.n.-n.s.
2003		0,27	0,14	0,23
2004		0,23	0,14	0,33
NIR _(α=0,05) — LSD _(α=0,05)		r.n.-n.s.	0,01	0,06

r.n. — Różnica nieistotna

n.s. — Not significant

W koncentracji składników mineralnych w ziarnie wykazano nieznaczne zróżnicowanie pod wpływem badanych czynników. Zawartość potasu różnicował czynnik odmianowy i lata badań. Zawartość magnezu zależała tylko od lat badań. Poziomy nawożenia azotem nie miały wpływu na zawartość składników mineralnych P, K i Mg w ziarnie prosa.

WNIOSKI

1. Przebieg warunków atmosferycznych w okresie prowadzenia badań rzutował istotnie na plon ziarna prosa. Wyższy plon uzyskano w 2003 roku, w którym warunki były korzystniejsze dla wzrostu i plonowania roślin.
2. W nizinnych warunkach Dolnego Śląska, konkurencyjność odmiany Jagna o wiesze zbitej względem odmiany Gierczyckie o wiesze rozpięchłej, wyrażała się wyższym o 11% poziomem plonowania.
3. Odmiana Jagna i odmiana Gierczyckie reagowały w stosunku do kontroli istotnym wzrostem plonu ziarna do dawki $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, w układzie (30 kg przedsiwnie + 30 kg w fazie krzewienia roślin).
4. Odmiana Jagna w porównaniu z odmianą Gierczyckie odznaczała się istotnie niższą zawartością włókna surowego i wyższą bezazotowych związków wyciągowych. Zawartość białka ogółem u obydwu odmian wzrastała do dawki $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$.
5. Obydwie odmiany charakteryzowały się jednakową lub zbliżoną zawartością składników mineralnych (P, K i Mg) w ziarnie. Poziomy nawożenia azotem nie różnicowały zawartości podstawowych składników mineralnych w ziarnie prosa, natomiast większe zróżnicowanie dotyczyło lat badań.

LITERATURA

- Agdag M., Nelson L., Baltensperger D., Lyon D., Kachman S. 2001. Row spacing affects grain yield and other agronomic characters of proso millet. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32: 13 — 14.
- COBORU. 2006. Lista opisowa odmian. COBORU, Słupia Wielka.
- Hołubowicz-Kliza G. 2006. Uprawa prosa. IUNG— PIB, Puławy: 11.
- Kaznowski L. 1965. Szczegółowa Uprawa Roślin. PWRiL, Warszawa: 225 — 231.
- Kornilov A. 1960. Proso. Moskwa.
- Lysov W. N. 1968. Proso. Kolos, Leningrad.
- Mazurek J., Jaskiewicz B., Klupeczyński Z. 1999. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 118: 257 — 261.
- Nieróbca P. 1996. Technologia uprawy prosa. *Mat. Szkol. IUNG Puławy*, 43: 1 — 13.
- Pala J., Tokarska M., Ziemińska J. 1999. Proso — zboże zapomniane. *Nowoczesne Rol.* 5: 10 — 11.
- Pudełko J., Małecka I., Pitalnik J. 1996. Możliwości zwalczania chwastów w uprawie prosa perłowego. *Post. Ochr. Rośl.* 36, 2: 311 — 313.
- Ruszkowski M. 1974. Proso. PWRiL, Warszawa.
- Ruszkowski M. 1993. Zasady uprawy, nawożenia i pielęgnacji prosa. *Agrochemia* nr 5: 18 — 19.
- Songin H. 2003. Proso. W: Szczegółowa Uprawa Roślin. Jasińska Z., Kotecki A. (red.). AR, Wrocław.
- Szreder G. 1999. Zasady uprawy prosa. *Agrochemia* nr 5: 44 — 46.

HENRYK BUJAK
KATARZYNA DMOCHOWSKA-HUBA
STANISŁAW JEDYŃSKI
JAN KARCZMAREK

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wykorzystanie selekcji indeksowej w hodowli kukurydzy z uwzględnieniem ważności cech*

Application of index selection in maize breeding with regard to economic weights of traits

W 2005 roku założono doświadczenia polowe metodą bloków niekompletnych w Smolicach i Kobierzycach. Materiał badawczy stanowiły 22 linie wsobne kukurydzy szklistej (typu flint) oraz 21 linii zębokształtnych (typu dent). Nasiona wysiano na poletkach 5 m^2 w rozstawie $75 \times 18,6 \text{ cm}$. Na roślinach wykonano obserwacje cech bonitacyjnych: pylenia i znamionowania, a po zbiorach – pomiary cech użytkowych: długości kolby, liczby rzędów w kolbie, liczby ziaren w rzędzie, liczby ziaren w kolbie, masy kolby, masy osadki, procentowej zawartości suchej masy oraz masy ziarna z kolby. Otrzymane wyniki posłużyły do obliczenia trzech indeksów: indeksu wartości własnej I_s , indeksu obcego I_o , oraz indeksu ogólnego I_{og} . Wyliczono je w 2 wariantach: a). bez współczynników wag i b). z dodaniem do wzorów oszacowanych współczynników wartości ekonomicznej (wag poszczególnych cech). Ranking linii uwzględniający wagi cech wskazuje w większości przypadków na te same genotypy, dla których wyliczono indeksy bez współczynnika ważności cech. Po wprowadzeniu do obliczeń wag ekonomicznych otrzymano indeksy, które pozwoliły na wyłonienie najlepszych linii: S 50668-4, K 409, S 41798-1-2-2, S 50685, S 47225A. Wykorzystanie wag poszczególnych cech w indeksach, pozwala na lepszą charakterystykę linii i dzięki temu na efektywniejszy wybór linii.

Słowa kluczowe: indeks obcy, indeks ogólny, indeks własny, kukurydza, linie wsobne, wagi ekonomiczne

Twenty two flint lines and 21 dent lines of maize were grown in field trials at Smolice and Kobierzyce using incomplete block design. Seeds were sown on 5 m^2 plots at $75 \times 18.6 \text{ cm}$ spacing. The following characters were measured: pollen shed, silking, ear length, no. of rows/ear, no. of kernels/row, no. of kernels/ear, ear weight, cob weight, % dry matter and weight of grain/ear. The measurements of the characters were used to construct three indices: specific, foreign and general. Each index was computed with and without economic weights. In general, both variants of index gave similar rankings of the lines. After incorporating economic weights to the construction of indices the following

* Publikacja finansowana z projektu pt. „Drugi program stypendialny dla doktorantów Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu”. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego i środków regionalnych.

lines were selected as the most promising: S 50668-4, K 409, S 41798-1-2-2, S 50685, S 47225A. It is concluded that using economic weights in the construction of indices gives a better characterization of inbred lines and is helpful in the choice of parents for a particular cross combination.

Key words: economic weights, foreign index, general index, inbred lines, maize, specific index

WSTĘP

Dotychczas polscy hodowcy roślin nie stosowali metod indeksowych w pracach selekcyjnych. W wielu badaniach (Simmonds, 1987; Kaczmarek i Bujak, 1992/1993; Hazel i in., 1994; Bujak i in., 2004, 2006) wykazano, że indeks selekcyjny oparty na kilku cechach jest bardziej skuteczny niż selekcja następcza i niezależnych poziomów brakowania i może stanowić narzędzie ułatwiające ocenę materiałów wyjściowych. Indeks jest wartością liczbową, reprezentującą kilka cech i może być uważany za supercechę. Wkład poszczególnych cech do wartości indeksu jest niejednakowy. Nadanie poszczególnym cechom wag ekonomicznych jest bardzo trudne. W literaturze światowej spotyka się głównie indeksy, które skonstruowano z pominięciem wag. Próby określenia wag ekonomicznych są niezwykle rzadkie i sporadycznie stosowane w hodowli roślin. Rzeczywisty wkład poszczególnych właściwości w super cechę nie jest jednakowy, dlatego indeksy wyliczane z takimi samymi współczynnikami wag ekonomicznych mogą być mniej skuteczne. Wprowadzenie wag ekonomicznych do indeksów powinno spowodować lepszą ocenę materiałów wyjściowych. Hodowcy stosujący metodę niezależnych poziomów brakowania (Simmonds, 1987), intuicyjnie wyznaczają wagi ekonomiczne cech, ale odbywa się to według niejasno sprecyzowanych kryteriów. Wykorzystując zmienność i współzależności między cechami można wyznaczyć algorytm pozwalający na precyzyjne określenie ważności cech.

Celem badań było wyznaczenie wag ekonomicznych metodą statystyczną dla każdej cechy oraz porównanie indeksów z wagami i bez wag.

MATERIAŁ I METODY

W 2005 roku przeprowadzono doświadczenia polowe metodą bloków niekompletnych w Smolicach i Kobierzycach z 43 liniami wsobnymi kukurydzy. Nasiona wysiano na poletkach 5 m² w rozstawie 75 × 18,6 cm. Na 10 roślinach każdego poletka wykonano obserwacje cech bonitacyjnych, a po zbiorach — pomiary cech użytkowych. Uzyskane wyniki posłużyły do obliczenia trzech indeksów selekcyjnych: własnego I_s, obcego I_o oraz ogólnego I_{OG}. (Bujak i in., 2006; Hanson i in., 1957; Hazel, 1943; Singh, 1972). Do tworzenia wielowymiarowych indeksów wykorzystano 10 cech: pylenie, znamionowanie, długość kolby, liczbę rzędów, liczbę ziaren w rzędzie, liczbę ziaren w kolbie, masę kolby, masę osadki, procentową zawartość suchej masy i masę ziarna z kolby.

Wartości współczynników selekcyjnych dla poszczególnych cech wyliczono z wzoru:

$$b = P^{-1} \times Ga$$

gdzie:

b — wektor kolumnowy wartości współczynników indeksu selekcji

P^{-1} — macierz odwrotna macierzy wariancji i kowariancji fenotypowych

G — macierz wariancji i kowariancji genotypowych

a — wektor kolumnowy wartości (wag) ekonomicznych.

Przy konstruowaniu indeksów na ogół nie uwzględniano wartości parametru „a”, który oznacza wagi ekonomiczne, czyli ważność w zespole cech. Wagi poszczególnych cech powinny być brane pod uwagę podczas selekcji. Do rozwiązania problemu ważności cech przyjęto model liniowy wektorowy, w którym szukano tylko jednego parametru wyrażającego wagę cechy. W tym celu wykorzystano metodę conjoint analysis, czyli addytywny pomiar średniej (Bąk, 2004, Walesiak, Bąk, 2000). W pierwszym etapie dla uzyskania profili (opcje wyboru) podzielono linie na rozłączne grupy jednorodne dla każdej cechy według testu (Haufe W. Geidel H. 1984). Następnie wykonano analizę uzyskanych profili według metodologii conjoint analysis. Otrzymuje się macierz użyteczności częściowych, w której liczba wierszy jest równa liczbie linii, a liczba kolumn jest równa liczbie poziomów wyróżnionych dla wszystkich zmiennych (cech). Relatywną ważność każdej cechy wyznaczono za pomocą formuły:

$$W_j^S = \frac{\max\{U_{jly}^S\} - \min\{U_{jly}^S\}}{\sum_{j=1}^m (\max\{U_{jly}^S\} - \min\{U_{jly}^S\})} \times 100\%$$

gdzie: U_{jly}^S — użyteczność częściowa l -tego poziomu j -tej zmiennej (cechy) dla s -tej linii,

l_j — numer poziomu dla zmiennej (cechy) Z_j .

m — liczba cech.

Średnią ważność cechy W_j obliczono na podstawie wzoru:

$$W_j = \frac{1}{S} \sum_{s=1}^S W_j^S$$

gdzie: S — liczba linii.

WYNIKI

Wartości wag ekonomicznych oszacowano dla 10 cech linii kukurydzy, które uwzględniono w konstrukcji indeksów selekcyjnych. Masę ziarna z kolby uznano za najważniejszą cechę i nadano jej współczynnik 1. U pozostałych 9 cech oszacowano względne wartości wag ekonomicznych: pylenie 0,02, znamionowanie 0,02, długość kolby 0,06, liczbę rzędów 0,07, liczbę ziaren w rzędzie 0,06, liczbę ziaren w kolbie 0,15, masę kolby 0,42, masę osadki 0,06, procentową zawartość suchej masy 0,14. Najwyższe wartości wag uzyskano dla masy kolby 42%, a najniższe w przypadku pylenia i znamionowania po 2%.

Tabela 1

Indeksy selekcyjne linii wsobnych kukurydzy
Selection indices for the inbred lines of maize

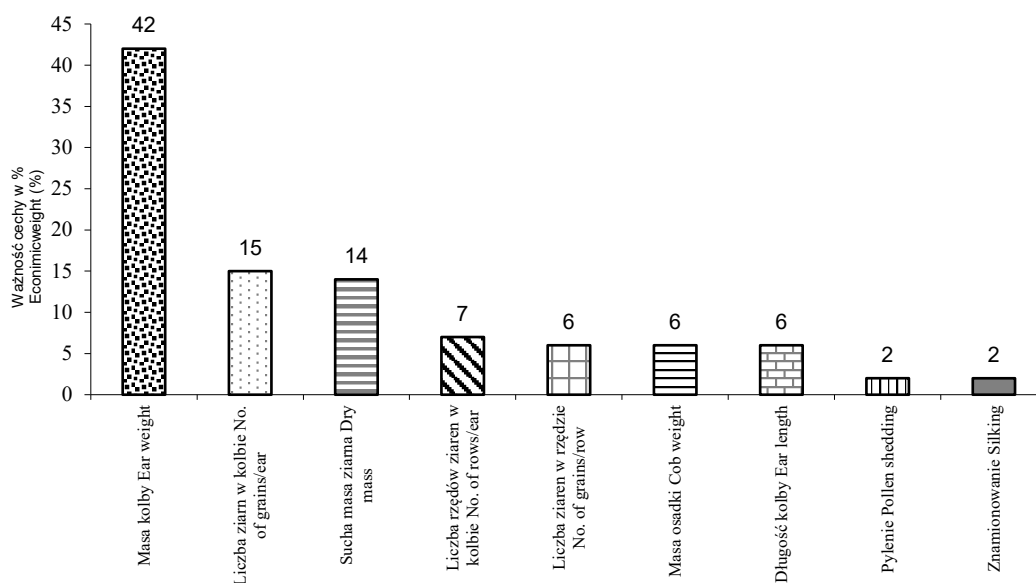
Linie Lines	Indeks wartości własnej Is Specific index		Indeks obcy I _O Foreign index		Indeks ogólny I _{OG} General index	
	Bzw.	Zwe.	Bzw.	Zwe.	Bzw.	Zwe.
S50668-4	427,60	101,85	462,01	101,17	388,00	244,22
K409	318,04	97,38	378,69	84,74	448,61	239,64
S41798-1-2-2	365,26	84,27	376,53	77,73	395,64	226,34
S50685	377,99	83,93	386,67	77,40	391,07	223,65
S47225A	349,98	81,08	365,55	75,41	390,00	219,12
S54569A	382,66	76,15	365,54	69,63	385,68	220,75
S55591	324,61	73,62	327,91	64,66	403,70	215,10
K339	329,47	67,18	317,54	58,21	370,40	199,38
S56028A	334,71	64,59	312,46	56,46	386,85	206,04
K412	412,65	64,08	356,21	61,05	333,50	202,81
S49759-2-3	396,53	60,41	344,17	59,10	302,28	187,72
K189	251,10	59,74	247,16	45,53	390,58	191,11
K244	344,16	58,92	300,69	49,91	368,96	198,55
K384	286,58	57,00	267,47	46,37	378,91	190,23
S4-4s	303,17	54,62	267,52	42,21	381,17	190,78
S57571	307,23	53,40	273,44	45,62	380,55	193,00
K324	367,72	51,29	299,76	46,47	318,99	183,54
S54585	337,97	49,38	272,29	41,68	349,26	188,84
S49379	267,61	47,34	226,22	34,04	386,35	185,53
K242	350,90	46,93	274,96	38,38	343,70	184,85
S48582	270,55	46,04	227,20	32,73	390,03	184,77
S56349A-4	305,88	45,33	245,39	36,38	336,79	176,76
S56119A	304,62	42,52	245,12	34,81	330,59	170,37
S66208A	331,10	38,15	242,31	29,94	303,71	165,25
S336A	311,57	35,98	233,30	28,01	305,18	158,47
S65341A	234,34	35,11	169,60	16,25	390,37	173,24
K389	294,89	34,24	221,92	24,87	334,81	162,11
K231	306,59	33,27	218,25	24,46	307,49	159,33
S43047	288,11	30,46	197,06	17,75	340,33	163,32
K405	336,09	25,39	220,27	18,11	282,54	149,01
S41053	201,58	20,05	113,66	2,42	351,98	150,91
K194	171,22	14,71	94,20	-2,95	338,62	133,95
K411	154,03	13,47	80,43	-7,09	375,67	140,09
S70026A	247,60	12,85	123,90	-3,66	333,35	145,77
K404	215,03	9,45	49,90	-27,42	297,62	116,55
K417	210,96	7,98	27,63	-35,72	278,73	104,86
K408	234,14	5,98	99,36	-12,03	350,78	144,09
S311	236,43	5,31	95,77	-13,65	336,50	139,85
K403	140,54	5,19	2,22	-37,81	302,49	98,33
K346	303,39	3,87	120,24	-14,42	275,64	127,99
K410	105,15	3,27	51,40	-52,25	341,20	99,33
K341	228,79	3,23	70,92	-20,87	299,44	123,68
K167	160,85	2,54	31,61	-25,28	343,18	125,91
Współczynnik korelacji r Coefficient of correlation	0,79		0,73		0,98	

Bzw. — Bez wag ekonomicznych; without economic weights

Zwe. — Z wagami ekonomicznymi; with economic weight

Przedstawione wagi wynikają z rzeczywistej zmienności cech i mogą być modyfikowane przez hodowców w konstrukcji indeksów w zależności od celów hodowlanych. W naszych badaniach nie wprowadzono modyfikacji i oszacowane wartości wag wykorzystano do obliczenia indeksów.

W tabeli 1 zamieszczono trzy indeksy selekcyjne: indeks wartości własnej I_S , indeks obcy I_O oraz indeks ogólny I_{OG} bez uwzględnienia ważności cech i z wagami ekonomicznymi. Ranking linii uległ zmianie po uwzględnieniu wag ekonomicznych zarówno w przypadku indeksu wartości własnej jak i indeksu obcego.. Po wprowadzeniu wag na drugim miejscu pod względem wartości indeksu własnego znalazła się linia K 409 dzięki wysokiej masie kolby. Ważność tej cechy oszacowano na 42% (rys. 1).



Rys. 1. Wartości ekonomiczne cech (%) opisujących linie wsobne kukurydzy
Fig. 1. Average economic weights for the characters of the maize inbred lines

Na podstawie wartości indeksów z wagami wybrano najlepsze linie: S 50668-4, K 409, S 41798-1-2-2, S 50685, S 47225A. W przypadku indeksu ogólnego I_{OG} uszeregowanie linii było prawie takie samo w obydwu wariantach indeksu, o czym świadczy z bardzo wysoki współczynnik korelacji $r = 0,98$. Należy podkreślić, że podane kryteria ważności cech wynikają z ich charakteru zmienności. W pracy selekcyjnej często kierujemy się różnymi celami. Dla przykładu, jeżeli celem będzie wczesność odmiany kukurydzy, to pyleniu i znamionowaniu hodowca może nadać większą wagę.

DYSKUSJA

Jednoczesny wybór roślin na podstawie dwóch lub większej liczby cech o określonych wartościach stanowi selekcję nazywaną metodą niezależnych poziomów brakowania.

Metoda ta jednak nie uwzględnia związków zachodzących między cechami. i może czasami doprowadzić do eliminowania wybitnych osobników, które mają słabsze wartości tylko pod względem jednej cechy. W prezentowanej pracy przedstawiono wskaźnikową metodę selekcji, która opiera się na indeksach skonstruowanych na podstawie 9 cech. Selekcja indeksowa w znacznym stopniu łagodzi niedoskonałości metody niezależnych poziomów brakowania, ponieważ pozwala na kompensowanie niskiej oceny jednej cechy wysokimi wartościami pozostałych. Przydatność metody wskaźnikowej w trakcie selekcji wykazało wielu autorów, (Singh, Bellmann, 1972; Hazel i in., 1994; Kaczmarek, Bujak, 1992/93; Bujak i in., 2006).

Hazel i wsp. (1994) piszą, że metoda indeksowa jest bardziej skuteczna niż selekcja według niezależnych poziomów brakowania. Magnussen (1990), uważa, że wprowadzenie dodatkowo wag ekonomicznych poprawi jednocześnie postęp genetyczny cech ujętych w indeksie.

W naszych badaniach wszystkim cechom nadano taką samą ważność, a następnie wykorzystując własny algorytm oparty na metodzie addytywnego pomiaru średniej (conjoint analysis) uzyskano wagi ekonomiczne, które uwzględniono w trakcie konstruowania indeksu.

W literaturze światowej z zakresu hodowli roślin, stosowanie wag ekonomicznych było niezwykle rzadkie, a w polskiej w ogóle niestosowane. Stąd nie mieliśmy możliwości porównania własnych wyników z innymi badaniami. W pracy oprócz indeksu wartości własnej I_s przedstawiono również indeks obcy I_o i ogólny I_{OG} . Z wcześniejszych opracowań (Bujak i in., 2006; Hanson i Johnson, 1957; Caldwell i Weber, 1965) wynika, że indeksy własne I_s i indeksy obce I_o dawały wyższe wartości postępu genetycznego od indeksu ogólnego I_{OG} .

Jak wynika z tabeli 1 wykorzystanie wag ekonomicznych w indeksach spowodowało obniżenie ich bezwzględnej wartości liczbowej ale współczynnik korelacji między indeksami bez wag i z wagami wynosił dla I_s 0,79, a dla I_o 0,73. Wyniki te wskazują na zmiany w uszeregowaniu linii pod względem ich wartości indeksowej, a tym samym mogą mieć wpływ na decyzje selekcyjne.

W przypadku indeksu ogólnego, który może być stosowany u różnych populacji, współczynnik korelacji na poziomie $r = 0,98$ wskazuje, że te indeksy dają podobną ocenę wartości hodowlanej. Jednak jak wynika z wcześniejszych badań stosując indeks I_{OG} uzyskuje się niższe wartości postępu genetycznego (Bujak i in., 2006).

WNIOSKI

1. Wprowadzenie do indeksów wag dla poszczególnych cech zmieniło ranking linii, a tym samym wartość hodowlaną materiałów wyjściowych. Można przypuszczać, że uwzględnienie w indeksach wag ekonomicznych cech przyczyni się do wyższej efektywności selekcji.
2. Wszystkie trzy indeksy mogą być stosowane przy prowadzeniu selekcji. Najlepszą miarą służącą do oceny linii jest indeks wartości własnej I_s , a następnie indeks: obcy

- I_O . Aby uniknąć obliczania oddzielnie dla każdej populacji indeksu, można stosować również indeks ogólny.
3. W przypadku stosowania indeksu ogólnego I_{OG} nie jest konieczne uwzględnianie wag ekonomicznych, ponieważ obydwa indeksy z wagami i bez wag dają prawie takie same uszeregowanie linii.

LITERATURA

- Bąk A. 2004. Dekompozycyjne metody preferencji w badaniach marketingowych. Wyd. Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu
- Bujak H., Jedyński St., Kaczmarek J. 2004. Zastosowanie indeksu selekcyjnego do oceny wartości hodowlanej. Rozprawy i monografie Instytutu Genetyki Roślin PAN, Poznań: 207 — 222.
- Bujak H., Kaczmarek J., Jedyński St., Dmochowska-Huba K. 2006. Postęp hodowlany u kukurydzy na podstawie selekcji wskaźnikowej. Materiały konferencyjne: Przyrodnicze uwarunkowania produkcji roślinnej. SGGW, Warszawa.
- Caldwell B. E., Weber C. R. 1965. General average and specific indices for yield in F_4 and F_5 soybean populations. Crop. Sci 5: 223 — 226.
- Hanson W. D., Johnson H. W. 1957. Methods for calculating and evaluating a general selection index obtained by pooling information from two or more experiments. Genetics 42: 421 — 432.
- Haufe W., Geidel H. 1984. Vorschlag eines Schatzverfahrens zur Klassifizierung von Versuchsergebnissen. Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter. A-8952 Irdning: 257 — 290.
- Hazel L. N. 1943. The genetic basis for constructing selection index. Genetics 28: 476 — 490.
- Kaczmarek J., Bujak H. 1992/1993. Analiza genetyczna integralności systemu kilku cech użytkowych żyta z wykorzystaniem asocjacyjnej wartości kombinacyjnej. Biul. Inform. AR-T Olsztyn 34: 165 — 177.
- Magnussen S. 1990. Economic weights for maximum simultaneous genetic gain. Theor. Appl. Genet. 79: 289 — 293.
- Simmonds N. W. 1987. Podstawy hodowli roślin. PWRiL Warszawa
- Singh R. K., Bellmann K. 1972. Problems of generalization of selection indices. Theor. Appl. Genet. 42: 331 — 334.
- Walesiak M., Bąk A. 2000. Conjoint analysis w badaniach marketingowych. Wyd. AE we Wrocławiu.

HENRYK BUJAK
KATARZYNA DMOCHOWSKA-HUBA
STANISŁAW JEDYŃSKI
JAN KACZMAREK

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Ocena zdolności kombinacyjnej linii kukurydzy na podstawie indeksów potencjału krzyżowania*

Evaluation of combining ability of maize lines on the basis of cross potential index

Materiał badawczy stanowiło 80 mieszańców F_1 otrzymanych z krzyżowań: 20 linii szklistych z dwoma testerami dent oraz 20 linii zębokształtnych z dwoma testerami flint. Doświadczenia polowe zostały założone w Kobierzcach i Smolicach metodą bloków niekompletnych. Wykonano obserwacje cech bonitacyjnych: pylenia i znamionowania oraz pomiary cech użytkowych: długości kolby, liczby rzędów w kolbie, liczby ziaren w rzędzie, liczby ziaren w kolbie, masy kolby, masy osadki, procentowej zawartości suchej masy oraz masy ziarna z kolby. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej. Do łącznego rozpatrywania 10 cech w badanych populacjach linii i mieszańców użyto dwóch indeksów genetycznego potencjału krzyżowania Y_i dla ogólnej zdolności kombinacyjnej i swoistej zdolności kombinacyjnej Y_{ij} . W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono istotną dodatnią współzależność między indeksem Y_i a Y_{ij} . Linie charakteryzujące się najwyższymi wartościami indeksów Y_i , także wyróżniały się pod względem indeksu Y_{ij} . Stwierdzono wysokie współczynniki korelacji między liczbą ziaren w kolbie, liczbą rzędów oraz masą kolby a indeksem Y_i . Indeks genetycznego potencjału krzyżowania Y_{ij} dla SCA wskazuje, że najlepszymi parami linii do wykorzystania efektu heterozji są: K 324 × K194, S 4-4S × S 50668-4, S 43047 × S 50668-4 oraz S 56028A × S 50668-4. Z badań wyciągnięto wniosek o przydatności wielowymiarowych indeksów genetycznego potencjału krzyżowania do prowadzenia selekcji pod względem ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej.

Słowa kluczowe: genetyczny potencjał krzyżowania, indeks selekcyjny, kukurydza, linia wsobna, mieszaniec

The material used in the study consisted of 80 F_1 hybrids obtained by crossing 20 flint lines with 2 dent testers and 20 dent lines with 2 flint testers. Field trials were conducted at the breeding stations at Kobierzyce and Smolice. Incomplete block design was used. The following characters were analysed statistically: pollen shed, silking, ear length, no. of rows/ear, no. of kernels/row, no. of kernels/ear, ear weight, cob weight, % dry matter and weight of grain/ear. In order to evaluate simultaneously 10

* Publikacja finansowana z projektu pt. „Drugi program stypendialny dla doktorantów Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu”. Projekt współfinansowany przez Unię Europejską z Europejskiego Funduszu Społecznego i środków regionalnych.

characters of lines and hybrids, two indices of genetic crossing potential (Y_i , Y_{ij}) were computed. Positive relationship was found between the indices, which gave similar rankings of the lines. High correlations were observed between no. of kernels/ear, no. of rows/ear, ear weight and Y_i index. The SCA index (Y_{ij}) indicated the following pairs of lines: K 324 $\times$ K 194, S 4-4s $\times$ S 50668-4, S 43047 $\times$ S 50668-4 and S 56028A $\times$ S 50668-4 as potentially most heterotic. It was concluded from the studies that multidimensional genetic indices of crossing potential can be useful in selection in respect of general and specific combining ability.

Key words: combining ability, genetic crossing potential, hybrid, inbred line, maize, selection index

WSTĘP

Do oceny wartości hodowlanej linii wsobnych wykorzystuje się badanie ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej. (Adamczyk, 2005; Bujak i in., 2004). Dla każdej pojedynczo badanej cechy uzyskuje się różne uszeregowanie linii pod względem ich wartości. Taka niejednoznaczność ocen utrudnia hodowcom wybór najlepszych genotypów w celu optymalnego wykorzystania efektu heterozji. Istnieje możliwość łącznego rozpatrywania kilku cech i oceny wartości linii na podstawie jednej liczby — indeksu. Dotychczasowe badania (Bujak i in. 2006;) wykazały, że dwa indeksy: Y_i dla GCA oraz Y_{ij} dla SCA, mogą być przydatne w hodowlanej ocenie linii wsobnych i ułatwić prowadzenie selekcji. Indeks jest wartością niemianowaną, którą można traktować jako super cechę i według niej wybierać najlepsze genotypy. Celem pracy było wykorzystanie dwóch indeksów selekcyjnych Y_i oraz Y_{ij} do oceny zdolności kombinacyjnych linii wsobnych kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły 43 linie wsobne kukurydzy w tym 21 typu szklatego (flint) i 22 zębokształtne (dent). Wszystkie linie pochodziły z hodowli smolickiej i kobierzyckiej. Do krzyżowania wybrano cztery testery, w tym dwa typu szklatego (K 194 i S 66208A) oraz dwa zębokształtne (K 324 i S 50668-4). Linie szkliste krzyżowano z testerami zębokształtnymi (doświadczenie 1), a linie zębokształtne z testerami szklistymi (doświadczenie 2). Łącznie otrzymano 80 mieszańców F_1 , z którymi założono doświadczenia polowe metodą bloków niekompletnych w Kobierzycach i Smolicach w 2005 roku. Nasiona mieszańców wysiano na poletkach 5 m^2 w 2 rzędach, w rozstawie $75 \times 18,6 \text{ cm}$. W czasie wegetacji i bezpośrednio po zbiorach na 10 roślinach wykonano ocenę bonitacyjną i pomiary następujących cech: pylenie i znamionowanie, długość kolby, liczba rzędów w kolbie, liczba ziaren w rzędzie, liczba ziaren w kolbie, masa kolby, masa osadki, procentowa zawartość suchej masy oraz masa ziarna z kolby. Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej. W pierwszym etapie oszacowano ogólną i swoistą zdolność kombinacyjną linii, a następnie obliczono dwa indeksy selekcyjne Y_i oraz Y_{ij} do łącznego rozpatrywania cech (Savcenko, 1989; Kaczmarek i Bujak, 1992/1993; Bujak i in., 2006) według następujących wzorów:

$$Y_i = \hat{g}_0 + \sum_{k=1}^m b_k \hat{g}_k$$

gdzie:

g_0 — oszacowanie ogólnej wartości kombinacyjnej cechy podstawowej

g_k — oszacowanie ogólnej wartości kombinacyjnej k -tej integrowanej cechy

b_k — współczynnik regresji k -tej integrowanej cechy

oraz:

$$Y_{ij} = \hat{g}_0^i + \hat{g}_0^j + \sum_{k=1}^m b_k (\hat{g}_k^i + \hat{g}_k^j)$$

gdzie:

g_0^i — oszacowanie ogólnej wartości kombinacyjnej cechy podstawowej i -tej formy matecznej

g_0^j — oszacowanie ogólnej wartości kombinacyjnej cechy podstawowej j -tej formy ojcowskiej

g_k^i — oszacowanie ogólnej wartości kombinacyjnej k -tej integrowanej cechy i -tej formy matecznej

g_k^j — oszacowanie ogólnej wartości kombinacyjnej k -tej integrowanej cechy j -tej formy ojcowskiej

b_k — współczynnik regresji k -tej integrowanej cechy.

Pomiędzy wartościami efektów GCA każdej cechy a indeksem Y_i obliczono współczynnik korelacji prostej „ r ”.

WYNIKI

Po uzyskaniu wyników z obserwacji i pomiarów 10 cech z 40 mieszańców o formule flint $\times$ dent wykonano analizę wariancji oraz oszacowano ogólną i swoistą zdolność kombinacyjną linii. Stwierdzono istotne średnie kwadraty GCA linii matecznych dla wszystkich cech. W przypadku testerów nie wykazano istotności GCA dla masy kolby, masy osadki oraz masy ziarna z kolby. Istotną zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej stwierdzono tylko dla terminu pylenia roślin (tab. 1).

Drugie doświadczenie stanowiło odrębną grupę 40 mieszańców pojedynczych o formule dent $\times$ flint. Analiza wariancji wykazała brak istotnego zróżnicowania genotypów pod względem masy kolby, procentowej zawartości suchej masy i masy ziarna z kolby. Pozostałe cechy charakteryzowały się istotnymi średnimi kwadratami zmienności dla genotypów. Istotność efektów GCA dla form matecznych i ojcowskich stwierdzono tylko dla czterech cech. Nie wykazano istotnej swoistej zdolności kombinacyjnej SCA mieszańców (tab. 2).

Tabela 1

**Średnie kwadraty zmienności z analizy wariancji dla cech mieszańców pierwszego doświadczenia
(flint × dent)**

The mean squares for the first trial (flint × dent)

Źródło zmienności Source of variation	Lss	Pylenie Pollen shed	Znamionowanie Silking	Długość kolby (cm) Ear length	Liczba rzędów ziaren w kolbie No of rows/ear	Liczba ziaren w rzędzie No of grains/row	Liczba ziaren w kolbie No of grains/ear	Masa kolby (g) Ear weight (g)	Masa osadki (g) Cob weight (g)	Sucha masa (%) % dry mass	Masa ziaren z kolby (g) Weight of kernels /ear (g)
Bloki Blocks	1	4,03	5,61	1,06	0,9	5,3	2724	1032,47	61,68	14,04	695,01
Mieszańce Hybrids	41	6,43**	8,62**	1,36	2,13**	16,30**	7454,07**	1634,17**	78,09*	12,81**	1043,50**
GCA matek GCA for lines	19	10,92**	13,83**		1,76**	28,26**	12199,18**	2228,33**	114,19**	19,13**	1304,73**
GCA ojców GCA for testers	1	4,66*	33,38**		28,67**	26,73*	10790,06**	855,01	32,62	19,06*	375,93
SCA	19	2,22*	2,17		0,75	4,33	1939,41	728,63	36,5	6,01	564,48
Błąd Error	41	0,92	1,4	2,09	0,56	4,99	1138,57	551,84	23,66	3,19	405,19

* istotność na poziomie p = 0,05; Significant at p = 0.05

** istotność na poziomie p = 0,01; Significant at p = 0.01

Lss — Liczba stopni swobody; Degrees of freedom

Tabela 2

**Średnie kwadraty zmienności z analizy wariancji dla cech mieszańców drugiego doświadczenia
(dent × flint)**

The mean squares for the second trial (dent × flint)

Źródło zmienności Source of variation	Lss	Pylenie Pollen shed	Znamionowanie Silking	Długość kolby (cm) Ear length	Liczba rzędów ziaren w kolbie No of rows/ear	Liczba ziaren w rzędzie No of grains /row	Liczba ziaren w kolbie No of grains/ear	Masa kolby (g) Ear weight	Masa osadki (g) Cob weight	Sucha masa (%) % dry mass	Masa ziaren z kolby (g) Weight of kernels /ear
Bloki Blocks	1	3,44	3,8	2,99	1,1	5,49	2796,34	1054,06	87,79	16,22	609,62
Mieszańce Hybrids	41	2,25*	3,11*	2,97*	2,41**	10,9*	4040,63*	1001,2	90,74*	15,32	674,89
GCA matek GCA for lines	19	1,78	3,92*	2,07	3,54**	13,29*	6004,42**		60,35		
GCA ojców GCA for testers	1	36,72**	21,79**	43,84**	0,06	20,39	3021,14		768,96**		
SCA	19	0,85	1,57	1,63	1,31	6,01	2155,63		30,55		
Błąd Error	41	1,11	1,63	1,09	0,73	6,09	2001,78	972,36	48,52	13,2	647,44

* istotność na poziomie p = 0,05; Significant at p = 0.05

** istotność na poziomie p = 0,01; Significant at p = 0.01

Lss — Liczba stopni swobody; Degrees of freedom

Ocena linii wsobnych pod względem cech użytkowych jest ważna, ale najistotniejszym zagadnieniem jest ich potencjał krzyżowania. W przypadku pojedynczej cechy ocenę przeprowadza się na podstawie ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej (GCA i SCA). W tabelach 3 i 4 przedstawiono efekty ogólnej wartości kombinacyjnej dla linii oraz indeks Y_i genetycznego potencjału krzyżowania dla GCA. Ponieważ wartości efektów dla różnych cech przyjmują dodatnie i ujemne znaki, to również indeks potencjału krzyżowania może mieć ujemną lub dodatnią wartość.

Na podstawie wielowymiarowego indeksu można łatwo wybrać najlepsze linie. W pierwszym doświadczeniu (tab. 3) wyróżniały się 4 linie: S 43047, S56028A, K 346 oraz K 389. Uwzględnienie niekorzystnego wpływu masy osadki, pylenia i znamionowania na wartość indeksu, pozwoliło na wyłonienie linii wcześniejszych K 339 i S 4-4S o obniżonej masie osadki. Indeks Y_i był istotnie współzależny z liczbą ziaren w kolbie, pyleniem i znamionowaniem oraz ujemnie skorelowany z procentową zawartością suchej masy (tab. 3 i 4).

Tabela 3
Efekty ogólnej wartości kombinacyjnej oraz indeks genetycznego potencjału krzyżowania (Y_i) dla linii typu flint

GCA effects and crossing potential index (Y_i) for the flint lines											
Linie Lines	Pylenie Pollen shed	Znamionowanie Silking	Długość kolby (cm) Ear length	Liczba rzędów ziaren w kolbie No. of rows/ear	Liczba ziaren w rzędzie No. of grains /row	Liczba ziaren w kolbie No. of grains/ear	Masa kolby (g) Ear weight	Masa osadki (g) Cob weight	Sucha masa (%) % dry mass	Masa ziaren z kolby (g) Weight of kernels /ear	Indeks poten- cjału krzyżo- wania Y_i Crossing potential index
K 341	0,55	1,49	-0,34	-0,90	0,01	-8,47	-43,94	10,78	2,24	-23,34	-72,87
K 403	-2,69	-2,58	-0,76	0,27	-0,22	7,62	-5,28	1,10	0,62	-10,87	74,15
K 417	1,32	0,34	-0,49	-1,50	-0,15	-58,56	-29,49	5,91	2,01	-21,85	-154,97
K 389	-1,97	-1,99	1,02	1,06	7,11	150,62	53,77	-10,45	-0,89	43,21	149,40
K 404	-0,62	-0,56	-0,27	0,38	-1,52	-11,23	-48,28	8,39	3,68	-32,65	-94,39
K 189	-3,57	-3,56	0,08	-0,01	0,74	11,49	-4,27	1,56	-4,00	1,56	3,26
K 167	0,64	1,32	0,05	-0,84	-1,39	-47,40	-8,05	2,89	-0,67	-3,17	-129,82
K 339	-1,40	-1,18	-0,54	0,30	1,89	39,25	11,29	-4,92	-0,36	6,13	190,14
K 346	-1,52	-2,16	0,06	1,41	1,33	70,87	-9,02	4,38	0,64	-7,78	189,77
K 408	-1,31	-1,83	-0,09	0,42	0,76	22,00	-8,34	4,22	3,01	-5,01	-36,10
S 311	2,06	2,31	-0,62	-0,42	-4,81	-84,84	-28,31	5,57	1,77	-27,34	-79,95
S4-4S	2,16	2,00	-0,64	0,78	-1,08	-36,27	-7,94	-1,10	-3,39	-9,26	445,31
S41053	0,52	0,54	-0,33	-0,11	-1,89	-34,73	-0,98	-4,92	1,65	-7,57	-96,13
S43047	-0,77	-1,35	-0,82	0,97	2,39	68,77	27,76	-4,24	-3,90	21,37	571,91
S56028A	-1,02	0,82	-0,81	0,59	-0,80	7,44	16,83	-6,80	-0,62	9,99	239,75
S48582	0,40	1,07	0,77	0,12	-3,63	-53,64	-23,94	3,62	0,16	-16,08	-302,81
S55591	0,91	0,74	0,88	0,17	3,43	54,88	55,18	-9,99	-3,13	40,87	102,28
S65341A	2,46	3,18	0,55	-0,60	-5,44	-99,30	8,54	-2,07	0,59	2,60	-366,40
S57571	-1,04	-1,62	1,37	-0,58	3,18	25,25	29,75	-5,46	-2,05	26,20	-287,99
S70026A	2,86	3,06	0,94	-0,79	0,08	-25,81	14,70	1,55	1,66	12,96	-256,56
K 324	-0,27	-0,74	0,15	-0,70	0,76	-12,48	-3,72	0,76	0,61	-2,58	-164,00
S50668-4	0,27	0,74	-0,15	0,70	-0,76	12,48	3,72	-0,76	-0,61	2,58	164,00
r	0,62	0,67	-0,31	0,77	0,64	0,78	0,48	0,52	-0,59	0,46	

Wartości krytyczne; Critical values: $r_{0,05}=0,42$ $r_{0,01}=0,54$

W doświadczeniu drugim (tab. 4) na uwagę zasługiwały cztery linie, które uzyskały dodatnie i najwyższe indeksy Y_i . Należą do nich: K 324, S 49759-2-3, S 47225A oraz S49379. W tej populacji linii wsobnych inaczej niż w poprzedniej grupie układają się istotne wielkości współczynników korelacji między efektami GCA dla analizowanych cech, a indeksem genetycznego potencjału krzyżowania Y_i . Należy wyciągnąć stąd wniosek, że indeks Y_i stanowi lepszą wartość informacyjną, aniżeli efekty ogólnej wartości kombinacyjnej dla poszczególnych cech.

Tabela 4
Efekty ogólnej wartości kombinacyjnej oraz indeks genetycznego potencjału krzyżowania (Y_i) dla linii typu dent

GCA effects and crossing potential index (Y_i) for the dent lines											
Linie Lines	Pylenie Pollen shed	Znamio- nowanie Silking	Długość kolby (cm) Ear length	Liczba rzędów ziaren w kolbie No. of rows/ear	Liczba ziaren w rzędzie No. of grains /row	Liczba ziaren w kolbie No. of grains /ear	Masa kolby (g) Ear weight	Masa osadki (g) Cob weight	Sucha masa (%) % dry mass	Masa ziaren z kolby (g) Weight of kernels /ear	Indeks poten- cjału krzyżo- wania Y_i Crossing potential index
K231	0,63	0,61	-0,91	0,06	-0,31	-2,52	-18,6	5,64	0,42	-13,12	-30,58
K242	0,36	1,08	-0,35	-0,20	-0,83	-13,45	-8,63	1,59	1,29	-6,48	-24,26
K244	0,78	0,48	-0,49	0,12	-1,25	-1,06	-6,44	-0,84	1,89	-7,13	-28,15
K384	-1,14	-1,68	-0,75	-0,83	0,41	-30,23	4,62	-1,64	-1,08	3,22	-3,57
K405	-1,33	-2,25	0,96	2,92	1,43	106,93	1,95	-8,52	1,5	-6,45	-2,90
K324	-0,55	-1,51	0,11	-0,04	4,61	65,37	20,71	-2,44	-5,65	18,17	89,54
K409	-0,36	0,69	0,52	0,28	-2,18	-23,02	2,92	-1,41	-1,13	1,58	7,27
K410	1,30	-1,79	-2,03	-0,48	-2,70	-53,84	-51,42	6,54	-2,71	-46	-93,13
K411	0,74	0,47	1,02	-1,63	1,95	-23,32	3,82	4,22	1,18	8,38	11,48
K412	0,80	1,26	-0,21	0,53	-1,20	4,03	4,58	2,92	-0,33	7,41	21,04
S41798-1-2-2	-0,69	0,15	0,06	-0,53	-1,18	-31,69	-3,41	4,37	1,45	1,32	-21,90
S49379	-0,57	-0,60	1,11	0,19	1,64	41,32	2,49	0,56	0,48	23,64	30,87
S54569A	0,12	-0,13	-0,19	-0,52	-0,66	-23,76	-22,22	6,13	4,09	-18,61	-73,35
S50685	0,72	1,12	-0,23	0,59	-2,38	-14,99	11,27	-6,4	-0,35	5,41	15,93
S56119A	-0,49	-0,82	-0,42	-0,57	-1,75	-60,27	5,96	-5,37	-3,45	1,2	11,41
S54585	0,37	0,48	0,32	-0,71	0,64	-13,77	-8,85	3,21	1,61	-5,34	-21,41
S336A	0,14	-0,28	-0,01	1,34	-1,67	17,75	-1,73	-1,72	-0,73	-3,52	1,48
S56349A-4	0,05	0,59	0,17	-0,44	0,87	0,33	5,05	-0,06	2,38	5,23	-4,07
S49759-2-3	0,00	-0,57	0,79	1,34	1,02	62,59	24,18	-5,14	1,31	19,43	45,06
S47225A	-0,63	-1,08	0,54	-1,44	3,54	3,17	12,73	-1,64	-2,12	11,64	38,80
K194	-0,76	-0,59	0,84	0,03	-0,57	-6,97	6,16	-3,51	-1,21	2,45	11,16
S66208A	0,76	0,59	-0,84	-0,03	0,57	6,97	-6,16	3,51	1,21	-2,45	-11,16
r	0,63	0,34	0,62	0,21	0,63	0,57	0,89	0,70	-0,50	0,84	

Wartości krytyczne;; Critical values: $r_{0,05}=0,42$ $r_{0,01}=0,54$

Wielowymiarowy indeks genetycznego potencjału krzyżowania (Y_{ij}) obliczono dla efektów swoistej wartości kombinacyjnej (tab. 5). Na podstawie tego indeksu można było rekomendować następujące pary linii: K 324 i K 194, S 4-4S i S 50668-4, S 43047 i S 50668-4 oraz S 56028A i S 50668-4. Na uwagę zasługuje fakt, że linie, które charakteryzowały się najwyższymi wartościami indeksu Y_i także wyróżniały się pod względem indeksu Y_{ij} genetycznego potencjału krzyżowania.

Tabela 5

Indeksy genetycznego potencjału krzyżowania SCA (Y_{ij}) dla mieszańców flint $\times$ dent i dent $\times$ flint
SCA crossing potential index for the flint $\times$ dent and dent $\times$ flint hybrids

Tester Testers	Flint $\times$ Dent		Tester Testers	Dent $\times$ Flint	
	K 324	S50668-4		K 194	S66208A
Linie Lines			Linie Lines		
K 341	-236,87	91,13	K231	-19,42	-41,75
K 403	-89,85	238,15	K242	-13,10	-35,42
K 417	-318,97	9,03	K244	-16,99	-39,31
K 389	-14,60	313,40	K384	7,59	-14,74
K 404	-258,39	69,61	K405	8,26	-14,07
K 189	-160,74	167,26	K324	100,70	78,38
K 167	-293,82	34,18	K409	18,43	-3,90
K 339	26,14	354,14	K410	-81,96	-104,29
K 346	25,77	353,77	K411	22,65	0,32
K 408	-200,10	127,90	K412	32,20	9,87
S 311	-243,95	84,05	S41798-1-2-2	-10,74	-33,06
S4-4S	281,31	609,31	S49379	42,03	19,71
S41053	-260,13	67,87	S54569A	-62,18	-84,51
S43047	407,91	735,91	S50685	27,10	4,77
S56028A	75,75	403,75	S56119A	22,57	0,25
S48582	-466,81	-138,81	S54585	-10,25	-32,58
S55591	-61,72	266,28	S336A	12,65	-9,68
S65341A	-530,40	-202,40	S56349A-4	7,09	-15,23
S57571	-451,99	-123,99	S49759-2-3	56,22	33,89
S70026A	-420,56	-92,56	S47225A	49,96	27,63

WNIOSKI

1. Linie, które charakteryzowały się najwyższymi indeksami Y_i dla GCA, również wyróżniały się pod względem indeksu Y_{ij} dla SCA. Świadczy to o wysokiej dodatniej współzależności pomiędzy wartościami tych indeksów.
2. Największy wpływ na wartość indeksu Y_i miała liczba ziaren w kolbie i związane z tą cechą liczba rzędów oraz masa kolby.
3. Indeksy genetycznego potencjału krzyżowania, które określają wartość linii na podstawie potomstwa F_1 mogą być przydatne w ustalaniu najlepszych formuł mieszańców. Indeks Y_{ij} dla SCA wskazał na najlepsze pary linii: K 324 i K194, S 4-4S i S 50668-4, S 43047 i S 50668-4 oraz S 56028A i S 50668-4.
4. Wielowymiarowe indeksy genetycznego potencjału krzyżowania można polecić hodowcom do równoczesnej selekcji kilku cech pod kątem GCA i SCA. Indeksy w postaci jednej liczby stanowią supercechę o nieokreślonym mianie i są łatwe do porównań pomiędzy różnymi genotypami roślin. Wyższe wartości indeksów charakteryzują lepsze linie i tym samym ułatwiają ich wybór.

LITERATURA

- Adamczyk J. 2005. Genetyczne podstawy hodowli kukurydzy (*Zea mays L.*). W: Zarys genetyki zbóż., t. 2, Wyd. Inst. Genetyki Roślin PAN, Poznań.
- Bujak H., Jedyński St., Kaczmarek J. 2004. Zastosowanie indeksu selekcyjnego do oceny wartości hodowlanej. Rozprawy i monografie Inst. Genetyki Roślin PAN, Poznań 11: 207 — 222.
- Bujak H., Jedyński St., Kaczmarek J., Karwowska C., Kurczyk Z., Adamczyk J. 2006. Wielocechowa analiza wartości hodowlanej linii wsobnych kukurydzy (*Zea mays L.*). Biul. IHAR 240/241: 211 — 216.
- Kaczmarek J., Bujak H. 1992/1993. Analiza genetyczna integralności systemu kilku cech użytkowych żyta z wykorzystaniem asocjacyjnej wartości kombinacyjnej. Biul. Inform. AR-T Olsztyn 34: 165 — 177.
- Savcenko B. K. 1989. Asocjatywnyj otbor v selekcyonnych programach. Uspechi Sovrimennoj Genetiki 16: 139 — 153.

MARIA PRONCZUK¹**JAN BOJANOWSKI¹****ROMAN WARZECHA¹****ZBIGNIEW LAUDAŃSKI^{1,2}**¹ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Badania nad odpornością kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg Część I. Ocena podatności odmian mieszańcowych w warunkach infekcji naturalnej

Studies on resistance of maize to fusarium stalk rot

Part I. Evaluation of susceptibility of hybrid cultivars under natural infection

Celem badań była ocena podatności odmian kukurydzy znajdujących się na rynku polskim i mieszańców eksperymentalnych kukurydzy na zgorzel podstawy łodygi z infekcji naturalnej oraz określenie czynników wpływających na zmiany w nasileniu choroby w latach. Ocenę przeprowadzono w latach 1985–1990 oraz 2002–2006 w Radzikowie. W każdym roku oceniano od 36 do 150 odmian i mieszańców. Do oceny porażenia łodyg zastosowano metodę podłużnego krojenia łodyg według Krügera i skalę 1–9 opracowaną w zespole FAO. Stwierdzono, że zarówno mieszańce jak i odmiany różnią się podatnością na zgorzel podstawy łodygi. Odmiany wcześniej dojrzewające są bardziej podatne na chorobę w porównaniu do późno dojrzewających. Na podatność odmian duży wpływ mają warunki środowiska. Nasilenie choroby zmienia się w latach i wiąże się ściśle z warunkami pogodowymi, z terminem kwitnienia kukurydzy oraz terminem pojawiania się pierwszych objawów choroby. Wczesny termin kwitnienia kukurydzy predysponuje rośliny do wczesnej infekcji łodyg, czego konsekwencją jest silne wyleganie roślin w okresie zbioru kolb. Ocena podatności odmian wykonana przy dużym nasileniu choroby jest najbardziej miarodajna. Odmiany takie jak Cyrkon, Grom, Król, Iman, Blask, Glejt i Boruta można zaliczyć do mało podatnych, natomiast Wilga, Duet, Wiarus, Bułat i Fido do bardzo podatnych.

Słowa kluczowe: kukurydza, zgorzel podstawy łodygi, podatność, czynniki

The aim of the study was the evaluation of susceptibility of maize hybrid cultivars registered in Poland and experimental hybrids to natural infection with stalk rot. Moreover, factors inducing changes in severity of the disease were determined. The evaluation was performed in the years 1985–1990 and 2002–2006 at Radzików. In each year 36–150 genotypes were examined. The Krüger's method for longitudinal cutting of the stalks and the scale 1–9 elaborated by the FAO group were applied to measure infection rates. The hybrid cultivars differed in the susceptibility to stalk rot. The early

cultivars, compared to the late ones, appeared to be more susceptible to infection. The level of plant susceptibility to disease was greatly influenced by environmental conditions. The infection rates varied in the years of the study, and depended on: weather conditions, date of maize flowering and date of the appearance of first disease symptoms. Early flowering predisposed the plants to early stalk infection, which resulted in heavy lodging of plants at the time of cobs harvesting. The evaluation of plant susceptibility performed under high pressure of the disease gives the most reliable screening. The cultivars Cyrkon, Grom, Król, Iman, Blask, Glejt and Boruta were found to be moderately susceptible to stalk rot, whereas the cultivars Wilga, Duet, Wiarus, Bułat and Fido are highly susceptible.

Key words: factors, *Fusarium*, maize, stalk rot, susceptibility

WSTĘP

Hodowla kukurydzy w Polsce ma dość krótką historię. Współcześnie uprawiane mieszańce liniowe trafiły do Europy w 1945 roku, a w Polsce zainicjowano hodowlę dopiero w 1953 roku (Adamczyk, 2007). W roku 1985 w uprawie i w obrocie znajdowało się 19 odmian. Wśród nich przeważały jednak odmiany zagraniczne. Tylko dwie odmiany — Trinko i Tandem pochodziły z polskiej hodowli, ale w badaniach COBORU było już 17 mieszańców liniowych (COBORU, 1985). Olbrzymi postęp w hodowli nastąpił w ostatnich latach. W roku 2002 w krajowym rejestrze znajdowało się 124 odmiany mieszańcowe, w tym 31 — to odmiany wyhodowane w Polsce (COBORU, 2002), a w roku 2006, na 150 odmian znajdujących się w rejestrze — 37 pochodziło z polskiej hodowli (COBORU, 2006). W między czasie wiele starszych odmian, o mniejszej zdolności plonotwórczej, było wycofywane z rejestru z inicjatywy hodowców (Warzecha, 2003; Siódmiak, 2007). Odmiany obecnie wprowadzane na rynek charakteryzują się wysoką plennością, posiadają wszechstronną wartość użytkową, a dzięki hodowli odmian wcześniej dojrzewających poszerzył się znacznie zasięg uprawy kukurydzy w Polsce. Istnieje nawet pogląd, że kukurydzę uprawiać można praktycznie wszędzie tam gdzie jest słońce (określona temperatura), woda i składniki pokarmowe (Adamczyk, 2007).

Wraz z postępem w hodowli odmian i wzrostem znaczenia kukurydzy w Polsce pojawiły się problemy. Jednym z nich były i są nadal choroby powodowane przez grzyby. Spośród patogenów najbardziej groźne dla kukurydzy są grzyby z rodzaju *Fusarium*. Są one sprawcami trzech chorób: zgorzeli siewek, zgnilizny kolb (fuzarioza kolb) i zgorzeli podstawy łodyg (Czaplińska i Jasa, 1980; Bojarczuk i in., 1983, Warzecha, 2003; Adamczyk i Rogacki, 2005). W Polsce największe szkody w uprawach kukurydzy na ziarno powoduje zgorzel podstawy łodyg, ponieważ choroba występuje praktycznie w każdym roku z większym lub mniejszym nasileniem w przeciwieństwie do fuzariozy kolb, która stanowi problem tylko w niektóre lata (Adamczyk i Rogacki, 2005). Czaplińska i współpracownicy (1979) donoszą o porażeniu roślin przez zgorzel podstawy łodyg sięgającym 50% na plantacji kukurydzy. Choroba pojawia się w okresie dojrzewania kolb. Chore rośliny przedwcześnie dojrzewają i często przed sprzętem ulegają załamaniu. Przy dużym nasileniu choroby wylegające rośliny utrudniają, a czasem nawet uniemożliwiają zbiór mechaniczny kolb.

Celem badań prowadzonych od wielu lat w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie była ocena podatności odmian i mieszańców liniowych kukurydzy na

zgorzel podstawy łodyg oraz próba określenia czynników wpływających na zmiany w nasileniu choroby w latach.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny

Badania prowadzono od 1985 do 1990 oraz od 2002 do roku 2006. Materiał do badań stanowiły odmiany polskie i zagraniczne znajdujące się na rynku oraz eksperymentalne mieszańce liniowe wytworzone przez polskich hodowców kukurydzy lub z ich udziałem. Doświadczenia zakładano na polu hodowlanym w Radzikowie w układzie rzędownym w trzech lub czterech powtórzeniach. W rzędzie o długości 5 m było około 40 roślin. Odstępy między rzędami wynosiły 75cm. W każdym roku oceniano od 36 do 150 odmian i mieszańców. Przez cały okres wegetacji obserwowano rozwój roślin i ich zdrowotność. Notowano termin siewu, wschody, terminy kwitnienia odmian i mieszańców (50% roślin kwitnących), oraz pierwsze objawy choroby (wyleganie) — rysunek 1.

Ocena porażenia przez zgorzel podstawy łodyg

Ocenę stopnia porażenia roślin przez zgorzel podstawy łodyg wykonywano na podstawie analizy uszkodzeń trzech dolnych międzywęźli u roślin w okresie sprzętu kukurydzy na ziarno. Do oceny zastosowano metodę podłużnego krojenia łodyg według Krügera (1985, 1988). Według tej metody analizie podlegało 15 kolejnych roślin każdej odmiany w trzech powtórzeniach, przy czym omijano rośliny brzeżne (rys. 2).



Rys. 1. Wyleganie roślin kukurydzy porażonych przez zgorzel podstawy łodyg
Fig. 1. Lodging of maize plants infested by fusarium stalk rot

Uszkodzenia tkanek trzech dolnych międzywęźli oceniano w skali 9-stopniowej opracowanej w zespole FAO, pracującym nad chorobami kukurydzy w latach 80-tych (Dolstra i in., 1993). Według tej skali stopień 1 — oznaczał brak objawów choroby, 3 — przebarwienie dwóch dolnych węzłów, 5 — zbrunatnienie i widoczny rozkład tkanek w jednym lub dwóch dolnych międzywęźlach, 7 — więcej niż dwa międzywęźla zbrunatniałe z widocznym rozkładem tkanek, ale tkanki rdzenia występują jeszcze dookoła wiązek przewodzących, łodyga jednak staje się miękka, 9- wszystkie tkanki łodygi rozłożone, a widoczne są tylko wiązki przewodzące (rys. 3). Rośliny porażone w stopniach od 7 do 9 były zaliczane do potencjalnie wylegających. Wyniki podano jako średni stopień porażenia oraz jako procent roślin potencjalnie wylegających na skutek silnego porażenia odmiany.



Rys. 2. Metoda podłużnego krojenia łodyg według Krügera
Fig. 2. The Krüger's method for longitudinal cutting of stalks

Warunki pogodowe w okresie prowadzenia badań

Przy analizie wyników wykorzystano średnie temperatury dobowe i sumy opadów w sezonach wegetacyjnych lat 1985–1990 i 2002–2006, oraz w poszczególnych miesiącach od siewu do kwitnienia na tle danych z wielolecia. Dane pogodowe pochodziły z punktu meteorologicznego funkcjonującego w Radzikowie.

Analizy statystyczne

Wyniki opracowano metodą analizy wariancji dla układu dwuczynnikowego całkowicie losowanego (Wójcik, Laudański 1989). Do porównań wartości średnich zastosowano test Tukeya. Zależności pomiędzy cechami określono metodą analizy korelacji prostej. Dane dotyczące przynależności odmian do klas wczesności FAO pochodziły z listy odmian roślin rolniczych COBORU (1989, 1990, 2002, 2006). Dla wybranych odmian przeprowadzono analizę genotypowo środowiskową za pomocą programu SERGEN (Caliński i in., 1998).

WYNIKI

Siew doświadczeń w każdym roku odbywał się w podobnym terminie tzn. około pierwszego maja. Natomiast okres kwitnienia kukurydzy zmieniał się w latach. Bardzo wcześnie notowano kwitnienie roślin w latach: 1990, 2002 i 2003, bo już po około 70 dniach od siewu (tab. 1).

Tabela 1

Liczba badanych odmian i mieszańców kukurydzy, terminy pojawiania się objawów zgorzeli podstawy łodygi i procent roślin wylęgających na skutek silnego porażenia w latach 1985–1990 i 2002–2006 w Radzikowie

Number of maize cultivars and hybrids assessed, date of fusarium stalk rot appearance and percentage of plants lodged in 1985–1990 and 2002–2006 at Radzików

Rok Year	Liczba badanych mieszańców Number of hybrids	Kwitnienie (średnia liczba dni od siewu) Flowering (average no. of days from sowing)	Termin pierwszych objawów choroby (dni od siewu) First symptoms of disease (days from sowing)	Średni procent roślin wylęgających* Mean percentage of lodging plants*
1985	150	84	03.10 (156)	20,3
1986	50	77	01.09 (124)	32,3
1987	36	89	18.10 (171)	22,9
1988	75	75	03.09 (126)	39,4
1989	100	82	15.09 (138)	31,9
1990	54	70	05.09 (128)	44,2
2002	51	66	30.08 (122)	28,2
2003	40	72	05.09 (128)	36,8
2004	38	91	15.10 (168)	10,6
2005	45	85	05.10 (158)	8,8
2006	38	79	10.10 (163)	2,9

* Rośliny o porażeniu łodyg w stopniu: 7, 8, 9 oceniane w skali 1-9 w której 1= brak choroby, 9= całkowity rozkład tkanek łodygi

* Infection degrees 7, 8 and 9 in a scale 1–9, where: 1 — no disease symptoms, 9 — complete destruction of stalk tissue



Rys. 3. Diagram skali do oceny porażenia roślin kukurydzy przez zgorzel podstawy łodyg
Fig. 3. Diagram of scale for visual evaluation of plant infection by fusarium stalk rot

Tymczasem w roku 1987 i 2004 kwitnienie występowało dopiero po 89 i 91 dniach od siewu. Także w różnym czasie obserwowano pierwsze objawy choroby w postaci przedwczesnego zasychania liści, zwisających kolb, łamiących się łodyg i wylegających roślin u podstawy (rys. 1). Objawy te wystąpiły dość wcześnie w latach 1986, 1988, 1990, 2002 i 2003, bo na przełomie sierpnia i września, a w latach 1987, 2004 i 2006 chorobę zauważono dopiero pod koniec dojrzewania kolb — w październiku. W kolejnych latach zmieniało się też nasilenie choroby. W latach 1988, 1990 i 2003 było silne, powodujące wyleganie średnio u około 40% roślin (tab. 1). Natomiast w latach 2004, 2005 i 2006 nasilenie było małe, ponieważ silnemu porażeniu uległo w 2004 i 2005 roku około 10% roślin, a w 2006 tylko 2,9%. Analiza korelacji wykazała, że nasilenie choroby miało istotny związek z terminem kwitnienia odmian, czyli z liczbą dni od siewu do kwitnienia ($r = -0,648$; $P < 0,05$) oraz z terminem pojawienia się pierwszych objawów choroby ($r = -0,812$; $P < 0,01$). Wskazuje to, że wczesne kwitnienie roślin sprzyjało silniejszemu ich porażeniu w okresie zbioru kolb.

Warunki pogodowe różniły się znacznie w latach badań i odbiegały od średniej z wielolecia (tab. 2). Szczególnie duże zmiany pogodowe wystąpiły w ostatnich pięciu latach i dotyczyły nie tylko wzrostu średniej temperatury, ale także znacznego obniżenia się sumy opadów w okresie wegetacji roślin (tab. 2). Dla rozwoju kukurydzy, jako rośliny ciepłolubnej duże znaczenie ma temperatura. Dane zebrane w tabeli 3 wskazują na duże różnice średniej temperatury od maja do sierpnia w Radzikowie, mieszczące się w zakresie od 15,1 do 20,6°C w latach.

Tabela 2

Średnie temperatury i sumy opadów za okres wegetacji kukurydzy (maj-październik) w 1985–2006 na tle danych z wielolecia w Radzikowie
Mean temperatures and precipitation during the vegetation seasons (May–October) in 1985–2006, compared to the multi-year average at Radzików

Lata Years	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2002	2003	2004	2005	2006	Wielolecie Multi-year period 1961–1990
Średnia temperatura (°C) Mean temperature (°C)	14,4	14,2	13,6	14,9	15,1	14,5	17,6	15,3	14,7	15,8	16,9	14,6
Suma opadów (mm) Precipitation (mm)	328,2	295,7	297,0	282,1	257,4	277,4	183,6	162,7	290,0	178,2	326,4	346,1

Liczba badanych mieszańców oraz ich zestaw zmieniał się w latach, ale część odmian była włączana do oceny także w następnych latach. Do analizy zmian w porażeniu odmian wybrano tylko te odmiany, które były oceniane w co najmniej dwóch sezonach. W latach 1985–1988 badano przeważnie mieszańce eksperymentalne, spełniając potrzeby rozwijającej się hodowli odmian, dlatego rzadko zdarzało się, aby jakiś mieszańiec był badany powtórnie w następnym roku. Od roku 1989 oceniano przede wszystkim zarejestrowane odmiany i większość z nich była badana w kolejnych latach. Początkowo oceniano odmiany zagraniczne i polskie wyhodowane w kooperacji z firmami zagranicznymi (tab. 4), a od roku 2002 badano głównie odmiany wyhodowane w polskich

firmach hodowlano-nasiennych (tab. 5). W każdym roku niezależnie od zestawu odmian i mieszańców notowano różnice w ich porażeniu przez zgorzel podstawy łodygi.

Tabela 3

Miesięczne średnie temperatury od siewu do kwitnienia kukurydzy w latach 1985–2006 na tle danych z wielolecia w Radzikowie
Monthly mean temperatures in the period from sowing to maize silking in 1985–2006, compared to the multi-year average at Radzików

Miesiące Months	1985	1986	1987	1988	1989	1990	2002	2003	2004	2005	2006	Wielolecie Multi-year period 1961–1990
Maj May	15,5	14,8	12,0	15,0	14,0	14,0	19,4	15,7	12,0	14,1	14,3	13,6
Czerwiec June	14,9	16,2	15,7	16,6	15,6	17,5	19,4	18,0	15,8	16,5	18,3	16,6
Lipiec July	17,5	17,8	17,8	18,8	18,3	17,2	23,0	20,2	17,9	20,7	23,4	17,9
Średnia Mean	15,9	16,2	15,1	16,8	15,9	16,2	20,6	18,0	15,2	17,1	18,7	16,0

W latach 1989–1990, kiedy nasilenie choroby było bardzo duże, średni stopień porażenia wybranych odmian wynosił 5,5 w 1989 i 5,8 w roku 1990, a zakres porażenia u odmian zawierał się w przedziale od 3,4 do 8,0 (tab. 4). Silnemu porażeniu uległo wówczas dość dużo odmian, na co wskazywał procent roślin wylegających. U niektórych odmian wyleganie roślin sięgało 73,7% roślin w roku 1989 i 85,4% w 1990. Analiza korelacji wskazała na dużą zbieżność wyników dla podatności odmian w tych latach zarówno pod względem stopnia ich porażenia ($r = 0,921$; $P < 0,01$) jak i procentu roślin wylegających ($r = 0,951$; $P < 0,01$). Większość polskich odmian wyhodowanych wspólnie z firmami zagranicznymi charakteryzowała się dużą podatnością na zgorzel podstawy łodygi (tab. 4). Wśród odmian bardziej odpornych na infekcję łodyg były odmiany pochodzące z Francji, USA i Niemiec np. Caro, Anjou, Helga, Mona i Dea. Zwrócono uwagę, że do grupy bardziej podatnych należały odmiany wcześniej dojrzewające (klasa wczesności FAO 200–240), zaś do grupy odporniejszych — odmiany później dojrzewające (klasa wczesności FAO 250–290). Pod tym względem były jednak wyjątki np. odmiany późno dojrzewające takie jak: LG11 czy Bekello należały do podatnych, a Melina, Atlet i polski mieszańiec SMH3088 pomimo przynależności do klasy wcześniej dojrzewających były w mniejszym stopniu porażane.

W latach 2002–2006 nasilenie choroby zmieniło się w kolejnych latach. W latach 2002 i 2003 było dość duże — średni stopień porażenia wynosił 5,4 i 5,7 (odpowiednio), a średni procent roślin wylegających wyniósł 34,1% w pierwszym roku i 37,2% w drugim roku. Stwierdzono wówczas duże różnice w podatności odmian od 2,7 do 8,1 w stopniach porażenia oraz od 0 do 86,7% roślin wylegających. W pozostałych latach infekcja odmian była dość mała (średni stopień porażenia od 3,8 do 4,2, a średni procent roślin wylegających od 3,1 do 11,8%), co powodowało mniej widoczne zróżnicowanie odmian pod względem podatności na chorobę (tab. 5).

Tabela 4

Porażenie wybranych odmian mieszańcowych i mieszańców eksperymentalnych kukurydzy przez zgorzel podstawy łodygi z infekcji naturalnej w latach 1989 i 1990 w Radzikowie
Natural infection of some hybrids of maize by fusarium stalk rot in 1989 and 1990 at Radzików

Mieszaniec Hybrid	Pochodzenie Origin	Klasa wczesności FAO maturity class	1989		1990	
			stopień porażenia infection degree	% roślin wylegających ¹ lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	% roślin wylegających ¹ lodging plants(%)
ZPTC 185	YU	200-240	7,3	73,7	8,0	85,4
Agrosil	PL-FR	200-240	7,3	73,9	7,6	80,5
Beko 210	DE-PL	200-240	7,5	77,1	7,5	76,7
LG11	FR	250-290	7,2	69,7	6,5	61,6
KOC 2688	PL-US	200-240	6,4	57,4	7,1	71,7
Kobza	PL-YU	200-240	6,7	63,5	6,8	65,5
Smolimag	PL-FR	200-240	6,4	57,9	6,3	52,6
KLK 2210	PL-FR	200-240	6,2	54,7	6,1	54,8
Hidosil	PL-HU	200-240	6,3	52,8	6,3	55,6
Buras (LG-5)	FR	200-240	6,0	49,6	6,5	57,7
Alarik	FR	200-240	6,2	53,5	6,1	52,6
Scandia	US	200-240	6,1	51,5	6,2	53,3
Bekello	DE-HU	250-290	6,1	52,7	6,2	50,3
SMH 2888	PL	200-240	6,1	54,1	5,9	47,5
Tandem	PL	250-290	5,8	43,0	6,5	57,0
Zenit	DE	200-240	5,7	42,7	6,1	48,2
SMH 2988	PL-NL	250-290	5,8	45,6	5,8	42,9
SMH 2788	PL-YU	200-240	5,5	38,8	8,8	43,2
Bermagold	DE-HU	250-290	5,2	31,4	5,9	44,0
Malta	US	200-240	5,0	27,8	5,9	43,1
ZPTC 111	YU	200-240	5,3	32,8	5,4	32,8
Bermasil	DE-HU	250-290	5,2	29,7	5,4	33,2
SMH 3088	PL-NL	200-240	5,1	31,5	5,1	27,6
Atlet	DE	200-240	5,0	25,2	5,2	30,6
Agros	F	250-290	4,6	21,3	5,2	31,2
KOC 2888	PL-DE	250-290	4,9	23,5	5,0	24,7
Melina	US	200-240	4,9	26,0	4,6	20,1
Dea	US	250-290	4,0	10,4	5,2	23,7
Mona	US	250-290	4,1	12,2	4,8	21,5
ZPTC 209	YU	250-290	4,5	14,9	4,6	15,7
Helga	US	250-290	3,8	9,0	4,5	16,2
LG 22-66	FR	250-290	4,3	11,7	4,5	12,9
Anjou	FR	250-290	4,3	11,7	4,2	11,5
Caro	DE	250-290	3,9	8,7	3,4	5,6
Średnio Mean			5,5	39,4	5,8	42,7
NIR _{0,05}			0,7	10,9	0,7	10,9
LSD _{0,05}						

Poza tym reakcja niektórych odmian zmieniała się w latach np. w roku 2004 i 2006 u odmiany Proсна notowano 10% roślin wylegających, a w 2005 aż 43% pomimo podobnego średniego nasilenia choroby (tab. 5).

Tabela 5

Porażenie wybranych odmian kukurydzy przez zgorzel podstawy łodygi z infekcji naturalnej w latach 2002–2006 w Radzikowie

Natural infection of some maize cultivars by stalk rot in 2002–2006 at Radzików

Odmiana Cultivar	Pochodzenie Origin	Klasa wczes- ności FAO maturity class	2002		2003		2004		2005		2006	
			stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)	stopień porażenia Infection degree	roślin wyleg. lodging plants (%)
Kasia	PL	230	7,7	86,7	8,1	80,0	—	—	—	—	—	—
Wilga	PL	190	7,0	73,3	8,8	96,7	5,3	35,0	5,5	32,3	5,3	20,0
Duet	PL	280	7,5	80,0	7,6	78,3	5,9	51,7	4,4	0,0	4,3	0,0
Kometa	PL	230	—	—	6,4	53,3	—	—	4,8	11,0	5,6	20,0
Fido	PL	210	5,1	35,0	7,2	70,0	4,1	16,7	4,1	22,3	4,8	11,7
Junak	PL	220	6,0	43,3	6,8	65,0	4,3	25,0	3,9	3,0	3,8	6,7
Wiarus	PL	220	6,4	50,0	6,5	55,0	4,5	25,0	4,1	3,3	4,1	1,7
Clarica	US	270	5,5	18,3	4,5	10,0	—	—	—	—	—	—
Limko	PL/FR	240	5,5	33,3	5,5	36,7	—	—	4,2	3,0	4,5	1,7
Matilda	USA	240	4,9	21,7	6,6	56,7	3,2	0,0	—	—	—	—
Bułat	PL	240	5,8	45,0	6,0	40,0	4,0	5,0	4,7	11,3	4,1	10,0
Nimba	PL/DE	260	4,9	40,0	5,9	36,7	4,3	18,3	4,4	19,7	4,7	1,7
Prosna	PL	230	5,6	41,7	5,1	33,3	3,2	10,0	5,9	43,3	4,4	10,0
Cedro	PL	210	5,8	40,0	6,8	66,7	3,1	10,0	5,2	33,7	3,2	0,0
Reduta	PL/DE	230	6,6	58,3	5,3	26,7	3,6	11,7	4,6	13,0	3,7	0,0
Baca	PL	220	4,7	16,7	4,7	21,7	4,8	25,0	—	—	—	—
Piorun	PL	240	—	—	6,3	50,0	3,9	13,3	4,0	6,7	4,3	0,0
Nysa	PL	240	5,4	35,0	5,7	31,7	4,3	8,3	3,6	5,7	3,6	1,7
Lober	PL	250	5,2	26,7	7,1	70,0	3,3	3,3	3,5	6,7	3,4	0,0
Rota	PL	230	5,3	26,7	4,8	18,3	4,4	16,7	4,1	13,7	3,4	0,0
Bzura	PL	230	5,5	33,3	6,0	46,7	2,7	0,0	4,8	22,0	3,3	0,0
Koka	PL/DE	240	—	—	4,5	13,3	5,2	36,7	4,1	5,3	4,0	0,0
Brda	PL	220	—	—	6,3	46,7	3,6	10,0	3,7	0,0	3,9	0,0
San	PL	240	4,9	30,0	5,3	21,7	3,3	5,0	4,2	28,0	3,8	6,7
Kosmo 230	PL	240	—	—	4,3	10,0	3,2	6,7	5,3	34,0	4,3	0,0
Boruta	PL	230	4,8	20,0	5,2	28,3	4,0	11,7	3,5	0,0	3,5	0,0
Glejt	PL	230	5,4	28,3	4,5	3,3	3,2	1,7	3,8	0,0	3,9	0,0
Wigo	PL	250	4,6	15,0	6,3	46,7	2,8	0,0	3,7	0,0	3,2	0,0
Blask	PL	250	4,1	8,3	5,4	30,0	3,8	0,0	3,7	0,0	3,6	0,0
Bosman	PL	260	—	—	5,3	36,7	3,6	3,3	3,8	2,7	3,5	0,0
Iman	PL	300	5,4	33,3	4,6	6,7	3,5	3,3	2,6	0,0	3,3	0,0
Król	PL/DE	270	4,7	13,3	4,6	16,7	3,3	1,7	3,6	1,3	3,1	0,0
Grom	PL	250	5,1	25,0	4,2	0,0	2,3	0,0	3,5	0,0	3,2	0,0
Cyrkon	PL	270	4,2	8,3	3,5	0,0	3,1	11,7	3,3	0,0	3,1	0,0
Etendard	DE	260	3,2	1,7	2,7	0,0	2,9	0,0	—	—	—	—
Średnio Mean			5,4	34,1	5,7	37,2	3,8	11,8	4,2	10,7	3,9	3,1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}			0,85	12,7	1,49	25,43	1,20	20,59	0,88	16,57	0,67	9,47

Analiza korelacji wskazała na dużą zbieżność wyników dla wylegania roślin u odmian w latach 2002, 2003 i 2004 (2002 i 2003: $r = 0,592$, $P < 0,01$; 2002 i 2004: $r = 0,782$; $P < 0,001$; i 2003 i 2004: $r = 0,584$; $P < 0,01$), oraz brak istotnej zbieżności wyników z tych lat z wynikami uzyskanymi w latach 2005 i 2006. Analiza wariancji potwierdziła istotne

różnice w nasileniu choroby u odmian w latach badań oraz wykazała zależność nasilenia choroby od klasy wczesności dojrzewania (FAO) badanych odmian (tab. 6). Największe różnice w nasileniu choroby notowano u odmian skrajnych pod względem wczesności tzn. bardzo wczesnych (klasa pierwsza do 190) i bardzo późnych (klasa czwarta 300–350). Brak istotnych różnic pod względem tej cechy stwierdzono u odmian należących do klasy trzeciej (250–290) i czwartej (300–350) (tab. 7). Analiza wskazała także na brak interakcji pomiędzy rokiem badań i klasą wczesności, ale tylko w przypadku przeprowadzania analizy na liczbach dotyczących średniego stopnia porażenia odmian. Interakcja okazała się istotna, przy dość niskiej wartości ilorazu F_{emp} (1,85*), gdy brano pod uwagę wyleganie roślin u odmian (tab. 6).

Tabela 6

Wartości F z analizy wariancji dla nasilenia zgorzeli podstawy łodygi w zależności od roku badań i klasy wczesności (FAO) odmian kukurydzy
 F -value from ANOVA for fusarium stalk rot incidence in relation to the years of testing and FAO maturity class

Cecha Trait	Wartość F — F value		
	lata badań years of testing (A)	klasy wczesności odmian maturity classes for cultivars (B)	współdziałanie interaction (A × B)
Stopień infekcji Infection degree	24,52**	28,87**	1,15
Procent roślin wylegających Percentage of plant lodging	21,69**	25,38**	1,85*

Istotne przy * $P < 0,05$; ** $P < 0,00005$; Significant at * $P < 0,05$; ** $P < 0,00005$

Tabela 7

Różnice w podatności odmian kukurydzy na zgorzel podstawy łodygi w zależności od klas wczesności FAO
Differences in susceptibility of maize cultivars to fusarium stalk rot in relation to FAO maturity class

Klasa wczesności Maturity class	N ¹⁾	Średnia podatność odmian Average susceptibility of plants		Różnice w nasileniu choroby w zależności od klas wczesności odmian Differences in disease incidence in relation to maturity class for cultivars					
		stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾		do 190		200-240		250-290	
				stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾	wyleganie lodging plants (%)	stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾	wyleganie lodging plants (%)	stopień porażenia ²⁾ degree of infection ²⁾	wyleganie lodging plants (%)
do 190	15	6,37	51,467						
200–240	285	4,72	21,548	1,6433*	29,919*				
250–290	147	4,19	13,154	2,1739*	38,313*	0,5306*	8,394*		
300–350	15	3,88	8,667	2,4800*	42,800*	0,8367*	12,881*	0,3061	4,487

Istotne przy * $P < 0,05$; Significant at * $P < 0,05$

¹⁾ Liczba odmian w powtórzeniach i latach badań; number of cultivars, replications and years tested

²⁾ Ocena w skali 1-9, w której 9= silne porażenie; estimation in a scale 1–9 where 9=severe infection

Do analizy podatności odmian na zgorzel podstawy łodygi i ich interakcji ze środowiskiem w latach wybrano 23 odmiany. Odmiany te były oceniane w każdym z pięciu lat badań. Stwierdzono, że odmiany takie jak Wilga, Duet, Wiarus i Bułat należały

do bardziej podatnych na zgorzel, ponieważ stopień porażenia tych odmian był istotnie wyższy od średniej środowiskowej (tab. 8).

Natomiast odmiany takie jak Cyrkon, Grom, Król, Iman i Boruta można zaliczyć do odporniejszych, ponieważ porażenie tych odmian było istotnie niższe od średniej środowiskowej.

Tabela 8

Podatność wybranych odmian kukurydzy na zgorzel podstawy łodygi i interakcja tej cechy ze środowiskiem w latach badań
Susceptibility of maize cultivars to fusarium stalk rot and interaction of this trait with years

Odmiana cultivar	Podatność, Średnia z lat 2002-2006 Susceptibility, Mean for 2002-2006		Wartość <i>F</i> dla efektu głównego podatności <i>F</i> -value for main susceptibility effect		Wartość <i>F</i> dla interakcji podatności z latami <i>F</i> -value for interaction of susceptibility with years	
	stopień porażenia ¹ degree of infection	% roślin wylegających ² percentage of lodging plants	stopień porażenia degree of infection	% roślin wylegających percentage of lodging plants	stopień porażenia degree of infection	% roślin wylegających percentage of lodging plants
Wilga	6,37	51,47	34,65***	17,41**	3,61***	8,09***
Duet	5,93	42,00	11,57**	3,36	6,11***	17,85**
Fido	5,15	31,13	3,29	4,25	3,80**	20,52***
Junak	5,14	28,60	3,37	2,29	3,53***	4,60***
Wiarus	5,13	27,00	9,57**	2,04	1,19	3,42***
Bułat	4,90	22,27	27,65***	0,62	0,14	1,18
Nimba	4,85	23,27	1,23	2,43	2,20	0,63
Prosna	4,84	27,67	0,31	1,38	7,84***	6,08***
Cedro	4,81	30,07	0,36	2,49	5,42***	5,80**
Reduta	4,77	21,93	0,40	0,11	3,29**	4,77***
Nysa	4,53	16,47	0,16	7,86**	1,09	0,23
Lober	4,50	21,33	0,07	0,03	5,08***	8,19***
Rota	4,47	15,07	0,19	1,21	2,93**	2,86**
Bzura	4,46	20,40	0,19	0,01	3,62***	2,36*
San	4,29	18,27	4,79*	0,09	0,74	4,54***
Boruta	4,20	12,00	5,94*	8,28**	1,03	1,10
Glejt	4,17	6,67	2,74	5,52*	2,54**	4,58***
Wigo	4,13	12,33	3,45	2,57	2,49**	3,24**
Blask	4,11	7,67	4,25	9,70**	2,14*	2,23*
Iman	3,89	8,67	6,31*	4,34	3,13**	4,21***
Król	3,85	6,60	36,65***	13,05**	0,59	1,96*
Grom	3,67	5,00	14,51**	6,01*	2,34*	5,32***
Cyrkon	3,45	4,00	13,02**	4,77*	3,95***	7,62***
Średnia Mean	4,60	19,72	—	—	—	—
NIR _{0,05}	0,83	13,8	—	—	—	—
LSD _{0,05}						

¹ — Ocena w skali 1–9, w której 9 = bardzo podatny; Estimation in a scale 1–9, where 9 = high susceptibility

² — % roślin o porażeniu łodyg w stopniu 7, 8, 9 ocenianych w skali 1–9

³ — Percentage of plants with stalk infection degrees 7, 8 and 9 in a scale 1–9

⁴ — Wartości krytyczne dla efektu podatności: 0,10 = 4,54(*); 0,05 = 7,71(**); 0,01 = 21,20(***)

⁵ — Critical values for susceptibility effects: 0,10 = 4,54(*); 0,05 = 7,71(**); 0,01 = 21,20(***)

⁶ — Wartość krytyczna dla interakcji: 0,10 = 1,97(*); 0,05 = 2,41(**); 0,01 = 3,40 (***)

⁷ — Critical value for interaction: 2 — 0,10 = 1,97(*); 0,05 = 2,41(**); 0,01 = 3,40(***)

Większość odmian poza Bułat, Nimba, Nysa i Boruta, wykazywała istotną interakcję ze środowiskiem tak pod względem stopnia porażenia jak i roślin wylegających (tab. 8). Spośród odmian wykazujących istotną interakcję tylko odmiany: Wilga ($r^2 = 87,22\%$; wsp. reg. = 0,992), Cyrkon ($r^2 = 88,38\%$; wsp. reg. = -0,969) oraz Król ($r^2 = 97,77\%$; wsp. reg. = 0,516) wykazały istotną regresję względem środowiska. Pozostałe oceniane odmiany należy uznać za nieprzewidywalne w reakcji na środowisko.

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że oceniane odmiany i mieszańce liniowe kukurydzy różniły się podatnością na zgorzel podstawy łodyg. Silniejsze porażenie łodyg notowano u genotypów wcześniej dojrzewających (I i II klasa wczesności FAO) w porównaniu do średnio późnych i późnych (III i IV klasa wczesności FAO), co jest zgodne z opinią wielu autorów (Wall i Mortimore, 1965; Czaplińska i Jaśa, 1980; Bojarczuk i Bojarczuk, 1983). Stwierdzono także, że nasilenie zgorzeli łodyg u kukurydzy zmienia się w latach i ma istotny związek z terminem kwitnienia roślin oraz z terminem pojawienia się pierwszych objawów choroby.

Na przebieg faz rozwojowych kukurydzy, a zatem i na termin kwitnienia niewątpliwie wpływ miały warunki pogodowe. Dla rozwoju kukurydzy jako rośliny ciepłolubnej (pochodzenie tropikalne — C₄) dużą rolę odgrywa temperatura (Frei, 2000). Kruczek (2002) twierdzi, że warunki pogodowe szczególnie lipca i sierpnia wywierają duży wpływ na długość okresu wegetacji kukurydzy. Przedstawione powyżej dane meteorologiczne wskazują, na duże różnice w latach dla średniej temperatury nie tylko lipca i sierpnia, ale także dla innych miesięcy w okresie od siewu kukurydzy do kwitnienia. Im temperatura w tym okresie była wyższa tym termin kwitnienia roślin był wcześniejszy, wcześniej zauważano też objawy choroby, a w okresie dojrzewania kolb notowano silniejsze porażenie roślin w porównaniu do lat, kiedy kwitnienie przebiegało później.

Według danych z literatury na wystąpienie choroby, oprócz warunków pogodowych, wpływ ma wiele innych czynników związanych z predyspozycją roślin do infekcji przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Czynniki te były obiektem wielu badań i spekulacji, nie wszystkie do dziś są poznane.

Liczne badania wykazały, że predyspozycja roślin do infekcji zależy od fizjologicznych cech związanych z ich starzeniem i szybkością tego procesu (Mortimore i Ward, 1964; Wall i Mortimore, 1965; Dodd, 1980a i 1980b; Schneider i Pendery, 1983; Czaplińska i in. 1983). Stwierdzono, że podatność roślin na zgorzel łodygi wzrasta od kwitnienia do dojrzewania ziarna, co także potwierdzają nasze badania. Krüger (1988) oraz Chen (1995) podają, że infekcji najpierw ulegają korzenie, a dopiero później łodyga i dlatego choroba w pierwszym okresie może być niezauważana. Według Dooda (1980a i 1980b) podatność roślin na infekcję mogą powodować stresy biotyczne i abiotyczne, które obniżają zdolność roślin do fotosyntezy po kwitnieniu, co z kolei prowadzi do obniżenia zawartości cukrów w łodydze. Zdaniem Foke (za Czaplińską i in., 1979) gwałtowny rozwój choroby następuje po przekroczeniu poziomu „progowego” w zawartości cukrów (20%), dlatego choroba przez niektórych autorów prac nazywana jest „low sugar disease” (Chambers, 1987; Dolstra

i in., 1993). Czaplińska i wsp. (1983) podają, że wysoka zawartość cukrów rozpuszczalnych w łodydze pod koniec wegetacji może być tylko jednym z czynników ograniczających infekcję grzybów z rodzaju *Fusarium*. Autorzy ci nie stwierdzili dziedziczenia przez mieszańce takich cech jak zawartość cukru i odporność na zgorzel łodygi.

Dood (1980 a i 1980 b) twierdzi, że ważnym stresem biotycznym ograniczającym fotosyntezę są uszkodzenia liści przez choroby grzybowe. W naszych badaniach choroby liści nie były brane pod uwagę, ale w Radzikowie, w niektóre lata obserwowano nasilenie objawów drobnej plamistości liści powodowanych przez *Kabatiella zaeae*. Stwierdzono wówczas wpływ tej choroby na przedwczesne zasychanie liści i silne porażenie łodyg przez zgorzel u podatnych na *K. zaeae* odmian (Prończuk i in., 2004).

Schneider i Pendery (1983) uważają, że głównym czynnikiem zwiększającym podatność roślin na infekcję jest stres suszy, który wpływa pośrednio na dystrybucję asymilatów do poszczególnych organów rośliny i przyspiesza starzenie się roślin. Załączone do powyższej pracy dane meteorologiczne wskazują, że sumy opadów w badanych sezonach wegetacyjnych były poniżej średniej z wielolecia, ale krytyczny deficyt wodny wystąpił w roku 2002, 2003 i 2005. Duże nasilenie zgorzeli łodyg w roku 2002 i 2003 może potwierdzać słuszność hipotezy Schneider i Pendery (1983). Niezrozumiałe jednak jest to, że w latach 2005 i 2006 porażenie roślin przez zgorzel było niskie mimo skrajnie różnych warunków wilgotnościowych w tych latach.

Jako inne czynniki wpływające na nasilenie choroby wyliczane w piśmiennictwie są: złe warunki glebowe (zwięźłość gleby), zbyt duże zagęszczenie roślin, brak równowagi w składnikach pokarmowych, brak światła słonecznego oraz uszkodzenia łodyg przez szkodniki (Mortimore i Gates, 1969; Dodd, 1980 b; Schneider i Pendery, 1983; Gatch i Munkvold, 2002). Nie zauważono, aby powyższe czynniki występowały w Radzikowie, ponieważ doświadczenia zakładane były na tym samym polu, według zasad stosowanych w hodowli kukurydzy. Jedynie uszkodzenia roślin przez omacnicę prosowiankę (*Ostrinia nubilalis*) mogą w przyszłości być ważnym czynnikiem jako wektor patogenów powodujących zgorzel podstawy łodygi, gdyż w 2006 roku po raz pierwszy stwierdzono żerowanie tego szkodnika na pojedynczych roślinach kukurydzy w Radzikowie.

Wieloletnia ocena porażenia odmian kukurydzy przez zgorzel podstawy łodyg w warunkach naturalnych wykazała, że wybór zarówno podatnych jak i odpornych odmian jest trudny ze względu na zmieniające się nasilenie choroby w latach na skutek dużego wpływu warunków pogodowych i środowiska na te cechy, co potwierdziła analiza genotypowo środowiskowa. Te komplikacje przy selekcji genotypów odpornych skłaniały badaczy do poszukiwania innych metod oceny odporności także z zastosowaniem sztucznej infekcji (Mostafa in., 1990; Anderson i White, 1994). Większość hodowców bierze jednak pod uwagę reakcję genotypów na infekcję w warunkach naturalnych, ponieważ w tych warunkach odmiany te będą uprawiane (Dolstra i in., 1993). Wyniki naszych badań wskazują, że ocena wykonana przy dużym nasileniu choroby może być miarodajna, o czym świadczą istotne współczynniki korelacji pomiędzy wynikami atestacji odmian w tych latach.

Badania wykazały także, że w ostatnich latach, w hodowli polskich odmian, nastąpił postęp pod względem odporności na zgorzel. W latach 1989 i 1990 większość odmian polskich lub wyhodowanych we współpracy z firmami zagranicznymi była bardzo podatna na zgorzel łodygi. Wśród odmian obecnie znajdujących się na rynku, wyhodowanych w polskich firmach hodowlano-nasiennych są odmiany w niewielkim stopniu porażanych przez tę chorobę. Mostafa i wsp. (1990) donoszą, że poprawa takiej cechy jak odporność na zgorzel łodygi wiąże się zazwyczaj ze zmianami w innych cechach gospodarczych odmian np. późniejszym dojrzewaniem, redukcją plonu nasion. Niektóre z polskich odmian, ostatnio wyhodowanych np. Iman, Król i Cyrkon są zaliczane do średnio późnych lub późnych (Iman), co potwierdzałoby opinię Mostafa i wsp. (1990). Jednak wśród mało podatnych są także odmiany wcześniej dojrzewające np. Glejt, Boruta, Grom, Blask, co niewątpliwie jest efektem hodowli.

WNIOSKI

1. Odmiany kukurydzy różnią się podatnością na zgorzel podstawy łodygi. Odmiany wcześniej dojrzewające (klasa FAO I i II) są bardziej podatne na chorobę w porównaniu do późno dojrzewających (klasa FAO III i IV). Na podatność odmian duży wpływ mają warunki środowiska.
2. Nasilenie choroby zmienia się w latach i wiąże się ściśle z warunkami pogodowymi, z terminem kwitnienia kukurydzy oraz terminem pojawiania się pierwszych objawów choroby. Wczesny termin kwitnienia kukurydzy predysponuje rośliny do wczesnej infekcji łodyg, czego konsekwencją jest silne wyleganie roślin w okresie zbioru kolb.
3. Stwierdzono, że ocena podatności odmian na zgorzel podstawy łodygi wykonana przy dużym nasileniu choroby z naturalnej infekcji jest najbardziej miarodajna. Przy małym nasileniu choroby reakcja odmian na środowisko powoduje, że podatność na zgorzel może być przypadkowa. Odmiany takie jak Cyrkon, Grom, Król, Iman, Blask, Glejt i Boruta można zaliczyć do mało podatnych, natomiast Wilga, Duet, Wiarus, Bułat i Fido do bardzo podatnych.

LITERATURA

- Adamczyk J. Rogacki J. 2005. Co wpływa na plony kukurydzy. Kukurydza rośliną przyszłości — Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp. z o.o. Agro-Serwis: 22 — 27.
- Adamczyk J. 2007. Kapryśna bogini? — poznajmy ją bliżej. Kukurydza nowe możliwości — Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp. z o.o. Agro-Serwis: 26 — 31.
- Anderson B., White D. G. 1994. Evaluation of methods for identification of corn genotypes with stalk rot and lodging resistance. Plant Dis. 78: 590 — 593.
- Bojarczuk M., Bojarczuk J., Węgrzyn S. 1983. Odporność linii wsobnych i mieszańców liniowych kukurydzy na fuzariozy. Hod. Rośl. Aklim. 27/2: 113 — 128.
- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek P., Siatkowski I. 1998. SERGEN — Analiza serii doświadczeń odmianowych i genetyczno hodowlanych. Program komputerowy, Poznań, IGR.
- Chambers K. R. 1987. Stalk rot of maize: host — pathogen interaction. J. Phytopathology 118: 103 — 108.
- Czaplińska S. Jasa S., Szumińska A. 1979. Wyniki wstępnych badań mykoflory zasiedlającej kukurydzę z objawami zgorzeli podstawy łodyg. Biul. IHAR 136: 61 — 78.

- Czaplińska S., Jasa S. 1980. Studia nad odpornością kukurydzy na fuzariozę. Część I. Ocena podatności roślin linii i mieszańców kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg i zgniliznę kolb w warunkach naturalnej infekcji. *Hod. Rośl. Aklim.* 24 z. 3: 257 — 266.
- Czaplińska S., Bielecki K., Grzyś E., Skrabka H., Szuwalska Z. 1983. Odporność kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg w zależności od stężenia cukrów w łodydze. *Hod. Rośl. Aklim.* 27/3: 193 — 205.
- COBORU 1985. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 85 ss.
- COBORU 1989. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 83 ss.
- COBORU 1990. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 109 ss.
- COBORU 2002. Lista odmian roślin rolniczych. Słupia Wielka: 241 ss.
- COBORU 2006. Lista odmian roślin rolniczych i warzywnych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce. Słupia Wielka 145 ss.
- Chen Jie, Song ZuoHeng, Xian HongQian, Wang Cong Ren. 1995. Infection pattern of corn stalk rot. *Acta Phytophylogica Sinica* 22 (2): 117 — 122.
- Dodd J. L. 1980 a. The role of plant stresses in development of corn stalk rots. *Plant Dis.* 64: 533 — 537.
- Dodd J. L. 1980 b. Grain sink size and predisposition of *Zea mays* to stalk rot. *Phytopathology* 70: 534 — 535.
- Dolstra O., Marton C., Menzi M., Mohr I., Plienegger D. I., Prończuk M. 1993. Evaluation of recurrent selection for stalk rot resistance in a synthetic maize population. *Proc of Maize and Sorghum –Eucarpia XVIth Conference*, June 6–9 1993, Bergamo, Italy: 1 — 7.
- Frei O. M. 2000. Changes in field physiology of corn as a result of breeding in Northern Europe. *Maydica*: 173 — 183.
- Gatch E. W., Munkvold G. P. 2002. Fungal species composition in maize stalks in relation to European corn borer injury and transgenic insect protection. *Plant Dis.* 86: 1156 — 1162.
- Kruczek A. 2002. Wpływ warunków pogodowych na rozwój i dojrzewanie kukurydzy o różnej wczesności. *Acta Scientiarum Polonorum — Agricultura (Agronomia)* 1 (1): 99 — 109.
- Krüger W. 1985. Fusarium resistance in maize. *Zea* 2: 9 — 13
- Krüger W. 1988. Fusarium resistance in maize. Final Report of the European Cooperative Research Network on Maize (Project of FAO 1983–1988): 57 pp.
- Mortimore C. G., Gates L. F. 1969. Effects of reducing interplant competition at different stages of growth on stalk rot and yield components of corn. *Can. J. Plant Sci.* 49: 723 — 729.
- Mortimore C. G., Ward G. M. 1964. Root and stalk rot of corn in southwestern Ontario: III Sugar levels as a measure of plant vigor and resistance. *Can. J. Plant Sci.* 44: 451 — 457.
- Mostafa M. A. N., Coors J. G., Drolsom P. N. 1990. Correlated changes in grain yield and agronomic traits from selection for resistance to stalk rot in maize caused by *Gibberella zeae* (Schw.) Petch. *Maydica* 35: 253 — 258.
- Prończuk M., Bojanowski J., Warzecha R. 2004. Effect of leaf infection by *Kabatiella zeae* on stalk rot prevalence and grain yield of maize hybrids. *J. Phytopathology* 152: 410 — 415.
- Siódmiak J. 2007. Odmiany kukurydzy wpisane do krajowego rejestru w 2006 roku. Kukurydza nowe możliwości. Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp.z.o.o. Agro-Serwis: 32 — 35.
- Schneider R., Pendery W. E. 1983. Stalk rot of corn: mechanism of predisposition by an early season water stress. *Phytopathology* 77: 863 — 871.
- Wall R. E., Mortimore C. G. 1965. The growth pattern of corn in relation to root and stalk rot. *Can. J. Bot.* 43: 1277 — 1283.
- Warzecha R. 2003. Nowoczesne mieszańce kukurydzy. Poradnik dla producentów. Biznes Press Sp. z. o.o. Agro-Serwis: 19 — 22.
- Wójcik A. R., Laudański Z. 1989. Planowanie i wnioskowanie statystyczne w doświadczałnictwie. PWN, Warszawa: 318 ss.

MARCIN WIT¹PIOTR OCHODZKI²ROMAN WARZECHA²WOJCIECH WAKULIŃSKI¹¹ Katedra Fitopatologii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Znaczenie *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg w etiologii fuzariozy kolb kukurydzy*

Importance of *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg in etiology of ear rot of maize

W latach 2005–2006 realizowano badania, których celem było rozpoznanie etiologii fuzariozy kolb kukurydzy. W oparciu o zgromadzony materiał badawczy z pól doświadczalnych stacji hodowli roślin w Swadziżu, Kobierzycach, Radzikowie oraz pól produkcyjnych stwierdzono, że najczęściej występującym gatunkiem był *Fusarium verticillioides*. Stanowił on w kolejnych latach 46% i 68% ogólnej liczby wyisobnionych gatunków *Fusarium* i powodował porażenie kolb w stopniu 2,70 i 2,99. Patogen powodował także istotne obniżenie masy 1000 ziaren.

Słowa kluczowe: *Fusarium verticillioides*, fuzarioza kolb, kukurydza

The studies conducted in 2005–2006 were aimed at recognition of the etiology of corn cob fusariosis. Examination of the material collected in the experimental fields at Swadzim, Radzikow and Kobierzyce showed that *Fusarium verticillioides* was the predominating species. The fungus was isolated from 46% and 68% of cobs in 2005 and 2006, respectively, and its occurrence resulted in infection of 30% of kernels per cob. Moreover, *F. verticillioides* significantly reduced the weight of 1000 kernels.

Key words: *Fusarium verticillioides*, ear rot, maize

WSTĘP

Kukurydza jest zbożem, którego znaczenie w warunkach krajowych nieustannie wzrasta. W dużej mierze wynika to ze wzrostu zapotrzebowania na ziarno kukurydzy ze strony przemysłu paszowego. Cechą dyskwalifikującą wykorzystanie kukurydzy w przetwórstwie jest zanieczyszczenie ziarna metabolitami wtórnymi *Fusarium* sp. porażającymi kolby kukurydzy. Z uwagi na swoją szkodliwość i częstość występowania

* Praca wykonana w ramach badań finansowanych przez SGGW

fuzarioza kolb kukurydzy zaliczana jest do grupy najistotniejszych chorób w uprawie tej rośliny. Etiologia choroby jest złożona. W kompleksie czynników sprawczych wymienia się: *Fusarium graminearum* Schwabe (Chen i in., 2000; Zajkowski i Kwaśna, 1987; Leonard i Bushnell, 2003; Parry i in., 1995; White, 1999), *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) Sacc. (Logrieco i in., 2002), *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. (Logrieco i in., 2002), *Fusarium sporotrichioides* Sherb. (Bottalico i Perrone, 2002; Clear i in., 1996; De Nijs i in., 1996; Neish i in., 1983), *Fusarium subglutinans* (Wollenw. i Reinking) Nelson, Toussoun i Marasas (Edwards, 1935; Kabeere i in., 1997; Logrieco i in., 1993 i 2002, Marasas i in., 1979; Ullstrup, 1936; Vigier i in., 1997) oraz *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg (Chluze i in., 2000; Danielsen i in., 1998; Desjardins i in., 2000 a, Kedera i in., 1999; Kulda i Yates, 2000; Leslie, 1995; Mulè i in., 2004; Munkvold i Desjardins, 1997 a). Wymienione gatunki są polifagami i charakteryzują się bardzo szerokim zasięgiem geograficznego występowania. Dotychczasowe opracowania dotyczące fuzariozy kolb kukurydzy podkreślały znaczenie zwłaszcza trzech gatunków: *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum* i *Fusarium subglutinans*.

Fusarium graminearum jest gatunkiem występującym głównie na zbożach drobnoziarnistych, porażając korzenie, źdźbła, kłosa oraz ziarno (BOOT, 1971; Kicana, 1986). W Polsce grzyb ten szczególnie często występuje w lata ciepłe i wilgotne, na kłosach zbóż (Łacicowa, 1980; Chełkowski i in., 1985; Kicana, 1986 i 1994). Patogen ten był także opisywany jako główna przyczyna fuzariozy kolb kukurydzy między innymi na terenie Stanów Zjednoczonych, Kanady (Leonard i Bushnell, 2003), w Chinach (Chen i in., 2000), także w Europie na terenie Włoch (Bottalico i Perrone, 2002; Logrieco i in., 2002). W Polsce o jego występowaniu na kolbach kukurydzy donosili Zajkowski i Kwaśna (1987). W etiologii fuzariozy kolb kukurydzy podkreślane jest znaczenie *Fusarium graminearum* z uwagi na jego dużą patogeniczność oraz właściwości toksynotwórcze. Gatunek ten jest producentem min. zearalenonu, związków trichotecenowych i ich pochodnych (Marasas i in., 1984), jak również aurofusaryny (Ashley i in., 1937; Gray i in., 1967), kulmoryny (Pedersen i in., 1999), fuzaryny C (Farber i Sanders, 1986; Gelderblom i in., 1984; Thrane, 1988).

Gatunkiem o zbliżonych właściwościach pod względem patogeniczności jest *Fusarium culmorum*, który występuje głównie w strefie klimatu umiarkowanego, powszechny zwłaszcza w chłodniejszych regionach Europy (Domsch i in., 1980), ale także na terenie Wschodniej Australii (Burgess i in., 1994), Ameryki Północnej, Kanady (BOOT, 1971). Gatunek ten powoduje zgorzel korzeni zbóż drobnoziarnistych, zgniliznę łodyg i fuzariozę kolb kukurydzy (Łacicowa i Kiecana, 1987; Łacicowa i in., 1991). W tkankach porażonych roślin dochodzi do kumulowania metabolitów wtórnych *F. culmorum* w tym zearalenonu i związków trichotecenowych (Marasas i in., 1984).

Fusarium subglutinans w Polsce był izolowany dość często ze wszystkich zbóż oraz innych roślin z rodziny *Poaceae*, najczęściej jednak z kukurydzy — ziarniaków, siewek, łodyg i kolb (Chełkowski, 1989; Kwaśna i in., 1991). Grzyb ten był rozpoznany jako przyczyna fuzariozy kolb w Australii (Edwards, 1935), w Stanach Zjednoczonych (Ullstrup, 1936) i w Europie. Znany jest ze swojej aktywności toksynotwórczej i wytwarza

miedzy innymi moniliforminę (Farber i in., 1988; Lew i in., 1996), bauverycynę (Gupta i in., 1991; Leslie i in., 2004), kwas fuzariowy (Bacon i in., 1996) oraz fusaproliferynę (Castellá i in., 1999).

Znaczenie fuzariozy kolb kukurydzy z uwagi na zagrożenie związane z występowaniem metabolitów wtórnych w porażonych kolbach skłoniło autorów do podjęcia badań, których celem była analiza czynników sprawczych fuzariozy kolb kukurydzy w latach 2005–2006 w Polsce.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy w latach 2005 i 2006 stanowiły porażone w warunkach naturalnych przez fuzariozę kolby kukurydzy z typowymi dla choroby oznakami etiologicznymi. W roku 2005 i 2006 kolby na potrzeby badań pozyskiwano z pól doświadczalnych w Swadzimiu, Kobierzycach i Radzikowie, natomiast w roku 2006 dodatkowo z trzech pól produkcyjnych zlokalizowanych w województwie lubelskim. W 2005 roku analizie poddano 141 kolb, zaś w roku 2006 — 310 kolb. W badaniach wykorzystano linie wsobne kukurydzy pokolenia S₁, typu szklistego (flint) oraz zębokształtne (dent), o zróżnicowanej plazmie zarodkowej. Linie wyprowadzono z elitarnych materiałów kukurydzy pastewnej (*Zea mays* L.) pochodzenia europejskiego. Materiał roślinny oceniano w zakresie:

- stopnia porażenia kolb,
- udziału ziarniaków porażonych i zdrowych,
- masy 1000 ziaren,
- rozpoznania mikologicznego gatunków *Fusarium* porażających kolby.

Ocenę stopnia porażenia kolb przeprowadzano stosując 6-stopniową skalę porażenia szczegółowo opisaną przez Zajkowskiego i Kwaśną (1987). Założenia przyjętej skali były następujące:

- 0 — brak porażenia, wszystkie ziarniaki zdrowe, bez widocznych objawów porażenia
- 1 — bardzo słabe, do 3% porażonych ziarniaków
- 2 — słabe, od 3 do 10% porażonych ziarniaków
- 3 — średnie, od 10 do 30% porażonych ziarniaków
- 4 — silne, od 30 do 50% porażonych ziarniaków
- 5 — bardzo silne, ponad 50% porażonych ziarniaków.

Następnie kolby młócono wydzielając frakcję ziarniaków porażonych i bez objawów porażenia, które potem ważono.

Uzyskane wyniki analizowano statystycznie. Wpływ porażenia kolb na masę tysiąca ziaren weryfikowano testem t-Studenta, w pozostałych przypadkach przeprowadzono analizę wariancji i szczegółowe porównanie średnich.

Diagnostykę mikologiczną przeprowadzano wykładając porażone ziarniaki na podłoże SNA i po uzyskaniu wzrostu plechy oznaczano do gatunku na podstawie klucza Nelsona i wsp. (1983).

WYNIKI BADAŃ

Wyniki dwuletnich badań (tab. 1) pokazują, że zasadniczą rolę w etiologii fuzariozy kolb kukurydzy odgrywał kompleks dwóch gatunków, tj. *Fusarium verticillioides* i *Fusarium subglutinans*. W kolejnych latach 2005, 2006 gatunki te stanowiły odpowiednio ponad 88% i 87% populacji *Fusarium*. W obydwu sezonach dominował gatunek *Fusarium verticillioides* odpowiednio 46% i 68%.

Tabela 1

Udział gatunków *Fusarium* porażających kolby kukurydzy w roku 2005 i 2006
Frequency of *Fusarium* species infecting corn cobs in 2005 and 2006

Gatunek Species	Udział gatunków w% Frequency (%)	
	2005	2006
<i>F.verticillioides</i>	46,00	68,00
<i>F.subglutinans</i>	42,00	19,00
<i>F.culmorum</i>	3,00	0,30
<i>F.poa</i>	1,00	0,00
<i>F.graminearum</i>	1,00	0,30
<i>F.sporotrichioides</i>	1,00	0,00
<i>F.oxysporum</i>	0,00	0,30
<i>F.equiseti</i>	0,00	0,60
<i>F.proliferatum</i>	0,00	2,50
Infekcje mieszane — Mixed infection <i>F.verticillioides</i> + <i>F.subglutinans</i>	6,00	9,00

Tabela 2

Stopień porażenia kolb kukurydzy w warunkach naturalnych przez stwierdzone gatunki *Fusarium*
Infection of corn cobs by the identified species of *Fusarium* in field conditions

Gatunek Species	Stopień porażenia Infection rate	
	2005	2006
<i>F. graminearum</i>	4,00 a	1,00 ab
<i>F.oxysporum</i>	bd	1,00 ab
<i>F.culmorum</i>	2,66 a	2,00 ab
<i>F.subglutinans</i>	2,93 a	2,18 a
<i>F.proliferatum</i>	bd	2,28 ab
<i>F.verticillioides</i>	2,77 a	2,99 b
<i>F.equiseti</i>	bd	3,55 ab
<i>F.sporotrichioides</i>	1,00 a	bd
<i>F.poa</i>	2,00 a	bd
infekcje mieszane — Mixed infection <i>F.verticillioides</i> + <i>F.subglutinans</i>	2,62 a	2,25 a

a, b — Grupy jednorodne; Homogenous groups

Średni stopień porażenia kolb związany z występowaniem poszczególnych gatunków był zróżnicowany (tab. 2) i wahał się w roku 2005 od 1,00 do 4,00, a w roku 2006 od 1,00 do 3,55. Stopień porażenia kolb w przypadku występowania gatunku *Fusarium verticillioides*, jako u dominującego wynosił w latach 2005–2006 odpowiednio 2,7 i 2,99.

Z dużym prawdopodobieństwem (0,95) można przyjąć, że w roku 2006 występowanie *Fusarium verticillioides* spowodowało silniejsze porażenie kolb kukurydzy niż *Fusarium subglutinans*. Powyższej zależności nie obserwowano w roku 2005.

Procentowy udział ziarniaków porażonych pochodzących z kolb z objawami fuzariozy był w kolejnych latach bardzo zmienny (tab. 3). Najmniejszy odsetek ziarniaków porażonych stwierdzono w przypadku kolb zasiedlonych przez *Fusarium sporotrichioides* w roku 2005 i *Fusarium oxysporum* w roku 2006, zaś największy odsetek ziarniaków porażonych zanotowano w przypadku kolb zasiedlonych przez *Fusarium graminearum* w roku 2005 i *Fusarium culmorum* w roku 2006. Występowanie *Fusarium verticillioides* powodowało porażenie średnio 30% ziarniaków w roku 2005 i 29,6% ziarniaków w roku 2006. Do analizy stopnia porażenia kolb kukurydzy posłużono się pakietem Statgraphics Plus 4,1 oraz zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji.

Tabela 3

Wagowy udział ziarniaków porażonych w zależności od gatunku *Fusarium*
Weight proportion of infected kernels in relation to species of *Fusarium*

Gatunek Species	2005		2006	
<i>F. graminearum</i>	81,08	b	4,58	ab
<i>F. oxysporum</i>	bd		3,54	ab
<i>F. culmorum</i>	40,30	ab	55,90	b
<i>F. subglutinans</i>	31,76	ab	26,12	a
<i>F. proliferatum</i>	bd		30,72	ab
<i>F. verticillioides</i>	30,03	a	29,62	ab
<i>F. equiseti</i>	bd		46,54	ab
<i>F. sporotrichioides</i>	4,68	a	bd	
<i>F. avenaceum</i>	bd		8,62	ab
<i>F. poae</i>	9,40	a	bd	
infekcje mieszane — Mixed infection	32,93	ab	25,70	a
<i>F. verticillioides</i> + <i>F. subglutinans</i>				

a, b — Grupy jednorodne; Homogenous groups

Analiza rozkładu stopnia porażenia kolb kukurydzy przedstawiona dla dwóch dominujących gatunków *Fusarium verticillioides* i *Fusarium subglutinans* (tab. 4) wskazuje, że najwięcej kolb było porażonych w stopniu 1 i 2. W przypadku *Fusarium verticillioides* kolby porażone w stopniu 1 i 2 łącznie stanowiły w roku 2005 i 2006 odpowiednio 50,70% i 42,60%. Odsetek ten w kolejnych latach dla *Fusarium subglutinans* wynosił 43,00% i 66,10%.

Występowanie fuzariozy kolb kukurydzy w sposób istotny wpływało na redukcję masy tysiąca ziarniaków (tab. 5). W przypadku *F. verticillioides*, w kolejnych dwóch latach 2005, 2006 wartość tego parametru wynosiła odpowiednio 30,72 i 33,06%. Bardzo zbliżone wyniki uzyskano dla drugiego, powszechnie występującego gatunku: *Fusarium subglutinans*.

Tabela 4

Rozkład stopnia porażenia kolb kukurydzy w zależności od gatunków grzyba powodujących fuzariozę
Distribution of infection rates in corn cobs in relation to *Fusarium* species causing ear rot

Stopień poraż.	Procentowy udział oraz liczba kolb kukurydzy porażonych przez poszczególne gatunki <i>Fusarium</i> sp. Percentage and number of Horn cos infected by <i>Fusarium</i> species																	
	<i>Fusarium verticillioides</i>						<i>Fusarium subglutinans</i>						<i>Fusarium verticillioides</i> + <i>Fusarium subglutinans</i>					
	2005 rok			2006 rok			2005 rok			2006 rok			2005 rok			2006 rok		
	L.	%	U.*	L.	%	U.*	L.	%	U.*	L.	%	U.*	L.	%	U.*	L.	%	U.*
1	12	19,00	8,51	46	21,80	14,84	11	18,90	7,80	18	30,5	5,81	1	12,5	0,71	13	46,4	4,19
2	20	31,70	14,18	44	20,80	14,19	14	24,10	9,93	21	35,6	6,77	4	50,0	2,84	5	17,9	1,61
3	11	17,40	7,80	35	16,60	11,29	10	17,20	7,09	12	20,3	3,87	1	12,5	0,71	4	14,3	1,29
4	10	15,95	7,09	38	18,00	12,26	14	24,10	9,93	7	11,9	2,26	1	12,5	0,71	2	7,1	0,65
5	10	15,95	7,09	48	22,80	15,48	9	15,70	6,38	1	1,7	0,32	1	12,5	0,71	4	14,3	1,29
Ogółem Total	63	100	44,68	211	100	68,06	58	100	41,13	59	100	19,03	8	100	5,67	28	100	9,03

* — Procentowy udział wszystkich porażonych kolb przez *Fusarium* sp. w danym roku;

* — Percentage of all cos infected by the respective species of *Fusarium* in the year

L. — Liczba; Number

U. — Udział ogółem; Overall proportion

Stopień poraż. — Stopień porażenia; Infection rating

Tabela 5

Wpływ *Fusarium verticillioides* i *Fusarium subglutinans* na masę tysiąca ziarniaków kukurydzy (MTZ)
Influence of *Fusarium verticillioides* and *Fusarium subglutinans* on thousand kernels weight (TKW)
of corn kernels

Gatunek Species	Rok Year	Masa tysiąca ziarniaków (MTZ) (g) TKW		Redukcja MTZ (%) Reduction
		zdrowe healthy	porażone infested	
<i>Fusarium verticillioides</i>	2005	282,67	195,83	30,72*
	2006	268,96	180,02	33,06*
<i>Fusarium subglutinans</i>	2005	242,56	172,56	28,85*
	2006	270,98	184,81	31,79*

* — Istotne obniżenie masy tysiąca ziarniaków ($\alpha = 0,05$); Significant decrease in weight of 1000 kernels ($\alpha = 0,05$)

DYSKUSJA

Uzyskane w trakcie dwuletnich badań wyniki wskazują na dominującą rolę gatunków z sekcji *Liseola*, które w latach 2005 i 2006 stanowiły odpowiednio 88 i 89%. Szczególnie symptomatyczna była wysoka frekwencja *F. verticillioides*, co z perspektywy lat jest zjawiskiem jakościowo nowym. Znaczenie tego gatunku w etiologii fuzariozy kłosów podkreślał w swoich badaniach Chełkowski (1989). W badaniach autora patogen ten występował z dużo mniejszą i zmienną frekwencją od 2 do 9,5%.

Szkodliwość *F. verticillioides* wiąże się z trzema niezależnymi drogami infekcji kolb: — poprzez znamiona słupków, po zasiedleniu których patogen penetruje do tworzących się ziarniaków (Munkvold i in., 1997 b).

- poprzez porażenie systemiczne, kiedy po infekcji korzeni przez strzępki grzyba *F. verticillioides*, pospolicie zasiedlające resztki pozbiorowe kukurydzy, występujące w środowisku glebowym, grzyb systemicznie porasta rośliny do ziarniaków (Hesseltine i Bothast, 1977)
- poprzez szkodniki *Frankliniella occidentalis* i *Ostrinia nubilalis*, które w czasie żerowania mogą przenosić zarodniki grzyba do uszkodzonych ziarniaków (Munkvold i in., 1997 c; Farrar i Davis, 1991).

Poza tym źródłem porażenia kolb może być powszechne występowanie *F. verticillioides* w ziarniakach kukurydzy. Fakt ten był podkreślany już w licznych opracowaniach z początku ubiegłego wieku (Manns i in., 1923; Brandstetter, 1922; Melchers i in., 1923). W niektórych przypadkach poziom porażenia ziarna przez *F. verticillioides* sięgał 96%, przy czym zwracano uwagę że gatunek ten występował w ziarniakach zdrowych bez widocznych objawów porażenia (Hesseltine i wsp. 1981). Szczególnie interesująca pod względem biologicznym wydaje się być zdolność *F. verticillioides* do bezobjawowego (latentnego) zasiedlania kukurydzy (Leonia, 1932; Foley, 1962). Co więcej podawane są przykłady, że obecność plechy *F. verticillioides*, uniemożliwia infekcję kukurydzy przez inne grzyby (Anderson i White, 1987; Rheeder i in., 1990; van Wyk i in., 1988) a relacja pomiędzy *F. verticillioides* — kukurydza jest opisywana w kategorii mutualizmu. Jednocześnie z uwagi na rozwój *F. verticillioides* wewnątrz organizmu gospodarza gatunek ten uważany jest za endofit (Yates i in., 1997). Jego występowanie już u prymitywnych form kukurydzy nasuwa przypuszczenie, że opisywany układ jest wynikiem długotrwałej koewolucji co jednocześnie może tłumaczyć trwałość obserwowanego powiązania kukurydza — *F. verticillioides* (Desjardins i in., 2000 b).

Z praktycznego punktu widzenia, uwzględniając zdolność *F. verticillioides* do biosyntezy szeregu metabolitów wtórnych, powyższa cecha może utrudnić eliminację patogena z tkanek gospodarza.

WNIOSKI

1. Fuzariozę kolb kukurydzy powoduje kompleks patogenów z rodzaju *Fusarium*.
2. W dwuletnim okresie badań, etiologicznie najistotniejszymi, dominującymi gatunkami *Fusarium* porażającymi kolby kukurydzy były *F. verticillioides* oraz *F. subglutinans*.
3. Stopień porażenie kolb w istotnym stopniu zależał od gatunku *Fusarium*.
4. Gatunki *F. verticillioides* i *F. subglutinans* powodowały porażenie kolb kukurydzy głównie w stopniu słabym, tj. do 10% porażonych ziarniaków.

LITERATURA

- Anderson B., White D. G. 1987. Fungi associated with corn stalks in Illinois, USA in 1982 and 1983. *Plant Disease* 71: 135 — 137.
- Ashley J. N., Hobbs B. C., Raistrick H. 1937. Studies in the biochemistry of micro-organisms. LIII. The crystalline coloring matters of *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. and related forms. *Biochemistry Journal* 31: 385 — 397.
- Bacon C. W., Porter J. K., Norred W. P., Leslie, J. F. 1996. Production of fusaric acid by *Fusarium* species. *Applied and Environmental Microbiology* 62: 4039 — 4043.

- Bottalico A., Perrone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 108: 611 — 624.
- Booth C. 1971. The Genus *Fusarium*. Commonwealth Mycological Institute, Surley, England.
- Brandstetter B. B. 1922. Fungi internal of Missouri seed corn in 1921. *J. Amer. Soc. Agron.* 14: 354 — 357.
- Burgess L. W., Summerell B. A., Bullock S., Gott K. P., Backhouse D. 1994. Laboratory Manual for *Fusarium* Research, 3rd ed. University of Sydney, Sydney, Australia.
- Castellá G., Munkvold G. P., Imerman P., Hyde W. G. 1999. Effects of temperature, incubation period and substrate on fusaproliferin by *Fusarium subglutinans* ITEM 2404. *Natural toxin* 7: 129 — 132.
- Chelkowski J., Kopacka K., Tulwin A. 1985. Wstępna ocena zdrowotności materiału siewnego pszenicy, żyta, jęczmienia, owsa i kukurydzy ze zbiorów 1982 roku. *Hodowla Rośl. Z.* 1–2: 46 — 50.
- Chelkowski J. 1989. *Fusarium: Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*. Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
- Chen L. F., Bai G. H., Desjardins A. E. 2000. Recent advances in wheat head scab research in China. *Proc. Int. Symp. Wheat Improvement for Scab Resistance*. W. J. Raupp, Z. Ma, P. Chen, and D. Liu, eds. Nanjing Agricultural University, Jiangsu, China. 258 — 273.
- Chluze S. N., Ramirez M. L., Torres A., Leslie J. F. 2000. Genetic variation in *Fusarium* section Liseola from no-till maize in Argentina. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 5312 — 5315.
- Clear R. M., Patrick S. K., Platford R. G., Desjardins M. 1996. Occurrence and distribution of *Fusarium* species in barley and oat seed from Manitoba in 1993 and 1994. *Can. J. Plant Pathol.* 18: 409 — 414.
- Danielsen S., Meyer U. M., Jensen D. F. 1998. Genetic characteristics of *Fusarium verticillioides* isolates from maize in Costa Rica. *Plant Pathol.* 47: 615 — 622.
- De Nijs M., Rombouts F., Notermans S. 1996. *Fusarium* molds and their mycotoxins. *J. Food Saf.* 16: 15 — 58.
- Desjardins A. E., Manandhar G., Plattner R. D., Maragos C. M., Shrestha K., McCormick S. P. 2000 a. Occurrence of *Fusarium* species and mycotoxins in Nepalese maize and wheat and the effect of traditional processing methods on mycotoxin levels. *J. Agric. Food. Chem.* 48: 1377 — 1383.
- Desjardins A. E., Plattner R. D., Gordon T. R. 2000b. *Gibberella fujikuroi* mating population A and *Fusarium subglutinans* from teosinte species and maize from Mexico and Central America. *Mycol. Res.* 104: 865 — 872.
- Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H. 1980. Compendium of soil fungi, Vols. 1 and 2. Academic Press, London, England.
- Edwards E. T. 1935. Studies on *Gibberella fujikuroi* var. *subglutinans* the hitherto undescribed ascigerous stage of *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans* and on its pathogenicity on maize in New South Wales. *Dep. Agric. N. S. W. Sci. Bull.* 49: 1 — 68.
- Faber J. M., Sanders G. W. 1986. Production of fusarin C by *Fusarium* spp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 34: 963 — 966.
- Faber J. M., Sanders G. W., Lawrence G. A., Scott P. M. 1988. Production of moniliformin by Canadian isolates of *Fusarium*. *Mycopathologia* 101: 187 — 190.
- Farrar J. J., Davis R. M. 1991. Relationships among ear morphology, western flower thrips, and *Fusarium* ear rot of corn. *Phytopathology* 81, no 6: 661 — 666.
- Foley D. C. 1962. Systemic infection of corn by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 68: 1331 — 1335.
- Gelderblom W. C. A., Thiel P. G., Marasas W. F. O., van der Merwe, K. J. 1984. Natural occurrence of fusarin C, a mutagen produced by *Fusarium moniliforme* in corn. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 32: 1064 — 1067.
- Gray J. S., Martin G. C. J., Rigby W. 1967. Aurofusarin. *Journal of the Chemical Society* 1967 (C): 2580 — 2587.
- Gupta S., Krasnoff S. B., Underwood N. L., Renwick J. A. A., Roberts, D. W. 1991. Isolation of beauvericin as an insect toxin from *Fusarium semitectum* and *Fusarium moniliforme* var. *subglutinans*. *Mycopathologia* 115: 185 — 189.
- Hesseltine C. W., Bothast R. J. 1977. Mold development on ears of corn from tasseling to harvest. *Mycologia* 69: 328 — 340.
- Hesseltine C. W., Rogers R. F., Shotwell O. L. 1981. Aflatoxin and mold flora in North Carolina in 1977 corn crop. *Mycologia* 73: 216 — 228.

- Kabeere F., M. J. Hill J., Hampton G. 1997. The transmission of *Fusarium subglutinans* from maize seeds to seedlings. *Australasian Plant Pathology* 26: 126 — 130.
- Kedera C. J., Plattner R. D., Desjardins A. E. 1999. Incidence of *Fusarium* spp. levels of fumonisin B1 in maize in western Kenya. *Appl. Environ. Microbiol.* 65: 41 — 44.
- Kiecana I. 1986. Fuzarioza kłosów pszenżyta. *Roczniki Nauk Roln., E*, 16: 59 — 68.
- Kiecana I. 1994. Badania nad Fuzariozą kłosów jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) z uwzględnieniem podatności odmian i zawartości mikotoksyn w ziarnie. *Rozprawy naukowe AR Lublin*, 161: 1 — 49.
- Kuldau G. A., Yates I. E. 2000. Evidence for *Fusarium* endophytes in cultivated and wild plants, In C. W. Bacon and J. F. White, Jr. (eds.), *Microbial endophytes*. Marcel Dekker, New York City, New York. 85 — 117.
- Kwaśna H., Chełkowski J., Zajkowski P. 1991. Grzyby. PAN, Instytut Botaniki. Tom XXII: 82 — 84.
- Leonard K. J., Bushnell W. R. (eds.). 2003. *Fusarium Head Blight of Wheat and Barley*. American Phytopathological Society, St Paul, MN.
- Leslie J. F. 1995. *Gibberella fujikuroi*: Available populations and variable traits. *Can. J. Bot.* 73: S282 — S291.
- Leonian C. H. 1932. The pathogenicity and the variability of *Fusarium moniliforme* from corn. West Virginia. *Agr. Expt. Sta. Bull* 248: 1 — 16.
- Leslie J. F., Zeller K. A., Logrieco A., Mulè G., Moretti A., Ritieni A. 2004. Species diversity and toxin production by strains in the *Gibberella fujikuroi* species complex isolated from native prairie grasses in Kansas. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 2254 — 2262.
- Lew H., Chełkowski J., Prończuk P., Edinger W. 1996. Occurrence of the mycotoxin moniliformin in maize (*Zea mays* L.) ears infected by *Fusarium subglutinans* (Wolenweber and Reinking) Nelson *et al.* *Food Additives and Contaminants* 13: 321 — 324.
- Logrieco A., Moretti, A., Altomare, C., Bottalico, A., Carbonell Torres, E. 1993. Occurrence and toxicity of *Fusarium subglutinans* from Peruvian maize. *Mycopathologia* 122: 185 — 190.
- Logrieco A., Mulè, G., Moretti, A., Botalico, A. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with maize ear rot in Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 108: 597 — 609.
- Łacicowa B. 1980. Fuzarioza kłosów pszenicy ozimej w 1979 r. *Ochr. Rośl.* 24 (2): 6 — 8.
- Łacicowa B., Kiecana I. 1987. Występowanie *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. na pszenżycie oraz podatność rodów hodowlanych na porażenie. *Rocz. Nauk Rol. ser. E*, 17, 1: 161 — 178.
- Łacicowa B., Kiecana I., Pięta D. 1991. Choroby podsuszkowe jęczmienia jarego (*Hordeum sativum* L.) uprawianego w Lubelskim. *Rocz. Nauk Roln. ser. E*, 20, 1/2, 7 — 15.
- Manns T. F., Adams J. F. 1923. Parasitic fungi of seed corn. *J. Agricultural Research* 23: 495 — 524.
- Marasas W. F. O., Van Rensburg S. J., Mirocha C. J. 1979. Incidence of *Fusarium* species and the mycotoxins, deoxynivalenol and zearalonone, in corn produced in esophageal cancer areas in Transkei. *J. Agric. Food. Chem.* 27: 1108 — 1112.
- Marasas W. F. O., Nelson P. E., Toussoun T. A. 1984. Toxigenic *Fusarium* species: Identity and Mycotoxicology. The Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania 8, 9.
- Melchers L. W., Johnson C. O. 1923. Corn root, stalk and ear rot investigation in Kansas. *Phytopathology* 12, 1: 52.
- Mulè G., Susca, A., Stea G., Moretti A. 2004. A species — specific PCR assay based on the calmodulin partial gene for identification of *Fusarium verticillioides*, *F. proliferatum* and *F. subglutinans*. *Eur. J. Plant Pathol.* 110: 495 — 502.
- Munkvold G., Desjardins A. E. 1997 a. Fumonisin in maize: Can we reduce their occurrence? *Plant Dis.* 81: 556 — 565.
- Munkvold G., McGee, D. C., Carlton M. W. 1997 b. Importance of different pathways for maize kernel infection by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology* 87: 209 — 217.
- Munkvold G. P., Hellmich R. L., Showers W. B. 1997 c. Reduced fusarium ear rot and symptom less infection in kernel of maize genetically engineered for European corn borer resistance. *Phytopathology* 87(10): 1071 — 1077.
- Neish G. A., Farnworth E. R., Greenhalgh R., Young J. C. 1983. Observations on the occurrence of *Fusarium* species and their toxins in corn in eastern Ontario. *Can. J. Plant Pathol.* 5: 11 — 16.
- Nelson P. E., Toussoun T. A., and Marasas W. F. O. 1983 *Fusarium* species: An illustrated manual for identification. Pennsylvania State University Press, University Park, PA.

- Parry D. W., Jenkinson P., McLeod, L. 1995. Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals — a review. *Plant Pathol.* 44: 207 – 238.
- Pedersen P. B., Miller J. D. 1999. The fungal metabolite culmorin and related compounds. *Natural Toxins* 7: 305 — 309.
- Rheeder J. P., Marasas W. F. O., van Wyk, P. S. 1990. Fungal associations in corn kernels and effects on germination. *Phytopathology* 80: 131 — 134.
- Thrane U. 1988. Screening for fusarin C production by European isolates of *Fusarium* species. *Mycotoxin Research* 4: 2 — 10.
- Ullstrup A. J. 1936. The occurrence of *Gibberella fujikuroi* var. *subglutinans* in the United States. *Phytopathology* 26: 685 – 693.
- Wyk van P. S., Scholtz, D. J., Marasas, W. F. O. 1988. Protection of maize seedlings by *Fusarium moniliforme* against infection by *Fusarium graminearum* in the soil. *Plant and Soil* 107: 251 — 258.
- Vigier B., Reid L. M., Seifert K. A., Stewart D. W., Hamilton R. I. 1997. Distribution and prediction of *Fusarium* species associated with maize ear rot in Ontario. *Can. J. Plant. Pathol.* 19: 60 – 65.
- White D. G., 1999. Compendium of corn diseases. 3rd ed. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Yates I. E., Bacon, C. W., Hinton, D. M. 1997 Effects of endophytic infection by *Fusarium moniliforme* on corn growth and cellular morphology. *Plant Disease* 81: 723 — 728.
- Zajkowski P., Kwaśna H. 1987. Corn cob fusariosis — natural infection of various genotypes in 1985 and 1986. European Seminar “Fusarium, Mycotoxins, Taxonomy, Pathogenicity” *Mycotoxin Res. Spec. Ed.* 95 — 99.

JACEK CHOTKOWSKI**IRENA STYPA**Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Ocena postępu hodowlanego w produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1946–2007

Estimation of breeding progress in potato production in Poland in the years 1946–2007

Treścią pracy jest prezentacja dorobku polskiej hodowli ziemniaka w latach 1946–2007. W tym okresie wyhodowano 216 nowych odmian, z tego najwięcej (prawie 36%) w ośrodku Zamarte. Na podstawie analizy oficjalnych danych z doświadczeń rejestrowych COBORU stwierdzono, że nowe odmiany wnoszą zauważalny, chociaż zróżnicowany w latach, postęp pod względem plonowania jak i wybranych cech odporności i jakości. W stosunku do zarejestrowanych w Polsce odmian zagranicznych, polskie odmiany jadalne wykazują porównywalny potencjał plonowania oraz przewagę pod względem odporności na wirus Y i zarzę ziemniaka liści. Ustępują natomiast pod względem cech morfologicznych decydujących o ładnym wyglądzie bulw.

Słowa kluczowe: odmiany polskie i zagraniczne, postęp hodowlany, produkcja ziemniaka

In the work the achievements of Polish potato breeding in the years 1946–2007 are presented. In that period, 216 new potato varieties have been released, most of them (nearly 36%) at the breeding centre Zamarte. According to the data from the registration trials conducted by COBORU, new varieties have brought the noticeable progress in relation to yield size and quality, associated with the improved resistance to major potato diseases. Polish table varieties, compared to the foreign ones registered in Poland, show comparable yielding potential and the higher level of resistance to PVY and late blight on leaves. Unfortunately, as regards the morphological features of tubers, Polish varieties are inferior to foreign ones.

Key words: breeding, foreign varieties, Polish varieties, potato, production, progress

WSTĘP

Postęp odmianowy oznacza wprowadzenie do produkcji rolniczej nowych odmian roślin uprawnych uzyskanych w procesie hodowli (Krzymuski, 1998). Nowe odmiany, obok kwalifikowanego materiału nasienne, stanowią podstawowy składnik postępu biologicznego. Jak stwierdza Woś (2003) szersze wykorzystanie postępu biologicznego jest współcześnie główną szansą rolnictwa. Jego przewaga nad innymi formami postępu polega na braku ograniczeń po stronie struktury agrarnej. Ponadto postęp biologiczny jest

przyjazny środowisku naturalnemu, co otwiera możliwości zwiększania produkcji zdrowej żywności. Wymiana dotychczas uprawianych odmian na nowe najczęściej wiąże się ze wzrostem plonów oraz uzyskiwaniem zbiorów o lepszych parametrach jakościowych i technologicznych. Wpływa więc pozytywnie na rozwój przetwórstwa rolno-spożywczego, zadowolenie i bezpieczeństwo konsumenta oraz korzyści ekonomiczne i samowystarczalność żywnościową na poziomie krajowym (Marciniak, 2005).

W okresie powojennym ziemniak stanowił podstawową roślinę uprawną w polskim rolnictwie. Stąd w hodowli roślin rolniczych znaczny potencjał skierowano na tworzenie nowych odmian ziemniaka (Arseniuk i in., 2003). W ostatnim dziesięcioleciu tempo zmniejszania się powierzchni uprawy ziemniaka w naszym kraju uległo przyspieszeniu, jednak poziom produkcji rynkowej zmienia się w niewielkim zakresie (Chotkowski, Rembeza, 2006). Rosnące wymagania konsumentów i przemysłu przetwórczego oraz powstawanie nowych odbiorców i segmentów rynku uzasadnia dalsze prowadzenie hodowli nowych odmian ziemniaka (Zimnoch-Guzowska i in., 2006).

Celem niniejszego opracowania jest przeprowadzenie analizy postępu w hodowli odmian ziemniaka w latach 1946–2007. Oceniano postęp pod względem najważniejszych cech gospodarczych (użytkowych), jakościowych i odpornościowych odmian ziemniaka wyhodowanych w poszczególnych pięcioleciach. Poziom osiągniętych parametrów odmian polskich oceniono również na tle odmian zagranicznych wpisanych do Krajowego Rejestru w 2006 roku.

MATERIAŁ I METODY

W przeprowadzonej metodami porównawczo-opisowymi analizie wykorzystano wyniki doświadczeń rejestrowych COBORU (Borys, Kamasa, 1980–1989; Borys, Mieczkowski, 1974–1979; Kamasa, 1990–1999; Kamasa, Lenartowicz, 2005; Lenartowicz, 2006; Rozmiarek, Smólski 1970–1973). Wykorzystano ponadto informacje zamieszczone w literaturze przedmiotu, w tym wyniki badań IHAR (Charakterystyka..., 2007; Chotkowski, Stypa, 2007).

Analizowane cechy gospodarcze i biologiczne zestawiono w postaci średnich dla wszystkich odmian wyhodowanych przez polskie ośrodki hodowli ziemniaka w poszczególnych pięcioleciach okresu 1946–2007. W tym sześćdziesięcioletnim okresie czasu kilkakrotnie zmieniała się metodyka oceny porównywanych cech oraz metodyka doświadczeń rejestrowych. Przykładowo od 1996 roku wprowadzono chemiczną ochronę plantacji doświadczalnych przed zarazą ziemniaka. Stąd porównywane wskaźniki należy traktować jako dane orientacyjne.

WYNIKI I DYSKUSJA

W okresie powojennym polskie hodowle ziemniaka zarejestrowały 216 odmian. Dla porównania w latach 1850–1945, tj. od rozpoczęcia na ziemiach polskich hodowli nowych odmian, wyhodowano 182 odmiany ziemniaka. W analizowanym okresie wyhodowano 139 odmian jadalnych, co stanowiło 64,4%. W ogólnej liczbie odmian jadalnych 49

(35,3%) stanowiły odmiany o najkrótszym okresie wegetacji – bardzo wczesne i wczesne. Z kolei wśród 77 wyhodowanych odmian skrobiowych, jedynie 5 (6,5%) to odmiany wczesne. Liczba polskich odmian rejestrowanych w poszczególnych pięcioleciach wykazywała znaczną stabilizację do roku 1996 (tab. 1).

Tabela 1

Liczba odmian ziemniaka wyhodowana przez ośrodki hodowlane w okresach lat
Number of potato varieties bred in the centres in the years given

Miejsce hodowli Place of breeding	1945–1965	1966–1970	1971–1975	1976–1980	1981–1985	1986–1990	1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2007	Razem Total
Zamarte	21	5	10	7	3	5	3	5	9	9	77
Dybowo	—	—	—	3	3	4	3	10	4	—	27
Strzekęcin	2	1	1	3	—	2	2	6	6	2	25
Bonin	—	—	4	6	1	2	—	8	2	—	23
Stare Olesno ¹	—	1	—	2	3	1	3	4	2	1	17
Krokowa	—	—	—	1	1	2	2	5	3	—	14
Mielno	—	—	—	—	2	3	1	3	1	—	10
Płochocin	—	—	—	2	2	—	2	1	—	—	7
Młochów	2	1	—	—	—	—	1	2	—	—	6
Razem Total	35	8	15	24	15	19	17	44	27	12	216

¹ Stare Olesno (Szyldak)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych COBORU (również tabele 2–9)

Source: Own elaboration based on the data from COBORU (including Tables 2–9)

W późniejszych latach w związku z liberalizacją stawianych przez COBORU wymogów, dotyczących w szczególności minimalnego poziomu odporności na wirusy, liczba nowych odmian zwiększyła się dwu-trzykrotnie. Zdecydowanym liderem pod względem liczby wprowadzonych do Krajowego Rejestru odmian ziemniaka jest ośrodek Zamarte. Wyhodowano tutaj 77 kreacji, co stanowi 35,6% ogółu odmian. Na kolejnych miejscach ze zbliżoną liczbą nowych odmian znalazły się takie ośrodki jak: Dybowo, Strzekęcin, Bonin. Odpowiednio największą liczbę odmian ziemniaka wyhodowały w latach 1946–2007 zespoły kierowane przez A. Pawlaka (29 odmian), Z. Błońskiego (28), S. Lipińskiego (23), E. Wernera (14), S. Perę (14), J. Zdańskiego (12), Z. Niegolewskiego (11), K. Roguskiego (10) i L. Styszkę (9). Obecnie hodowla twórcza ziemniaka skoncentrowana została w trzech przedsiębiorstwach hodowlano-nasiennych: HZ Zamarte, PMHZ Strzekęcin oraz HR Szyldak (Zimnoch-Guzowska, Chotkowski, 2006).

W tabelach 2–4 przedstawiono dane dotyczące średnich ocen parametrów odmian jadalnych wyhodowanych w poszczególnych okresach lat. Ocenę przeprowadzono na przykładzie odmian średnio wczesnych, średnio późnych i późnych. Zakładając porównywalność ocen smaku w różnych latach, można zauważyć pod tym względem jedynie niewielki postęp jakościowy. Wyrażna poprawa jakości następowała natomiast w zakresie zmniejszenia ciemnienia miąższu surowego i po ugotowaniu. Brak wyraźnych tendencji w zakresie udziału odmian jadalnych przydatnych do produkcji produktów smażonych (frytki, chipsy).

Tabela 2

Ocena smaku i walorów kulinarnych odmian jadalnych średnio wczesnych do późnych wyhodowanych w latach 1946–2007

Characteristics of taste and culinary values of mid early to late potato table varieties bred in 1946–2007

Lata rejestracji Registration years	Liczba odmian Number of varieties	Smak* Taste	Udział odmian o miąższu mączystym,% Percentage of mealy cooking type varieties	Ciemnienie miąższu surowego* Raw flesh darkening	Ciemnienie miąższu gotowanego* Flesh darkening after cooking	Udział odmian przydatnych na frytki lub chipsy,% Percentage of varieties for french fries and chips
1955	7	6,5	37,5	6,7	7,1	0
1956–1965	7	6,3	57,0	6,5	6,9	0
1966–1970	5	6,3	80,0	6,7	7,4	40,0
1971–1975	7	6,6	42,9	6,9	7,4	14,3
1976–1980	11	6,8	72,7	7,2	7,7	54,5
1981–1985	5	6,4	40,0	7,5	7,4	0
1986–1990	7	6,6	28,6	7,3	7,9	28,6
1991–1995	7	6,4	42,9	7,6	8,1	57,1
1996–2000	20	6,7	30,0	7,8	8,2	30,0
2001–2007	14	6,9	41,7	8,0	8,3	25,0

* W skali 1–9; In scale 1–9; 1 — Ocena najgorsza; Worst estimate, 9 — Ocena najlepsza; Best estimate

Tabela 3

Ocena morfologii bulw oraz plonowania odmian jadalnych średnio wczesnych do późnych wyhodowanych w latach 1946–2007

Characteristics of tuber morphology and yield of mid early to late potato table varieties bred in 1946–2007

Lata rejestracji Registration years	Głębokość oczek Shallowness of eyes	Regularność kształtu Shape regularity	Udział odmian o kształcie bulw owalnym lub podługowym Percentage of varieties with oval and longoval tubers (%)	Plon ogólny Total yield (dt/ha)
1955	6,0	5,5	12	288
1956–1965	6,0	5,3	0	293
1966–1970	6,2	6,6	0	289
1971–1975	6,8	6,6	0	321
1976–1980	6,3	6,5	0	348
1981–1985	6,6	6,8	0	334
1986–1990	6,8	6,9	28,6	353
1991–1995	6,8	6,7	0	345
1996–2000	6,8	7,0	20,0	447
2001–2007	7,1	7,0	58,3	502

Od lat 80. wśród nowych odmian dominują charakteryzujące się miąższem lekko związłym. Pewna niewielka poprawa nastąpiła w zakresie cech morfologicznych, decydujących o ładnym wyglądzie bulw (tab. 3). Wzrost plonów ogólnych odmian jadalnych zaznaczył się od 1971 roku, a szczególnie duży był w latach 1996–2007. Potwierdzają to obliczenia teoretyczne oraz badania postępu odmianowego w produkcji, gdzie efekty plonotwórcze uprawy nowych odmian w latach 1986–2001 oszacowano na 2,4 dt/ha średniorocznie (Arseniuk i in., 2003; Mańkowski, Oleksiak, 2003). Jak wynika z tabeli 4 poprawa odporności nowych odmian dotyczyła głównie wirusa Y, czarnej nóżki oraz mątwika ziemniaczanego.

Tabela 4

**Ocena odporności na niektóre choroby odmian jadalnych średnio wczesnych do późnych
wyhodowanych w latach 1946–2007**

Rates of resistance to some diseases for mid early to late potato table varieties bred in 1946–2007

Lata rejestracji Registration years	Odporność na: Resistance to:					
	wirusy viruses		zarazę ziemniaka late blight		czarną nóżkę black leg	mątwika ziemniaczanego golden nematode (%)
	PVY	PLRV	liście leaves	bulwy tubers		
1955	4,6	4,5	4,0	3,8		5,5
1956–1965	5,7	4,6	3,7	4,0		5,6
1966–1970	6,1	4,2	4,5	4,6	4,9	5,4
1971–1975	6,1	4,9	4,7	4,4	4,4	5,3
1976–1980	6,2	6,0	4,9	4,1	4,0	5,1
1981–1985	6,5	5,6	3,3	3,1	4,2	4,4
1986–1990	6,6	6,4	3,8	4,6	5,1	5,9
1991–1995	7,6	5,3	4,4	4,1	5,0	5,8
1996–2000	7,4	5,8	4,6	3,9	5,6	5,4
2001–2007	7,0	6,1	4,9	4,9	6,9	5,9

W ostatnich piętnastu latach zmieniły się priorytety w hodowli odmian jadalnych, w miejsce odporności i potencjału plonotwórczego, na pierwsze miejsce wysunęły się cechy jakościowe (wygląd bulw, cechy kulinarne, przydatność do przerobu na przetwory spożywcze — Pawlak, 2002). Ogólnie można jednak stwierdzić, że nastawienie na cechy jakościowe nie spowodowało pogorszenia odporności nowych odmian na ważniejsze choroby. Stwarza to szansę osiągnięcia sukcesów w hodowli odmian przydatnych do uprawy ziemniaków metodami integrowanymi i ekologicznymi (Zimnoch-Guzowska i in., 2006).

W grupie odmian skrobiowych o jakości decyduje głównie plon i zawartość skrobi, a w dalszej kolejności odporność na choroby wirusowe i zarazę ziemniaka. W prowadzonej ocenie postępu w hodowli odmian skrobiowych pominięto odmiany wczesne (tab. 5 i 6).

Tabela 5

**Ocena plonowania i zawartości skrobi odmian skrobiowych wyhodowanych w latach 1946–2007 (z
wyłączeniem odmian wczesnych)**

**Characteristics of yield and starch content of starch varieties bred in 1946–2007 (early varieties
excluded)**

Lata rejestracji Registration years	Liczba odmian Number of varieties	Plon ogólny Total yield (dt/ha)	Zawartość skrobi Percentage of starch, (%)	Plon skrobi Yield of starch (dt/ha)
1955–1965	12	298	16,7	49,8
1966–1970	2	367	17,8	65,3
1971–1975	3	324	17,5	56,7
1976–1980	7	324	18,1	58,6
1981–1985	6	300	17,6	52,8
1986–1990	7	300	18,3	54,9
1991–1995	7	334	18,2	60,8
1996–2000	16	432	20,6	89,0
2001–2007	12	469	19,2	90,0

Tabela 6

**Ocena odporności na ważniejsze choroby odmian skrobiowych wyhodowanych w latach 1946–2007
(bez odmian wczesnych)**

Rates of resistance to major diseases for starch varieties bred in 1946–2007 (early varieties excluded)

Lata rejestracji Registration years	Odporność na: Resistance to:						
	wirusy viruses		zarazę ziemniaka late blight		czarną nóżkę black leg	parch zwykły common scab	mątwika ziemniaczanego golden nematode(%)
	PVY	PLRV	liście leaves	bulwy tubers			
1955–1965	4,7	4,4	4,5	4,6		5,0	0
1966–1970	6,3	4,3	5,8	5,0	5,5	4,8	0
1971–1975	5,5	5,0	6,2	4,7	5,3	5,0	0
1976–1980	6,7	5,4	4,9	4,0	3,9	5,3	14,3
1981–1985	8,2	6,2	4,8	3,7	4,0	5,0	16,7
1986–1990	7,6	6,0	6,0	4,3	4,3	5,1	28,6
1991–1995	7,6	6,9	6,1	4,3	5,3	5,3	57,1
1996–2000	8,4	6,6	5,8	4,5	5,2	5,6	43,7
2001–2007	7,4	5,9	6,1	4,6	6,2	5,2	91,7

Tabela 7

Średnie ocen odporności na niektóre choroby dla najważniejszych cech odmian jadalnych (polskich i zagranicznych) zarejestrowanych w 2006 roku

Average rates of resistance for Polish and foreign potato table varieties registered in 2006 to major diseases

Wczesność odmian Earliness	Pochodzenie i liczba odmian Origin and no. of varieties		plon handlowy marketable yield (dt/ha)	Wartości średnie — Mean values					
				odporność na — resistance to					
				wirusy — viruses		zarazę ziemniaka late blight		czarną nóżkę black leg	parch zwykły common scab
				PVY	PLRV	liście leaves	bulwy tubers		
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	polskie Polish	20	374	6,8	6,1	3,0	3,6	5,3	5,7
	zagraniczne foreign	24	384	4,9	6,2	2,6	3,9	5,6	5,9
Średnio wczesne do późnych Mid early to late	polskie Polish	27	446	7,0	6,2	4,6	4,2	5,9	6,0
	zagraniczne foreign	26	428	5,4	5,9	3,7	4,7	6,2	6,0

Potencjał plonu skrobi z jednostki powierzchni uprawy, podobnie jak wskaźniki zawartości skrobi w bulwach wykazywały stabilizację do połowy lat 90. Istotna poprawa tych parametrów nastąpiła dopiero w ostatnim dziesięcioleciu. W części mogło to mieć związek z wprowadzeniem obowiązkowych zabiegów ochrony przed zarazą ziemniaka na poletkach doświadczeń rejestrowych. W przypadku odmian skrobiowych, podobnie jak i jadalnych, można stwierdzić pewien postęp w zakresie odporności na wirus Y (tab. 6). Niewielki postęp dotyczył ponadto odporności na wirus liściozwoju, a w ostatnim pięcioleciu również na czarną nóżkę. Największy postęp notuje się pod względem hodowli odmian mątwikoodpornych.

W tabelach 7–9 zamieszczono porównanie średnich ocen ważniejszych cech odmian jadalnych polskich i zagranicznych wpisanych do Krajowego Rejestru w 2006 roku.

Tabela 8

Średnie ocen dla najważniejszych cech jakości odmian jadalnych (polskich i zagranicznych) zarejestrowanych w 2006 roku

Average estimates for major qualitative characteristics of Polish and foreign potato table varieties registered in 2006

Wczesność odmian Earliness	Pochodzenie i liczba odmian Origin and no. of varieties		Wartości średnie Mean valutes				
			smak taste	ciemnienie mięszu surowego raw flesh darkening	ciemnienie mięszu gotowanego flesh darkening after cooking	regularność kształtu shape regularity	głębokość oczek shallowness of eyes
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	polskie Polish	20	6,9	7,8	8,2	7,1	7,0
	zagraniczne foreign	24	7,0	7,9	8,4	7,4	7,3
Średnio wczesne do późnych Mid early to late	polskie Polish	27	6,7	7,8	8,2	6,9	6,9
	zagraniczne foreign	26	7,0	8,0	8,3	7,5	7,5

Tabela 9

Średnie ocen dla najważniejszych cech użytkowych odmian jadalnych (polskich i zagranicznych) zarejestrowanych w 2006 roku

Average estimates for major useful characters of Polish and foreign potato table varieties registered in 2006

Wczesność odmian Earliness	Pochodzenie i liczba odmian Origin and no. of varieties	Udział odmian o kształcie bulw owalnym lub podłużnym,% Percentage of varieties with oval and longoval tubers	Udział odmian o miąższu mączystym,% Percentage of mealy cooking type varieties	Udział odmian przydatnych na frytki lub chipsy,% Percentage of varieties for french fries and chips	
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	polskie Polish	20	25,0	25,0	30,0
	zagraniczne foreign	24	45,8	37,5	29,2
Średnio wczesne do późnych Mid early to late	polskie Polish	27	33,3	37,0	11,1
	zagraniczne foreign	26	65,4	34,6	57,7

Porównanie to pozwala na ocenę postępu polskich ośrodków hodowli ziemniaka na tle hodowli zagranicznych. Polskie odmiany jadalne bardzo wczesne i wczesne wykazują przewagę nad wyhodowanymi za granicą pod względem odporności na wirus Y i porażenia liści zarazą ziemniaka. Ustępują natomiast odmianom zagranicznym pod względem wielkości plonu, odporności bulw na zarazę ziemniaka, czarną nóżkę i parcha zwykłego. Gorsze są również cechy morfologiczne polskich odmian oraz

zdecydowanie niższy udział odmian o wydłużonym kształcie oraz typie kulinarnym lekko mączystym.

W grupie odmian jadalnych na późniejszy zbiór, odmiany polskie przeważają pod względem plonowania, odporności na wirus Y i wirus liściozwoju, a także odporności na zarazę liści. Ustępują natomiast odmianom zagranicznym zarejestrowanym w Polsce pod względem odporności na zarazę bulw, czarną nóżkę, smaku, morfologii bulw (wyglądu). Podobnie jak w przypadku odmian o najkrótszym okresie wegetacji, dwukrotnie jest niższy udział odmian o wydłużonym kształcie bulw. Zagraniczne odmiany jadalne na późniejszy zbiór wykazują również zdecydowaną przewagę pod względem udziału odmian przydatnych do przerobu na frytki i chipsy.

WNIOSKI

1. Polska hodowla ziemniaka notowała w okresie 1946–2007 sukcesy adekwatne do dużego znaczenia produkcji ziemniaków w polskim rolnictwie, wprowadzając na rynek średniorocznie 3–4 nowe odmiany. Kreacje te były świadectwem potencjału intelektualnego i organizacyjnego polskiej hodowli.
2. Największym i najbardziej efektywnym pod względem liczby wyhodowanych odmian ośrodkiem hodowli ziemniaka w Polsce było i jest Zamarte, należący do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. Odpowiednio największą liczbę odmian jako główny hodowca (kierownik zespołu) wyhodował A. Pawlak (Zamarte) wyprzedzając Z. Błońskiego (Dybowo) i S. Lipińskiego (Wyszebórz, Zamarte).
3. Głównym kierunkiem hodowli ziemniaka w Polsce były odmiany jadalne średnio wczesne, średnio późne i późne. Mimo dominacji w strukturze użytkowania zbiorów do końca lat 80. kierunków skrobiowych, odmiany skrobiowe stanowiły jedynie około jednej trzeciej liczby rejestrowanych nowych odmian ziemniaka.
4. Przeprowadzona analiza wykazała, że hodowla ziemniaka w omawianym okresie czasu wniosła wyraźny postęp w plonowaniu, zawartości skrobi oraz innych ważnych cechach gospodarczych i biologicznych odmian. Skala tego postępu jest jednak mniejsza niż można byłoby oczekiwać obserwując bardzo duże zainteresowanie producentów ziemniaków nowymi odmianami.
5. Wpisane w 2006 roku do Krajowego Rejestru polskie odmiany jadalne średnio wczesne do późnych wykazują przewagę nad zarejestrowanymi w naszym kraju odmianami hodowli zagranicznych pod względem poziomu plonów i odporności na wirus Y oraz odporności liści na zarazę ziemniaka. Ustępują natomiast zagranicznym odmianom pod względem cech morfologicznych bulw i smaku. Wśród odmian zagranicznych więcej jest przydatnych do przerobu na produkty smażone oraz odmian o wydłużonym kształcie bulw.

LITERATURA

- Arseniuk E., Krzymuski J., Martyniak J., Oleksiak T. 2003. Historia hodowli i nasiennictwa na ziemiach polskich w XX wieku. Rośliny rolnicze. IHAR, Radzików: 420 ss.
- Borys J., Kamasa J. 1980–1989. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, Słupia Wielka: 46 ss.
- Charakterystyka Krajowego Rejestru odmian ziemniaka. 2007. Red. W. Nowacki. Wyd. X. IHAR, Jadwisin: 25 ss.
- Chotkowski J., Rembeza J. 2006. Tendencje zmian na rynku ziemniaków jadalnych w Polsce. W: Produkcja ziemniaków. Red. J. Chotkowski. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 7 — 15.
- Kamasa J. 1990–1999. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. COBORU, Słupia Wielka: 34 ss.
- Krzymski J. 1998. Postęp biologiczny w rolnictwie. W: Encyklopedia agrobiznesu. Red. A. Woś. Fundacja Innowacja, Warszawa: 581 — 585.
- Lenartowicz T. 2006. Ziemniak. W: Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. COBORU, Słupia Wielka: 10 — 31.
- Mańkowski D., 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.
- Łuniewski H. 1991. Hodowla ziemniaka w Polsce 1950–1985. PWRiL, Poznań: 269 ss.
- Marciniak K. 2005. Uwarunkowania wykorzystania bazy odmianowej dla krajowej produkcji zbóż. Hodowla Roślin i Nasiennictwo, 1: 4 — 13.
- Pawlak A. 2002. Perspektywiczne kierunki hodowli a konkurencyjność krajowych odmian jadalnych. W: Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych. Red. J. Chotkowski. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 49 — 61.
- Rozmiarek A., Smólski Z. 1970–1974. Odmiany ziemniaka. Informacja o wynikach doświadczeń odmianowych przeprowadzonych w latach 1969–1973. COBORU, Słupia Wielka: 119 ss.
- Woś A. 2003. Polityka rolniczo-środowiskowa i nowe szanse rolnictwa. IERiGŻ, Warszawa: 98 ss.
- Zimnoch-Guzowska E., Chotkowski J. 2006. Potato sector in Poland: From breeding to production. In: Potato developments in a changing Europe. Ed. N.V. Haase, A. J. Haverkort. Wageningen Academic Publishers, Wageningen: 215 — 225.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Pawlak A. 2006. Strategiczne kierunki w hodowli ziemniaka. W: Ulepszanie roślin uprawnych dla zróżnicowanych agrosystemów. Sympozjum Nauk. 07.07.2006r. z okazji 55-lecia IHAR, IHAR, Radzików: 67 — 77.
- Chotkowski J. Stypa I. 2007. Odmiany ziemniaków. Charakterystyka tabelaryczna. Publikacja elektroniczna, www.ihar.edu.pl: 17 ss.

PIOTR KUC ¹LESŁAW ZIMNY ¹KATARZYNA KUCIŃSKA ²ARKADIUSZ ARTYSZAK ²¹ Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu² Katedra Agronomii, Zakład Szczegółowej Uprawy Roślin, SGGW w Warszawie

Efektywność produkcji buraka cukrowego w warunkach różnych systemów uprawy

Production effectiveness of sugar beet at different cultivation systems

Trudna sytuacja ekonomiczna producentów buraka cukrowego stwarza konieczność minimalizowania nakładów w jego produkcji. Przedstawione wyniki badań pochodzą z doświadczenia polowego prowadzonego w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec w latach 2002–2004. Badanymi czynnikami były: nawożenie organiczne oraz zróżnicowana uprawa jesienno-wiosenna. W ocenie efektywności systemów uprawy zastosowano kategorię ekonomiczną nadwyżki bezpośredniej, powszechnie stosowaną w kalkulacjach niepełnych. Wyniki umożliwiają ocenę opłacalności porównywanych wariantów. Stwierdzono, iż postępujące uproszczenia powodowały tendencję do obniżania plonów korzeni i obniżki kosztów. Jednak nie wpłynęło to na istotną zmianę nadwyżki bezpośredniej.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, nadwyżka bezpośrednia, plon korzeni, systemy uprawy

Difficult economic situation of sugar beet production creates necessity of inputs minimalization in order to improve the effectiveness of production. The presented results of investigation were produced out on the experimental field in the Agricultural Experiment Station Swojec near Wrocław. The following factors were investigated: organic fertilization and different autumn — spring cultivation. In effectiveness estimation of the investigated cultivation variants the economic category of gross profit was used, which is a common practice in incomplete calculation. The results make possible to estimate profitability of the compared fertilization variants. In three years of investigation 2002–2004, cultivation simplification caused the tendency of sugar beet root yield reduction, however at the reduced costs, it did not influence significantly the gross profit value.

Key words: cultivation systems, gross profit, root yield, sugar beet

WSTĘP

W lipcu 2006 r. weszła zapowiadana od dawna reforma unijnego rynku cukru, która przyniosła przede wszystkim zmniejszenie cen cukru i skupu korzeni buraka cukrowego. Spowodowało to także pogorszenie sytuacji finansowej polskich plantatorów (Artyszak,

2006 a, b). W takiej sytuacji konieczna będzie koncentracja produkcji buraka cukrowego i ograniczenie do minimum jej kosztów. Dlatego z uprawy buraka rezygnują głównie mniejsze gospodarstwa z uwagi na stale rosnące nakłady finansowe. Coraz częściej producentami surowca buraczanego są duże gospodarstwa bezinwentarzowe, specjalizujące się w produkcji roślinnej w płodozmianie uproszczonym. Nasuwa się zatem pytanie, w jakim stopniu inne formy nawozów organicznych mogą zastąpić tradycyjny obornik (Kucińska, 2005). Wyniki licznych badań (Ceglarek i in., 1997; Kuc i Zimny, 2005; Ostrowska i Kucińska, 1998; Kucińska i in., 2004; Zimny i in., 2005) wskazują, że obornik można zastąpić mniej energochłonną, tańszą biomasą, np. słomą z dodatkiem nawozu azotowego lub nawozem zielonym z przyoranego międzyplonu, co pozwala na obniżenie nakładów pracy ludzkiej i maszyn, a także na zmniejszenie zużycia nawozów mineralnych. Poza tym możliwość zastąpienia obornika nawozami zielonymi lub słomą pozwoliłaby na produkcję buraków w gospodarstwach bez inwentarza.

Celem pracy było określenie rolniczej i ekonomicznej efektywności produkcji buraka cukrowego przy zastosowaniu dwóch rodzajów nawozów organicznych oraz zróżnicowanych systemów uprawy jesienno-wiosennej.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w doświadczeniu polowym w latach 2002–2004 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. W latach badań przedplonem dla buraka była pszenica ozima. Doświadczenie założono na madzie rzecznej, wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, kompleksu żytniego bardzo dobrego, zasobnej w fosfor i potas, o uregulowanym odczynie. Było to doświadczenie dwuczynnikowe, w układzie split-blok w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka wynosiła 40 m². Schemat doświadczenia przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Schemat doświadczenia Experiment scheme	
Oznaczenie wariantu Variant	Czynniki różnicujące warianty doświadczenia Factors differentiating the experimental variants
A i B	Nawożenie organiczne — Organic fertilization
A	Słoma przedplonowa + międzyplon ścierniskowy — Straw + intercrop
B	Międyplon ścierniskowy — Intercrop
ZU	Uprawa jesienno-wiosenna i nawożenie obornikiem — Autumn – spring cultivation and manuring
1	Obornik (20 t·ha ⁻¹), ziębla (25 cm), brona zębowa Cow dung (20 t·ha ⁻¹), winter ploughing (25 cm), toothed harrow
2	Obornik (10 t·ha ⁻¹), ziębla (25 cm), brona zębowa Cow dung (10 t·ha ⁻¹), winter ploughing (25 cm), toothed harrow
3	Ziębla (25 cm) — Winter ploughing (25 cm)
4	Orka wiosenna (15 cm), brona zębowa — Spring ploughing (15 cm), toothed harrow
5	Uprawa konserwująca — Conservation tillage

Czynnikiem I rzędu było nawożenie organiczne — międzyplon ścierniskowy uprawiany po przyoraniu słomy przedplonowej (A) i bez słomy (B), a czynnikiem II rzędu — zróżnicowana uprawa jesienno-wiosenna oraz nawożenie obornikiem — (ZU).

Międzyplonem była gorczyca biała mątwikobójcza odmiany Salvo, której plon zielonej masy wynosił 9,9–13,3 t·ha⁻¹. Jesienią na obiektach 1–3 wykonano orkę przedzimową na głębokość 25 cm przykrywającą międzyplon z obornikiem (obiekt 1 — 20 t·ha⁻¹ i obiekt 2 — 10 t·ha⁻¹) lub sam międzyplon (obiekt 3). Na obiektach 4 (orka wiosenna na głębokość 15 cm) i na obiekcie 5 (uprawa konserwująca) międzyplon pozostawiano do wiosny w formie mulczu. Następnie zastosowano bronę zębową (obiekty 1–3) lub wirnikową (obiekty 4 i 5). Nawożenie azotowe stosowano przedsięwzięcie w postaci saletry amonowej 34% w dawce 50 kg N·ha⁻¹ i pogłównie 70 kg N·ha⁻¹. Całe pole zawałowano waleń strunowym.

Uzyskane wyniki poddane zostały analizie statystycznej metodą dwuczynnikowej analizy wariancji, a do szczegółowych porównań średnich zastosowano test Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

W ocenie ekonomicznej efektywności systemów uprawy wykorzystano metodę porównania nadwyżki bezpośredniej uzyskanej w poszczególnych kombinacjach. Stąd też uwzględniono jedynie te koszty zmienne, które różnicowały dane kombinacje (tab. 2).

Tabela 2

Koszty zmienne uwzględnione w kalkulacji ekonomicznej (wg IERiGŻ i IBMER)
Variable costs taken into economic calculation (by IERiGŻ and IBMER)

Wyszczególnienie Description	Jednostka Unit	2002	2003	2004	Średni koszt Average cost
Eksploatacja — Exploitation of:					
szarpacza słomy (przy kombajnie) — straw fragmentizer		16,53	14,93	18,85	16,77
rozsiwacza nawozów — spreader of fertilizers		36,39	47,49	51,33	45,07
ładowacza obornika „Cyklop” — cow dung loader	zł·ha ⁻¹	26,36	28,49	32,70	29,18
rozrzutnika do obornika — cow dung spreader		566,59	610,47	716,71	631,26
pluga zawieszanego — suspended plough		144,64	156,73	183,82	161,73
brony zębowej — toothed harrow		38,78	42,23	48,96	43,32
Cena — Price for:					
nawozu — 50 kg saletry 34%	zł·50 kg ⁻¹	24,50	23,95	24,75	24,40
saletry amonijowej (34%)					

Jako kryteria oceny efektywności ekonomicznej produkcji w poszczególnych systemach uprawy przyjęto:

- wielkość plonu korzeni buraka cukrowego,
- wartość produkcji brutto, przyjmując ceny korzeni: 2002 — 112,10; 2003 — 124,20; 2004 — 187,00 zł·t⁻¹ (Chudoba, 2006),
- koszty zmienne różnicujące badane warianty nawożenia (Muzalewski, 2002, 2003, 2004),
- nadwyżkę bezpośrednią wynikającą z różnicy wartości produkcji korzeni i uwzględnionych kosztów zmiennych (Grontkowska, 1998; Klepacki, 2005; Klepacki i Gołębiowska, 2006, 2007; Zimny, 1997).

W przeprowadzonej ocenie założono, że nawozy organiczne, takie jak obornik i słoma są produktami ubocznymi w danym gospodarstwie (Klepacki i Gołębiowska, 2007). Dlatego też w kalkulacji kosztów nie uwzględniono ich wartości.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

W latach 2002–2004 średni plon korzeni wyniósł 78,67 t·ha⁻¹ i wahał się w granicach od 71,65 na poletkach z uprawą konserwującą i samym międzyplonem ścierniskowym (B5) do 84,37 t·ha⁻¹ po zastosowaniu uprawy tradycyjnej, zmniejszonej dawki obornika i gorczycy z międzyplonu (A2) (tab. 3). Zarówno sposób nawożenia organicznego, jak i różnicowanie uprawy jesienno-wiosennej nie miały istotnego wpływu na plonowanie buraka cukrowego. Można jednak zaobserwować tendencję do zmniejszania plonu korzeni wraz z postępującymi uproszczeniami w uprawie roli. W stosunku do uprawy najtańszej na obiekcie z uprawą konserwującą i samym międzyplonem (B5) największy przyrost plonu stwierdzono na poletkach uprawianych tradycyjnie nawożonych 10 t·ha⁻¹ obornika i międzyplonem bez słomy przedplonowej (B2).

Tabela 3

Plon korzeni buraka cukrowego (t·ha⁻¹) uzyskany w latach 2002–2004. RZD Swojec, AR Wrocław
Root yield in 2002–2004. Swojec Experimental Station, Wrocław Agricultural University

Systemy uprawy Cultivation systems		Plony korzeni Root yields			Średnio w latach 2002–2004 Average in 2002–2004	Średnio w stosunku do uprawy najtańszej – B5 (%) Average in relation to the cheapest cultivation – B5 (%)
nawożenie organiczne organic fertilization	zabiegi uprawowe cultivation	2002	2003	2004		
A i B	ZU					
A – słoma przedplonowa + międzyplon Straw + intercrop	1	64,45	82,90	99,25	82,20	114,72
	2	54,70	76,08	90,78	73,85	103,08
	3	71,40	68,18	89,08	76,22	106,38
	4	87,58	70,80	61,40	73,26	102,25
	5	84,93	78,50	78,98	80,80	112,78
A – średnio Average		72,61	75,29	83,90	77,27	107,84
B – międzyplon Intercrop	1	72,20	78,80	101,30	84,10	117,38
	2	59,90	94,33	98,88	84,37	117,75
	3	67,30	77,68	99,73	81,57	113,85
	4	84,55	87,60	63,73	78,63	109,74
	5	60,03	83,63	71,28	71,65	100,00
B – średnio Average		68,80	84,41	86,98	80,06	111,74
Zabiegi uprawowe Cultivation 1–5 – średnio Average	1	68,33	80,85	100,28	83,15	116,05
	2	57,30	85,21	94,83	79,11	110,41
	3	69,35	72,93	94,41	78,90	110,11
	4	86,07	79,20	62,57	75,94	105,99
	5	72,48	81,07	75,13	76,23	106,39
Średnia z doświadczenia Total average		70,70	79,85	85,44	78,67	109,79

NIR — LSD: A i B = n.i.; ZU = n.i.; A i B/ZU = n.i.; ZU/A i B = n.i.

Wielkość przychodu brutto zależna od wielkości plonu korzeni wynosiła średnio w badanym okresie od 10032 zł·ha⁻¹ na poletkach zaoranych wiosną, nawożonych słomą i międzyplonem ścierniskowym (A4) do 12 307 na obiekcie uprawianym tradycyjnie, nawożonym zmniejszoną dawką obornika i samym międzyplonem ścierniskowym (B2) (tab. 4). Również Kucińska i wsp. (2004) i Kucińska (2005) wykazali podobną zależność.

Tabela 4

**Nadwyżka bezpośrednia wyliczona metodą kalkulacji różnicowej, produkcji korzeni buraka
cukrowego z lat 2002–2004**
**Gross profit obtained with the use of differential calculation for the sugar beet root production in the
years 2002–2004**

Systemy uprawy Cultivation systems		Przychód brutto Gross income	Koszty zmienne Variable costs	Nadwyżka bezpośrednia Gross profit	Nadwyżka bezp. w stosunku do uprawy najtańszej – B5 Gross profit relation to the chipest cultivation B5
nawożenie organiczne organic fertilization	zabiegi uprawowe cultivation				
A i B	ZU	zł·ha ⁻¹			%
A – słoma przedplonowa + międzyplon Straw + intercrop	1	12021,94	990,75	11031,19	108,71
	2	10848,13	976,16	9871,97	97,29
	3	11045,36	330,31	10715,05	105,59
	4	10031,71	247,96	9783,74	96,42
	5	11346,66	86,24	11260,43	110,97
A – średnio Average		11058,76	526,29	10532,47	103,79
B – międzyplon Intercrop	1	12274,56	904,52	11370,04	112,05
	2	12307,05	889,92	11417,13	112,51
	3	11946,19	244,08	11702,11	115,32
	4	10758,49	161,73	10596,77	104,43
	5	10147,41	0,00	10147,41	100,00
B – średnio Average		11486,74	440,05	11046,69	108,86
Zabiegi uprawowe Cultivation 1–5 – średnio Average	1	12148,25	947,63	11200,62	110,38
	2	11577,59	933,04	10644,55	104,90
	3	11495,78	287,20	11208,58	110,46
	4	10395,10	204,85	10190,25	100,42
	5	10747,04	43,12	10703,92	105,48
Średnia z doświadczenia Total average		11272,75	483,17	10789,58	106,33

Nadwyżka bezpośrednia; Gross profit — NIR — LSD A i B = n.i.; ZU = n.i.; A i B/ZU = n.i.; ZU/A i B = n.i.

Koszty zmienne różnicujące poszczególne warianty doświadczenia wynosiły średnio 483 zł·ha⁻¹ i wahały się w granicach od 0 do 991 zł·ha⁻¹, przy czym najdroższy był wariant nawożenia słomą przedplonową z międzyplonem z uprawą jesienno-wiosenną: obornik 20 t·ha⁻¹ + ziemia + brona zębowa (A1), a najtańszy z uprawą konserwującą i samym międzyplonem ścierniskowym (B5).

Nadwyżka bezpośrednia, jako wypadkowa wartości produkcji i bezpośrednich kosztów produkcji, to najważniejsza cecha niezbędna do oceny ekonomicznej produkcji buraka cukrowego. Uzyskane wyniki umożliwiają wykazanie względnej opłacalności porównywanych ze sobą wariantów uprawy. W doświadczeniu nie stwierdzono istotnych różnic w wartości uzyskanej nadwyżki bezpośredniej pod wpływem badanych czynników. Wynosiła ona średnio 10790 zł·ha⁻¹ i wahała się w granicach od 9784 na obiekcie z orką wiosenną, międzyplonem i słomą (A4) do 11702 zł·ha⁻¹ na poletkach z uprawą tradycyjną nienawożonych obornikiem (B3). Najwyższą wartość nadwyżki bezpośredniej, większą o ponad 15% w stosunku do wariantu B5, w którym nie wykonano zabiegów różnicujących (koszty zmienne = 0 zł·ha⁻¹) uzyskano stosując międzyplon i ziemię bez nawożenia

naturalnego (B3). Postępujące uproszczenia uprawy powodowały tendencję do obniżania plonów korzeni i obniżki kosztów, nie wpływając na zmianę nadwyżki bezpośredniej.

WNIOSKI

1. Efektywność ekonomiczna produkcji surowca buraczanego w większym stopniu zależy od wielkości plonu korzeni niż od poniesionych kosztów uprawy.
2. Uproszczenia jesienno-wiosennej uprawy prowadzące do obniżenia kosztów produkcji nie przyczyniają się do zwiększenia opłacalności produkcji korzeni buraka cukrowego. Nadwyżka bezpośrednia nie zmienia się istotnie.

LITERATURA

- Artyszak A. 2006 a. Nadwyżka bezpośrednia produkcji buraka cukrowego a reforma rynku cukru. Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. Roczniki Naukowe. Tom VIII. Zesz. 1: 7 — 9.
- Artyszak A. 2006 b. Wpływ reformy rynku cukru na sytuację cukrownictwa i plantatorów buraka cukrowego w Polsce. Problemy rolnictwa światowego. T. XV, Wyd. SGGW, Warszawa: 11 — 15.
- Ceglarek F., Buraczyńska D., Piłza A. 1997. Ocena działania nawozowego obornika i międzyplonów wsiewek na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. Mat. konf. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”. SGGW, Warszawa: 126 — 127.
- Chudoba Ł. 2006. Produkcja buraków cukrowych. W: Rynek cukru — stan i perspektywy. Analizy rynkowe, nr 29, IERiGŻ — PIB, ARR, MRiRW, Warszawa: 11 — 15.
- Grontkowska A. 1998. Kalkulacje niepełne. Wieś Jutra, nr sygnałny: 31.
- Klepacki B. 2005. Ekonomiczne aspekty produkcji buraka cukrowego. W: Technologia produkcji buraka cukrowego. Red. Ostrowska D., Artyszak A. Wyd. Wieś Jutra Warszawa: 108 — 117.
- Klepacki B., Gołębiewska B. 2006. Opłacalność produkcji buraków cukrowych na tle działalności alternatywnych. W: Czy produkcja buraków cukrowych w Polsce w świetle reformy rynku cukru będzie opłacalna? Krajowy Związek Plantatorów Buraka Cukrowego, Katedra Ekonomiki i Gospodarstw Rolniczych SGGW, Wyd. Wieś Jutra Warszawa: 26 — 31.
- Klepacki B., Gołębiewska B. 2007. Opłacalność produkcji buraków cukrowych na tle innych działalności roślinnych. W: Alternatywne wykorzystanie buraka cukrowego w świetle reformy rynku cukru. Red. Artyszak A., Wyszyński Z. Wyd. Wieś Jutra Warszawa: 54 — 61.
- Kuc P., Zimny L. 2005. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego uprawianego w warunkach różnych systemów uprawy. Annales UMCS, Sec. E, 60: 133 — 143.
- Kucińska K. 2005. Wycena efektywności ekonomicznej nawożenia organicznego i azotem w produkcji buraka cukrowego. W: Technologia produkcji buraka cukrowego. Red. D. Ostrowska, A. Artyszak. Wieś Jutra: 61 — 65.
- Kucińska K., Artyszak A., Ostrowska D. 2004. Efektywność nawożenia buraka cukrowego (*Beta vulgaris altissima* Döll) różnymi nawozami organicznymi przy wzrastających dawkach azotu mineralnego. Biul. IHAR 234: 165 — 170.
- Muzalewski A. 2002. Koszty eksploatacji maszyn. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach rolniczych. Opłacalność zakupu i użytkowania oraz graniczne wykorzystanie maszyn rolniczych. Biul. nr 17, IBMER, Warszawa: 32 ss.
- Muzalewski A. 2003. Koszty eksploatacji maszyn. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach rolniczych. Opłacalność zakupu i użytkowania oraz graniczne wykorzystanie maszyn rolniczych. Biul. nr 18, IBMER, Warszawa: 39 ss.
- Muzalewski A. 2004. Koszty eksploatacji maszyn. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników rolniczych stosowanych w gospodarstwach rolniczych. Opłacalność zakupu i użytkowania oraz graniczne wykorzystanie maszyn rolniczych. Biul. nr 19, IBMER, Warszawa: 43 ss.

- Ostrowska D., Kucińska K. 1998. Reakce cukrove repy na různé formy organických hnojiv a stupnované dávky dusíku. Sborník z konference „Reparství 1998” AF CZU v Praze.
- Zimny L. 1997. Koszty produkcji buraka cukrowego w warunkach zróżnicowanych technologii uprawy. Mat. konf. „Postęp w uprawie buraka cukrowego i w jakości korzeni”. SGGW: 96 — 97.
- Zimny L., Gandecki R., Waławowicz R., Śniady R. 2005. Produkcyjność płodozmianu: burak cukrowy — pszenica jara — jęczmień ozimy uwarunkowana zróżnicowanym nawożeniem organicznym i wzrastającymi dawkami azotu mineralnego. Annales UMCS, Sec. E, 60: 237 — 248.

SYLWIA KACZMAREK**ROMAN KRAWCZYK**

Zakład Herbolgii i Techniki Ochrony Roślin

Instytut Ochrony Roślin, Poznań

Regulacja zachwaszczenia w uprawie gryki zwyczajnej (*Fagopyrum esculentum* Moench.) odmiany Kora

Infestation control in cultivation of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) cv. Kora

Gryka należy do upraw małoobszarowych, dla których nie ma zarejestrowanych herbicydów. Jest rośliną wrażliwą na większość stosowanych preparatów przeznaczonych do zwalczania chwastów dwuliściennych. W Instytucie Ochrony Roślin w Poznaniu podjęto próbę znalezienia środków, które mogłyby być ujęte w programie ochrony gryki przed chwastami. W przeprowadzonych doświadczeniach oceniano selektywność herbicydów doglebowych — Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) w dawkach 1,0 i 1,2 l/ha, Racer 250 EC (flurochloridon) w dawkach 1,0 i 1,2 l/ha, Devrinol 450 SC (napropamid) w dawkach 2,0 i 2,5 l/ha oraz herbicydu nalistnego Nimbus 283 SE (chlomazon + metazachlor) stosowanego w dawce 2,5 l/ha. Wszystkie oceniane środki powodowały przejściowe uszkodzenia roślin, które zanikały w miarę wzrostu rośliny uprawnej. Najbardziej selektywnym preparatem był Devrinol 450 SC w obu ocenianych dawkach.

Słowa kluczowe: gryka, zachwaszczenie

Buckwheat is one of the minor crops cultivated in Poland and there are no registered herbicides for this crop. Buckwheat plants are very sensitive to majority of herbicides which control broad-leaved weeds. The main goal of the research carried out in the years 2005–2006 at the Institute of Plant Protection in Poznań (Poland) was the evaluation of usefulness of selected herbicides. The tested products were following: Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) at doses 1.0 and 1.2 l/ha, Racer 250 EC (flurochloridone) at doses 1.0 and 1.2 l/ha, Devrinol 450 SC (napropamide) at doses 2.0 and 2.5 l/ha applied after sowing and Nimbus 283 SE (clomazone + metazachlor) applied at 3–4 leaf stage of buckwheat, at dose 2.5 l/ha. Data indicate that all assessed herbicides caused temporary injuries. The most selective was Devrinol 450 SC at both doses.

Key words: buckwheat, minor crops, weed control

WSTĘP

Gryka jest rośliną alternatywną w odniesieniu do innych gatunków zbóż. Do roślin zbożowych zaliczana jest ze względu na sposób uprawy i użytkowania plonu (Ścigalska, 2004). Jak wskazuje literatura rośliny gryki wykazują właściwości allelopatyczne (Mazurek, Wielgo, 2001; Kalinová i in., 2004; Golisz i in., 2002), ponadto charakteryzują się szybkim wzrostem i korzystnym pokrojem, co utrudnia wzrost chwastów. Pomimo wysokiej konkurencyjności gryki stosowanie chemicznych metod odchwaszczania plantacji jest konieczne. Zwalczanie chwastów w uprawie gryki jest utrudnione, ponieważ należy ona do roślin małoobszarowych, dla których nie ma zarejestrowanych herbicydów. Jest również wrażliwa na większość stosowanych środków zwalczających chwasty dwuliścienne, których selektywność w dużej mierze uzależniona jest od warunków glebowo-klimatycznych (Pawłowska i in., 1999).

Jak podaje Ustawa o Ochronie Roślin (Dz. U. z dnia 27 stycznia 2004 r.) środki ochrony roślin mogą być stosowane tylko w tych uprawach, dla których są zarejestrowane. Wprawdzie ustawa ta przewiduje w pewnych przypadkach możliwość stosowania środków nie zarejestrowanych (Art. 40. 1., Art. 49. 1., Art. 53. 1.) jednak nie zapewnia ochrony roślinom małoobszarowym w dłuższym okresie czasu.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2005–2006 w Instytucie Ochrony Roślin w RZD Winna Góra przeprowadzono polowe badania, w których oceniano przydatność wybranych herbicydów w uprawie gryki zwyczajnej odmiany Kora. Odmiana ta zaliczana jest do średnio wczesnych o dobrej odporności na wiosenne chłody i okresowe susze. Jest odmianą skłonną do osypywania, ale rośliny jej charakteryzują się mniejszą tendencją do wylegania.

W roku 2005 przedplonem dla gryki był owies, doświadczenie zlokalizowano na glebie płowej, wytworzonej z piasków słabo gliniastych, klasy bonitacyjnej III a o odczynie gleby 6,0 i zawartości substancji organicznej 1,76%. Gryka wysiewana była w maju, a jej zbiór przeprowadzono we wrześniu. Norma wysiewu orzeszków gryki wynosiła 40 kg/ha. Przed siewem rośliny uprawnej zastosowano Amofosmag (NPKMg 4-15-15-2) w dawce 400 kg/ha, a w trakcie wegetacji saletrę amonową (N — 34%), dwukrotnie w dawce 130 kg/ha. Zabiegi herbicydowe wykonano (w obu latach badań) plecakowym opryskiwaczem Gloria z rozpylaczami typu TeeJet 11003XR przy ciśnieniu roboczym 2 bar i wydatku cieczy użytkowej 200 l/ha. W czasie zabiegów doglebowych temperatura powietrza wynosiła 22,4°C a wilgotność powietrza 61,0%, natomiast w czasie zabiegu nalistnego odpowiednio 20,7°C oraz 64,1%.

W 2006 roku przedplonem dla gryki były ziemniaki, poletka doświadczenia założone zostały na glebie płowej wytworzonych z piasków średnio gliniastych, klasy bonitacyjnej IV a o odczynie 5,7 i zawartości substancji organicznej 1,61%. Siew i zbiór wykonano w tych samych miesiącach, co w roku 2005. Norma wysiewu orzeszków gryki wynosiła 32,5 kg/ha. Przed siewem rośliny uprawnej zastosowano Amofosmag (NPKMg 4-15-15-2) w dawce 400 kg/ha, a w okresie wegetacji saletrę wapniowo-amonową (N — 27%),

jednokrotnie w dawce 220 kg/ha. W dniu zabiegów doglebowych temperatura powietrza wynosiła 13,6°C a wilgotność powietrza 73,10%, podczas zabiegu nalistnego odpowiednio 23,0°C i 74,4%.

Przed zbiorem rośliny uprawnej (ok. 7 dni) wykonano desykację gryki środkiem Reglone Turbo 200 SL w dawce 2 l/ha.

Do ocenianych herbicydów zaliczały się preparaty doglebowe (To): Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) w dawkach 1,0 i 1,2 l/ha, Racer 250 EC (flurochloridon) w dawkach 1,0 i 1,2 l/ha i Devrinol 450 SC (napropamid) w dawkach 2,0 i 2,5 l/ha oraz środek nalistny (T1) Nimbus 283 SE (chlomazon + metazachlor) stosowany w fazie 3–4 liści rośliny uprawnej w dawce 2,5 l/ha. Badane substancje aktywne, ze względu na sposób działania, zaliczane są do trzech grup: inhibitorów fotosyntezy (linuron), inhibitorów syntezy pigmentów (flurochloridon, chlomazon) oraz inhibitorów wzrostu siewek (napropamid, metazachlor). Działanie inhibitorów fotosyntezy polega na blokowaniu przepływu elektronów w fotosystemie II, w wyniku czego energia świetlna nie zostaje przekształcona w niezbędną roślinom energię chemiczną. Inhibitory syntezy pigmentów pobierane są przez korzenie i przemieszczane w ksylemie do liści. Charakterystycznym objawem działania środków z tej grupy jest bielenie tkanek roślinnych, a w ich efekcie nekrozy i zasychanie roślin. Inhibitory wzrostu siewek wykazują działanie na kielkujące i wschodzące rośliny. Należące do grupy amidów napropamid i metazachlor nie są zbyt łatwo przemieszczane w roślinie. Zakłócają procesy podziału komórek w stożkach wzrostowych pędów i korzeni (Praczyk, 2003).

Fitotoksyczny wpływ substancji aktywnych na roślinę uprawną oceniano wizualnie w procentach, porównując rośliny na poletkach zabiegowych z roślinami rosnącymi na obiektach kontrolnych (bez herbicydu). Obserwacje wykonano trzykrotnie w trakcie wegetacji roślin (I — ok. 2 tygodnie od zabiegu To, II — ok. 4–6 tygodni po zabiegu To, III — przed zbiorem).

Skuteczność zwalczania chwastów określano wizualnie i wyrażono w procentach w porównaniu do obiektu kontrolnego, na którym nie prowadzono żadnej ochrony chemicznej przed chwastami (kontrola absolutna). Na poletkach kontrolnych gatunki chwastów zostały policzone na powierzchniach próbnych, wyznaczonych losowo za pomocą ramki (4 rzuty ramką o wymiarach $0,25 \times 1,0 \text{ m}^2$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Oceniane herbicydy powodowały przejściowe uszkodzenia roślin (tab. 1). Objawami działania preparatów były głównie przebarwienia roślin, ale także niewielkie zahamowanie ich wzrostu. Notowane podczas pierwszej obserwacji uszkodzenia rośliny uprawnej ustępowały w miarę upływu czasu od zastosowanego zabiegu chemicznego odchwaszczania. Przed zbiorem gryki nie zaobserwowano zewnętrznych objawów działania preparatów. Relatywnie najniższe uszkodzenia rośliny uprawnej podczas pierwszej obserwacji powodował Devrinol 450 SC stosowany w dawkach 2 i 2,5 l/ha, a najsilniejsze Racer 250 EC w dawce 1,2 l/ha. Niekorzystny wpływ substancji aktywnych linuron oraz flurochloridon na odmiany gryki Kora, Hruszowska i Emka stwierdził w doświadczeniach

Szczukowski (1999). Pawłowska i wsp. (1999) podają, że substancja napropamid powodowała bardzo silne uszkodzenia roślin gryki, jeśli aplikacja zbiegała się z zimną i deszczową wiosną. W tych samych doświadczeniach stwierdzono również negatywny wpływ na roślinę uprawną stosowanej substancji flurochloridon. Potwierdza to tezę, że wrażliwość gryki na stosowane środki może być większa w sezonie, w którym panują niekorzystne dla jej wzrostu i rozwoju warunki pogodowe. Inne rezultaty w odniesieniu do substancji flurochloridon uzyskali Friesen i Campbell (1986). Autorzy ci potwierdzili przydatność tej substancji w odchwaszczaniu gryki.

Tabela 1

Ocena fitotoksycznego wpływu herbicydów na rośliny gryki zwyczajnej
Phytotoxicity assessment of herbicides on *Fagopyrum esculentum* plants

Obiekty Objects	Dawka (l; kg/ha) Dose (l; kg/ha)	Termin stosowania Time of application	Uszkodzenia (%) Injuries (%)			Plon orzeszków Nutlets yield (t/ha)
			obserwacje — observations			
			I	II	III	
Kontrolny — Control	—	—	0	0	0	0,33
Afalon Dysp. 450 SC	1,0	To	1,0	0,2	0	0,53
Afalon Dysp.450 SC	1,2	To	1,3	0,1	0	0,45
Racer 250 SC	1,0	To	7,4	0,2	0	0,35
Racer 250 SC	1,2	To	8,2	0,2	0	0,28
Devrinol 450 SC	2,0	To	0,3	0	0	0,40
Devrinol 450 SC	2,5	To	0,2	0	0	0,40
Nimbus 283 SE	2,5	T1	—	13,3	0	0,43
NIR — LSD (0.05)						r.n.

Objaśnienia — Explanations:

To — Doglebowo; Soil application; T1 — Nalistnie (3-4 liści gryki); Leaf application (3-4 leaves of buckwheat)

Uszkodzenia — Injuries: odbarwienia liści / zahamowanie wzrostu; Bleached leaves / plant growth retardation

r.n. — Różnice nieistotne; Not significant differences

Negatywny wpływ środków nie przyczynił się do obniżenia plonów orzeszków gryki, gdyż były one prawie na wszystkich obiektach zabiegowych (z wyjątkiem poletek traktowanych herbicydem Racer 250 EC 1,2 l/ha) wyższe niż plony uzyskane na obiekcie kontrolnym. Różnice te nie zostały jednak potwierdzone statystycznie. Plon orzeszków w omawianych doświadczeniach wahał się na obiektach herbicydowych w granicach 0,28–0,53 t/ha. Jest to plon niższy niż uzyskany w badaniach przez innych autorów (Sadowski, Sławiński, 2006; Wesołowski, Łuszczak, 2006; Szczukowski i in., 1999). W literaturze podkreśla się ujemny wpływ niekorzystnych warunków pogodowych na wysokość plonu orzeszków gryki (Songin, Bury, 2001; Liszewski, 1999). Jak podaje Songin (2003) zapotrzebowanie gryki na opady atmosferyczne zmienia się w czasie wegetacji i wynosi: od zasiewu do początku kwitnienia oraz w okresie kwitnienia – 70 mm, a podczas dojrzewania nasion – 15 mm. W badaniach własnych suma opadów w miesiącach od maja do września wyniosła ok. 235 mm (tab. 3). Najbardziej suchym miesiącem był czerwiec, w którym notowano zaledwie 9,4 mm opadów.

W przeprowadzonych doświadczeniach dominującymi gatunkami chwastów były: *Chenopodium album* (24 szt./m²), *Amaranthus retroflexus* (20 szt./m²) oraz *Echinochloa*

crus-galli (19 szt./m²) (tab. 2). W mniejszym nasileniu wystąpiły: *Polygonum aviculare*, *Galium aparine*, *Thlaspi arvense* oraz *Fallopia convolvulus* (2–10 szt./m²).

Tabela 2

Skuteczność chwastobójcza herbicydów w uprawie gryki zwyczajnej
Weed control efficacy of herbicides in *Fagopyrum esculentum*

Obiekty Objects	Dawka (l; kg/ha) Dose (l; kg/ha)	Skuteczność (%) Efficacy (%)						
		CHEAL	AMARE	POLAV	GALAP	THLAR	FALCO	ECHCG
Kontrolny — Control (szt./m2)	—	24	20	10	4	2	2	19
Afalon Dysp. 450 SC	1,0	93	100	83	55	100	83	43
Afalon Dysp.450 SC	1,2	93	100	88	50	100	98	38
Racer 250 SC	1,0	94	99	68	66	100	80	38
Racer 250 SC	1,2	89	99	67	68	100	85	37
Devrinol 450 SC	2,0	78	94	61	58	100	66	44
Devrinol 450 SC	2,5	79	88	58	68	100	65	48
Nimbus 283 SE	2,5	93	90	60	70	100	63	54
CHEAL — <i>Chenopodium album</i>	AMARE — <i>Amaranthus retroflexus</i>	POLAV — <i>Polygonum aviculare</i>						
GALAP — <i>Galium aparine</i>	THLAR — <i>Thlaspi arvense</i>	FALCO — <i>Fallopia convolvulus</i>						
ECHCG — <i>Echinochloa crus-galli</i>								

Tabela 3

Warunki pogodowe w trakcie trwania sezonu wegetacyjnego gryki
Weather conditions during buckwheat vegetation season

Miesiące Months	Temperatura Temperature (°C)	Opady Rainfall (mm)
Maj — May	13,9	57,5
Czerwiec — June	18,1	9,4
Lipiec — July	22,3	32,8
Sierpień — August	17,6	90,6
Wrzesień — September	16,8	45,0
Srednia — Mean	17,7	
Suma — Total		235,2

Najwyższą skutecznością chwastobójczą charakteryzował się Afalon Dyspersyjny 450 SC w obu ocenianych dawkach. Preparat ten bardzo skutecznie zwalczał dominujące gatunki chwastów dwuliściennych, jakimi były *Chenopodium album* oraz *Amaranthus retroflexus*. Procent zniszczenia chwastów dwuliściennych po aplikacji środka Afalon Dyspersyjny 450 SC przekroczył 85%. Nieco słabiej chwasty dwuliścienne zwalczał Racer 250 EC (ok. 84% skuteczności chwastobójczej).

WNIOSKI

1. Badane herbicydy powodowały przejściowe uszkodzenia rośliny uprawnej.
2. Relatywnie najslabsze uszkodzenia roślin odnotowano po zastosowaniu preparatu Devrinol 450 SC w obu ocenianych dawkach.
3. Fitotoksycznymi objawami obserwowanymi w uprawie gryki były przebarwienia roślin oraz zahamowanie wzrostu.

4. Najwyższą skutecznością chwastobójczą w odniesieniu do chwastów dwuliściennych charakteryzowały się środki Afalon Dyspersyjny 450 SC i Racer 250 EC w obu ocenianych dawkach.

LITERATURA

- Friesen G. H., Campbell C. G. 1986. Common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) tolerance to herbicides. *Weed Sci.* 34: 435 — 439.
- Golis A., Gawrońska H., Gawroński S.W. 2004. Allelopathic activity of buckwheat: Identification of biological active substances using HPLC. Second European Allelopathy. Symposium Allelopathy — from understanding to application. 3rd — 5th June 2004, Pulawy, Poland.
- Kalinová J., Triska J., Verchotová N. 2004. Phenolic compounds in buckwheat herb extract and their biological activity. Second European Allelopathy. Symposium Allelopathy — from understanding to application 3rd — 5th June 2004, Pulawy, Poland.
- Liszewski M. 1999. Reakcja gryki na wczesny termin siewu w zależności od zróżnicowanych warunków atmosferycznych. *Fol. Univ. Agric. Stein., Agricultura* 202: 139 — 142.
- Mazurek J., Wielgo B. 2001. Allelopatyczne oddziaływanie gryki z wybranymi gatunkami chwastów. *Zesz. Nauk. AR Kraków*, 85: 83 — 93.
- Pawłowska J., Dietrich-Szóstak D., Kukuła S. 1999. Chemical weed control in buckwheat and its effect on yield. *Biul. Nauk.* 4: 93 — 99.
- Praczyk T. 2003. Diagnostyka uszkodzeń herbicydowych roślin rolniczych. PWRiL, 144 ss.
- Sadowski W., Sławiński K. 2006. Porównanie technologii i opłacalności uprawy gryki w gospodarstwie konwencjonalnym i ekologicznym. *Journal of Research and Agricultural Engineering* 51 (2): 154 — 156.
- Songin H., Bury M., 2001. Rozwój i plonowanie gryki w zależności od terminu, gęstości siewu i rozstawy rzędów na Pomorzu Zachodnim. *Zesz. Nauk AR w Krakowie* 392: 103 — 108.
- Songin H. (pod red. Jasińska Z., Kotecki A.). 2003. Szczegółowa Uprawa Roślin. I. Rośliny Zbożowe. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu. 510 ss.
- Szczukowski S., Tworowski J., Kwiatkowski J. 1999. Plonowanie gryki na glebie kompleksu pszenno-dobrego. *Biul. Nauk.*, 4: 83 — 91.
- Ścigalska B. 2004. Biologiczne i siedliskowe uwarunkowania uprawy gryki w Polsce. *Post. Nauk Rol.* 1: 93 — 109.
- Ustawa o ochronie roślin z dnia 18 grudnia 2003 r. (Dz. U. z dnia 27 stycznia 2004 r.).
- Wesołowski M., Juszcak T. 2006. Plonowanie gryki w plonie głównym i wtórnym. *Annales UMCS, Sec. E*, 61: 9 — 18.

ZBIGNIEW BRODA**AGNIESZKA DOBRZYCKA**Katedra Genetyki i Hodowli Roślin
Akademii Rolniczej w Poznaniu

Badanie samoniezgodności oraz podobieństwa genetycznego zróżnicowanych genotypowo form lucerny (*Medicago sativa* L.)

The study of self-incompatibility and genetic similarity of genetically differentiated forms of alfalfa (*Medicago sativa* L.)

Celem pracy było określenie podobieństwa genetycznego 16 zróżnicowanych populacji lucerny za pomocą markerów molekularnych RAPD — PCR oraz ocena stopnia ich samoniezgodności. Badane obiekty utworzyły cztery grupy podobieństwa genetycznego, które wynosiło od 42% do 75%. Populacje o podobnym stopniu samoniezgodności nie znalazły się w tej samej grupie podobieństwa genetycznego. W celu zbadania samoniezgodności obserwowano wnikanie łagiewek pyłkowych do zalążni przy pomocy mikroskopu fluorescencyjnego. Na tej podstawie wyróżniono 4 populacje o wysokiej samoniezgodności (populacja Syn 7-3, linia F, mieszańiec $F \times B_{10}$, mutant 'tf') i 5 populacji o niskiej samoniezgodności (populacja Syn 9-3, linia B_{10} , mieszańiec $B_{10} \times F$, odmiana Ulstar i mutant 'lp').

Słowa kluczowe: lucerna, samoniezgodność, markery RAPD, podobieństwo genetyczne

The study purpose was to analyse genetic similarity between 16 populations of alfalfa using RAPD molecular markers and to describe their self-incompatibility. The examined objects formed four groups of genetical similarity, which ranged from 42% to 75%. The populations with similar level of self-incompatibility were not in the same group of genetical similarity. To study the self-incompatibility effects, penetration of pollen tubes into the ovaries was observed with the use of fluorescence microscope. According to this, four populations with high self-incompatibility (population Syn 7-3, line F, hybrid $F \times B_{10}$, mutant 'tf') and five populations with low self-incompatibility (population Syn 9-3, line B_{10} , hybrid $B_{10} \times F$, Ulstar and mutant 'lp') were distinguished.

Key words: alfalfa, self-incompatibility, RAPD markers, genetic similarity

WSTĘP

Lucerna jest jedną z bardziej cenionych wieloletnich roślin pastewnych, dostarczającą bardzo dużą ilość suchej i zielonej masy z hektara. Zielona masa z lucerny cechuje się wysoką zawartością składników pokarmowych, w tym białka, które odznacza się ponadto

bardzo korzystnym składem aminokwasowym. Wysoka wartość białka zawartego w lucernie daje powody, aby rozpatrywać ją jako bardzo ważny element przy produkcji pasz. Powierzchnia uprawy lucerny w Polsce ulega, w zależności od roku, dość znacznym wahaniom. Przeszkodą ku szerszemu rozpowszechnieniu upraw lucerny jest brak nasion. Szacuje się, że zaledwie 5% zapotrzebowania na nasiona pokrywa produkcja krajowa, pozostałe 95% pochodzi z importu. Z tego względu poszukiwania genotypów i odmian o dobrym wiązaniu nasion wydają się uzasadnione.

Plon nasion u lucerny zależy w znacznym stopniu od warunków klimatycznych. Bardzo duży wpływ ma zwłaszcza temperatura i czas nasłonecznienia oraz suma opadów w okresie kwitnienia, wiązania i dojrzewania strąków. W niekorzystnych warunkach klimatycznych obserwować można wzrost liczby samozapylen kwiatów, co może spowodować mniejszą liczbę zawiązywanych nasion (Bodzon, 2005). Stopień samozgodności, a za tym frekwencja samozapylen uwarunkowana jest również właściwościami danego genotypu.

W niniejszej pracy zbadano samoniezgodność 16 zróżnicowanych populacji lucerny oraz określono ich podobieństwo genetyczne przy użyciu markerów molekularnych RAPD. Przeprowadzone badania miały na celu również sprawdzenie, czy genotypy o podobnym stopniu samoniezgodności znajdują się w tej samej grupie podobieństwa genetycznego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny stanowiło 16 populacji lucerny siewnej (*Medicago sativa* L. sl.), pochodzące ze zbiorów Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Poznaniu. Obiektami badań były:

- 2 ekotypy (27, 212);
- 4 odmiany (Radius, Du Puits, Sitel, Vernal);
- 2 populacje syntetyczne (Syn 9-3, Syn 7-3);
- 2 linie wsobne, pokolenie wsobne S5 (B₁₀, F);
- 2 mieszańce pojedyncze (B₁₀ x F, F x B₁₀);
- 3 mutanty: 'lp' - długogroniasty, 'br' - wiechowaty, 'tf' – samokończący;
- odmiana Ulstar – długogroniasta odmiana syntetyczna, wyhodowana przy udziale mutantu 'lp'.

Każdy z badanych obiektów reprezentowany był przez 10 roślin, rosnących w warunkach szklarniowych. Do obserwacji wzrostu łagiewek pyłkowych pobierano kwiaty, na których dokonywano zapylenia pyłkiem innej rośliny pochodzącej z tego samego obiektu (zapylenie siostrzane). Zapylenia te powtarzano 6 razy dla każdego z czterech wariantów czasowych (4, 8, 24 i 48 godzin). Kwiaty po zapyleniu utrwalano w utrwalaczu przygotowanym z alkoholu etylowego, chloroformu i kwasu octowego (6:3:1). Następnie wypreparowano słupki z kwiatów, macerowano je w NaOH, a następnie barwiono błękitem anilinowym i zamykano preparaty gliceryną. Obserwacje prowadzono przy pomocy mikroskopu fluorescencyjnego. Na obserwowanych preparatach liczono

liczbę łagiewek na znamieniu słupka (czyli liczbę kiełkujących ziaren pyłku), liczbę łagiewek w szyjce słupka, w załączni oraz liczbę łagiewek wnikających do załączków.

Otrzymywanie markerów molekularnych RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA)

Genomowy DNA z badanych genotypów lucerny izolowano zmodyfikowaną metodą Thompsona i Henry'ego (1995). Dyski liściowe o powierzchni 2 mm² traktowano 200 µl buforu TPS o składzie: 100 mM Tris HCl o pH 9,5; 1 M KCl; 10 mM EDTA. Inkubację przeprowadzono w probówkach Eppendorfa, w łaźni wodnej w temperaturze 95°C przez 15 minut.

Reakcję łańcuchową polimerazy (PCR) przeprowadzono w objętości 12,5 µl mieszaniny o składzie: woda dejonizowana; 1 M Tris HCl o pH 8,3; 25 mM MgCl₂; BSA; 2 mM dNTP; starter — 5 pmoli/µl; Taq polimeraza — 5 U/µl, ekstrakt DNA — 25 ng/µl. Taq polimeraza pochodziła z firmy MBI-Fermentas, pozostałe odczynniki pochodziły z firmy SIGMA.

Amplifikację DNA przeprowadzono za pomocą termocyklera T3 Biometra firmy Polygen. Po wyjęciu prób z termocyklera do każdej z nich dodano 1 µl barwnika (błękit bromofenolowy; sacharoza; woda dejonizowana)

Elektroforezę produktów amplifikacji przeprowadzono w 1,5% żelu agarozowym o składzie: 1,5 g agarozy; 100 ml buforu TBE1 × (10,8 g Tris base; 5,5 g kwas borowy; 4 ml 0,5 M EDTA pH 8,0); 1 µl bromku etydyny.

Analiza umożliwiająca określenie podobieństwa pomiędzy badanymi populacjami lucerny w formie dendrogramu została sporządzona przy użyciu programu komputerowego UVIMAP wykorzystującego funkcję Nei i Li (1979).

$$GS = \frac{2nxy}{(nx + ny)},$$

gdzie:

2 nxy = liczba prążków w obu genotypach,

nx i ny to liczba prążków charakterystycznych dla danego genotypu,

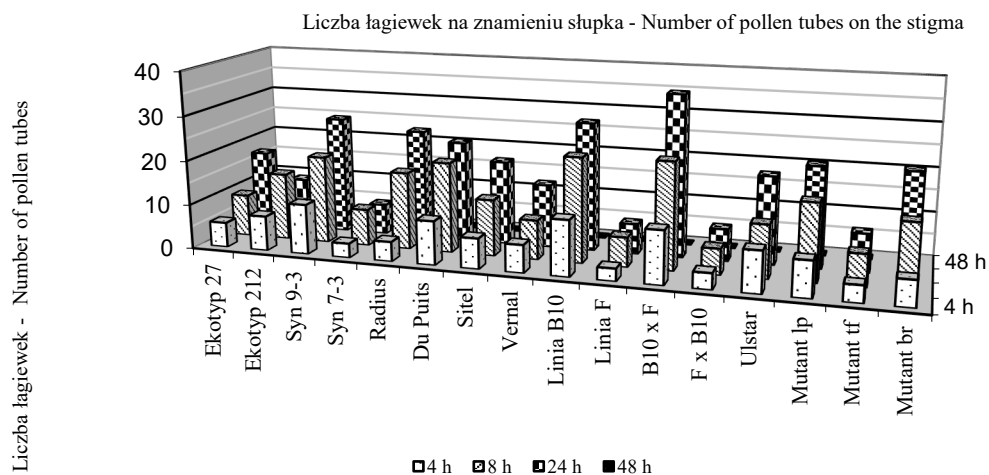
wartość GS jest indeksem podobieństwa pomiędzy dwoma badanymi genotypami.

WYNIKI

Przeprowadzone obserwacje łagiewek pyłkowych wykazały, że ich kiełkowanie na znamieniu następuje już po 4 godzinach od momentu zapylenia. Po 8 godzinach w większości przypadków obserwowano łagiewki w szyjce, a u niektórych obiektów w załączni. Wnikanie łagiewek do załączków następowało przeważnie po 24 godzinach. Liczenie łagiewek na znamieniu po 48 godzinach było dość utrudnione, gdyż po takim czasie fluoryzują one na znamieniu bardzo słabo, podczas gdy w głębszych partiach słupka są dobrze widoczne.

Liczba kiełkujących łagiewek obserwowanych na znamieniu słupka zmieniała się w zależności od czasu, jaki minął od zapylenia. W preparatach przygotowanych ze słupków utrwalanych po 4 godzinach od zapylenia liczba łagiewek była niewielka, wahała się od 2,8 sztuk u linii F do 12,4 sztuk u linii B₁₀ (rys. 1). Po 8 godzinach od zapylenia

największą liczbę łagiewek obserwowano u linii B₁₀ (23,4) oraz u mieszańca B₁₀ × F (23,8). Największą liczbę kielkujących ziaren pyłku obserwowano po 24 godzinach od zapylenia wahała się ona od 36,2 u mieszańca B₁₀ × F do 6,8 u populacji Syn 7-3 oraz linii F.

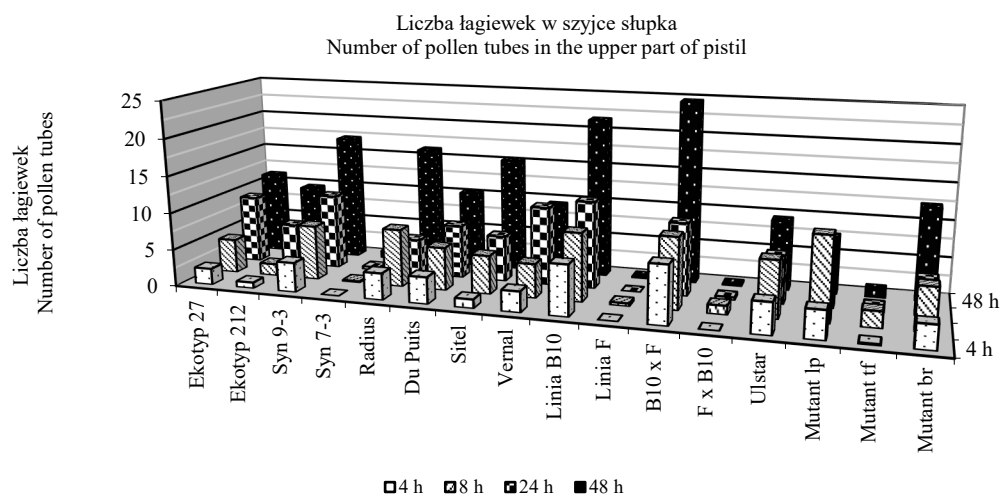


Rys. 1. Liczba łagiewek na znamieniu słupka (liczba kielkujących ziaren pyłku) obserwowanych w różnych odstępach czasowych od momentu zapylenia

Fig. 1. Number of pollen tubes on the stigma (number of germinating pollen grains) observed after different time periods from the pollination

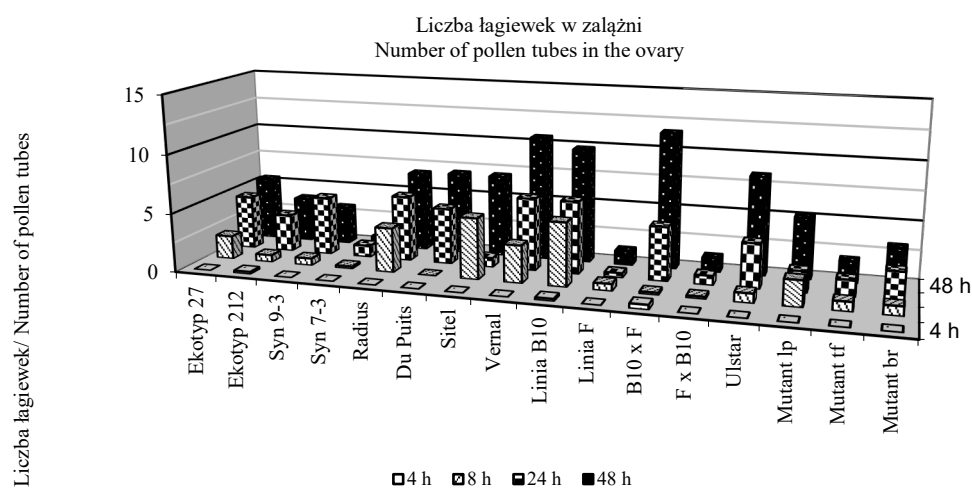
Liczba łagiewek w szyjce słupka była najniższa w preparatach sporządzonych po 4 godzinach od zapylenia — w populacji Syn 7-3, linii F i mieszańca F × B₁₀ nie zaobserwowano ich w ogóle, najwięcej pojawiło się u mieszańca B₁₀ × F — 7,8 (rys. 2). Po 8 godzinach ich liczba była wyższa — od 0,2 u populacji Syn 7-3 do 11,2 u mutantu 'lp'. Po 24 godzinach najmniejszą liczbę łagiewek obserwowano u linii F — 0,2, największą u linii B₁₀ — 11,8. Największą liczbę łagiewek w szyjce słupka obserwowano po 48 godzinach; wahała się ona od 0,2 u linii F i mieszańca F × B₁₀ do 24,6 u mieszańca B₁₀ × F.

Liczba łagiewek w zalążni obserwowana w preparatach przygotowanych ze słupków utrwalanych po 4 godzinach od zapylenia była niska — u większości obiektów nie zaobserwowano ich w ogóle, oprócz linii B₁₀ (0,2) oraz mieszańca B₁₀ × F (0,4) (rys. 3). Po 8 godzinach od zapylenia u odmiany Du Puits nie zaobserwowano łagiewek w zalążni, natomiast największa ich liczba była u linii B₁₀ — 5,4. Po 24 godzinach liczba łagiewek wnikaających do zalążni wynosiła od 0,4 u linii F do 11,8 u linii B₁₀. Najwięcej łagiewek w zalążni obserwowano po 48 godzinach od zapylenia. Liczba ta wahała się od 0,8 u populacji Syn 7-3 do 11,6 u mieszańca B₁₀ × F.



Rys. 2. Liczba łagiewek w szyjce słupka obserwowanych w różnych odstępach czasowych od momentu zapylania

Fig. 2. Number of pollen tubes in the upper part of pistil after different time periods from the pollination

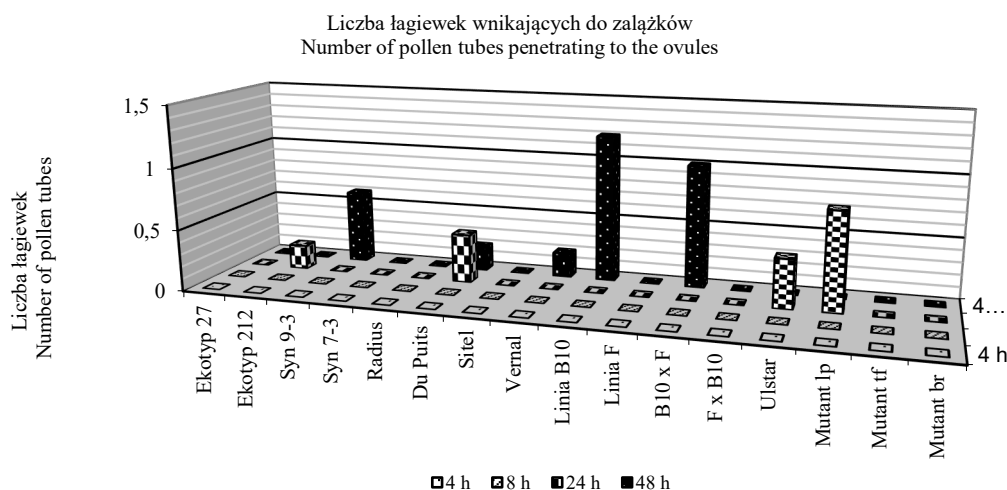


Rys. 3. Liczba łagiewek w zalążni obserwowanych w różnych odstępach czasowych od momentu zapylania

Fig. 3. Number of pollen tubes in the ovary after different time periods from the pollination

W preparatach przygotowanych ze słupków utrwalanych po 4 i 8 godzinach od zapylania w ogóle nie obserwowano wnikania łagiewek do zalążków (rys. 4). Pojedyncze wnikające łagiewki zaobserwowano po 24 (ekotyp 212, odmiana Du Puits, odmiana Ulstar

oraz mutant 'lp') oraz 48 godzinach (populacja Syn 7-3, odmiana Du Puits, linia B₁₀ oraz mieszańce B₁₀ × F).



Rys. 4. Liczba łagiewek wnikaających do zalążków obserwowanych w różnych odstępach czasowych od momentu zapylenia

Fig. 4. Number of pollen tubes penetrating to the ovules after different time periods from the pollination

Spośród badanych obiektów cztery wykazały duży stopień samoniezgodności: populacja syntetyczna Syn 7-3, linia F, mieszańce $F \times B_{10}$, mutant 'tf'. W przypadku tych obiektów obserwowano nieliczne (od 2 do 8) ziarna pyłku kiełkujące na znamieniu słupka (rys. 1). W zalążni obserwowano pojedyncze łagiewki (najwyżej 0,8), które z reguły nie wnikały do zalążków (rys. 4).

Niższym niż inne obiekty stopniem samoniezgodności charakteryzowały się populacja syntetyczna Syn 9-3, linia B₁₀, mieszańce $B_{10} \times F$, odmiana Ulstar i mutant 'lp'. W przypadku tych obiektów łagiewki kiełkujące na znamieniu były bardzo liczne — średnio od 10 do 30 (rys. 1). Dużą ilość łagiewek obserwowano również w szyjce słupka oraz w zalążni, miały one postać szerokiej wiązki. Po 24 lub 48 godzinach dało się zaobserwować wnikanie pojedynczych łagiewek do zalążków (rys. 4). W przypadku, gdy obserwowano wnikanie łagiewek do zalążków, kierowały się one przeważnie do środkowych zalążków.

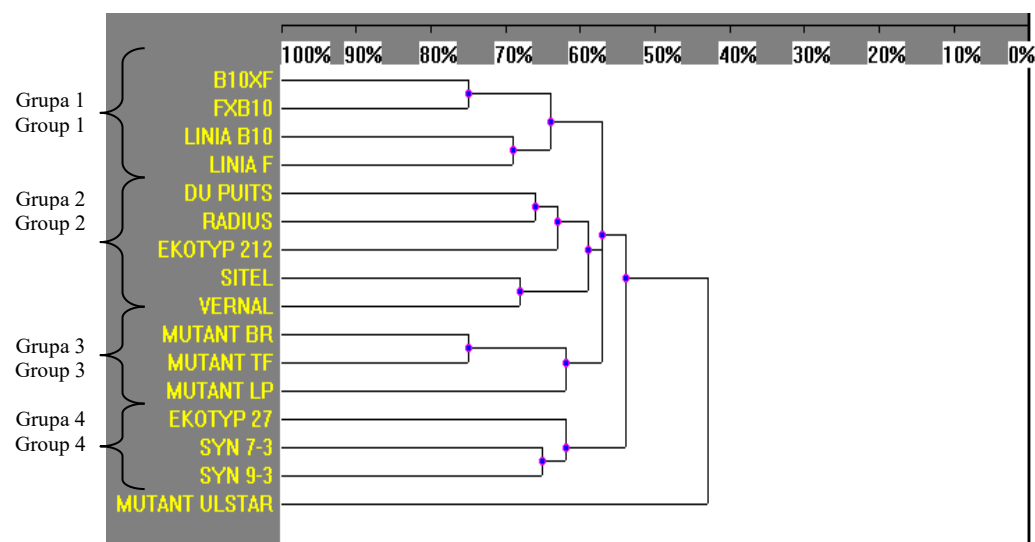
Spośród 85 testowanych starterów oligonukleotydowych, 10 generowało wysoki polimorfizm (90 prążków polimorficznych), który pozwolił na określenie podobieństwa genetycznego pomiędzy badanymi genotypami lucerny. Startery oraz ich sekwencje nukleotydowe ujawniające polimorfizm zamieszczono w tabeli 1.

Analiza dendrogramu (rys. 5) wykreślonego na podstawie indeksu podobieństwa pozwoliła na określenie dystansu genetycznego pomiędzy badanymi genotypami lucerny. Utworzyły one cztery grupy podobieństwa genetycznego.

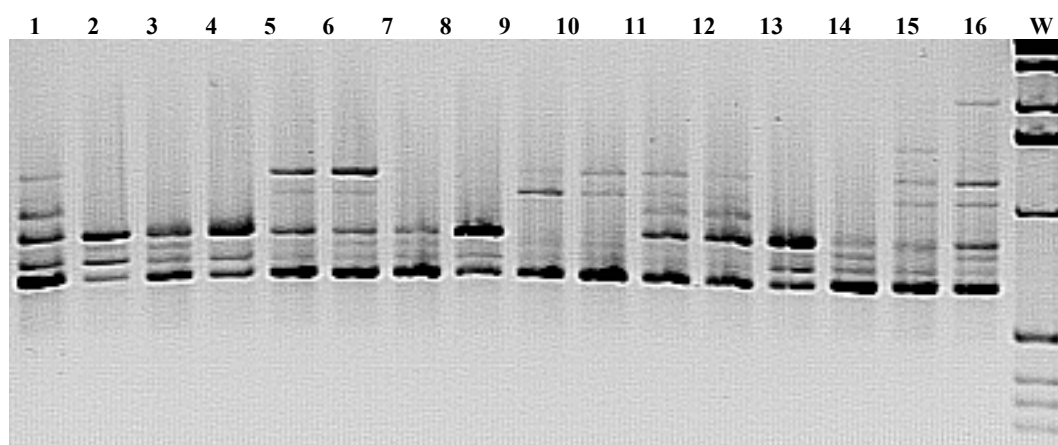
W pierwszej grupie podobieństwa znalazły się linia B₁₀, linia F oraz dwa mieszańce: F × B₁₀ i B₁₀ × F. Podobieństwo genetyczne pomiędzy tymi obiektami wahało się od 65% do 75%. Grupę drugą utworzyły odmiany Du Puits, Radius, Sitel, Vernal oraz ekotyp 212, pomiędzy którymi podobieństwo wahało się od 58% do 68%. Grupę trzecią utworzyły mutanty *br*, *tf* oraz *lp*, wykazujące podobieństwo w granicach 62%–75%. W grupie czwartej znalazły się dwie populacje syntetyczne — Syn 9-3 i Syn 7-3 oraz ekotyp 27. Najmniejsze podobieństwo genetyczne do wszystkich badanych obiektów wykazywała odmiana Ulstar wyhodowana przy udziale mutantu '*lp*' — wynosiło ono 42% (rys. 5).

Tabela 1

Startery i ich sekwencje nukleotydowe ujawniające polimorfizm Sequences of primers detecting polymorphism	
NUMER STARTERA PRIMER NO.	SEKWENCJA NUKLEOTYDOWA 5'-3' SEQUENCES 5'-3' OF PRIMERS
OPA 01	CAGGCCCTTC
OPA 03	AGTCAGCCAC
OPA 04	AATCGGGCTG
OPA 07	GAAACGGGTG
OPB 07	GGTGACGCAG
OPC 08	TGGACCGGTG
OPC 18	TGAGTGGGTG
OPE 14	TGCGGCTGAG
OPI 02	GGAGGAGAGG
OPJ 20	AAGCGGCCTC



Rys. 5. Dendrogram podobieństwa genetycznego pomiędzy analizowanymi obiektami
Fig. 5. Dendrogram of similarity between the examined objects



Kolejność ścieżek odpowiada następującym genotypom: Paths in order respond to the following genotypes:
 1. Ekotyp 27, 2. Ekotyp 212, 3. Du Puits, 4. Radius, 5. Sitel, 6. Vernal, 7. Syn 7-3, 8. Syn 9-3, 9. Linia B₁₀, 10. Linia F, 11. Mieszaniec F × B₁₀, 12. Mieszaniec B₁₀ × F, 13. Mutant 'br', 14. Mutant 'tf', 15. Mutant 'lp', 16. Odmiana Ulstar, W – wzorzec – standard 1KB DNA ladder

Rys. 6. Elektroforogram polimorfizmu produktów amplifikacji DNA wykonany techniką RAPD — PCR z zastosowaniem startera OPC 08 o sekwencji: 5' TGGACCGGTG 3'

Fig. 6. Agarose gel electrophoresis of DNA fragments obtained by RAPD amplification with the primer OPC 08 with sequence 5' TGGACCGGTG 3'

DYSKUSJA

Lucerna jest to jedna z najcenniejszych roślin pastewnych, która przy odpowiednim użytkowaniu przez 3–4 lata daje 15–25% więcej paszy o większej zawartości białka niż koniczyny. Z tego względu może być wykorzystywana do bezpośredniego skarmiania, wysuszenia lub zakiszenia, lub też przy produkcji pasz. Niestety, niski plon nasion otrzymywany w naszych warunkach klimatycznych stoi na przeszkodzie szerokiej uprawie tego gatunku. U lucerny wpływ warunków pogodowych na ilość zawiązywanych nasion jest bardzo silny. Średnia ilość nasion w strąku oraz masa tysiąca nasion może wahać się w zależności od ilości opadów w danym roku — jednak o ile liczba nasion w strąku spada przy większej ilości opadów, to na masę tysiąca nasion wpływa to dodatnio (Iannucci i in., 2002). Niskie temperatury i duża liczba dni deszczowych w okresie kwitnienia powodują nierównomierne i wydłużone kwitnienie roślin, a także ograniczają aktywność owadów zapylających. Może to powodować wzrost liczby samozapylenia. Rośliny wyrosłe z nasion pochodzących z samozapylenia charakteryzują się obniżonym wigorem i zmniejszoną produktywnością nasienną, co może prowadzić do systematycznego spadku plonu nasion w dalszych pokoleniach (Bodzon, 2005). Z tego względu wydaje się, iż dla potrzeb hodowli korzystniejsze byłyby genotypy o wysokim stopniu samonezgodności, które po panmiktycznym przekrzyżowaniu wykazywałyby wigor mieszańcowy w wiązaniu nasion tak ważnym w reprodukcji lucerny.

Do analizy samoniezgodności badanych genotypów lucerny wykorzystano metodę obserwacji wzrostu łagiewek pyłkowych *in vivo* przy pomocy mikroskopu fluorescencyjnego. Metoda ta była od dawna wykorzystywana do obserwacji łagiewek pyłkowych u innych gatunków roślin (Kho i Bayer, 1968; Romanna, 1973; Gates i Ockendon, 1975). W przypadku lucerny problem metodyczny stanowi fakt, iż znamie, szyjka i załącznia są w różnym stopniu podatne na macerowanie. Ważne jest więc odpowiednie dobranie stężenia środka macerującego jak i czasu oraz temperatury maceracji. Prace mające na celu dostosowanie dla lucerny metodyki analizy kiełkowania ziaren pyłku i wzrostu łagiewek pyłkowych w warunkach *in vivo* przy zastosowaniu mikroskopu fluorescencyjnego przeprowadzili w roku 1979 Wojciechowski i Dyba. Wśród badanych odmian lucerny zaobserwowali oni wnikanie pojedynczych łagiewek do załączków po 24 godzinach. W wyniku obserwacji przeprowadzonych w niniejszej pracy stwierdzono, że łagiewki pojawiały się w szyjce słupka po ok. 8 godzinach, natomiast ich wnikanie do załączków obserwowano w nielicznych przypadkach po 24 oraz 48 godzinach.

Pomimo wysokiej wrażliwości lucerny na warunki pogodowe w okresie kwitnienia, wpływ genotypu na zdolność do wiązania nasion jest również bardzo istotny (Julier i in., 1995). Z tego względu przeprowadzono charakterystykę podobieństwa genetycznego badanych populacji przy pomocy markerów RAPD. Metoda ta wykorzystuje kilku- lub kilkunastonukleotydowe startery do amplifikacji losowo rozproszonych po genomie odcinków DNA. Technika ta jest wykorzystywana między innymi do: określenia pochodzenia materiałów mieszańcowych, identyfikacji odmian hodowlanych (Hu i Quiros, 1991), oceny dystansu genetycznego (Marilla i Scoles, 1996), badania polimorfizmu wewnątrzgatunkowego i międzygatunkowego u wielu gatunków (Brown i in., 1993), identyfikacji markerów sprzężonych z genami warunkującymi korzystne cechy ilościowe (Waugh i Powell, 1992).

Przy testowaniu lucerny markerami RAPD ich zmienność wewnątrz populacji jest zwykle bardzo wysoka. Prawdopodobnie wynika to z obcopylności tego gatunku oraz tego, iż lucerna jest w większości tetraploidalna (Crochemore i in., 1996). Markery RAPD generują niską liczbę prążków polimorficznych, co może wpływać na dokładność otrzymanych wyników. Yu i Pauls (1993a) studiowali zależności genetyczne między odmianami lucerny z użyciem 10 starterów; startery te generowały średnio po 5 produktów. Podobną średnią ilość produktów otrzymano przeprowadzając badania do tej pracy; ich liczba wynosiła od 3 do 8 produktów, co przedstawiono na rysunku 6.

Markery molekularne RAPD pozwoliły na wyodrębnienie czterech grup podobieństwa genetycznego. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że badane populacje o podobnym stopniu samoniezgodności nie stanowią tej samej grupy podobieństwa genetycznego, lecz wchodzą w skład innych grup wyznaczonych przy pomocy markerów RAPD. Prawdopodobnie wynika to z niezależnej segregacji i rekombinacji alleli samoniezgodności.

WNIOSKI

1. Na podstawie obserwacji łagiewek pyłkowych wyróżniono 4 populacje o wysokiej samoniezgodności (populacja Syn 7-3, linia F, mieszaniec $F \times B10$, mutant 'tf') i 5 populacji o niskiej samoniezgodności (populacja Syn 9-3, linia B10, mieszaniec $B10 \times F$, odmiana Ulstar i mutant 'lp').
2. Zastosowanie markerów RAPD-PCR pozwoliło na ocenę podobieństwa genetycznego badanych populacji lucerny. Badane obiekty utworzyły cztery grupy podobieństwa genetycznego, które wahało się od 42% do 75%.
3. Populacje o podobnym stopniu samoniezgodności nie znalazły się w tych samych grupach podobieństwa genetycznego.

LITERATURA

- Bodzon Z. 2005. Rośliny motylkowate drobonasienne w uprawie na nasiona. W: Trawy i rośliny motylkowate drobonasienne. Pr. zbior., Wydaw. Biznes-Press sp. z o.o., IHAR, Redakcja "Agro Serwis", Warszawa: 81 — 93.
- Brown P. T. H., Lange F. D., Kranz E., Lorz H. 1993. Analysis of single protoplasts and regenerated plants by PCR and RAPD technology. *Mol. Gen. Genet.* 235: 157 — 165.
- Crochemore M. L., Huyghe C., Kerlan M. C., Durand F., Julier B. 1996. Partitioning and distribution of RAPD variation in a set of populations of the *Medicago sativa* complex. *Agronomie* 16: 421 — 432.
- Gates P., Ockendon D. 1975. Seed set and pollen tube growth as a measure of self-incompatibility in *Brassica oleracea*. *Incompatibility Newsletter* 6: 57 — 58.
- Hu J., Quiros C. F. 1991. Identification of broccoli and cauliflower cultivars with RAPD markers. *Plant Cell Rep.* 10: 505 — 511.
- Iannucci A., Di Fonzo N., Martinicello P. 2002. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield and quality under different forage management systems and irrigation treatments in a Mediterranean environment. *Field Crops Research* 78: 65 — 74.
- Julier B., Porcheron A., Ecalle C., Guy P. 1995. Genetic variability for morphology, growth and forage yield among perennial diploid and tetraploid lucerne populations (*Medicago sativa* L.). *Agronomie* 15: 295 — 304.
- Kho Y., Bayer I. 1968. Observing pollen tubes by means of fluorescence. *Euphytica* 17: 298 — 303.
- Marilla E. F., Scoles G. J. 1996. The use of RAPD markers in *Hordeum* phylogeny. *Genome* 39: 646 — 654.
- Romanna M. 1973. Euparal as a mounting medium for preserving fluorescence of aniline blue in plant material. *Stain Technology* 48: 103 — 105.
- Słomski R. 2001. Przykłady analiz DNA. Pr. zbior.: 158 — 160.
- Thompson D., Henry R. 1995. Single step protocol for preparation of plant tissue for analysis by PCR. *Biotechniques* 19: 394 — 400.
- Waugh R., Powell W. 1992 Using RAPD markers for crop improvement. *Trends Biotech.* 10: 186 — 191.
- Weder Jurgen K. P. 2002. Identification of food and feed legumes by RAPD-PCR. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 35: 504 — 511.
- Wojciechowski A., Dyba S. 1979. Zastosowanie mikroskopu fluorescencyjnego do analizy kielkowania łagiewek pyłkowych u lucerny (*Medicago media* Pers.). *Hod. Rośl. Nasien.* 2:
- Yu K., Pauls K. P. 1993 a. Rapid estimation of genetic relatedness among heterogeneous populations of alfalfa by random amplification of bulked genomic DNA samples. *Theor. Appl. Genet.* 86: 788 — 794.

WIKTOR SZWARC
ELŻBIETA SKÓRSKA

Zakład Fizyki, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wpływ promieniowania UV-B na wybrane cechy fizjologiczne roślin soi odmiany Augusta

The influence of UV-B radiation on some physiological features of soybean cv. Augusta plants

W pracy przedstawiono wyniki doświadczenia przeprowadzonego w szklarni na roślinach soi odmiany Augusta poddanych napromieniowaniu UV-B lampami Philips TL 40/12 ($4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$). Zastosowane promieniowanie spowodowało obniżenie natężenia fotosyntezy, zawartości chlorofilu oraz negatywnie wpłynęło na wzrost i biomasę części nadziemnych. Stwierdzono pojawienie się reakcji obronnych w postaci zwiększonej syntezy flawonoidów oraz zwiększonej aktywności enzymów antyoksydacyjnych (peroksydazy i katalazy).

Słowa kluczowe: flawonoidy, katalaza, peroksydaza, soja, stres oksydacyjny, UV-B

The influence of UV-B radiation (Philips TL 40/12, $\text{UV-B}_{\text{BE}} = 4 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) on soybean cv. Augusta plants grown under glasshouse conditions was investigated. The applied irradiation caused decrease in the intensity of net photosynthesis and chlorophyll content as well as height and dry mass of shoots. The irradiated plants exhibited defence response, involving an increased activity of antioxidant enzymes (peroxidase and catalase) and higher content of flavonoids as the protective compounds.

Key words: catalase, flavonoids, oxidative stress, peroxidase, soybean plants, UV-B

WSTĘP

Warunki środowiska determinują rozwój wszystkich gatunków roślin. Pojawienie się czynnika stresowego, dla przykładu nieodpowiedniej temperatury, zbyt silnego światła czy zanieczyszczenia gleby, powoduje zakłócenie procesów wzrostowych i metabolicznych. Jednym z czynników stresowych jest docierające do powierzchni Ziemi promieniowanie UV-B, tj. o długości fali od 280 nm do 320 nm. Działa ono na rośliny niekorzystnie, powodując obniżenie intensywności fotosyntezy, powierzchni asymilacyjnej, często prowadzi do obniżenia plonu (Caldwell i in., 1998; Correia i in., 1999). Przenikające do wnętrza tkanek promieniowanie wywołuje także tzw. stres oksydacyjny (Bornmann i Teramura, 1993; Skórska, 2000 b). Następuje wówczas zwiększenie zawartości reaktywnych form tlenu (RFT), które powodują peroksydację lipidów błon chloroplastów

i mitochondriów (Bartosz, 1995). Roślina posiada szereg mechanizmów obronnych ograniczających szkodliwe działanie promieniowania ultrafioletowego. W roślinach poddanych działaniu UV-B najczęściej obserwuje się wzmożoną syntezę związków absorbujących promieniowanie w tym zakresie, do których należą głównie flawonoidy (Caldwell i in., 1994; Jordan, 1996).

Soja ma duże znaczenie gospodarcze w wielu krajach dzięki walorom żywieniowym, zwłaszcza dużej zawartości białka (Boros, 1996; Pisulewska, 2000). Należy ona do roślin ciepłolubnych i światłolubnych, a ponadto ma duże wymagania glebowe, gdyż wymaga gleby kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego. Z tego względu nie jest ona w Polsce uprawiana na szeroką skalę. Prowadzone są jednak badania nad uzyskaniem odmiany, która byłaby dobrze przystosowana do uprawy w naszym kraju. Do takich odmian należy wyhodowana w Polsce odmiana Augusta, która spośród zarejestrowanych odmian charakteryzuje się największą zawartością białka w nasionach (Śmiałek, 2003). Celem pracy było określenie wrażliwości tej odmiany na działanie promieniowania UV-B poprzez pomiary natężenia fotosyntezy, zawartości chlorofilu oraz barwników ochronnych, zbadanie aktywności enzymów antyoksydacyjnych, a także suchej masy części nadziemnej.

MATERIAŁ I METODY

Rośliny soi odmiany Augusta (*Glycine max* L.), której twórcami są dr inż. Jerzy Nawracała i dr inż. Grzegorz Konieczny z Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Poznaniu, rosły w szklarni w okresie czerwiec-lipiec 2005 roku przy naturalnym promieniowaniu słonecznym, docierającym przez szyby szklarni (max PPFD $800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) w wazonach z glebą podlewaną pożywką Hoaglanda. Połowę roślin poddano dodatkowo działaniu promieniowania ultrafioletowego z zakresu UV-B za pomocą dwóch szerokopasmowych lamp Philips TL 40 W/12 ($1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, $6 \text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$, 40 dni); biologicznie efektywna dawka UV-B obliczona wg modelu Caldwell'a była równa ok. $4 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$ (Skórska, 2000 a). Druga połowa roślin, niepoddanych działaniu UV-B, stanowiła kontrolę. Pomiary wykonano na roślinach w fazie rozwojowej 51 (widoczne pąki kwiatowe) w skali BBCH (Meier, 2001). Natężenie fotosyntezy netto, wyrażone w $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, zmierzono za pomocą analizatora wymiany gazowej LCA-4 z kamerą PLC-4 (ADC, UK) przy oświetleniu diodami czerwonymi (PPFD $800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Przy użyciu przenośnego miernika SPAD 502 zmierzono indeks zieloności liścia, który skorelowano z zawartością chlorofilu oznaczoną metodą spektrofotometryczną wg Lichtenhalera (1987) poprzez pomiar absorbancji przy określonych długościach fali ekstraktów z liści homogenizowanych w 80% roztworze acetonu. Określono liniową zależność między indeksem zieloności w jednostkach SPAD a zawartością chlorofilu wyrażoną w mg na dm^2 powierzchni liścia (rys. 1). Zawartość flawonoidów określono jako wartość absorbancji etanolowych ekstraktów liści przy długości fali 305 nm w przeliczeniu na ich suchą masę, co wyrażono w jednostkach $A_{305}\cdot\text{g}^{-1}$, przyjętych umownie przez Caldwell'a i wsp. (1994). Oznaczono także aktywność enzymatyczną peroksydazy i katalazy w liściach, które

roztarto w móżdżierzu w buforze fosforanowym o pH 7,0. Tak przygotowano homogenat przesączono i odwirowano. Na podstawie kinetyki wzrostu absorbancji przy długości fali 485 nm podczas reakcji p-fenyloldwuaminy z H_2O_2 w obecności ekstraktu określono aktywność peroksydazy, wyrażonej w jednostce aktywności, tj. jednostkowa zmiana absorbancji w ciągu minuty. Odpowiada ona takiej ilości enzymu, która w ciągu minuty rozkłada 1 μmol H_2O_2 .

Aktywność katalazy określano jako stałą szybkość obniżania absorbancji przy długości fali 240 nm mieszaniny ekstraktu z 50 mM H_2O_2 w przeliczeniu na g suchej masy liści (Aebi, 1984; Skórska, 2000 a). Jednostką aktywności [U] jest taka ilość enzymu, która w ciągu minuty rozkłada 1 μmol H_2O_2 w temp. 25°C, czyli powoduje spadek absorbancji o 0,0145. Wyniki podano w jednostkach 1000 razy większych [$\text{kU} \cdot \text{g}^{-1}$]. Wykonano pomiary wysokości oraz suchej masy części nadziemnej roślin. Wszystkie pomiary wykonano w 4–10 powtórzeniach, a obliczone średnie badanych cech dla roślin kontrolnych i napromieniowanych porównano testem t-Studenta na poziomie istotności $p < 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

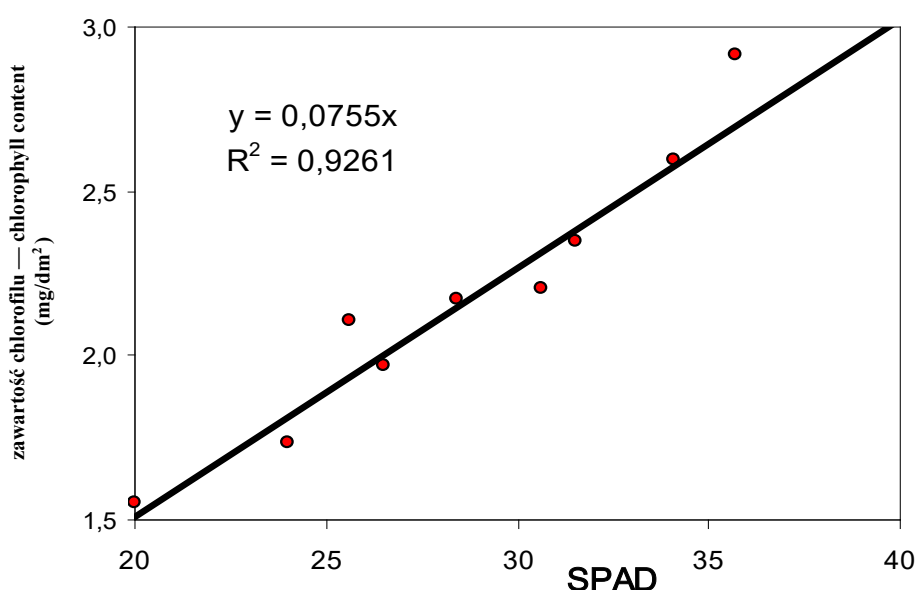
Stwierdzono szkodliwy wpływ promieniowania UV-B objawiający się zmniejszeniem wysokości roślin o 30% (tab. 1). Podobny efekt obserwowano w przypadku wielu gatunków roślin, m.in. kukurydzy, słonecznika, ryżu i owsa (Deckmyn i Impens, 1997; Flint i Caldwell, 2003). Rośliny poddane napromieniowaniu miały mniejszą powierzchnię liści (dane nieprzedstawione), podobnie jak rośliny soi odmiany Essex, co zaobserwowali Caldwell i wsp. (1994). Zmniejszenie powierzchni liści zauważono także w roślinach innych gatunków, m.in. kukurydzy i słonecznika (Mark i Tevini, 1997) oraz buraka cukrowego (Panagopoulos i in., 1990). Obserwowany efekt jest uważany jako swoista reakcja obronna rośliny, gdyż zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej pozwala ograniczyć padające szkodliwe promieniowanie.

Napromieniowane rośliny soi miały o 50% mniejszą masę części nadziemnych. Podobny efekt stwierdzono w roślinach soi i ryżu (Sullivan, 1997) oraz pszenicy (Yuan i in., 1999). Ponad trzykrotne obniżenie natężenia asymilacji dwutlenku węgla (tab. 1) świadczy o zakłóceniu przebiegu procesu fotosyntezy w napromieniowanych roślinach. Jest to zgodne z wcześniejszymi doniesieniami (Bornmann i Teramura, 1993; Skórska 2000 b). Skórska i Lewandowski (2003) wykazali zróżnicowanie reakcji trzech odmian owsa na promieniowanie UV-B. Napromieniowane rośliny odmiany Akt miały obniżone natężenie fotosyntezy w stosunku do kontrolnych, podczas gdy w roślinach odmiany Bajka stwierdzono efekt przeciwny, natomiast w przypadku odmiany Cacko nie stwierdzono zmian. Podobne zróżnicowanie aktywności fotosyntetycznej dotyczy roślin grochu. Day i Vogelmann (1995) wykazali obniżenie natężenia fotosyntezy w napromieniowanych roślinach grochu, podczas gdy Allen i wsp. (1999) oraz Skórska (1998; 2000 a) nie stwierdzili w badanych roślinach tego gatunku zmiany intensywności fotosyntezy. Tłumaczą to wzmożoną syntezą flawonoidów w napromieniowanych roślinach. Jest to typowa reakcja obronna przed promieniowaniem UV-B (Teramura i Sullivan, 1994), którą zaobserwowano również w naszym doświadczeniu. Zawartość flawonoidów w liściach soi

była o ponad 25% wyższa w roślinach napromieniowanych. Jeszcze większy, bo o prawie 70% wzrost zawartości flawonoidów w liściach rzepaku wykazała Skórska (1998). Dzięki tak silnej syntezie tych barwników ochronnych promieniowanie ultrafioletowe, jak donosi autorka, w niewielkim stopniu naruszyło proces fotosyntezy.

Negatywny wpływ promieniowania UV-B na rośliny soi odmiany Essex stwierdzili Caldwell i wsp. (1994). Badając różne kombinacje natężenia promieniowania UV-B i PAR, wykazali, że szkodliwe działanie tego pierwszego w dużym stopniu jest osłabione poprzez duże natężenie PAR, o czym donosili również Deckmyn i Impens (1997).

Promieniowanie ultrafioletowe może wpływać pośrednio na proces fotosyntezy poprzez fotodegradację barwników fotosyntetycznych (Bornman i in., 1993; Teramura i in., 1994). W przeprowadzonym doświadczeniu napromieniowane rośliny soi charakteryzowały się mniejszym indeksem zieloności liści, związanym z mniejszą zawartością chlorofilu w liściach (rys. 1).



Rys. 1. Zależność między zawartością chlorofilu oznaczanego metodą spektrofotometryczną wg Lichtenthalera (1987) a indeksem zieloności liści mierzonym przy użyciu miernika SPAD 502
Fig. 1. Relationship between leaf chlorophyll content determined according to Lichtenthaler (1987) and index of leaf greenness measured by SPAD 502

Przeprowadzone pomiary zawartości chlorofilu w liściach soi metodą spektrofotometryczną pozwoliły stwierdzić, iż jednostce indeksu zieloności liścia (SPAD) odpowiada zawartość chlorofilu ok. 0,08 mg·dm⁻². Obniżenie zawartości barwników asymilacyjnych obserwowali również inni autorzy. Day i Vogelmann (1995) donoszą o 30% zmniejszeniu zawartości chlorofilu w liściach grochu, z kolei Prasad i wsp. (2005) stwierdzili równie silny efekt w roślinach soi. W tym ostatnim przypadku przy natężeniu UV-B niemal 3-krotnie niższym niż w naszym doświadczeniu rośliny napromieniowane

zawierały o 35% mniej chlorofilu niż rośliny kontrolne. Nie bez znaczenia pozostaje tu zastosowane przez tych badaczy niskie natężenie PPFD, wynoszące zaledwie $150 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Istnieją także doniesienia mówiące o braku wpływu UV-B na zawartość tego barwnika. Skórska (2000 a) nie stwierdziła zmiany zawartości chlorofilu w liściach napromieniowanych roślin rzepaku, fasoli oraz grochu. Jest to spowodowane zróżnicowaną tolerancją gatunków, a nawet odmian na zastosowane promieniowanie. Przy analizie reakcji roślin na promieniowanie ultrafioletowe należy zwrócić uwagę na wartość dawki biologicznie efektywnej promieniowania UV-B zastosowanej w opisywanych doświadczeniach. Nie można jednoznacznie stwierdzić, czy przyczyną przeciwnych zmian zawartości chlorofilu w liściach grochu w doświadczeniach Day i Vogelmana (1995) oraz Skórskiej (2000 a) były różne odmiany, czy raczej o 50% większa dawka zastosowana przez tych pierwszych badaczy.

Promieniowanie UV-B wywołuje stres oksydacyjny, który polega na powstawaniu reaktywnych form tlenu w ilości większej niż w roślinach niestresowanych. Należące do RFT tlen singletowy ($^1\text{O}_2$), anionorodnik ponadtlenkowy (O_2^-), rodnik hydroksylowy ($\bullet\text{OH}$) i nadtlenek wodoru (H_2O_2) powodują często obserwowane hamowanie wzrostu roślin, nekrozy liści czy ubytek biomasy (Yuan i in., 1999). Spośród wyżej wymienionych RFT szczególnie dużą trwałość wykazuje nadtlenek wodoru. Jest on stosunkowo mało reaktywny w porównaniu np. z rodnikiem hydroksylowym, ale jego trwałość w warunkach fizjologicznego pH i łatwość przenikania przez błony komórkowe czyni ten związek niebezpiecznym dla organizmu roślinnego. Bierze on udział w reakcji utleniania jonów metali przejściowych (Fe^{2+} , Cu^+), podczas której powstaje rodnik hydroksylowy $\bullet\text{OH}$ będący najbardziej reaktywną formą tlenu (Bartosz, 1995).

Rośliny wytworzyły mechanizmy obronne przed RFT polegające na zwiększeniu aktywności enzymów antyoksydacyjnych, do których należy m.in. dysmutaza ponadtlenkowa (SOD), peroksydaza (PRX) i katalaza (CAT), pełniących rolę „wymiataczy” RFT. W wyniku dysmutacji anionorodników ponadtlenkowych powstaje nadtlenek wodoru, który jest rozkładany do dwóch cząsteczek wody dzięki obecności katalazy lub peroksydazy (Bartosz, 1995). W pracy przeanalizowano aktywność obu tych enzymów antyoksydacyjnych (tab. 1). Okazało się, że rośliny soi zareagowały zwiększeniem aktywności zarówno katalazy, jak i peroksydazy. Podobny efekt zaobserwowali Prasad i wsp. (2005) w roślinach soi odmiany Punjab I, a Panagapoulos i wsp. (1990) stwierdzili wzrost aktywności peroksydazy w roślinach buraka cukrowego. Wskazuje to na uruchomienie typowych reakcji obronnych przeciwdziałających stresowi oksydacyjnemu. Badane rośliny soi okazały się wrażliwe na działanie promieniowania ultrafioletowego, na co wskazują obniżone w stosunku do roślin kontrolnych wartości natężenia fotosyntezy, zawartości chlorofilu, a także wysokości roślin. O wrażliwości mogą świadczyć także uruchomione mechanizmy obronne, zwłaszcza wzmożenie syntezy barwników ochronnych (flawonoidów) oraz zwiększenie aktywności enzymów antyoksydacyjnych (peroksydazy i katalazy). Zastosowane promieniowanie UV-B zakłóciło ponadto procesy wzrostowe, co znalazło swoje odzwierciedlenie w wyglądzie zewnętrznym roślin, które

okazały się znacznie niższe, a ich sucha biomasa była niemal dwukrotnie mniejsza w porównaniu do roślin kontrolnych.

Tabela 1

Wartości badanych cech roślin soi kontrolnych i napromieniowanych UV-B
Values of measured features of the control and UV-B irradiated soybean plants

Badana cecha Measured feature	Jednostka Unit	Kontrola Control	UV-B	Istotność różnicy ^b Difference significance
Natężenie fotosyntezy netto Intensity of net photosynthesis	$\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$	$6,1 \pm 0,8^a$	$1,8 \pm 0,3$	***
Zawartość flawonoidów Flavonoid content	$\text{A}_{305}\cdot\text{g}^{-1}$	384 ± 44	486 ± 65	*
Indeks zieloności liści Index of leaf greenness	SPAD	33 ± 3	28 ± 3	**
Aktywność peroksydazy Peroxidase activity	$\text{U}\cdot\text{g}^{-1}$	19 ± 7	51 ± 19	**
Aktywność katalazy Catalase activity	$\text{kU}\cdot\text{g}^{-1}$	20 ± 3	26 ± 2	**
Wysokość rośliny Height of plants	mm	329 ± 59	232 ± 31	***
Sucha masa części nadziemnej Dry mass of shoot	mg	986	543	

^a Odchylenie standardowe; ^a Standard deviation

^b Różnica między średnimi dla roślin kontrolnych i napromieniowanych UV-B istotna na poziomie $\alpha < 0,05(*)$, $0,01(**)$ lub $0,001(***)$; ^b Difference between means for control and UV-B irradiated plants at significance level of $\alpha < 0,05(*)$, $0,01(**)$ or $0,001(***)$

WNIOSKI

Zastosowana dawka promieniowania UV-B spowodowała negatywne skutki w badanych roślinach soi, polegające na obniżeniu natężenia fotosyntezy netto, zawartości chlorofilu w liściach, a także zmniejszeniu wysokości roślin i biomasy części nadziemnych.

W napromieniowanych roślinach soi zaobserwowano reakcje obronne w postaci zwiększonej syntezy flawonoidów oraz zwiększonej aktywności peroksydazy i katalazy.

LITERATURA

- Aebi H. 1984. Catalase *in vitro*. In: Oxygen radicals in biological systems. (ed.) L. Packer. Methods in Enzymology 105: 121 — 126.
- Allen D. J., Nogues S., Morison J. I. L., Greenslade P. D., Mcleod A. R., Baker N. R. 1999. A thirty percent increase in UV-B has no impact on photosynthesis in well-watered and droughted pea plants in the field. Global Change Biol. 5: 235 — 244.
- Bartosz G. 1995. Druga twarz tlenu. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Bornman J. F., Teramura A. H. 1993. Effects of ultraviolet-B radiation on terrestrial plants. In: Environmental UV photobiology ed. A. R. Young *et al.*, Plenum Press, New York, 14: 427 — 477.
- Boros L. 1996. Cechy użytkowe i stabilność produktywności odmian soi IHAR na tle kolekcji. Biul. IHAR 198: 87 — 95.

- Caldwell M. M., Flint S. D., Searles P. S. 1994. Spectral balance and UV-B sensitivity of soybean: a field experiment. *Plant, Cell Environ.* 17: 267 — 276.
- Caldwell M. M., Björn L.O., Bornman J. F., Flint S. D., Kulandaivelu G., Teramura A. H., Tevini M. 1998. Effects of increased solar ultraviolet radiation on terrestrial ecosystems. *J. Photochem. Photobiol. B: Biology.* 46: 40 — 52.
- Correia C. M., Areal E. L. V., Torres-Pereira M. S., Torres-Pereira J. M. G. 1999. Intraspecific variation in sensitivity to ultraviolet-B radiation in maize grown under field conditions II. Physiological and biochemical aspects. *Field Crops Res.* 62: 97 — 105.
- Day T. A., Vogelmann T. C. 1995. Alterations in photosynthesis and pigment distributions in pea leaves following UV-B exposure. *Physiol. Plant.* 94: 433 — 440.
- Deckmyn G., Impens L. 1997. The ratio UV-B/photosynthetically active radiation (PAR) determines the sensitivity of rye to increased UV-B radiation. *Environm. Exp. Bot.* 37: 3 — 12.
- Flint S. D., Caldwell M. M. 2003. Field testing of UV biological spectral weighting functions for higher plants. *Physiol. Plant.* 117: 145–153.
- Jordan B.R., 1996. The effect of ultraviolet-B radiation on plants: A molecular perspective. *Adv. Botan. Res.* 22: 97 — 162.
- Lichtenthaler H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Meth. Enzymol.* 148: 349 — 382.
- Mark U., Tevini M., 1997. Effects of solar ultraviolet-B radiation, temperature and CO₂ on growth and physiology of sunflower and maize seedlings. *Plant Ecol.* 128: 224 — 234.
- Meier U. 2001. Growth stages of mono and dicotyledonous plants. *BBCH Monograph.* II Edition. 98 — 98.
- Panagopoulos I., Bornman J.F., Bjorn L. O., 1990. Effects of ultraviolet radiation and visible light on growth, fluorescence induction, ultraweak luminescence and peroxidase activity in sugar beet plants. *J. Photochem. Photobiol.* 8: 73 — 87.
- Pisulewska E. 2000. Plonowanie polskich odmian soi oraz zawartość najważniejszych składników pokarmowych w ich nasionach. *Biul. Reg. Zakł. Dor. Roln. AR w Krakowie* 320: 19 — 21.
- Prasad S. M., Dwidevi R., Zeeshan M. 2005. Growth, photosynthetic electron transport, and antioxidant responses of young soybean seedlings to simultaneous exposure of nickel and UV-B stress. *Photosynthetica* 43: 177 — 185.
- Skórska E. 1998. Wpływ długotrwałego promieniowania UV-B na reakcje świetlne fotosyntezy i zawartość barwników w liściach roślin rzepaku. *Rośliny Oleiste* 19: 81 — 87.
- Skórska E. 2000 a. Comparison of responses of bean, pea and rape plants to UV-B radiation in darkness and in light. *Acta Physiol. Plant.* 22: 163 — 169.
- Skórska E. 2000 b. Reakcja wybranych roślin uprawnych na promieniowanie UV-B. *Rozprawy nr 192. Akademia Rolnicza w Szczecinie.*
- Skórska E., Lewandowski R. 2003. Porównanie reakcji roślin trzech odmian owsa na promieniowanie UV-B. *Biul. IHAR* 229: 199 — 204.
- Sullivan J. H. 1997. Effects of increasing UV-B radiation and atmospheric CO₂ on photosynthesis and growth: implications for terrestrial ecosystems. *Plant Ecol.* 128: 194 — 206.
- Śmiałek E. 2003. Postęp w hodowli roślin strączkowych. *Kurier Rolniczy* 2: 6 — 7.
- Teramura A. H., Sullivan J. H., 1994. Effect of UV-B radiation on photosynthesis and growth of terrestrial plants. *Photosynth. Res.* 39: 463 — 473.
- Yuan L., Ming Y., Xun-Ling W., Zhi-De H. 1999. Competition and sensitivity of wheat and wild oat exposed to enhanced UV-B radiation at different densities under field conditions. *Environ. Exp. Bot.* 41: 47 — 55.

PODZIĘKOWANIE

Materiał do badań udostępnił pan dr inż. Jerzy Nawracała z Katedry Genetyki i Hodowli Roślin Akademii Rolniczej w Poznaniu, za co mu autorzy tą drogą dziękują.

ELŻBIETA CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Wartość rolnicza europejskich odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) w warunkach Polski

Agronomic value of European cultivars of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in the Polish conditions

Badania prowadzono w latach 2004–2006. Łącznie scharakteryzowano 33 odmiany życicy trwałej włączone do programu „EUCARPIA multisite rust evaluation”, w tym 19 odmian diploidalnych i 14 tetraploidalnych. Opisano cechy morfologiczne i fizjologiczne roślin w stadium wegetatywnym i generatywnym, mające istotny wpływ na ich wartość rolniczą w użytkowaniu kośno-polowym i nasiennym, ze szczególnym uwzględnieniem odporności na rdzę koronową i pleśń śniegową. Badany materiał wykazał zróżnicowanie pod względem: odporności na rdzę koronową i żdźbłową ocenioną przed zbiorem 2 pokosu w sierpniu, odporności na rdzę koronową ocenioną przed zbiorem 3 pokosu we wrześniu w 2004 roku i odporności na pleśń śniegową w 2005 i 2006 roku oraz pod względem cech charakteryzujących morfologię i fizjologię roślin w okresie późnej jesieni i wczesnej wiosny (stan roślin przed zimą i zdolność do szybkiej regeneracji w okresie wczesnowiosennym). Dodatkowo, w stadium wegetatywnym opisano szerokość górnego, w pełni wykształconego liścia, wysokość roślin i szacunkowy plon zielonej masy. W stadium generatywnym badane odmiany różniły się między sobą pod względem wczesności, wysokości, morfologii kłosa i liścia flagowego. Analiza czynnikowa z rotacją Varimax za pomocą kryterium Kaisera pozwoliła dokonać podziału 25 zmiennych istotnie różnicujących odmiany życicy trwałej (obserwowanych cech) na 8 czynników głównych i określić, które zmienne wchodziły w skład określonego czynnika i są istotnie zależne od siebie. Uzyskane wyniki wykazały istotny, ujemny wpływ rdzy żdźbłowej i koronowej na szacunkowy plon zielonej masy w 2 i 3 pokosie. Wykazano również istotne, dodatnie współzależności pomiędzy stanem roślin przed zimą, odpornością na pleśń śniegową i stanem roślin po zimie oraz istotny wpływ tych cech na wartość rolniczą badanych odmian w stadium generatywnym. Odmiany diploidalne wykazywały niższą odporność na pleśń śniegową, wolniej regenerowały się po zimie oraz wykazywały niższą wartość rolniczą w użytkowaniu nasiennym w stosunku do odmian tetraploidalnych. Na szczególną uwagę zasługują trzy odmiany tetraploidalne: Lacerta, Aubisque i Pastoral, które wykazały podwyższoną wartość rolniczą w użytkowaniu kośno-polowym i nasiennym.

Słowa kluczowe: pleśń śniegowa, plon zielonej masy, rdza żdźbłowa, rdza koronowa, regeneracja po zimie, użytkowanie kośno-polowe, użytkowanie nasienne, wartość rolnicza, życica trwała

Investigations were performed in the years 2004–2006 on thirty tree perennial ryegrass cultivars included into the “EUCARPIA multisite rust evaluation” (19 diploid and 14 tetraploid). Morphological and physiological character connected with agronomic value of the cultivars, with special emphasis on crown rust, stem rust and snow mould resistance, were described. It was possible to observe differences

in the stem rust and crown rust resistance scored before 2nd cut, crown rust resistance before 3rd cut in 2004, snow mould resistance in 2005 and 2006 and in the morphology and physiology during fall and early spring (plant performance before winter, performance after winter and ability to rapid regrowth after winter). Additionally, in the vegetative stage, leaf width, plant height and estimated green mass production were described. In the generative stage differences were observed in the time of maturity, morphology of spike and flag leaf and in plant height. Using the factor analysis method, it was possible to divide 25 variables, which showed significant differences between the tested cultivars, into 8 principal components and to determine relationships between them. The obtained results showed negative influence of the stem rust and crown rust on estimated green mass production in the 2 and the 3 cut. It was possible to find positive correlations between fall performance of tested plants, their snow mould resistance, regeneration after winter and significant influence of those characters on the agronomic value of the tested cultivars in the generative stage. Snow mould resistance, regeneration after winter and agronomic value in the generative stage of the diploid cultivars was lower than in the group of tetraploid cultivars. Three tetraploid cultivars are especially promising Lacerta, Aubisque and Pastoral, which showed high agronomic value in field-cutting and seed production management.

Key words: agronomic value, crown rust, field-cutting management, green mass production, perennial ryegrass, regeneration after winter, seed production management, snow mould, stem rust

WSTĘP

W Europie użytki zielone zajmują ponad 52 mln ha, w tym minimum 12 mln ha gatunki z rodzaju *Lolium* spp. (<http://europa.eu.int/comm/agriculture>). Życice należą do najważniejszych gatunków traw pastewnych i gazonowych. W użytkowaniu pastewnym są wysiewane na pastwiskach oraz służą do produkcji siana. Na uwagę zasługują mieszanki życic z roślinami motylkowatymi drobnonasiennymi, takimi jak koniczyzny, które służą do produkcji szczególnie wysokowartościowych pasz. Smakowitość, wysoka zawartość cukrów i wysoka strawność decyduje o ich jakości (Balasko i in., 1995; Jung i in., 1996; Kozłowski, 1981). Ujemną stroną wszystkich gatunków należących do rodzaju życic, w tym i życicy trwałej, jest niska odporność na stresy biotyczne i abiotyczne. W Polsce, podobnie jak i w innych krajach Europy, największe zagrożenie stanowią rdza żdźbłowa, rdza koronowa oraz pleśń śniegowa.

Sprawcą rdzy koronowej jest *P. coronata* spp. *lolii* natomiast rdzy żdźbłowej *Puccinia graminis* spp. *graminicola* (Mühle i in., 1975). Odporność na rdzę kronową ma istotne znaczenie zarówno w użytkowaniu pastewnym jak i przy uprawie na nasiona. Objawy rdzy koronowej pojawiają się na roślinach, gdy temperatura powietrza waha się w granicach 20°C, przy wilgotności powyżej 80% (Welty i Barker, 1994; Roderick, Thomas, 1997; Roderick i in., 2000b, Pflender, 2003). Proces infekcji rozpoczyna się zazwyczaj w okresie późnego lata i trwa do późnej jesieni. Silne porażenie roślin ogranicza ich odrastanie po koszeniu oraz krzewienie. Redukuje to plon zielonej i suchej masy oraz istotnie wpływa na plon nasion, ponieważ rośliny wykształcają mniejszą liczbę pędów generatywnych w drugim i trzecim roku użytkowania. Rośliny stają się również bardziej podatne na inne choroby, w tym na pleśń śniegową, oraz na stres niskich temperatur w okresie zimowym. Straty w plonie zielonej i suchej masy oraz w plonie nasion mogą sięgać nawet do 30% (Lowe i in., 1983; Potter, 1987; Plummer i in., 1990; Cagas, 1996, 2000;). Rdza żdźbłowa pojawia się zazwyczaj w okresie wczesnego lata, gdy temperatury powietrza wahają się

w granicach 25°C. Ma to szczególne znaczenie w pierwszym roku użytkowania nasiennego. Z literatury wynika, że redukcja plonu nasion życicy trwałej powodowana przez rdzę żdźbłowa może sięgać od 40% do 93%. (Plummer, 1990; Cagas, 1996, 2000; Cappelli i in., 1993; Rickaer, 1995; Thomas, Camps, 1996; Welty, Azevedo, 1994; Welty, Barker, 1994; Pflender, 2003, 2004).

Pleśń śniegowa powodowana jest przez grzyba *Microdochium nivale* (Fr.) Samulem & Hallett. Choroba ta uszkadza rośliny w okresie zimowym i wczesnowiosennym, gdy temperatury wahają się około 0°C. Powoduje ich słabszą regenerację, wolniejsze odrastanie, gorsze krzewienie się i redukcję liczby zawiązków pędów generatywnych. Przy sprzyjających warunkach atmosferycznych, ze szczególnie dużym nasileniem występuje od drugiego roku użytkowania, istotnie wpływając na trwałość życicy trwałej oraz wartość rolniczą w użytkowaniu pastwiskowym, kośno-polowym lub nasiennym (Jamalainen, 1974; Skirde, 1980; Foss, 1983; Larsen, Årswoll, 1984; Prończuk i in., 1984; Schumann, Backhaus, 1988; Jung i in., 1996; Prończuk, 2000).

Morfologia i fizjologia roślin, obok uwarunkowań genetycznych, istotnie warunkują odporność na grzyby z rodzaju *Puccinia* spp. i *M. nivale* (Harward, 1977; Foss, 1983; Rose-Fricke i in., 1986; Potter i in., 1990; Plummer i in., 1992; Welty, Barker, 1992, 1994; Posselt, 1994; Adamko i in., 1997; Roderick, Thomas, 1997; Kimbeng, 1999; Torogood i in., 1999; Roderick i in., 2000a, 200b; Humphreys i in., 2000; Pflender, 2003, 2004).

Najskuteczniejszą metodą zwalczania rdzy żdźbłowej i rdzy koronowej oraz pleśni śniegowej jest hodowla odmian o podwyższonej odporności. Opracowano techniki inokulacji i prowadzenia selekcji pod względem odporności na te choroby w warunkach kontrolowanych, ale większość hodowców większą uwagę przywiązuje selekcji prowadzonej w warunkach polowych. Coraz większą uwagę przypisuje się badaniom molekularnym (Hides, Wilkins, 1978; Meyer, 1982; Burpee, 1993; Thomas, 1994; Wijk, 1996; Paul, Dapprich, 1997; Jönsson, Engqvist, 1998; Feuerstein, 2000; Humphreys i in., 2000; Mulle i in., 2002; Daracatos i in., 2006).

Szczególnie trudna do oceny jest odporność na grzyby z rodzaju *Puccinia* spp. ze względu na dużą zmienność populacji tego patogena w czasie i przestrzeni (Wilkins, 1978; Eshed, Dinner, 1980; Potter i in., 1990; Clarke i in., 1997). Dlatego w 2000 roku podczas Konferencji EUCARPIA „Breeding for stress tolerance in fodder crops and amenity grasses” zespół pracujący pod kierunkiem Beat Bollera w Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Zurych w Szwajcarii wystąpił z propozycją prowadzenia wspólnych badań na terenie całej Europy. Pierwszy cykl badań „EUCARPIA multisite rust evaluation trial” przeprowadzono w latach 2001–2002 w 11 krajach (w 19 miejscowościach) a uczestniczyły w nim 23 instytucje: 9 państwowych i 14 prywatnych. Uzyskano wyniki dla 31 odmian życicy trwałej (Boller i in., 2002). W 2004 roku rozpoczęto drugi cykl badań nad 33 odmianami życicy trwałej, a jednym z dodatkowych punktów badań był IHAR Radzików.

Celem pracy był opis cech morfologicznych i fizjologicznych roślin mających istotny wpływ na wartość rolniczą europejskich odmian życicy trwałej (*Lolium perenne* L.) w użytkowaniu kośno-polowym i nasiennym, ze szczególnym uwzględnieniem odporności na rdzę koronową i rdzę żdźbłową oraz na pleśń śniegową.

MATERIAŁY I METODY

Material roślinny

Do badań włączono 33 powszechnie uprawiane w Europie odmiany życicy trwałej o zróżnicowanej odporności na rdzę: 19 odmian diploidalnych (tab. 1) i 14 odmian tetraploidalnych (tab. 2). Próby nasion otrzymano z laboratorium Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Zurich w Szwajcarii.

Tabela 1 i 2

Lista diploidalnych odmian życicy trwałej badanych w latach 2004–2006**List of diploid perennial ryegrass cultivars tested in the years 2004–2006**

Lp. No.	Odmiana Cultivar	Hodowca Breeder	Rok pierwszej rejestracji Year 1 st listed	Kraje, gdzie jest zarejestrowana Countries were listed currently
1	2	3	4	5
1	Aberdart	IGER	1998	UK
2	Arabella	Steinach	1994	D
3	Aristo	Limagrain	1999	F, NL
4	Aurora	IGER	1987	UK
5	Barnhem	Barenbrug	1999	D, NL
6	Carrera	Carneau	2000	F
7	Corbet	DANI	1997	UK
8	Fennema	NPZ	1987	D, DK, F, S, UK
9	Foxtrot	LG/DLF	1996	UK, D, B, A
10	Gladjo	Zelder	1995	N, D, F
11	Guru	BAL	1999	(A),
12	Heraut	Zelder	1987	D, L, NL
13	Kells	DANI	1999	F, UK, IRL
14	Lipresso	DSV	1999	D, I
15	Option	CEBECO	1997	NL
16	Orval	REGA	2000	F
17	Sponsor	CEBECO	1997	D, NL
18	Vincent	Zelder	1993	NL, D, DK
19	Weigra	Steinach	1993	D

Lista tetraploidalnych odmian życicy trwałej badanych w latach 2004–2006**List of tetraploid perennial ryegrass cultivars tested in the years 2004–2006**

1	2	3	4	5
1	Aubisque	Advanta	1992	F, D, DK, UK
2	Bocage	Carneau	1997	F
3	Condesa	Advanta	1982	F, D, DK, N, S
4	Elgon	Advanta	1992	UK, F, D, DK
5	Gwendal	RAGT SA	1998	F
6	Helmer	Svalöf Weibul	1991	S
7	Kentaur	Hladke Zivotice	1997	CZ
8	Lacerta	FAL	1996	CH, D, F, DK
9	Litempo	DSV	2000	D
10	Pastoral	RAGT SA	1997	F, CH, NL
11	Roy	DVP	1997	B, F, UK
12	Sirocco	Zelder	1999	UK
13	Terry	Svalöf Weibul	1996	IRL
14	Tivoli	DLF	1988	UK, D, F, IRL, D

Metodyka badań

Badania prowadzono w warunkach polowych, według metodyki opracowanej przez zespół Dr. Beat Bollera, w Radzikowie, w latach 2004–2006. Nasiona badanych odmian żywic trwałej wysiano ręcznie w okresie wiosennym do 15 maja w rzędach (długość rzędu 1,5 m, odległość między rzędami 50 cm), dwa rzędy w powtórzeniu, 4 powtórzenia. Pierwsze koszenie przeprowadzono, gdy 50% badanych materiałów była w fazie kłoszenia. Następne koszenia wykonano w odstępie 3–4 tygodni na wysokości 7–10 cm (użytkowanie kośno-polowe). Materiały scharakteryzowano opisując szacunkowy plon zielonej masy, morfologię i fizjologię roślin w stadium wegetatywnym i generatywnym oraz odporność na rdzę żdźbłową, rdzę koronową oraz na pleśń śniegową. Niekorzystny układ warunków klimatycznych podczas prowadzenia doświadczeń uniemożliwił prowadzenie pełnej waloryzacji badanych materiałów i oceny ich wartości gospodarczej (wysokie temperatury i susza w latach 2005 i 2006).

Szacunkowy plon zielonej masy oraz cechy morfologiczne i fizjologiczne roślin w stadium wegetatywnym

Szacunkowy plon zielonej masy opisano trzykrotnie w 2004 roku (w lipcu — ZM 1, w sierpniu — ZM 2 i we wrześniu — ZM 3) oraz w 2005 roku (po zbiorze nasion w sierpniu — ZM 4). Szerokość liścia i wysokość roślin opisano dwukrotnie w 2004 roku (przed zbiorem 1 i 2 pokosu) oraz w 2005 roku (przed zbiorem dodatkowego pokosu zielonej masy po zbiorze nasion). Wysokość roślin odzwierciedlała długość pędów wegetatywnych do końca najdłuższych liści, natomiast przy ocenie szerokości liścia brano pod uwagę drugi od góry, w pełni wykształcony liść (pierwszy, jest w trakcie wysuwania się z pochwy liściowej). Używano bonitacyjnej skali 1–9 opisanej w tabeli 3.

Tabela 3

Skala używana do wizualnych ocen szacunkowego plonu zielonej masy (z rzędu o dl. 3 m), wysokości roślin i szerokości liści

Scale used for visual scoring of the green mass production (per 3 m of row), plant height and leaf width

Skala Score	Zmienne — Variables		
	wysokość roślin — plant height	szerokość liścia — leaf width (mm)	ilość zielonej masy — green mass production
9	powyżej wzorca higher than standard	>7	powyżej wzorca higher than standard
8	poziom wzorca standard level	7	poziom wzorca standard level
7	5% poniżej wzorca 5% below standard	6	10% poniżej wzorca 10% below standard
6	10% poniżej wzorca 10% below standard	5	20% poniżej wzorca 20% below standard
5	20% poniżej wzorca 20% below standard	4	30% poniżej wzorca 30% below standard
4	25% poniżej wzorca 25% below standard	3,5	40% poniżej wzorca 40% below standard
3	30% poniżej wzorca 30% below standard	3	50% poniżej wzorca 50% below standard
2	35% poniżej wzorca 35% below standard	2	60% poniżej wzorca 60% below standard
1	ponad 35% poniżej wzorca more than 35% below standard	<2	ponad 60% poniżej wzorca more than 60% below standard

Jako wzorzec przyjmowano odmianę charakteryzującą się najwyższym szacunkowym plonem zielonej masy, najszerszym liściem oraz której rośliny były najwyższe. Były to tetraploidalne odmiany Gwendal i Tivoli.

Odporność na rdze

Ocenę odporności na rdze przeprowadzono na podstawie skali opracowanej przez zespół Bollera do badań „EUCARPIA multisite rust evaluation” (tab. 4).

Tabela 4

Skala używana do wizualnych ocen odporności odmian życicy trwałej na rdzę żdźbłową i koronową
Scale used for visual scoring of stem and crown rust resistance of perennial ryegrass cultivars

Ocena Score	Objawy Infection symptoms
9	brak objawów porażenia no symptom of infection
8	pierwsze symptomy choroby first symptom of infection
7	5% powierzchni liści porażonej rdzą koronową lub żdźbłową 5% of leaf infected by crown or stem rust
6	10% powierzchni liści porażonej rdzą koronową lub żdźbłową 10% of leaf infected by crown or stem rust
5	25% powierzchni liści porażonej rdzą koronową lub żdźbłową, tworzą się nieliczne uremie 25% scarce uremia formed
4	40% powierzchni liści porażonej rdzą koronową lub żdźbłową, duża liczba uremii 40% uremia in high numbers
3	60% powierzchni liści porażonej rdzą koronową lub żdźbłową, nieliczne nekrozy 60% scarce necroses
2	75% powierzchni liści porażonej rdzą koronową lub żdźbłową, duża ilość nekrotycznych plam 75% high number of necrotic spots
1	ponad 75% powierzchni liści porażonej rdzą koronową lub żdźbłową, duże nekrozy more than 75% of leaf infected by crown or stem rust, large necroses

Obserwacje prowadzono, gdy nasilenie choroby było najsilniejsze, średnio 2–3 dni przed zbiorem II i III pokosu. W roku 2004 w okresie letnim (w sierpniu, przed zbiorem II pokosu) w populacji występowały dwa patogeny: *Puccinia graminis* subsp. *graminicola* oraz *P. coronata* (obserwacje polowe oraz badania laboratoryjne wykazały, że ok. 20% to rdza żdźbłowa powodowana przez *P. graminis*, a ok. 80% to rdza koronowa powodowana przez *P. coronata*). W okresie jesiennym oceniono odporność odmian na rdzę koronową (przed zbiorem III pokosu we wrześniu). W 2005 roku nie zróżnicowano badanego materiału pod względem odporności na rdzę żdźbłową w stadium generatywnym.

Odporność na pleśń śniegową

Średnie temperatury dobowe w styczniu 2005 roku wzrosły powyżej 0°C i pozwoliły na ocenę odporności badanych materiałów pleśń śniegową. W 2006 roku temperatury w miesiącach zimowych były niskie i ocenę odporności na pleśń śniegową można było przeprowadzić na początku marca. Do oceny uszkodzeń powodowanych pleśnią śniegową stosowano skalę opisaną w tabeli 5.

Tabela 5

Skala używana do wizualnych ocen odporności odmian życicy trwałej na pleśń śniegową
Scale used for visual scoring of snow mould resistance of perennial ryegrass cultivars

Skala Score	Objawy Infection symptoms
9	rośliny zdrowe, bez objawów chorobowych plants healthy, no symptoms of disease
8	pierwsze symptomy choroby (ślady porażenia) first symptoms (traces of infection)
7	5% roślin porażonych w dolnej partii 5% of plants infected in lower parts
6	10% roślin porażonych w dolnej partii, brak roślin martwych 10% of plants infected in lower parts, no dead plants
5	25% roślin porażonych, ale możliwa jest ich regeneracja 25% of plants infected, regeneration possible
4	40% roślin porażonych lub martwych, ale możliwa jest ich regeneracja 40% of plants infected or dead, regeneration possible
3	60% roślin porażonych, większość z nich to rośliny martwe, a tylko niewielki procent ma zdolność do regeneracji 60% of plants infected, major part dead, only a small proportion able to regenerate
2	75% roślin porażonych. Większość z nich to rośliny martwe, a tylko niewielki procent ma zdolność do regeneracji 75% of plants infected, major part dead, only a small proportion able to regenerate
1	ponad 75% roślin porażonych i martwych more than 75% of plants infected and dead

Stan roślin przed zimą

W okresie późnej jesieni 2004 i 2005 roku oceniono wygląd roślin, odzwierciedlający stan, w jakim rośliny wchodziły w okres spoczynku zimowego. Tę cechę nazwano jako „stan roślin przed zimą”. Stan roślin przed zimą odzwierciedlał kompleks cech morfologicznych oraz fizjologicznych roślin (wśród nich najważniejsze to odporność na chorobę plamistości liści). Badanych materiałów nie różnicowano jesienią 2004 roku. Istotne różnicowanie uzyskano w 2005 roku.

Stan po zimie oraz ocena wczesnowiosenna

Zarówno w roku 2005 jak i w 2006 ocenę stanu roślin po zimie przeprowadzono na początku wegetacji (temperatury na granicy 4°C), natomiast ocenę wiosenną dokonano średnio 2 tygodnie po pierwszej. Ocena wiosenna miała na celu odzwierciedlenie zdolności badanych materiałów do szybkiej regeneracji. Użyto skali 1–9 (1 — całkowite wyginięcie roślin, brak regeneracji, 5–50% uszkodzonej darni, ale rośliny regenerują się; 9 — rośliny zdrowe, o dużym wigorze).

Wczesność

Wczesność określono w 2005 i 2006 roku. Wynik przedstawiono jako liczbę dni od 1 kwietnia do daty początku kłoszenia, gdy 10% kwiatostanów wysuwało się z pochwy liścia.

Morfologia kłosa

W 2005 roku nie wykazano różnicowania badanych materiałów pod względem generatywności natomiast istotne różnicowanie wykazano w morfologii kłosa. Dlatego w celu uzyskania dodatkowych informacji świadczących o plonowaniu nasiennym poszczególnych obiektów dokonano oceny długości zbitości kłosa w skali 1–4 (4 — kłos długi, zbity na poziomie wzorca; 3 — kłos o 10% krótszy w stosunku do wzorca; 2 — kłos

20% krótszy w stosunku do wzorca; 1 — kłos powyżej 30% krótszy w stosunku do wzorca). Wzorcem, charakteryzującym się kłosem długim i zbitym (ocenianym na 4) była odmiana Tivoli.

Warunki pogodowe w okresie trwania doświadczenia

Dane pogodowe, tj. średnie wartości temperatur oraz miesięczne sumy opadów zostały uzyskane ze Stacji Meteorologicznej Warszawa — Ursus (tab. 6).

Tabela 6

Średnie miesięczne temperatury powietrza i suma opadów w okresie od V 2004 do VIII 2006 Mean monthly temperatures and sum of precipitation during the period of V 2004 – VIII 2006

Rok Year	Miesiąc Month	Średnia temperatura (°C) Mean monthly temperature (°C)	Suma opadów (mm) Amount of precipitation (mm)
2004	V	12,0	60,0
	VI	15,8	50,0
	VII	17,9	60,0
	VIII	19,0	50,0
	IX	13,5	20,0
	X	10,0	40,0
	XI	3,5	50,0
	XII	1,5	20,0
2005	I	0,0	30,0
	II	-4,0	30,0
	III	-1,0	30,0
	IV	8,0	22,4
	V	14,1	46,2
	VI	16,5	18,2
	VII	20,7	44,6
	VIII	18,0	41,8
	IX	16,0	23,8
	X	9,5	3,6
	XI	3,4	31,0
	XII	0,0	63,6
2006	I	-8,4	31,0
	II	-2,9	44,2
	III	-0,7	12,4
	IV	9,2	38,8
	V	14,3	52,0
	VI	18,3	29,0
	VII	23,4	4,6
	VIII	18,1	189,8

Statystyczne opracowanie wyników

Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistics for Windows StatSoft, Inc. (1997). O istotności różnic między obiektami wnioskowano w oparciu o test rozstępu Tukeya. Stopień zależności między poszczególnymi cechami oceniano metodą analizy czynnikowej z rotacją Varimax za pomocą kryterium Kaisera oraz metodą korelacji prostej. Analiza czynnikowa z rotacją Varimax za pomocą kryterium Kaisera pozwoliła dokonać podziału wszystkich zmiennych (obserwowanych cech) na czynniki główne i określić, które zmienne wchodziły w skład określonego czynnika. Zmienne (cechy) wchodzące w skład określonego czynnika są istotnie zależne od siebie a jedna wartość czynnika przypisana poszczególnym obiektom świadczy wspólnie o tych zmiennych.

Zależności między poszczególnymi cechami potwierdzano również metodą korelacji prostej. Dodatkowo w celu zobrazowania relacji pomiędzy badanymi obiektami zastosowano kwadrat odległości Euklidesa jako miarę niepodobieństwa oraz analizę skupień metodą średniej więzi ważonej (WPGMA).

WYNIKI

Badane materiały różniły się między sobą odpornością na rdzę koronową i żółtobłądą ocenioną przed 2 pokosem w sierpniu, odpornością na rdzę koronową ocenioną przed zbiorem 3 pokosu we wrześniu, odpornością na pleśń śniegową w 2005 i 2006 roku oraz morfologią i fizjologią roślin w stadium wegetatywnym w latach 2004–2006 oraz w stadium generatywnym w latach 2005–2006 (tab. 7, 8, 9). Wyniki obserwacji, które nie różnicowały obiektów nie były przedstawiane w tabelach.

Tabela 7

Charakterystyka odmian diploidalnych i tetraploidalnych życicy trwalej w stadium wegetatywnym w użytkowaniu kośno-polowym w 2004 roku
Characteristic of diploid and tetraploid perennial ryegrass cultivars in vegetative stage under field - cutting management in 2004

Lp. No.	Odmiana Cultivar	2004								
		rdza koronowa i żółtobłąda — sierpień crown and stem rust — August	rdza koronowa — wrzesień Crown rust — September	szerokość liścia 1 leaf width 1	wysokość roślin 1 plant height 1	ZM 1 * GM 1	szerokość liścia 2 leaf width 2	wysokość roślin 2 plant height 2	ZM 2 GM 2	ZM 3 GM 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Odmiany diploidalne — Diploid cultivars (2n = 2x = 14)										
1	Aberdart	4,5	3,8	4,3	6,0	5,8	6,0	3,0	6,3	5,0
2	Arabella	5,3	5,3	4,3	6,5	6,3	5,5	3,0	7,8	6,8
3	Aristo	5,5	5,5	3,0	4,8	5,5	4,5	3,0	7,5	6,3
4	Aurora	1,0	2,5	3,8	5,8	5,0	5,5	3,5	2,0	2,8
5	Barnhem	4,5	5,3	4,8	6,5	5,3	7,3	3,5	7,3	6,0
6	Carrera	6,5	5,5	4,8	5,8	6,5	7,0	4,0	8,0	7,3
7	Corbet	4,5	4,3	4,0	5,8	5,5	6,5	4,5	6,0	5,3
8	Fennema	4,3	4,5	4,5	6,5	5,0	6,5	4,5	5,5	5,3
9	Foxtrot	3,8	4,8	4,3	6,5	5,5	6,5	5,0	6,8	5,8
10	Gladio	4,0	4,5	5,8	7,3	5,8	7,8	5,0	6,3	5,3
11	Guru	5,5	2,8	4,8	6,8	5,8	7,3	5,0	5,3	4,3
12	Heraut	4,8	5,5	4,0	5,0	4,5	5,5	5,0	5,3	4,5
13	Kells	5,3	5,3	4,0	5,5	5,5	6,0	5,5	6,3	5,8
14	Lipresso	3,5	4,3	4,5	6,8	6,8	7,0	6,0	6,5	6,5
15	Option	5,3	5,3	4,3	6,3	5,0	5,0	6,5	6,5	5,8
16	Orval	6,0	6,8	5,5	6,5	4,0	8,0	6,5	6,0	4,8
17	Sponsor	5,0	5,3	4,5	5,3	5,5	5,8	7,5	7,3	7,0
18	Vincent	5,5	5,5	6,3	7,3	4,8	8,8	8,5	6,0	6,3
19	Weigra	4,5	4,5	4,0	5,3	6,0	6,3	9,0	7,0	6,0

c.d. Tabela 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Odmiany tetraploidalne — Tetraploid cultivars ($2n=4x=28$)										
20 Aubisque	5,5	6,0	4,3	6,0	5,5	6,3	3,5	7,0	6,0	
21 Bocage	5,5	6,3	4,3	5,8	5,5	5,8	3,5	6,5	5,0	
22 Condesa	2,5	3,8	5,0	6,0	5,3	8,3	4,0	4,8	3,5	
23 Elgon	4,8	5,3	5,3	6,8	5,8	7,3	4,5	7,3	5,0	
24 Gwendal	6,0	5,3	4,5	6,5	5,8	6,5	5,0	8,0	7,5	
25 Helmer	3,0	4,8	4,5	5,5	5,8	7,8	5,0	5,0	4,8	
26 Kentaur	4,3	4,8	5,0	6,5	6,8	8,0	5,5	7,5	6,8	
27 Lacerta	6,5	7,0	4,0	5,8	6,3	5,8	6,0	8,0	7,3	
28 Litempo	3,8	6,8	5,0	6,3	5,3	8,3	6,5	6,0	5,8	
29 Pastoral	5,5	6,5	6,3	6,5	5,8	8,5	6,5	6,5	5,8	
30 Roy	4,3	5,0	5,5	6,0	5,8	7,3	7,5	6,5	5,8	
31 Sirocco	3,8	5,5	5,8	7,3	5,0	8,5	7,5	5,3	4,8	
32 Terry	3,8	5,5	4,0	5,8	5,8	6,0	8,0	5,8	5,0	
33 Tivoli	4,5	5,8	6,0	6,5	6,3	8,3	8,0	7,5	7,8	
Średnia Mean	4,6	5,1	4,7	6,1	5,6	6,8	5,6	6,4	5,7	
NIR — $LSD_{(0,05)}$ Tukeya	1,8	1,7	2,5	2,4	2,6	1,9	2,1	2,8	2,4	

* ZM 1, ZM 2, ZM 3 — szacunkowy plon zielonej masy w 1, 2 i 3 pokosie

GM 1, GM 2, GM 3 — estimated green mass production in the 1, 2 and 3 cut

Analiza czynnikowa z rotacją Varimax za pomocą kryterium Kaisera pozwoliła dokonać podziału 25 zmiennych istotnie różnicujących odmiany życicy trwałej (obserwowanych cech) na 8 czynników głównych i określić, które zmienne wchodziły w skład określonego czynnika i są istotnie zależne od siebie (tab. 10, 11). Zależności te potwierdzono również metodą analizy korelacji (tab. 12, 13, 14). Wartość określonego czynnika przypisana każdej badanej odmianie, w postaci jednej liczby świadczyła o wszystkich zmiennych wchodzących w skład tego czynnika i pozwoliła wnioskować o wartości rolniczej obiektu (tab. 15, 16). Najważniejsze cechy świadczące o wartości rolniczej badanych obiektów skupiały dwa czynniki: czynnik 1 i czynnik 3.

Czynnik 1, który wniósł 34,59% ogółu zmienności wykazał wysoce istotną współzależność pomiędzy stanem roślin po zimie na początku okresu wegetacyjnego w roku 2005 i 2006, oceną stanu roślin przed zimą w roku 2005, oceną wczesnowiosenną w roku 2006 oraz morfologią kłosa (zbitość kłosa, długość kłosa) i szerokością liścia flagowego (tab. 10, 11). Na podstawie morfologii kłosa pośrednio można wnioskować o plonowaniu nasiennym badanego obiektu. Czynnik 1 wykazał również niewielki związek tych zmiennych z oceną odporności na rdzę koronową w okresie jesiennym. Największe zróżnicowanie odmian pod względem odporności na pleśń śniegową oraz trwałości (stan roślin po zimie) uzyskano w 2006 roku. Średnie porażenie pleśnią śniegową wynosiło 3,1. Stan roślin po zimie zaraz po ruszeniu wegetacji w 2006 roku oceniono średnio na poziomie 4,4, natomiast dwa tygodnie później na poziomie 6,5. Zakres zmienności pod względem odporności na rdzę wynosił 1,8–4,3. Oceny stanu roślin po zimie w pierwszym terminie wahały się w zakresie 2,5–6,0 natomiast w drugim terminie 4,5–7,8 (tab. 8).

Tabela 8

Charakterystyka odmian diploidalnych i tetraploidalnych życicy trwalej w stadium wegetatywnym w użytkowaniu kośno-polowym w latach 2005–2006

Characteristic of diploid and tetraploid perennial ryegrass cultivars in vegetative stage under field – cutting management during 2005–2006 years

Lp. No.	Odmiana Cultivar	2005						2006		
		pleśń śniegowa 1 snow mould 1	stan po zimie after winter performance 1	ocena wiosenna 1 spring performance 1	wysokość roślin 3 plant height 3	ZM 4 * GM 4	stan przed zimą fall performance	pleśń śniegowa 2 snow mould 2	stan po zimie 2 after winter performance 2	ocena wiosenna 2 spring performance 2
Odmiany diploidalne — diploid cultivars (2n=2x=14)										
1	Aberdart	6,3	4,3	6,0	6,0	5,3	3,0	1,8	2,8	5,0
2	Arabella	7,0	4,8	6,8	6,3	6,8	4,8	2,8	3,8	5,8
3	Aristo	6,5	4,8	6,8	6,0	7,8	5,0	2,3	3,8	6,3
4	Aurora	7,0	4,5	5,0	4,0	4,0	2,3	3,0	4,5	4,5
5	Barnhem	6,0	4,0	5,8	5,3	7,0	5,0	3,3	4,0	6,5
6	Carrera	7,5	4,8	6,0	5,3	7,5	4,8	2,5	3,5	5,5
7	Corbet	6,3	4,8	5,0	5,3	6,0	3,8	3,0	4,5	6,5
8	Fennema	6,5	5,0	6,5	5,5	5,3	5,3	2,5	4,3	6,8
9	Foxtrot	6,5	5,3	7,0	6,0	6,8	4,8	3,3	4,3	6,3
10	Gladjo	6,8	3,8	6,0	6,0	7,5	5,3	1,8	2,5	4,3
11	Guru	6,3	3,5	4,3	5,0	4,3	4,0	1,8	2,8	3,5
12	Heraut	6,5	4,5	6,3	6,5	5,8	4,0	3,0	4,0	6,3
13	Kells	5,8	3,8	6,0	5,5	4,5	5,3	2,0	3,5	5,5
14	Lipresso	6,3	4,0	7,0	5,8	5,3	4,5	2,3	4,0	5,8
15	Option	5,8	4,8	7,0	6,0	6,5	4,5	2,3	3,3	5,5
16	Orval	6,3	3,8	5,5	5,8	7,0	4,5	2,0	3,5	4,3
17	Sponsor	6,5	4,3	5,0	5,5	6,3	6,0	1,8	2,8	4,8
18	Vincent	7,0	4,5	7,5	6,3	7,5	6,0	2,8	4,3	6,3
19	Weigra	6,3	4,0	6,8	6,5	5,8	5,5	2,5	3,8	6,0
Odmiany tetraploidalne — Tetraploid cultivars (2n = 4x =2 8)										
20	Aubisque	6,5	5,3	6,8	7,5	5,3	6,3	4,8	6,0	8,0
21	Bocage	6,3	5,3	6,0	7,8	7,8	6,3	3,8	5,3	8,5
22	Condesa	6,8	4,3	7,0	7,3	7,8	6,8	4,3	5,5	8,3
23	Elgon	6,5	4,3	6,0	7,3	7,3	5,3	3,8	5,3	8,0
24	Gwendal	5,8	4,3	4,5	7,0	7,0	6,3	3,5	5,0	7,0
25	Helmer	6,8	4,5	7,8	7,8	5,0	6,0	3,8	5,0	7,5
26	Kentaur	6,3	4,5	7,5	7,8	6,8	6,5	3,8	5,0	7,5
27	Lacerta	6,8	6,0	8,5	7,3	5,5	6,3	4,0	5,3	8,0
28	Litempo	7,0	6,0	8,8	7,0	5,8	7,3	4,8	5,5	7,8
29	Pastoral	6,5	5,3	6,3	7,8	7,5	6,5	4,0	5,8	7,8
30	Roy	7,3	5,3	7,3	6,8	6,3	7,5	4,3	5,5	8,3
31	Sirocco	7,3	5,3	6,8	8,0	7,0	7,0	4,0	5,3	7,5
32	Terry	6,5	4,8	7,0	7,8	5,0	6,0	3,8	5,8	8,0
33	Tivoli	7,0	3,8	7,3	7,8	8,0	5,3	3,8	5,3	7,8
Średnia Mean		6,5	4,6	6,5	6,4	6,3	5,4	3,1	4,4	6,5
NIR _(0,05)										
LSD _(0,05)		2,0	2,4	2,2	2,0	2,1	2,5	2,6	2,3	2,5
Tukeya										

* ZM 4 — szacunkowy plon zielonej masy po zbiorze nasion w 2005 roku.

GM 4 — estimated green mass production after seed harvest in 2005

Tabela 9

Charakterystyka odmian życicy trwałej badanych w stadium generatywnym w latach 2005 i 2006
Characteristic of perennial ryegrass cultivars tested in the generative stage in 2005 and 2006

Lp. No.	Odmiana Cultivar	2005			2006			
		wczesność 1 maturity 1	opis kłosa spike characterization		wczesność 2 maturity 2	wysokość roślin (cm) plant height (cm)	liść flagowy flag leaf	
			zbitość density	długość lenght			długość (cm) lenght (cm)	szerokość (mm) width (mm)
Odmiany diploidalne — Diploid cultivars (2n=2x=14)								
1	Aberdart	56	1,0	1,0	54	80,0	14,1	4,5
2	Arabella	58	2,5	2,5	56	80,0	14,9	4,8
3	Aristo	65	2,5	2,0	64	72,5	12,1	4,5
4	Aurora	53	1,5	1,0	57	77,5	10,6	3,5
5	Barnhem	66	2,0	2,0	64	90,0	15,5	3,5
6	Carrera	77	2,5	1,5	65	75,0	13,1	4,0
7	Corbet	66	2,5	2,5	64	75,0	12,0	3,5
8	Fennema	56	2,5	1,5	56	75,0	12,4	4,0
9	Foxtrot	63	2,5	3,0	66	75,0	15,5	4,0
10	Gladjo	66	2,5	2,5	67	80,0	14,3	4,0
11	Guru	54	1,5	1,0	57	77,5	13,9	2,3
12	Heraut	60	2,0	1,5	64	77,5	10,5	4,5
13	Kells	57	2,5	2,5	54	70,0	11,8	4,0
14	Lipresso	53	2,5	1,5	53	77,5	11,8	4,5
15	Option	58	3,5	2,5	59	80,0	11,8	4,8
16	Orval	78	2,5	3,0	61	80,0	10,3	3,5
17	Sponsor	64	3,0	3,0	66	67,5	15,3	4,0
18	Vincent	62	2,0	1,5	63	67,5	13,8	4,5
19	Weigra	59	2,5	1,5	59	87,5	16,4	5,5
Odmiany tetraploidalne — Tetraploid cultivars (2n=4x=28)								
20	Aubisque	55	3,0	2,5	53	77,5	14,6	5,5
21	Bocage	66	3,5	4,0	63	85,0	19,0	5,5
22	Condesa	66	3,5	3,5	68	85,0	18,9	5,5
23	Elgon	59	2,5	1,5	63	75,0	15,8	4,8
24	Gwendal	66	4,0	4,0	66	75,0	16,9	5,5
25	Helmer	57	4,0	3,5	55	77,5	20,6	6,0
26	Kentaur	59	4,0	3,5	60	80,0	17,5	5,8
27	Lacerta	56	3,5	3,0	56	82,5	18,1	6,0
28	Litempo	56	4,0	4,0	54	72,5	14,1	5,3
29	Pastoral	66	2,5	3,5	67	75,0	17,6	5,0
30	Roy	60	3,0	3,5	61	80,0	17,1	5,5
31	Sirocco	64	3,5	3,5	60	80,0	14,0	5,5
32	Terry	59	4,0	3,5	55	87,5	17,1	5,5
33	Tivoli	66	3,5	4,0	66	85,0	16,8	6,0
Średnia Mean		60	3,0	3,0	60	78,3	15,0	5,0
NIR _(0,05) — LSD _(0,05) Tukeya		9,1	2,6	2,4	7,3	11,2	2,1	1,5

Wykazano, że materiały wczesne gorzej regenerowały się po zimie. Dodatkowo stwierdzono, że materiały wczesne były bardziej podatne na zakażenie rdzą koronową w roku poprzednim (współczynnik korelacji 0,29**) oraz wskazano na zależności pomiędzy morfologią liścia flagowego w stadium generatywnym z trwałością badanych materiałów (tab. 12, 13, 14).

Tabela 10

Analiza czynnikowa cech charakteryzujących badane odmiany życicy trwalej
Factor analysis of the characters of the tested perennial ryegrass cultivars

Czynnik Factor	Wartość własna Eigen values	% zmienności badanych obiektów (ogółu wariancji) % of variance of tested genotypes	Skumulowana wartość własna Cumulative eigenvalues	Skumulowany % zmienności Cumulative % of variance
1	9,69	34,59	9,69	34,59
2	3,75	13,39	13,43	47,98
3	3,13	11,18	16,57	59,17
4	2,19	7,83	18,76	66,99
5	1,78	6,36	20,54	73,36
6	1,37	4,91	21,91	78,27
7	1,14	4,08	23,06	82,34
8	1,08	3,84	24,13	86,18

Tabela 11

Macierz czynników rotowanych zmiennych charakteryzujących badane odmiany życicy trwalej
Character rotation factor matrix of the tested perennial ryegrass cultivars

Rok Year	Zmienna Variable	Czynnik 1 Factor 1	Czynnik 2 Factor 2	Czynnik 3 Factor 3	Czynnik 4 Factor 4	Czynnik 5 Factor 5	Czynnik 6 Factor 6	Czynnik 7 Factor 7	Czynnik 8 Factor 8
1	3	3	4	5	6	7	8	9	10
2004	rdza żdźbłowa i koronowa — sierpień crown and stem rust — August	-0,1	0,0	0,9	0,1	0,0	-0,1	-0,1	0,0
	rdza koronowa — wrzesień crown rust — September	0,5	0,0	0,7	0,2	-0,3	0,2	0,0	0,2
	szerokość liścia 1 leaf width 1	0,1	0,9	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,2
	wysokość roślin 1 plant height 1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	-0,1	0,1	-0,1
	zielona masa 1 green mass 1	0,1	0,0	0,2	-0,1	0,9	0,0	0,2	-0,1
	szerokość liścia 2 leaf width 2	0,2	0,8	-0,2	0,2	0,0	0,1	0,0	0,2
	wysokość roślin 2 plant height 2	0,1	0,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,9
	zielona masa 2 green mass 2	0,1	0,0	0,8	0,2	0,4	-0,1	0,1	0,0
	zielona masa 3 green mass 3	0,1	0,0	0,8	0,1	0,5	0,1	0,0	0,2
	pleśń śniegowa 1 snow mould 1	0,1	0,2	-0,2	0,2	0,1	0,8	-0,1	0,0
2005	stan po zimie 1 after winter performance 1	0,6	-0,2	0,2	-0,2	-0,2	0,7	0,0	-0,1
	ocena wiosenna 1 spring performance 1	0,4	0,0	0,1	-0,2	0,0	0,6	0,4	0,3
	wczesność 1 — maturity 1	0,0	0,1	0,2	0,9	-0,1	0,0	-0,1	0,0
	zbitość kłosa — spike dense	0,8	-0,1	0,1	0,1	0,2	-0,1	0,0	0,4
	długość kłosa — spike lenght	0,8	0,0	0,0	0,3	0,1	-0,1	-0,1	0,3
	wysokość roślin 3 plant height 3	0,8	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
	zielona masa 4 — green mass 4	0,2	0,2	0,3	0,8	0,0	0,1	0,2	0,0
	stan przed zimą fall performance	0,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	-0,1	0,3

c.d. Tabela 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2006	pleśń śniegowa 2 snow mould 2	0,9	0,1	-0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	-0,1
	stan po zimie 2 after winter performance 2	0,9	0,1	-0,1	-0,1	-0,1	0,2	0,2	-0,1
	ocena wiosenna 2 spring performance 2	0,9	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,3	-0,1
	wczesność 2 — maturity 2	0,0	0,1	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
	wysokość roślin w stadium generatywnym plant height in the generative stage	0,2	-0,1	-0,2	0,1	0,1	-0,2	0,7	0,0
	szerokość liścia flagowego width of the flag leaf	0,8	0,1	0,1	-0,1	0,3	0,1	0,3	0,1
	długość liścia flagowego length of the flag leaf	0,5	0,1	0,3	0,0	0,4	0,2	0,4	0,5
	Wariancja wyjściowa Initial variance	7,4	2,7	3,2	2,9	2,0	2,1	2,1	1,9
	Udział — Share	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Ujemne wartości czynnika 1 przypisane wszystkim odmianom diploidalnym wskazują, że materiały te nie wykazują wysokiej wartości rolniczej pod względem cech przypisanych czynnikowi 1 (tab. 15). Charakteryzują się niską odpornością na pleśń śniegową, źle przechodzą przez okres spoczynku zimowego (niskie oceny stanu roślin o zimie i w okresie wczesnej wiosny). Większość z badanych odmian (oprócz Vincent, Sponsor i Foxtrot) charakteryzowały się kłosem luźnym i krótkim. Wszystkim odmianom tetraploidalnym zostały przypisane dodatkowo wartości czynnika 1, a najwyższe odmianom Aubisque, Bocage, Gwendal, Litempo, i Terry (powyżej 1,3). Odmiany te szybko kończyły okres spoczynku zimowego oraz posiadały kłos długi i zbity, rokujący wysoki plon nasion (tab. 16).

Czynnik 3, który wniósł ponad 11% zmienności wykazał wysoce istotny wpływ rdzy żdźbłowej i koronowej na szacunkowy plon zielonej masy w 2 i 3 pokosie (tab. 10, 11). Największe zróżnicowanie odmian pod względem odporności na rdzę koronową i żdźbłową uzyskano na podstawie wyników obserwacji przeprowadzonych w okresie letnim (sierpień) oraz jesiennym (tab. 7). Analiza mikroskopowa prób porażonych liści pobranych z pola pozwoliła stwierdzić występowanie w sierpniu zarówno rdzy żdźbłowej jak i koronowej a jesienią koronowej. Potwierdzone to zostało również w ramach współpracy w laboratorium Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Zurich, Szwajcaria, które koordynuje badania w ramach programu „EUCARPIA multisite rust evaluation trial”. Występowanie obu gatunków rdzy miało uzasadnienie w przebiegu warunków pogodowych (tab. 6). Rdza żdźbłowa potrzebuje do rozwoju wyższych temperatur niż rdza koronowa. Ponieważ średnie temperatury w miesiącach letnich (lipiec, sierpień) nie były wysokie, rdza koronowa pojawiła się wcześniej i dominowała w populacji rdzy.

Tabela 12

Współzależności zmiennych charakteryzujących odmiany życicy trwałej w stadium wegetatywnym w latach 2004, 2005 i 2006 ze zmiennymi opisującymi stadium wegetatywne roślin w roku 2004

Relationships between the characters of perennial ryegrass cultivars in vegetative stage in 2004, 2005 and 2006 and the characters describing vegetative stage in 2004

Rok Year	Zmienne Characters	Współczynniki korelacji Correlation coefficients								
		2004								
		rdza żdźbłowa i koronowa – sierpień / crown and stem rust - august	rdza koronowa – wrzesień crown rust - september	szerokość liścia 1 leaf width 1	wysokość roślin 1 plant height 1	zielona masa 1 green mass 1	szerokość liścia 2 leaf width 2	wysokość roślin 2 plant height 2	zielona masa 2 green mass 2	zielona masa 3 green mass 3
2004	rdza koronowa – wrzesień crown rust - september	0,47***	x							
	szerokość liścia 1 leaf width 1	x	0,23**	x						
	wysokość roślin 1 plant height 1	x	x	0,63***	x					
	zielona masa 1 green mass 1	x	x	0,55***	0,77***	x				
	szerokość liścia 2 leaf width 2	x	0,29***	0,56***	0,36***	0,27***	x			
	wysokość roślin 2 plant height 2	x	x	0,30***	0,43***	0,33***	0,37***	x		
	zielona masa 2 green mass 2	0,41***	0,26***	0,31***	0,53***	0,50***	0,38***	0,36***	x	
	zielona masa 3 green mass 3	0,38***	0,31***	0,27**	0,30***	0,33***	0,34***	0,34***	0,75***	x

c.d. Tabela 12

1	3	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2005	pleśń śniegowa 1 snow mould 1	x	0,18*	x	x	x	x	x	-0,19*	x
	stan po zimie 1 after winter performance 1	x	0,30***	x	x	x	x	x	x	x
	ocena wiosenna 1 spring performance 1	x	0,35***	0,18*	x	x	0,29***	x	x	0,23**
	wysokość roślin 4 plant height 4	x	0,34***	0,51***	0,29***	0,20**	0,63***	0,30***	0,21***	x
	zielona masa 4 green mass 4	0,26**	0,29**	x	x	x	x	x	0,33***	0,20*
	stan przed zimą fall performance	x	0,40***	0,47***	0,21**	x	0,52***	0,26**	x	0,33***
	pleśń śniegowa 2 snow mould 2	x	0,31***	0,40***	x	x	0,52***	x	x	x
2006	stan po zimie 2 after winter performance 2	x	0,29***	0,40***	x	x	0,49***	x	x	x
	ocena wiosenna 2 spring performance 2	x	0,31***	0,29***	x	x	0,48***	x	x	x

*** - Istotne przy $P < 0,01$; Significant at $P < 0.01$

x — Nieistotne; Not significant

Tabela 13

Współzależności zmiennych charakteryzujących odmiany życicy trwałej w stadium wegetatywnym w latach 2005–2006
Relationships between the characters of perennial ryegrass cultivars in vegetative stage in the years 2005–2006

Rok Year	Zmienne Characters	Współczynniki korelacji Correlation coefficients							
		2005						2006	
		pleśń śniegowa 1 snow mould 1	stan po zimie 1 after winter performance 1	ocena wiosenna 1 spring performance 1	wysokość roślin 4 plant height 4	zielona masa 4 green mass 4	stan przed zimą fall performance	pleśń śniegowa 2 snow mould 2	stan po zimie 2 after winter performance 2
2005	ocena wiosenna 1 spring performance 1	0,28***	0,31***	x					
	wysokość roślin 4 plant height 4	x	x	0,31***	x	0,26**			
	zielona masa 4 green mass 4	x	x	x	x	x			
	zielona masa 5 green mass 5	0,20*	x	0,20*	x	x			
	stan przed zimą fall performance	0,29***	x	0,43***	0,55***	0,24**	x		
	pleśń śniegowa 2 snow mould 2	0,26**	0,32***	x	0,49***	x	0,60***	x	
2006	stan po zimie 2 after winter performance 2	0,23**	0,26**	x	0,53***	x	0,52***	0,90***	x
	ocena wiosenna 2 spring performance 2	0,18*	0,33***	x	x	x	0,46***	0,77***	0,82***

Tabela 14

Współzależności zmiennych charakteryzujących odmiany życicy trwałej w stadium generatywnym oraz z wybranymi zmiennymi w stadium wegetatywnym latach 2004–2006

Relationships between perennial ryegrass characters in generative stage and some characters in vegetative stage in the years 2004–2006

Rok Year	Zmienne Variables	Współczynniki korelacji Correlation coefficient											
		2004	2005				2006			2005			2006
		rdza koronowa - wrzesień crown rust - august	stan po zimie after winter performance	ocena wiosenna spring performance	stan przed zimą fall performance	pleśń śniego wa snow mould	stan po zimie after winter performance	ocena wiosenna spring performance	wczesność maturity	zbitość kłosa spike density	długość kłosa spike lenght	długość liścia flagowego flag lear lenght	
	wczesność maturity	0,29**	-0,24*	x	x	x	x	x	x				
2005	kłos												
	zbitość density	0,35***	x	0,44***	0,52***	0,30*	0,31*	0,40***	x	x			
	długość lenght	0,49***	x	0,47***	0,61***	0,44** *	0,41***	0,43***	0,38***	0,89***	x		
	wczesność maturity	x	x	x	x	x	x	x	0,70***	x	x		
2006	liść												
	długość lenght	x	x	x	0,41***	0,34** *	0,30***	0,38***	x	0,38**	0,46***	x	
	flagowy flag leaf												
	szerokość width	x	x	x	0,56***	0,53** *	0,54***	0,47***	x	0,60***	0,55***	0,54***	

Tabela 15

Macierz czynników rotowanych diploidalnych odmian życicy trwalej w stadium wegetatywnym i w stadium generatywnym w latach 2004–2006
Rotation factor matrix of diploid perennial ryegrass cultivars in vegetative and generative stages in the years 2004–2006

Lp. No.	Odmiana Cultivar	Czynnik 1 Factor 1	Czynnik 2 Factor 2	Czynnik 3 Factor 3	Czynnik 4 Factor 4	Czynnik 5 Factor 5	Czynnik 6 Factor 6	Czynnik 7 Factor 7	Czynnik 8 Factor 8
1	Aberdart	-1,7	-0,1	0,1	-1,1	0,2	0,0	1,1	-1,0
2	Arabella	-0,5	-0,2	0,9	-0,2	0,9	0,5	-0,1	-1,3
3	Aristo	-0,6	-2,4	0,9	1,0	0,1	1,0	-0,1	-0,6
4	Aurora	-1,0	-0,7	-3,4	-0,8	-0,3	0,8	-0,8	-1,3
5	Barnhem	-0,6	0,3	0,2	0,8	0,1	-0,7	1,0	-1,1
6	Carrera	-1,2	-0,3	1,0	1,9	1,3	1,9	-0,4	-0,7
7	Corbet	-0,2	-0,7	-0,5	0,6	-0,1	-0,5	-1,1	-1,0
8	Fennema	-0,4	0,3	0,0	-1,1	-1,4	0,0	-0,4	-0,7
9	Foxtrot	-0,2	-0,2	0,0	0,5	0,1	0,9	0,2	-0,3
10	Gladjo	-1,1	1,4	-0,6	1,3	0,7	-0,5	-0,3	0,2
11	Guru	-1,6	1,2	-0,7	-1,4	0,9	-1,1	-0,9	-0,4
12	Heraut	-0,6	-1,3	-0,2	0,2	-2,1	0,2	0,9	-0,1
13	Kells	-0,4	-0,7	0,5	-1,3	-0,1	-1,4	-1,9	0,7
14	Lipresso	-1,0	0,7	0,0	-1,6	1,5	-0,2	0,7	0,4
15	Option	-0,6	-0,8	0,9	-0,5	-1,4	-0,9	1,6	1,3
16	Orval	-0,8	0,6	0,5	1,4	-2,3	-0,8	-1,0	1,1
17	Sponsor	-0,6	-1,1	0,4	0,9	0,6	-0,5	-2,4	1,8
18	Vincent	-0,9	2,3	0,9	-0,1	-1,4	1,3	-0,3	1,0
19	Weigra	-0,8	-1,0	-0,2	-0,3	0,5	-0,7	1,9	1,9

Tabela 16

Macierz czynników rotowanych tetraploidalnych odmian życicy trwalej w stadium wegetatywnym i w stadium generatywnym w latach 2004–2006
Rotation factor matrix of tetraploid perennial ryegrass cultivars in vegetative and generative stages in the years 2004–2006

Lp. No.	Odmiana Cultivar	Czynnik 1 Factor 1	Czynnik 2 Factor 2	Czynnik 3 Factor 3	Czynnik 4 Factor 4	Czynnik 5 Factor 5	Czynnik 6 Factor 6	Czynnik 7 Factor 7	Czynnik 8 Factor 8
1	Aubisque	1,5	0,1	0,8	-1,6	-0,5	-0,2	-0,6	0,2
2	Bocage	1,5	-1,0	0,3	0,9	-0,7	-0,7	0,1	1,1
3	Condesa	1,1	0,1	-2,3	1,7	-0,3	-0,1	1,1	-0,3
4	Elgon	0,2	1,2	0,6	-0,1	-0,5	-0,5	1,4	1,0
5	Gwendal	1,3	0,2	1,0	0,6	0,8	-2,5	-1,1	0,9
6	Helmer	1,1	-0,6	-1,5	-0,7	0,8	0,5	-0,5	0,7
7	Kentaur	1,0	0,6	0,1	-0,2	1,6	-0,8	0,6	1,2
8	Lacerta	0,8	-1,0	1,7	-1,3	0,7	1,6	0,8	0,2
9	Litempo	1,5	0,3	0,1	-1,2	-0,4	2,0	-1,1	-0,4
10	Pastoral	1,0	1,5	0,7	0,6	-0,5	0,3	0,1	-1,4
11	Roy	0,8	0,1	-0,5	0,2	0,4	1,3	-0,5	0,5
12	Sirocco	1,0	1,5	-0,7	0,2	-0,8	0,8	0,0	-1,9
13	Terry	1,3	-1,0	-0,8	-0,7	-0,2	-1,0	0,9	-1,2
14	Tivoli	0,5	0,9	-0,1	1,3	1,6	0,0	1,1	-0,6

Zakres zmienności odporności badanych odmian na rdzę wynosił w okresie letnim od 1,0 do 6,5 a w okresie jesiennym 2,5–7,0 (tab. 7). Dwie odmiany diploidalne, Carrera i Option, wykazały wysoką odporność na rdzę zarówno w okresie letnim jak i jesiennym.

Sześć innych odmian diploidalnych, Vincent, Aristo, Kells, Arabella i Sponsor, charakteryzowały się podwyższoną odpornością. Pozostałe odmiany diploidalne (11 odmian co stanowi 58% badanych) scharakteryzowano jako średnio podatne i podatne na zakażenie grzybami *P. coronata* i *P. graminis* spp. *graminicola*. Wśród odmian tetraploidalnych dwie odmiany Lacerta i Gwendal scharakteryzowano jako bardzo odporne. Trzy inne odmiany tetraploidalne, Bocage, Pastoral i Aubisque wykazały podwyższoną odporność przez cały okres wegetacyjny. Tylko jedna z badanych odmian tetraploidalnych, Condesa, nie wykazała odporności na rdzę, natomiast pozostałe odmiany zostały scharakteryzowane jako średnio podatne w okresie letnim i średnio odporne w okresie jesiennym. Wartości Czynnika 3 przypisane badanym odmianom, wykazały, że zarówno w grupie materiałów diploidalnych jak tetraploidalnych można wyodrębnić obiekty o podwyższonej odporności na rdze koronową i żdźbłową oraz rokujące wysoki szacunkowy plon zielonej masy (tab. 15, 16). Najwyższą wartość rolniczą pod względem tych cech wykazały odmiany diploidalne Arabella, Aristo, Option i Gwendal (wartości czynnika 3 wyniosły 0,9) oraz odmiany tetraploidalne Aubisque, Gwendal, Lacerta, i Pastoral. Na szczególną uwagę zasługuje odmiana Lacerta (wartość czynnika 3 wynosi 1,7).

Czynnik 2 wskazał na zróżnicowanie badanych europejskich odmian życicy trwałej pod względem morfologii roślin w stadium wegetatywnym (szerokość liścia i tempo wzrostu) oraz na istotne współzależności pomiędzy tymi cechami, co potwierdzono metodą analizy korelacji (tab. 11, 12). Wysokość roślin w stadium generatywnym została scharakteryzowana jako cecha niezależna od innych opisanych zmiennych (czynnik 7). Czynniki 4 i 5 wskazały na ścisłą współzależność wczesności roślin w użytkowaniu nasiennym z szacunkowym plonem zielonej masy w pokosie zbieranym po zbiorze nasion. Do grupy odmian najwcześniejszych, charakteryzujących się równocześnie wysokim szacunkowym plonem zielonej masy po zbiorze nasion, włączone zostały 4 odmiany diploidalne: Aristo, Carrera, Gladio i Option. W grupie odmian tetraploidalnych najwyższym dodatkowym plonem zielonej masy po zbiorze nasion charakteryzowała się odmiana Tivoli, Condesa, Bocage, Elgon, i Pastoral..

DYSKUSJA

Życica trwała jest jednym z najważniejszych gatunków traw pastewnych ze względu na jej wysoką smakowitość (Balasko i in., 1995). O jej wartości użytkowej (rolniczej) w dużym stopniu decyduje odporność na stesy biotyczne i abiotyczne, z których najważniejsze to rdza żdźbłowa i koronowa, pleśń śniegowa oraz niskie temperatury w okresie zimowym (Lowe i in., 1983; Cagas, 1996, 2000; Cappelli i in., 1993; Rickaer, 1995; Thomas, Camps, 1996; Welty, Azevedo, 1994). Hodowla odmian o podwyższonej odporności na patogeny jest jedyną skuteczną metodą ich zwalczania.

Problem związany z rdza żdźbłową i koronową na życicy trwałej występuje na terenie całej Europy. Dlatego inicjatywa przedstawiona przez Beat Bollera prowadzenia wspólnych badań nad interakcją życicy trwałej i grzybami z rodzaju *Puccinia* spp. spotkała się z dużym zainteresowaniem. Podczas konferencji EUCARPIA „Breeding for stress

tolerance in fodder crops and amenity grasses” ustalono zestaw odmian o zróżnicowanej odporności na rdze i o zróżnicowanych pochodzeniu. W latach 2001–2002 materiał zróżnicowano pod względem odporności na rdzę żdźbłową i koronową w 17 miejscowościach, wykazując dużą powtarzalność wyników. Świadczyło to o braku zróżnicowania w europejskiej populacji grzybów z rodzaju *Puccinia* spp. pod względem patotypów wirulentnych w stosunku do genów odporności obecnych w wytypowanych do badań odmianach (Boller i in., 2002; Schubiger i in., 2003). Jedynie w Hof Steinke i Hohenheim, Niemcy nasilenie rdzy było niskie i nie zaobserwowano różnic w odporności odmian podatnych i odpornych (Boller, 2002). Do kolejnego cyklu badań „EUCARPIA multisite rust evaluation trial” została włączona również Polska, a badania prowadzono w IHAR Radzików (Schubiger i in., 2006). W Radzikowie średni stopień porażenia badanych odmian przez rdzę koronową w okresie jesiennym wynosił 5,1. Największe nasilenie choroby odnotowano w Niemczech (Gross Lüsewitz) oraz w Holandii (Roland) (średnie porażenie dla wszystkich odmian: 2, 0–4, 0). W 8 innych miejscowościach średnia odporność wahała na poziomie w zakresie 4,0–5,0 (Francja: Les Alleuds, Montours, Orchies; Wielka Brytania: Loughall; Holandia: Ottersum; Niemcy: Bornhof; Austria: Gumpenstein; Włochy: Lodi). W okresie letnim średni stopień porażenia badanych odmian przez *P. graminis* subsp. *graminicola*, będącej sprawcą rdzy żdźbłowej na życicy trwałej, na terenie Niemiec (2 lokalizacje), Republiki Czeskiej (3 lokalizacje), Francji (1 lokalizacja), Polski (1 lokalizacja), Szwajcarii (1 lokalizacja) i Włoch (2 lokalizacje) wynosił 6,1. W tym okresie nasilenie rdzy żdźbłowej w Polsce było najwyższe (i ocenione zostało na poziomie 4,6). W Radzikowie na 5 odmianach (Condesa, Foxtrot, Roy, Helmer i Elgon) silne porażenie rdzą żdźbłową odnotowano wcześniej niż w innych krajach i było ono zbieżne z ocenami jesiennymi w innych krajach. Wpływ na to miał fakt, że w okresie letnim temperatury nie były wysokie i wcześniej niż w innych lokalizacjach sprzyjały rdzy koronowej. Na podstawie wyników uzyskanych we wszystkich 20 lokalizacjach gdzie prowadzono badania stwierdzono, że najwyższą odporność na rdzę koronową w okresie jesiennym, ocenioną w przedziale 7,0–9,0 posiadało 6 odmian tetraploidalnych (Gwendal, Bocage, Pastoral, Lacerta, Aubisque, Elgon i Roy) oraz 5 odmian diploidalnych (Carrera, Orval, Vincent, Option i Heraut). Bardzo ciekawy jest fakt, że najbardziej odporne odmiany tetraploidalne Lacerta i Gwendal zostały ocenione w Polsce poniżej 7,0. W 2001 roku i 2004 roku, w innych krajach Europy, odporność ich była zawsze oceniana w zakresie 8,0–9,0. Na podstawie współpracy ze Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture w Zurich, Szwajcaria wykazano, że w populacji rdzy zebranej w Polsce z odmiany Lacerta znaleziono izolat wirulentny w stosunku do niektórych roślin tej odmiany. Z informacji ustnej wiadomo, że izolat taki znaleziono tylko w populacji polskiej (Schubiger, informacja ustna).

Dodatkowa charakterystyka cech morfologicznych i fizjologicznych w stadium wegetatywnym i generatywnym odmian włączonych do programu „EUCARPIA multisite rust evaluation trial” pozwoliła wstępnie wnioskować o ich wartości rolniczej w warunkach Polski. Materiały różniły się między sobą odpornością na pleśń śniegową, zdolnością do szybkiej regeneracji po zimie, morfologią w stadium wegetatywnym i generatywnym (wysokość rośliny, długość kłosa, zbitość kłosa, długość i szerokość liścia

flagowego). Wykazano istotną współzależność plonu zielonej masy w 2 i 3 pokosie od podatności na rdzę żdźbłową i koronową, potwierdzając wyniki uzyskane w innych badaniach (Lowe i in., 1983; Cagas, 1996, 2000; Cappelli i in., 1993; Rickaer, 1995; Thomas, Camps, 1996; Welty, Azevedo, 1994). Natomiast stan roślin przed zimą oraz dwukrotnie oceniany stan roślin po zimie łączył się z odpornością na pleśń śniegową oraz niektórymi cechami roślin w stadium generatywnym świadczącymi o plonowaniu nasiennym. Uzasadnieniem tego jest fakt, że zawiązki pędów generatywnych życica trwała tworzy wiosną i kondycja roślin w tym okresie ma duży wpływ na ich liczbę. Potwierdziło to wyniki przedstawione w innych pracach (Jamalainen, 1974; Skirde, 1980; Foss, 1983; Larsen, Årswoll, 1984; Prończuk i in., 1984; Schumann, Backhaus, 1988; Jung i in., 1996; Prończuk, 2000).

Wykazano, że w warunkach Polski na szczególną uwagę zasługuje odmiana Lacerta. Została ona wpisana do krajowego rejestru odmian w 2007 roku, jako odmiana plenna, dająca duży plon energii paszy w drugim i trzecim roku użytkowania, charakteryzująca się dobrą zimotrwałością i szybkim tempem odrastania (Anonim, 2007). Informacje te potwierdzono w bieżących badaniach przeprowadzonych w latach 2004–2006. Pod względem odporności na pleśń śniegową oraz zdolności do regeneracji po zimie odmiana ta nie różni się od znanych w Polsce odmian Tivoli oraz Pastoral, lecz znacznie przewyższa odmianę Tivoli pod względem odporności na rdzę koronową i żdźbłową.

Podsumowując należy stwierdzić, że ponieważ rdza koronowa i żdźbłowa na życicy trwałej stanowi podobnie duży problem jak w Europie Zachodniej, wszystkie polskie programy hodowlane powinny już w początkowej fazie uwzględniać selekcję badanych materiałów pod względem odporności na grzyby z rodzaju *Puccinia* spp. Wstępna selekcja prowadzona w warunkach kontrolowanych powinna być następnie prowadzona w warunkach polowych, co potwierdzają inne doniesienia literaturowe (Kopeck i in., 1983; Reheul, Gesquire, 1996; Welty, Barker 1992 a; Jönsson, Eangqvist, 1998; Eangqvist, Jönsson, 2000; Lellbach, Wehling, 2000; Reheul i in., 2000). Uzasadnionym staje się również fakt konieczności prowadzenia badań nad strukturą populacji tych grzybów.

WNIOSKI

1. W warunkach Polski odmiany europejskie życicy trwałej wykazują istotne zróżnicowanie pod względem odporności na rdzę żdźbłową i koronową, zdolności do szybkiej regeneracji po okresie zimowym oraz morfologii i fizjologii roślin w stadium wegetatywnym i generatywnym
2. Rdza koronowa i żdźbłowa oraz zdolność roślin do szybkiej regeneracji po zimie mają istotny wpływ na wartość rolniczą życicy trwałej.
3. Europejskie odmiany diploidalne życicy trwałej wykazują niższą odporność na pleśń śniegową, wolniej regenerują się po zimie oraz wykazują niższą wartość rolniczą w użytkowaniu nasiennym w stosunku do odmian tetraploidalnych.
4. Najwyższą wartość rolniczą w użytkowaniu kośno-polowym i nasiennym oraz o podwyższoną odporność na rdzę koronową i rdzę żdźbłową oraz na pleśń śniegową wykazały 3 odmiany tetraploidalne: Lacerta, Aubisque i Pastoral.

LITERATURA

- Adamko B., Thorogood D., Clifford B. C. 1997. Plant reaction types to crown rust (*Puccinia coronata* Corda) in meadow fescue (*Festuca pratensis* L.) perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and *Lolium perenne* L. introgression lines. International Turfgrass Society Research Journal 8: 823 — 831.
- Anonim. 2007. Lista Opisowa Odmian. COBORU, Słupia Wielka: 1 — 145.
- Balasko J. A., Evers G. W., Duell R. W. 1995. Bluegrasses, ryegrasses and bentagrasses. In: Barnes R. F., Miller D. A., Nelson C. J. (eds.), Forages Vol. 1. An introduction to grassland agriculture. 5th ed. Iowa Stat Univ. Press. Ames, IA, USA: 357 — 372.
- Boller B., Schubiger F. X., Streckeisen P. 2002. The EUCARPIA multisite rust evaluation — results 2001. Votr. Pflanzenzüchtg. 59: 198 — 207.
- Burpee L. L. 1993. Integrated control of turfgrass diseases: research and reality. In: Carrow R.N., Christians N.E., Shearman R.C. (ed.), International Turfgrass Society Research Journal 7, Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas: 80 — 86.
- Cagas B. 1996. Serious diseases and pests of grass seed crops in the Czech Republic. In: The 2nd International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf. Krohn K., Paul V.H. (eds.), IOBC wprs Bull., Bull. OILB Srop, vol 19(7): 2 — 3.
- Cagas B. 2000. Harmful and beneficial microorganisms in grasses. In: Proceedings of the 3rd International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf. Paderborn, Germany, 2000. 7 — 16.
- Cappelli C., Marte M., Paul V. 1993. Preliminary investigations on the rusts of perennial ryegrass in Central Italy. J. Phytopathol. 139: 187 — 190.
- Clarke R.G., Villalta O.N., Hepworth G. 1997. Evaluation of resistance of five isolates of *Puccinia coronata* f.sp. *lolii* on 19 perennial ryegrass cultivars. Austr. J. of Agric. Res. 48: 191 — 198.
- Dracatos P. M., Dumsday J. L., Olle R.S., Cogan N. O. I., Dobrowolski M. P., Fujimori M., Roderick H. W., Stewart A. V., Smith K. F., Forster J. W. 2006. Development and characterization of EST — SSR markers for the crown rust pathogen of ryegrass (*Puccinia coronata* f. sp. *lolii*). Genome 49 (6): 572 — 583.
- Eangqvist L. G., Jönsson H.A. 2000. Recurrent selection for crown rust resistance and estimation of its heritability in meadow fescue. In: Proc. of the 23rd Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of EUCARPIA, "Breeding for stress tolerance in fodder crops and amenity grasses", Monjardino P., da Camara Machado A., Carnide V. (ed.), Azores, Portugal, October 1-4, 2000. 108 — 111.
- Eshed N., Dinnor A. 1980. Genetics and pathogenicity in *Puccinia coronata*: pathogenic specialization at the host genus level. Phytopathol. 70: 1042 — 1046.
- Feuerstein U. 2000. Demands to grassland varieties — now and in future. In: The 3rd International Conference on Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf. Paul V.H., Dapprich P.D. (ed.), Soest, Germany, September 26, 2000.
- Foss J. G. 1983. Resistance to winter stress factors of varieties of red canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) as related to hardening conditions and to carbohydrate store and consumption. Meld. Norg. LandbrHøgsk 62: 1 — 29.
- Hayward M. D. 1977. Genetic control of resistance to crown rust (*Puccinia coronata* Corda) in *Lolium perenne*. Resistenzforschung und Resistenzzüchtung in Kulturpflanzen, Votr. Pflanzenzüchtg. 46: 177 — 180.
- Hides D. H., Wilkins P. W. 1978. Selection for resistance to ryegrass mosaic virus and crown rust (*Puccinia coronata* Corda) in Italian ryegrass populations. Journal of the British Grassland Society 33: 253 — 260.
- Humphreys M., Abberton M., Cook R., Turner L., Roderick H., Thorogood D. 2000. Molecular breeding in pasture species and its application to improving pest and disease resistance. In: The 3th International Conference on Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf. Paul V.H and Dapprich P. D. (eds.), Germany. 77 — 86.
- Jamalainien E. A. 1974. Resistance in winter cereals and grasses to low-temperature parasiting fungi. Annual Rev. of Phytopathol. 12: 281 — 302.
- Jönsson H. A., Engqvist L. G. 1998. Recurrent selection for crown rust resistance in tetraploid perennial ryegrass. In: Proc. XV EUCARPIA 1998 General Congress, Sept., 20 — 25, 1998 Viterbo, Italy.

- Jung G. A., van Wijk A. J. P., Hunt W. F., Watson C. E. 1996. Ryegrasses. In: Cool-season forage grasses. Moser L. E. (ed.). Agronomy Monograph 34: 605 — 641.
- Kimbeng C. A. 1999. Genetic basis of crown rust resistance in perennial ryegrass, breeding strategies, and genetic variation among populations: a review. *Austr. J. Exp. Agricul.* 39: 361 — 378.
- Kopec D. M., Funk C. R., Halisky P. M. 1983. Sources and distribution of resistance to crown rust within perennial ryegrass. *Plant Dis.* 67: 98 — 100.
- Kozłowski S. 1981. Węglowodany strukturalne w trawach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 241: 189 — 199.
- Larsen A., Årswoll K. 1984. The impact of biotic and abiotic and physical overwintering factors on grassland production, and their relations to climate, soil properties and management. In: *Proc. 10th Gen. Meeting Europ. Grassld. Red. As.*: 1 — 20.
- Lellbach H., Wehling P. 2000. Genetic Analysis of crown rust resistance in *Lolium perenne*. In: *Proc. of the 23rd Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of EUCARPIA*, "Breeding for stress Tolerance in fodder crops and amenity grasses", Monjardino P, da Camara Machado A., Carnide V. (ed.), Azores, Portugal, October 1–4, 2000: 108 — 111.
- Lowe K. F., Bowdler T. M., Ostrowski H., Stilman S. L. 1983. Comparison of the yield, nitrogen and phosphorus content, and rust infection (*Puccinia coronata*) of irrigated ryegrass swards in south-eastern Queensland. *Australasian Journal of Experimental and Animal Husbandry* 23: 294 — 301.
- Meyer W.A. 1982. Breeding disease-resistant cool-season turfgrass cultivars for the United States. *Plant Dis.* 66: 341 — 344.
- Muyllé H., Bockstaele van E., Roland-Ruiz I. 2002. Genetic dissection of crown rust resistance in a *Lolium perenne* mapping population. In: *Abstracts of EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section 24th Meeting*, "Grass for Food and Grass for Leisure", September 22 – 26 2002, FAL Braunschweig, Germany, 46.
- Mühle E., Frauenstein K., Schumann K., Wetzel T. 1975. Choroby i szkodniki traw pastewnych. PWRiL Warszawa: 1 — 412.
- Paul V.H., Dapprich P. 1997. Resistance breeding and environmental friendly alternative of disease control in forage crops. In: *Ecological aspects of breeding fodder crops and amenity grasses*. Z. Staszewski *et al.* (eds.), IHAR Radzikow, Poland: 19 — 28.
- Pflendr W. F. 2003. Role of phenology in host susceptibility and within — plant spread of stem rust during reproductive development of perennial ryegrass. *Phytopathol.* 94: 308 — 316.
- Pflendr W. F. 2004. Effect of autumn planting date and stand age on severity of stem rust in seed crops of perennial ryegrass. *Plant Dis.* 88: 1017 — 1020.
- Plummer R. M., Hall R. L., Watt T. A. 1990. The influence of crown rust (*Puccinia coronata*) on tiller production and survival of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) plants in simulated swards. *Grass and Forage Science* 45: 9 — 16.
- Plummer R. M., Hall R. L., Watt T. A. 1992. Effect of leaf age and nitrogen fertilization on sporulation of crown rust (*Puccinia coronata* var. *loli*) on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Annals of Applied Biology* 121: 51 — 56.
- Posselt U. K. 1994. Genetic aspects of crown rust resistance in the ryegrasses. *IOBC/WPRS Bull.* 17: 229 — 235.
- Potter L.R. 1987. Effect of crown rust on regrowth competitive ability and nutritional quality of perennial and italian ryegrasses. *Plant Pathol.* 36: 455 — 461.
- Potter L. R., Cagas B., Paul V. H., Brickenstaedt E. 1990. Pathogenicity of some European collection of crown rust (*Puccinia coronata* Corda) on cultivars of perennial ryegrass. *J. Phytopathol.* 130: 119 — 126.
- Prończuk M. 2000. Choroby traw – występowanie i szkodliwość w uprawie na nasiona i w użytkowaniu trawnikowym. *Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR*, Nr 4: 1 — 183.
- Prończuk M., Prończuk S., Góral S. 1984. Wpływ chorób fuzaryjnych na trwałość *Lolium perenne*. *Biul IHAR* 155: 187 — 192.
- Reheul D., Gesquire A. 1996. Breeding perennial ryegrass with a better crown rust resistance. *IOBC/wprs Bull.* 19: 249 — 264.
- Reheul D., Baert J., B. Boller B., Bourdon P., Cagas B., Eickmeyer F., Feuerstein U., Gaune I., Ghesquiere A., Gras M.C., Hoks I., Katova A., Lellbach H., Matzk F., Mulle H., Oliviera J.A., Pronczuk M., Roldan —

- Ruiz I., Thorogood D., Vanbellinthen C., van Hee F., van Wijk A., Visscher J., Vijn R., Wolters L. 2000. Crown rust, *Puccinia coronata* Corda: recent developments. In: Proc. of the 3rd International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf, Paderborn, Germany, 2000. 17 — 28.
- Rijckaer G. 1995. Effect of fungicides on seed yield and disease control in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). In: Proc. of Third International Herbage Seed Conference Yield and Quality in Herbage Seed Production, Halle, Germany, 1995. 236 — 239.
- Roderick H. W., Thomas B. J. 1997. The infection of ryegrass by three rust fungi (*Puccinia coronata*, *P. lolina* and *P. graminis*) and some effects of temperature on the establishment of the disease and sporulation. Plant Pathol. 46: 751 — 761.
- Roderick H. W., Thorogood D., Adamko B. 2000 a. The expression of resistance to crown rust infection in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Plant Breed. 119: 1133 — 1144.
- Roderick W. H., Thorogood D., Adamko B. 2000 b. Temperature-dependent resistance to crown rust infection in perennial ryegrass. Plant Breed. 119: 93 — 96.
- Rose-Fricker C. A., Meyer W. A., Kronstad W. E. 1986. Inheritance to stem rust (*Puccinia graminis* subsp. *graminicola*) in six perennial ryegrass (*Lolium perenne*) crosses. Plant Dis. 70: 678 — 681.
- Schubiger F. X., Streckeisen P., Boller B. 2003. Pathogenicity of crown rust on cultivars of Italian and perennial ryegrass. Vortr. Pflanzenzüchtg 59: 208 — 216.
- Schubiger F. X., Streckeisen P., Boller B. 2006. The EUCARPIA Multisite Rust Evaluation Trial – results of the trials 2004. Proc. XXVI EUCARPIA Fodder Crop and Amenity Grasses Section and XVI Medicago spp. Group “Breeding and seed production for conventional and organic agriculture”, 3–7 September, 2006, Perugia, Italy: 154 — 156.
- Schumann K., Backhaus R. 1988. Untersuchungen zur Variabilität des Schneeschimmelerregers bei Futtergräsern. Nachr. Bl. Pflanzenschutz DDR 4: 75 — 78.
- Skirde W. 1980. Epidemisches auftreten von *Fusarium nivale* in winter 1978–1979. Zeitschrift für Vegetationstechnik 3: 42 — 46.
- Thomas J. E. 1994. Disease resistance in grass variety testing systems, a review of results from UK. IOBC/WPRS Bulletin 17 (1): 201 — 207
- Thomas J. E., Camps A. J. 1996. The incidence and significance of brown rust (*Puccinia recondita* f.sp. *lolii*) and stem rust (*Puccinia graminis*) in herbage seed crops in the UK. In: The 2nd International Conference of Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf. Krohn K., Paul V.H. (ed.), 139 — 146.
- Thorogood D., Paget M., Humphreys M., Turner L., Roderick H. 1999. QTL analysis of crown rust resistance in perennial ryegrass. In Proc. of 22nd EUCARPIA Fodder Crop and Amenity Grasses Section Meeting. New approaches and techniques in breeding sustainable fodder crops and amenity grasses, November 1999, St Petersburg, Russia.
- Welty R. E., Azevedo M. D. 1994. Application of propiconazole in management of stem rust in perennial ryegrass grown for seed. Plant Dis. 78: 236 — 240.
- Welty R. E., Barker R. E. 1992. Evaluation of resistance to stem rust in perennial ryegrass grown in controlled and field conditions. Plant Dis. 76: 637 — 641.
- Welty R. E., Barker R. E. 1994. Management of stem rust (*Puccinia graminis* subsp. *graminicola*) in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) grown for seed. IOBC/WPRS Bull. 17(1): 241 — 246.
- Wijk van A. J. P. 1996. Breeding amenity grasses: achievements and future prospects. In: Proc. of 20th EUCARPIA Crops and Amenity Grasses Meeting, October 7–10 1996, Radzikow, Poland, 1996, 137 — 138.
- Wilkins P. W. 1978. Specialisation of crown rust on highly and moderately resistant plants of perennial ryegrass. Annals of Applied Biology 88: 179 — 184.

ELŻBIETA CZEMBOR

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Charakterystyka odmian i materiałów hodowlanych życicy wielokwiatowej i mieszańcowej ze szczególnym uwzględnieniem odporności na rdzę koronową i pleśń śniegową

Characteristic of Italian ryegrass and hybrid ryegrass cultivars and breeding materials with special emphasis on crown rust and snow mould resistance

Badania prowadzono w latach 2004–2005. Łącznie scharakteryzowano 29 obiektów: 16 odmian europejskich życicy wielokwiatowej (*Lolium multiflorum* Lam.) i 3 odmiany życicy mieszańcowej (*Lolium bouchenatum* Kurth) oraz materiały polskie życicy wielokwiatowej: 2 odmiany (Gisel i Kroto), 2 rasy i 6 pokoleń F₃. Opisano 12 cech morfologicznych i fizjologicznych roślin wiążących się z wartością rolniczą w użytkowaniu kośno-polowym. Badane materiały zróżnicowano pod względem odporności na rdzę koronową w lipcu, sierpniu i we wrześniu, szerokości liścia, wysokości roślin, szacunkowego plonu zielonej masy oraz stanu roślin po zimie i zdolności do szybkiej regeneracji w okresie wczesnowiosennym. Analiza czynnikowa z rotacją Varimax za pomocą kryterium Kaisera pozwoliła dokonać podziału 12 zmiennych (badanych cech) na 3 czynniki główne świadczące o wartości rolniczej badanych materiałów oraz określić współzależności pomiędzy nimi. Szacunkowy plon zielonej masy istotnie łączył się z szerokością liści oraz wysokością badanych materiałów. Odmiany polskie oraz rasy i materiały hodowlane tetraploidalnej życicy wielokwiatowej wykazywały niską odporność na rdzę koronową, ale szybciej regenerowały się po zimie w porównaniu od odmian zagranicznych. Większość odmian tetraploidalnych życicy wielokwiatowej charakteryzowały się wysokim szacunkowym plonem zielonej masy oraz podwyższoną odpornością na rdzę koronową. Na szczególną uwagę zasługują Tonyl, Domino i Tarandus, które dodatkowo szybko regenerowały się w okresie wczesnowiosennym. Wszystkie odmiany diploidalne życicy wielokwiatowej charakteryzowały się niskim szacunkowym plonem zielonej masy i źle regenerowały się po zimie.

Słowa kluczowe: pleśń śniegowa, rdza koronowa, regeneracja po zimie, użytkowanie kośno-polowe, wartość rolnicza, życica wielokwiatowa, życica mieszańcowa

In the years 2004 and 2005, twenty nine cultivars and units of breeding materials were evaluated: 16 European Italian ryegrass cultivars (*Lolium multiflorum* Lam.), 3 hybrid ryegrass (*Lolium bouchenatum* Kurth) cultivars and Polish materials of Italian ryegrass: 2 cultivars (Gisel and Kroto), 2 strains and 6 progenies of F₃ filial generation. Morphological and physiological characters connected with agronomic value were described. The material was differentiated in crown rust resistance in July, August and September, as well as in plant height, estimated green mass yield, performance after winter and early spring regeneration ability. Using the factor analysis method it was possible to divide 12

variables (the evaluated characters) into 3 principal components representing agronomic value of the tested materials and to determine relationships between them. Estimated green mass production was significantly correlated with leaf width and plant height. The Polish cultivars, strains and F₃ progenies showed low crown rust resistance but high regeneration after winter. Most of the tetraploid European Italian ryegrass cultivars showed high estimated green mass production and high crown rust resistance. Especially promising were Tonym, Domino and Tarandus which showed good regeneration after winter. All diploid European cultivars had low estimates of green mass production and weak regeneration after winter.

Key words: agronomic value, crown rust resistance, hybrid ryegrass, Italian ryegrass, performance after winter, snow mould resistance, spring performance

WSTĘP

Życica wielokwiatowa (rajgras włoski, *L. multiflorum* Lam.) i życica trwała (rajgras angielski, *Lolium perenne* L.) to gatunki obcypylne, blisko spokrewnione ze sobą. Rezultatem przekrzyżowań pomiędzy tymi gatunkami jest życica mieszańcowa (*L. × bouchenatum*). Często są trudne do rozróżnienia (Jahuar, 1993). Występują nieznaczne różnice pod względem morfologii (Teller, 1968), danych o markerach RAPD (Stammers i in., 1995), danych o markerach SSR (Kubik i in., 1999; Jones i in., 2001) oraz zawartością allozymów (Loos, 1993). Wszystkie te trzy gatunki należą do wysokowydajnych gatunków traw pastewnych, powszechnie uprawianych w Polsce. Stosowane są na użytki krótkotrwałe, wysiewane na gruntach ornych jako wsiewki w zboża ozime i rośliny motylkowate (Kozłowski i in., 1981). Charakteryzują się wysokim plonem zielonej i suchej masy. Odmiany tetraploidalne charakteryzują się wyższym plonowaniem, ale mniejszą trwałością w stosunku do odmian diploidalnych. Smakowitość, wysoka zawartość cukrów i wysoka strawność decyduje o jakości uzyskiwanej paszy (Balasko i in., 1995; Jung i in., 1996; Kozłowski, 1981). Są one jednak mało odporne na stresy biotyczne i abiotyczne. W strefie klimatu umiarkowanego największe zagrożenie dla życicy stanowi rdza koronowa oraz pleśń śniegowa.

Sprawcą pleśni śniegowej w Europie Środkowej i Zachodniej na życicach jest grzyb *Microdochium nivale* (Fr.) Samulem & Hallett (Prończuk i in., 1984; Skirde, 1980; Schumann, Backhaus, 1988; Smiley i in., 1992; Vargas, 1994). Pleśń śniegowa powoduje zamieranie roślin w okresie, gdy temperatura gleby waha się około 0°C. Redukuje to liczbę pędów wegetatywnych i generatywnych jeszcze silniej niż ma to miejsce w przypadku porażenia rdzą koronową, i wpływa na plony paszy oraz nasion.

Rdza koronowa występująca na życicach powodowana jest przez grzyba *Puccinia coronata* f. sp. *lolii* (Mühle i in., 1975; Smiley i in., 1992; Vargas, 1994). W czasie trwania sezonu wegetacyjnego dwutygodniowe lub dłuższe okresy z temperaturą około 20°C i wyższą oraz wilgotnością powietrza powyżej 80% sprzyjają rozwojowi choroby (Plummer i in., 1992; Roderick, Thomas, 1997; Roderick i in., 2000 a). Rdza koronowa powoduje przedwczesne zamieranie liści, ogranicza odrastanie roślin po skoszeniu, redukuje ich krzewienie się oraz zmniejsza liczbę pędów generatywnych i wegetatywnych. Wpływa to znacznie na trwałość roślin oraz na plon zielonej i suchej masy w użytkowaniu kośno-polowym oraz na plon nasion w użytkowaniu nasiennym. Straty mogą sięgać nawet

do 30%. Również jakość plonu jest dużo niższa (Lowe i in., 1983; Larsen, Årswoll, 1984; Potter, 1987; Plummer i in., 1990; Roderick i in., 2000 b). Na podstawie dotychczasowych badań genetycznych można stwierdzić poligeniczne uwarunkowanie odporności życicy na grzyby z rodzaju *Puccinia* spp. (Wilkins, 1975; Posselt, 1994; Kimbeng, 1999; Studer i in., 2007). Jednakże istnienie dominujących genów również nie jest wykluczane (Wilkins, 1975; Rose-Ficker i in., 1986; Muylle, 2002).

Większość programów hodowlanych szczególnie nacisk kładzie na selekcję badanych materiałów uwzględniając odporność na rdzę koronową oraz pleśń śniegową. Hodowla klasyczna, prowadzona w warunkach polowych wspomagana jest selekcją wstępną w warunkach szklarniowych oraz badaniami molekularnymi (Hides, Wilkins, 1978; Meyer, 1982; Reheul, Ghesquiere, 1996; Wijk, 1996; Paul, Dapprich, 1997; Humphreys i in., 2000; Dracatos i in., 2006; Ikeda, 2005; Zhang i in., 2006; Studer i in., 2007). W wielu krajach odporność odmian na rdzę koronową jest uwzględniana obok innych cech jakościowych na „Listach Odmian” (Thomas, 1994).

Różne typy dziedziczenia odporności na rdzę koronową, duży wpływ warunków atmosferycznych oraz zmienność populacji grzybów z rodzaju *Puccinia* spp. powodują, że odporność na tę chorobę jest szczególnie trudna do oceny (Wilkins, 1978; Eshed, Dinnor, 1980; Potter i in., 1990; Clarke i in., 1997). Dlatego w 2000 roku podczas Konferencji EUCARPIA „Breeding for stress tolerance in fodder crops and amenity grasses” zespół pracujący pod kierunkiem Dr. Beat Bollera w Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Zurych w Szwajcarii wystąpił z propozycją prowadzenia wspólnych badań na terenie całej Europy. Pierwszy cykl badań „EUCARPIA multisite rust evaluation trial” przeprowadzono w latach 2001–2002 w 11 krajach (19 miejscowościach) a uczestniczyło w nim 23 instytucje — 9 państwowych i 14 prywatnych. Zróżnicowanie badanych materiałów pod względem odporności na rdzę koronową wykazano w 17 miejscowościach (Boller i in., 2002). Fakt ten potwierdził celowość kontynuowania badań. Używanie jednego zestawu odmian różnicujących pozwalało na kontrolowanie patogeniczności populacji grzyba *P. coronata* f. sp. *lolii* występujących w różnych częściach Europy. W 2004 roku rozpoczęto drugi cykl badań. Badano 16 odmian życicy wielokwiatowej i 3 odmiany życicy mieszańcowej a jednym z dodatkowych punktów badań był IHAR Radzików.

Celem prowadzonych prac była charakterystyka odmian europejskich życicy wielokwiatowej (*L. multiflorum* Lam.) i życicy mieszańcowej (*L. bouchenatum* Kurth) oraz polskich odmian, rodów i materiałów hodowlanych życicy wielokwiatowej ze szczególnym uwzględnieniem odporności na rdzę koronową i pleśń śniegową.

MATERIAŁY I METODY

Materiał roślinny

Do badań włączono 16 powszechnie uprawianych w Europie odmian życicy wielokwiatowej i 3 odmiany życicy mieszańcowej (tab. 1).

Tabela 1

Lista odmian europejskich życicy wielokwiatowej i mieszańcowej badanych w użytkowaniu kośno-polowym w latach 2004–2005

List of European cultivars of Italian ryegrass and hybrid ryegrass tested under field-cutting management during the period of 2004–2005

Lp. No.	Gatunek Species	Odmiana Cultivar	Ploidalność Ploidy	Hodowca Breeder	Rok pierwszej rejestracji Year of 1 st listing	Kraje, gdzie jest zarejestrowana Countries where is registered
1	Lm *	Barprisma	2n=2x=14	Barenbrug	1990	F
2	Lm	Crema	2n=2x=14	—	—	-
3	Lm	Fastyl	2n=2x=14	RAGT SA	1989	F, D
4	Lm	Gordo	2n=2x=14	Zelder	1987	D,NL, B, IRL
5	Lm	Lema	2n=2x=14	NPZ	1955	D, L
6	Lm	Ligrande	2n=2x=14	DSV	1994	D, UK
7	Lm	Meryl	2n=2x=14	DVP	1996	B
8	Lm	Bolero	2n=4x=28	Zelder	2000	NL
9	Lm	Caballo	2n=4x=28	LG/DLF	1995	F, A, CH
10	Lm	Danergo	2n=4x=28	DLF	1989	D, LUX, I, UK, DK
11	Lm	Domino	2n=4x=28	Prodana Seeds	1995	D, F
12	Lm	Ellire	2n=4x=28	FAL	1985	CH, F
13	Lm	Lolita	2n=4x=28	Hladke Zivotice	1975	CZ, SK, D
14	Lm	Tarandus	2n=4x=28	FAL	2000	D
15	Lm	Tonyl	2n=4x=28	RAGT SA	1992	F
16	Lm	Zorro	2n=4x=28	DLF	1996	F, D, A, UK, L, DK
17	Lb**	Gumpensteiner	2n=2x=14	BAL	1992	A, D (Ligunda), SLO
18	Lb	Pirol	2n=2x=14	Steinach	1994	D, A, CH
19	Lb	Aberexcel	2n=4x=28	IGER	1997	F, UK

* Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.)

** Hybrid ryegrass (*Lolium bouchenatum* Kurth.)

Tabela 2

Lista odmian polskich, rodów hodowlanych i linii będących w hodowli twórczej życicy wielokwiatowej badanych w użytkowaniu kośno-polowym w latach 2004–2005

List of Polish cultivars and breeding materials of Italian ryegrass tested under field-cutting management during the years 2004–2005

Lp No.	Odmiana — ród — linia Cultivar — strain — breeding line	Opis Characterization	Ploidalność Ploidy
1	Gisel	odmiana — cultivar	2n=4x=28
2	Kroto	Odmiana — cultivar	2n=4x=28
3	Ród 1	Policross — polycross strain	2n=4x=28
4	Ród 4	policross — polycross strain	2n=4x=28
5	F ₃ — 2 (788/00)	pokolenie F ₃ — przepylenie swobodne — free pollination	2n=4x=28
6	F ₃ — 3 (849/01)	pokolenie F ₃ — przepylenie swobodne — free pollination	2n=4x=28
7	F ₃ — 7 (591/02)	pokolenie F ₃ — przepylenie swobodne klonów — free pollination of clones	2n=4x=28
8	F ₃ — 8 (549/02)	pokolenie F ₃ — przepylenie swobodne — free pollination	2n=4x=28
9	F ₃ — 9 (527/02)	pokolenie F ₃ — Gisel × F ₃	2n=4x=28
10	F ₃ — 10 (519/02)	pokolenie F ₃ — Barmutra × Partoli	2n=4x=28

Były to odmiany, które zostały włączone do programu „EUCARPIA multisite rust evaluation trial” mającego na celu określenie ich odporności na rdzę koronową (która jest wciąż największym problemem w hodowli życicy) na terenie Europy Zachodniej, Południowej i Centralnej (IHAR Radzików). Kryterium włączenia badanych odmian do

projektu był poziom odporności na rdzę koronową (od bardzo odpornych do bardzo podatnych). Są to materiały znane i uprawiane na terenie Europy. Materiały polskie tetraploidalnej żywicy wielokwiatowej: 2 odmiany (Gisel, Kroto), 2 rody hodowlane (Ród nr 1 i Ród nr 4) oraz 6 pokoleń F_3 (F_3 — 2, F_3 — 3, F_3 — 7, F_3 — 8 i F_3 — 10) będących w hodowli twórczej (tab. 2). Próby nasion odmian europejskich otrzymano z laboratorium Swiss Federal Research Station for Agroecology and Agriculture, Zurich w Szwajcarii. Próby nasion odmian i materiałów hodowlanych (rodów i pokoleń F_3) otrzymano z Hodowli Roślin Szelejowo Sp. z o.o.

Metodyka badań

Badania prowadzono w Radzikowie w warunkach polowych w latach 2004–2005 według metodyki opracowanej przez zespół dr. Beat Bollera (2002). Nasiona badanych materiałów żywicy wysiano ręcznie w okresie wiosennym (do 15 maja 2004) roku w rzędach (długość rzędu 1,5 m, odległość między rzędami 50 cm), dwa rzędy w powtórzeniu, 4 powtórzenia. Stosowano następujące nawożenie mineralne: 180 kg/ha N (w trzech równych dawkach pod każdy pokos), 60 kg/ha P_2O_5 , 60 kg/ha K_2O (jesienią). Pierwsze koszenie przeprowadzono, gdy 50% badanych materiałów była w fazie kłoszenia. Następne w odstępie 3–4 tygodni na wysokości 7–10 cm (użytkowanie kośno-polowe). Badane materiały scharakteryzowano opisując odporność na rdzę koronową, morfologię liścia i szacunkowy plon zielonej masy w 2004 roku oraz odporność na pleśń śniegową, stan roślin po zimie i zdolność do szybkiej regeneracji w okresie wczesnej wiosny w 2005 roku.

Szacunkowy plon zielonej masy oraz cechy morfologiczne i fizjologiczne roślin

Szacunkowy plon zielonej masy opisano w lipcu (ZM 1), sierpniu (ZM 2) i wrześniu (ZM 3) w 2004 roku. Przed I i II pokosem opisano wysokość roślin (W1 i W2), odzwierciedlającą długość pędów wegetatywnych do końca najdłuższych liści.

Tabela 3

Skala używana do wizualnych ocen szacunkowego plonu zielonej masy (z rzędu o długości 3 m), wysokości roślin i szerokości liści

Scale used for visual scoring of the green mass production (collected from 3 m row), plant height and leaf width

Skala Scale	Zmienne — Variables		
	wysokość roślin plant height	szerokość liścia leaf width (mm)	plon zielonej masy green mass yield
9	powyżej wzorca — above standard	> 9	powyżej wzorca — above standard
8	Na poziomie wzorca — Standard level	8–9	Na poziomie wzorca — Standard level
7	5% poniżej wzorca — 5% below standard	7–8	10% poniżej wzorca — 10% below standard
6	10% poniżej wzorca — 10% below standard	7–8	20% poniżej wzorca — 20% below standard
5	20% poniżej wzorca — 20% below standard	5–6	30% poniżej wzorca — 30% below standard
4	25% poniżej wzorca — 25% below standard	4–5	40% poniżej wzorca — 40% below standard
3	30% poniżej wzorca — 30% below standard	3–4	50% poniżej wzorca — 50% below standard
2	35% poniżej wzorca — 35% below standard	2–3	60% poniżej wzorca — 60% below standard
1	Ponad 35% poniżej wzorca More than 35% below standard	<2	Ponad 60% poniżej wzorca More than 60% below standard

Odmiana Zorro była odmianą wzorcową przy ocenie szacunkowego plonu zielonej masy oraz wysokości roślin. Dodatkowo przed I pokosem opisano szerokość liści roślin (SzL). Oceniano szerokość drugiego od góry w pełni wykształconego liścia (w fazie, gdy liść pierwszy wysuwa się z pochwy liściowej). Do oceny szacunkowego plonu zielonej masy, wysokości roślin i szerokości liści użyto skali 1–9 (tab. 3).

Odporność na rdzę koronową

Ocenę odporności na rdzę koronową przeprowadzono na podstawie skali opracowanej przez zespół Boller i wsp. (2002) dla badań „EUCARPIA multisite rust evaluation” (tab. 4). Obserwacje prowadzono, gdy nasilenie choroby było najsilniejsze, średnio 2–3 dni przed zbiorem I, II i III pokosu.

Odporność na pleśń śniegową

Średnie temperatury dobowe w styczniu 2005 roku wzrosły powyżej 0°C i pozwoliły na ocenę odporności badanych materiałów pleśń śniegową. Do oceny uszkodzeń roślin stosowano skalę opisaną w tabeli 5.

Stan roślin po zimie oraz ocena wczesnowiosenna

W roku 2005 ocenę stanu roślin po zimie przeprowadzono na początku wegetacji, gdy temperatura kształtowała się w granicach 4°C, natomiast ocenę wczesnowiosenną dokonano około 2 tygodnie po pierwszej. Ocena wczesno wiosenna miała na celu odzwierciedlenie zdolności badanych materiałów do szybkiej regeneracji. Ocenę obu cech prowadzono w skali 1–9 (1 całkowite wyginiecie roślin, brak regeneracji, 3–70% uszkodzonych roślin, które nie regenerują się; pozostałe rośliny wykazują słaby wigor; 5–50% uszkodzonych roślin jednak rośliny regenerują się; ale wykazują niski wigor; 7 — rośliny nie są uszkodzone, średnie tempo wzrostu; 9 — rośliny zdrowe, o dużym wigorze).

Tabela 4

Skala oceny odporności badanych materiałów życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej na rdzę koronową
Scale to estimate severity of crown rust in Italian ryegrass and hybrid ryegrass

Ocena - Estimation	Objawy — Infection symptoms
9	brak objawów porażenia lack of symptoms
8	pierwsze symptomy choroby first symptoms
7	5% powierzchni liści porażonej rdzą koronową 5% of leaf area infected
6	10% powierzchni liści porażonej rdzą koronową 10% of leaf area infected
5	25% powierzchni liści porażonej rdzą koronową, tworzą się nieliczne uremia 25% of leaf area infected, uremia in small numbers
4	40% powierzchni liści porażonej rdzą koronową, duża liczba uremii 40% of leaf area infected, high number of uredia
3	60% powierzchni liści porażonej rdzą koronową, nieliczne nekrozy 60% of leaf area infected, necroses in small numbers
2	75% powierzchni liści porażonej rdzą koronową, duża ilość nekrotycznych plam 75% of leaf area infected, high number of necrotic spots
1	ponad 75% powierzchni liści porażonej rdzą koronową, duże nekrozy more than 75% of leaf area infected, large necroses

Tabela 5

Skala oceny odporności badanych materiałów życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej na pleśń śniegową

Scale to estimate severity of snow mould in Italian ryegrass and hybrid ryegrass

Ocena - Estimation	Objawy — Infection symptoms
9	rośliny zdrowe, bez objawów chorobowych healthy plants, no disease symptoms
8	Pierwsze symptomy choroby (ślady porażenia) First symptoms (traces of infection)
7	5% roślin porażonych w dolnej partii 5% of plants infected on lower parts
6	10% roślin porażonych w dolnej partii, brak roślin martwych 10% of plants infected on lower parts, none plants dead
5	25% roślin porażonych, ale możliwa jest ich regeneracja 25% of plants infected, but regeneration possible
4	40% roślin porażonych lub martwych, ale możliwa jest ich regeneracja 40% of plants infected or dead, regeneration stall possible
3	60% roślin porażonych, większość z nich to rośliny martwe, a tylko niewielki procent ma zdolność do regeneracji — 60% of plants infected, majority of them dead, a small percentage able to regeneration
2	75% roślin porażonych, większość z nich to rośliny martwe, a tylko niewielki procent ma zdolność do regeneracji — 75% of plants infected, majority of them dead, a small percentage able to regeneration
1	ponad 75% roślin porażonych lub martwych more than 75% of plants infected or dead

Warunki pogodowe w okresie trwania doświadczenia

Dane pogodowe, tj. średnie wartości temperatur oraz miesięczne sumy opadów zostały uzyskane ze Stacji Meteorologicznej Warszawa — Ursus (tab. 6).

Tabela 6

Średnia miesięczna temperatur powietrza i suma opadów w okresie od V 2004 do IV 2005
Mean monthly temperatures and sum of precipitation during the period of V, 2004 — IV, 2006

Rok Year	Miesiąc Month	Średnia temperatura (°C) Mean monthly temperature (°C)	Suma opadów (mm) Precipitation (mm)
2004	V	12,0	60,0
	VI	15,8	50,0
	VII	17,9	60,0
	VIII	19,0	50,0
	IX	13,5	20,0
	X	10,0	40,0
	XI	3,5	50,0
	XII	1,5	20,0
2005	I	0,0	30,0
	II	-4,0	30,0
	III	-1,0	30,0
	IV	8,0	22,4

Statystyczne opracowanie wyników

Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistics for Windows StatSoft, Inc. (1997). O istotności różnic między badanymi obiektami (odmianami, rodami i liniami życicy wielokwiatowej oraz odmianami życicy mieszańcowej) wnioskowano w oparciu o test rozstępu Tukeya. Stopień zależności między poszczególnymi cechami oceniano

metodą analizy czynnikowej z rotacją Varimax za pomocą kryterium Kaisera oraz metodą korelacji prostej. Analiza czynnikowa pozwala na określenie stopnia zależności między poszczególnymi cechami i dzieli je na czynniki główne a następnie przypisując badanym materiałom określone wartości czynnika pozwala je zróżnicować. Stosowanie tej metody nie wymaga uśredniania wyników, które często powoduje utracenie interesujących informacji dotyczących badanych obiektów. Dodatkowo w celu zobrazowania relacji pomiędzy badanymi obiektami zastosowano kwadrat odległości Euklidesa jako miarę niepodobieństwa oraz analizę skupień metodą średniej więzi ważonej (WPGMA) za pomocą programu Statistics for Windows StatSoft, Inc. (1997).

WYNIKI

Badane odmiany, rody i linie życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej różniły się między sobą odpornością na rdzę koronową w lipcu, sierpniu i we wrześniu, wysokością roślin i szerokością liścia oraz szacunkowym plonem zielonej masy. Również stan roślin po zimie oceniany na początku wegetacji, gdy temperatura kształtowała się w granicach 4°C, oraz oceny wczesnowiosenne, odzwierciedlające zdolność badanych materiałów do szybkiej regeneracji, różnicowały badany materiał (tab. 7).

Tabela 7

Charakterystyka odmian, rodów i materiałów hodowlanych życicy wielokwiatowej oraz odmian życicy mieszańcowej w użytkowaniu kośno -polowym w latach 2004–2005
Characteristic of Italian ryegrass cultivars, strains and breeding lines and hybrid ryegrass cultivars under field-cutting management during the period of 2004–2005

Odmiana — ród — linia Cultivar — strain — line	2004								2005			
	rdza koronowa crown rust			szer. liści leaf width (mm)	wysokość 1 height 1	ZM 1 GM 1	wysokość 2 height 2	ZM 2 GM 2	ZM 3 GM 3	pleśń śniegowa snow mould	stan po zimie after winter performance	ocena wiosenna spring performance
	VII	VIII	IX									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Barprisma	5,8	6,5	5,3	7,0	8,3	8,0	5,3	6,8	5,8	6,0	3,0	7,0
Crema	5,8	5,8	3,3	5,8	7,5	7,5	5,8	4,5	5,5	5,8	2,8	7,3
Fastyl	5,0	5,3	5,3	7,0	8,3	8,0	4,3	4,5	5,5	6,3	3,3	7,5
Gordo	3,5	2,5	2,8	7,0	7,8	7,5	2,5	3,5	3,5	5,8	2,8	5,5
Lema	4,0	2,8	3,5	6,5	7,5	7,5	3,5	5,3	6,0	5,3	3,5	7,5
Ligrande	4,5	3,8	4,3	7,0	8,3	8,0	5,3	4,3	6,3	5,8	3,0	5,3
Meryl	4,8	4,5	4,5	6,8	8,3	8,5	6,0	6,5	6,8	5,3	2,3	4,0
Bolero	5,0	5,8	6,3	7,8	8,5	8,3	5,5	5,8	7,0	5,5	2,8	5,5
Caballo	5,5	5,5	6,3	7,8	8,8	8,8	7,0	6,8	7,8	6,0	2,8	7,0
Danergo	4,5	4,3	3,8	8,0	8,5	8,5	5,3	5,5	6,0	6,3	3,5	7,0
Domino	6,0	7,3	6,8	8,3	8,8	8,8	7,5	7,0	7,3	6,3	3,0	7,3
Ellire	5,8	5,8	6,5	7,8	8,8	8,3	8,0	7,0	7,5	6,3	2,5	4,0
Lolita	3,8	3,5	4,5	8,0	9,0	9,0	6,5	6,8	6,3	6,0	3,8	6,3
Tarandus	5,8	6,3	5,5	8,0	8,3	8,3	6,5	5,5	6,0	5,5	3,3	7,8

c.d. Tabela 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tonyl	5,8	6,3	6,5	8,3	9,0	9,0	6,5	7,3	7,0	6,3	3,0	8,3
Zorro	5,8	5,3	7,0	7,5	8,8	8,8	7,0	7,5	8,3	6,0	2,5	7,3
Gumpensteiner	4,3	2,0	3,3	6,5	7,8	7,8	5,3	4,3	5,0	5,5	3,8	7,0
Pirol	5,5	6,3	3,8	6,0	7,5	8,0	4,3	5,5	5,3	5,5	3,5	7,5
Aberexcel	6,3	7,3	6,3	6,3	6,8	6,8	3,8	4,3	5,3	6,5	4,3	8,3
Gisel	3,8	3,5	3,8	8,0	8,5	8,3	5,5	5,5	5,8	5,5	4,0	8,0
Kroto	3,8	3,5	4,5	8,0	8,5	8,3	5,5	5,8	6,3	5,5	3,8	7,5
Ród 1	3,8	3,5	4,0	7,3	8,8	8,5	6,8	6,8	6,5	5,0	4,0	7,5
Ród 4	3,8	3,5	4,0	7,5	8,0	7,8	5,5	5,5	6,3	5,5	4,0	8,0
F ₃ — 2	4,0	4,0	4,5	8,0	8,8	8,0	5,8	6,5	6,5	5,3	4,0	8,0
F ₃ — 3	3,5	3,3	3,5	8,0	8,0	7,5	4,3	4,8	5,5	6,0	4,0	7,8
F ₃ — 7	3,8	3,5	3,8	8,0	8,8	8,0	6,0	6,0	7,0	5,8	4,0	8,0
F ₃ — 8	3,8	3,3	4,3	7,8	8,0	7,0	4,8	4,5	5,5	6,5	4,0	7,3
F ₃ — 9	4,0	3,8	4,3	8,0	8,0	7,5	4,5	5,0	5,8	5,3	4,0	7,3
F ₃ — 10	3,3	3,0	4,0	8,0	9,0	8,0	5,8	4,8	5,3	5,3	4,0	7,0
Średnia Mean	5,1	5,1	6,2	7,2	8,2	8,1	5,6	5,7	6,2	5,9	3,1	6,7
Odch. Stand. St. Dev.	1,04	1,61	1,43	1,13	0,79	0,98	1,72	1,81	1,33	0,57	0,74	1,46
NIR Tukey _{0,05} LSD Tukey _{0,05}	1,9	1,5	1,4	ni	1,5	Ni	2,9	3,9	2,2	ni.	1,6	2,3

VII — lipiec; July

VIII — sierpień; August

IX — wrzesień; September

* ZM — szacunkowy plon zielonej masy w I, II i III pokosie; GM — estimated green mass production in I, II and III cut

Analiza czynnikowa z rotacją Varimax za pomocą kryterium Kaisera pozwoliła dokonać podziału 12 zmiennych (obserwowanych cech) na 3 czynniki główne i określić, które zmienne wchodziły w skład określonego czynnika i są istotnie zależne od siebie oraz w jakim stopniu decydują wspólnie o końcowej wartości rolniczej, czyli gospodarczej obiektu (wartość końcowa obiektu) (tab. 8, 9).

Najwięcej zmienności wśród badanego materiału wniósł czynnik 1 (44,8%) (tab. 8). Czynnik ten wykazał wysoce istotną współzależność cech morfologicznych roślin (wysokość roślin i szerokość liści) z szacunkowym plonem zielonej masy, co potwierdzono metodą analizy korelacji (tab. 9, 10).

Tabela 8

Analiza czynnikowa cech charakteryzujących odmiany, rody i materiały hodowlane życicy wielokwiatowej oraz odmiany życicy mieszańcowej w użytkowaniu kośno-polowym w latach 2004–2005
Factor analysis of characters of Italian ryegrass cultivars, strains and breeding lines and hybrid ryegrass cultivars under field-cutting management during the years 2004–2005

Czynnik Factor	Wartość własna Eigenvalues	% zmienności badanych obiektów (ogółu wariancji) % of variance	Skumulowana wartość własna Cumulative eigenvalues	Skumulowany % zmienności Cumulative % of variance
1	4,92	44,8	4,92	44,77
2	2,26	20,5	7,18	65,30
3	1,57	14,2	8,75	79,55

Tabela 9

Macierz czynników rotowanych zmiennych charakteryzujących odmiany, rody i materiały hodowlane życicy wielokwiatowej i odmiany życicy mieszańcowej w użytkowaniu kośno -polowym w latach 2004–2005
Rotation factor matrix of characters of Italian ryegrass cultivars, strains and breeding lines and hybrid ryegrass cultivars under field-cutting management during the years 2004–2005

Rok Year	Zmienna Variable	Czynnik 1 Factor 1	Czynnik 2 Factor 2	Czynnik 3 Factor 3
2004	Rdza koronowa Crown rust	lipiec — July sierpień — August wrzesień — September	0,05 0,13 0,51	0,90 0,91 0,76
	Szerokość liści — Leaf width	0,74	-0,13	-0,46
	Wysokość 1 — Height 1	0,93	-0,18	-0,04
	ZM* 1 — GM* 1	0,85	0,03	0,32
	Wysokość 2 — Height 2	0,85	0,22	0,15
	ZM 2 — GM 2	0,85	0,27	0,14
	ZM 3 — GM 2	0,81	0,32	0,13
	Pleśń śniegowa — Snow mould	-0,02	0,70	-0,13
2005	Stan po zimie — After winter performance	-0,21	-0,29	-0,83
	Ocena wiosenna — Spring performance	-0,11	0,21	-0,76
Wariancja wyjściowa — Initial variance		4,58	3,13	2,33
Udział — Share		0,35	0,24	0,18

* ZM — szacunkowy plon zielonej masy w pokosie 1, 2 i 3; GM — estimated green mass production in the 1st, 2nd and 3rd cut

Tabela 10

Współzależności zmiennych charakteryzujących odmiany, rody i materiały hodowlane życicy wielokwiatowej oraz odmiany życicy mieszańcowej w użytkowaniu kośno -polowym w latach 2004–2005

Relationship between characters of Italian ryegrass cultivars, strains and breeding lines and hybrid ryegrass cultivars tested under field – cutting management during in the years 2004–2005

Rok Year	Zmienne Variables	Współczynniki korelacji — Correlation coefficients								
		2004								2005
		rdza koronowa crown rust			szerokość liścia leaf width	wysokość 1 height 1	ZM 1 GM1	wysokość 2 height 2	ZM 3 GM 3	
		VII	VIII	IX						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ocena wiosenna spring performance
2004	Rdza sierpień koronowa August	0,75***	x	x	x	x	x	x	x	x
	Crown wrzesień rust September	0,54***	0,64***		0,34**	x	x	x	x	x
	szerokość liści leaf width	x	x	0,35**	x	x	x	0,26*	x	x
	wysokość 1 height 1	x	x	0,34**	0,68***	x	0,80***	0,50***	0,50***	x
	ZM 1 — GM 1*	x	0,26*	0,60***	x	x	x	x	x	x
	wysokość 2 height 2	0,32**	0,34**	0,57***	0,26*	0,50***	0,44***		0,68***	x
	ZM 2 — GM 2	0,26*	0,35**	0,51***	x	0,50***	0,54***	0,68***	x	x
	ZM 3 — GM 2	0,34**	0,34**	0,68***	0,36**	0,58***	0,49***	0,74***	x	x

c.d. Tabela 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	pleśń śniegowa snow mould	0,32**	0,37**	x	x	x	x	x	x	x
2005	stan po zimie after winter performance	x	x	0,28*	x	-0,29*	-0,23*	-0,29*	-	0,43***
	ocena wiosenna spring performance	0,29*	0,23*	-0,23*	x	-0,28*	-0,26*	-0,26*	x	x

* ZM — szacunkowy plon zielonej masy w I, II i III pokosie; GM — estimated green mass production in the I, II and III cut

Na podstawie wartości czynnika 1 można stwierdzić, że najwyższym szacunkowym plonem zielonej masy charakteryzowały się odmiany tetraploidalne życicy wielokwiatowej: Ellire, Tonyl, Lolita, Domino, Caballo oraz Zorro (wartości czynnika 1 dla tych obiektów, powyżej 1,0) (tab. 11). W grupie odmian charakteryzujących się również przeciętnym szacunkowym plonem zielonej masy znalazły się pozostałe odmiany polskie i zagraniczne tetraploidalne (Bolero, Tarandus, Meryl, Danego, Gisel i Kroto) oraz Ród nr 1 i materiały F_3 — 7, F_3 — 2, F_3 — 10 (wartość czynnika 1: 0,25–0,82). Tylko jedna odmiana diploidalna (Meryl) wykazała podwyższony szacunkowy plon zielonej masy. Pozostałe zagraniczne diploidalne odmiany życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej oraz tetraploidalne materiały polskie Ród nr 4 i materiały F_3 — 3, F_3 — 9 i F_3 — 8 charakteryzowały się niskim lub bardzo niskim szacunkowym plonem zielonej masy.

Czynnik 2, który wniósł 20,5% ogółu zmienności, wskazał na istotne zależności pomiędzy odpornością badanych materiałów na rdzę koronową ocenianą w poszczególnych miesiącach sezonu wegetacyjnego oraz odpornością na pleśń śniegową (tab. 8, 9). Średni stopień odporności odmian i materiałów hodowlanych na rdzę koronową w lipcu oraz w sierpniu wynosił 5,1, natomiast we wrześniu 6,2 (tab. 7). Oceny odporności materiałów w lipcu wahały się w zakresie 3,3–6,3, w sierpniu w zakresie 2,5–7,3 natomiast we wrześniu w zakresie 2,8–6,3. We wszystkich terminach materiały polskie scharakteryzowano jako podatne lub bardzo podatne (odporność poniżej średniej, a ładunki czynnikowe ujemne) (tab. 7, 11). Odmiany zagraniczne o podwyższonej odporności na rdzę koronową to odmiana życicy mieszańcowej Aberexcel, diploidalna odmiana życicy wielokwiatowej Barprisma oraz odmiany tetraploidalne Tonyl, Domino oraz Zorro (tab. 7). Świadczą o tym również wartości czynnika 2 (tab. 10). Analiza danych metodą korelacji wykazała istotną powtarzalność ocen odporności badanych materiałów na rdzę koronową w trakcie całego sezonu wegetacyjnego (współczynniki korelacji od 0,54*** do 0,75***) (tab. 10). Rdza koronowa miała istotny wpływ na plon zielonej masy. Najwyższe zależności wykazano dla oceny jesiennej (współczynnik korelacji oceny jesiennej z szacunkowym plonem zielonej masy w III pokosie zbieranym we wrześniu wynosił 0,68***). Zróżnicowanie wszystkich badanych materiałów pod względem odporności na pleśń śniegową było statystycznie nieistotne. Zakres zmienności pod względem odporności na tą chorobę wynosił 5,3–6,3 (tab. 7).

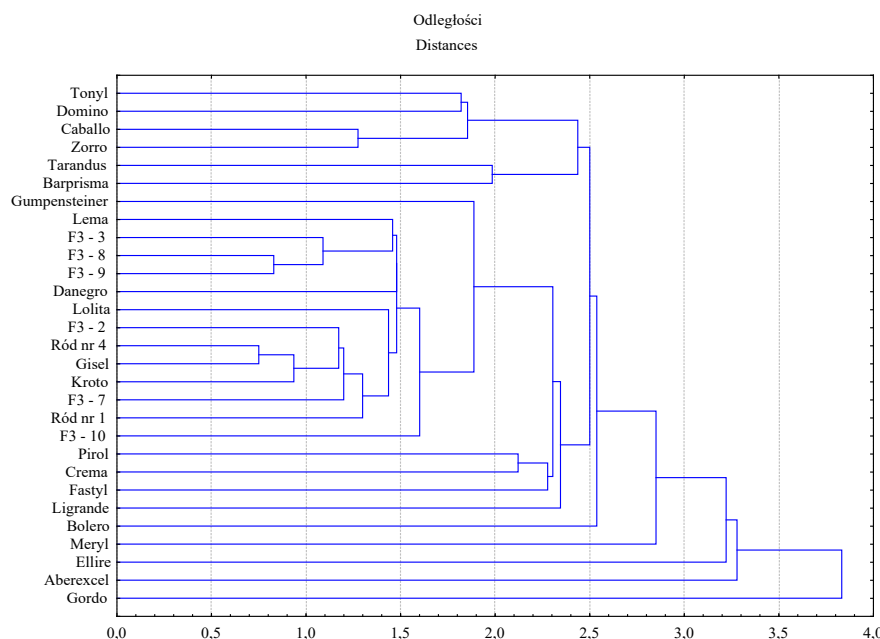
Tabela 11

Macierz czynników rotowanych odmian, rodów hodowlanych i materiałów hodowlanych życicy wielokwiatowej oraz odmian życicy mieszańcowej w użytkowaniu kośno-polowym w latach 2004–2005
Rotation factor matrix of Italian ryegrass cultivars, strains and breeding lines and hybrid ryegrass cultivars under field-cutting management during in the years 2004–2005

Odmiana / ród / linia Cultivar / strain / breeding line	Czynnik 1 Factor 1	Czynnik 2 Factor 2	Czynnik 3 Factor 3
życica wielokwiatowa — Italian ryegrass (2n=2x=14)			
Barprisma	-0,22	1,07	0,45
Crema	-1,46	0,63	1,02
Fastyl	-0,74	0,75	0,03
Gordo	-1,79	-1,41	1,23
Lema	-1,13	-0,77	0,38
Ligrande	-0,4	-0,59	1,17
Meryl	0,32	-0,84	2,44
życica wielokwiatowa — Italian ryegrass (2n=4x=28)			
Bolero	0,47	0,2	1,02
Caballo	1,18	0,82	0,42
Danergo	0,2	-0,11	-0,1
Domino	1,27	1,61	-0,14
Ellire	1,15	0,73	1,46
Lolita	1,17	-0,78	0,13
Tarandus	0,25	0,77	-0,11
Tonyl	1,33	1,33	-0,46
Zorro	1,34	1,08	0,62
Gisel	0,24	-0,79	-0,52
Kroto	0,42	-0,7	-0,23
Ród nr 1	0,82	-1,13	0,11
Ród nr 4	-0,18	-0,5	-0,47
F ₃ — 2	0,75	-0,57	-1,4
F ₃ — 3	-0,51	-0,49	-1,61
F ₃ — 7	0,72	-0,56	-1,5
F ₃ — 8	-0,75	0,07	-1,63
F ₃ — 9	-0,31	-0,63	-1,15
F ₃ — 10	0,4	-1,45	-0,98
życica mieszańcowa — hybrid ryegrass (2n=2x=14)			
Gumpensteiner	-1,04	-0,97	0,36
Życica mieszańcowa — hybrid ryegrass (2n=4x=28)			
Pirol	-1,27	0,57	0,5
Aberexcel	-2,28	2,63	-1,04

Czynnik 3, który wniósł 14,2% zmienności badanych materiałów, wskazywał na istotne zależności pomiędzy stanem roślin zaraz po zimie oraz w okresie wczesnowiosennym, co potwierdzono za pomocą analizy korelacji (tab. 8, 9, 10). Ujemne ładunki czynnikowe dla tych zmiennych świadczą, że materiały o ujemnej wartości czynnika 3 szybciej regenerowały się w okresie wczesnej wiosny i wykazywały duży wigor wzrostu (tab. 11). Dodatkowo, metodą analizy korelacji wykazano niewielkie, ujemne zależności stanu roślin po zimie oraz oceny wiosennej z morfologią liścia (zależności ujemne) (tab. 10). Ładunki czynnikowe wszystkich diploidalnych odmian zagranicznych życicy wielokwiatowej oraz życicy mieszańcowej były dodatnie, co świadczy, że rośliny były uszkodzone (tab. 11). W grupie odmian zagranicznych tetraploidalnych życicy wielokwiatowej rośliny odmian Tony, Tarandus, Domino i Danegro nie były silnie uszkodzone i regenerowały się po zimie (ładunki czynnikowe ujemne). Jedna odmiana zagraniczna tetraploidalna życicy

mieszańcowej (Aberexcel) została scharakteryzowana jako dobrze regenerująca się po zimie, natomiast druga odmiana Pirol jako słabo regenerująca się. Materiały polskie tetraploidalne życicy wielokwiatowej, poza Rodem nr 1, szybko regenerowały się po zimie i wykazały duży wigor wzrostu w porównaniu do odmian zagranicznych (tab. 7, 11). Stan roślin po zimie materiałów polskich oceniono na poziomie 4,0 w skali 1–9 natomiast ich ładunki czynnika 3 wahały się w zakresie od 1,63 do 0,47.



Rys. 1. Dendrogram podobieństw pomiędzy odmianami, rodami i materiałami hodowlanymi życicy wielokwiatowej oraz odmianami życicy mieszańcowej w użytkowaniu kośno-polowym w latach 2004–2005

Fig. 1. Dendrogram of cluster analysis for Italian ryegrass cultivars, strains and breeding lines and hybrid ryegrass cultivars under field – cutting forage management during the years 2004–2005

Za pomocą analizy skupień wszystkich cech morfologicznych i fizjologicznych roślin, które statystycznie istotnie różnicowały badany materiał, wydzielono dwie główne grupy materiałów, będących w miarę blisko spokrewnione ze sobą (rys. 1). Jedną grupę to polskie odmiany, rody i pokolenia F₃ tetraploidalnej życicy wielokwiatowej oraz trzy odmiany zagraniczne życicy wielokwiatowej (Lolita, Danergo i Lema) i jedną odmianę diploidalnej życicy mieszańcowej (Gumpensteiner). W tej grupie odmiana Gumpensteiner była najbardziej oddalona od pozostałych. Wszystkie materiały wchodzące w skład tej grupy wykazywały niską odporność na rdzę koronową (tab. 7, 11). Odmiany Lolita i Danergo to odmiany tetraploidalne życicy wielokwiatowej, natomiast Lema to odmiana diploidalna. Odmiana Lolita została wyhodowana przez Hladke Zivotice i zarejestrowana w 1975 roku,

natomiast odmiana Danegro w firmie DLF i zarejestrowana w 1989 roku. Odmiana Lema została zarejestrowana po raz pierwszy w 1955 roku.

Drugą grupę tworzyły odmiany zagraniczne tetraploidalnej życicy wielokwiatowej. Były to: Tonyl, Domino, Caballo i Zorro. Hodowcą odmiany Tonyl jest RAGT SA, odmiany Domino Prodana Seeds, Caballo LG/DLF, natomiast odmiany Zorro firma DLF.

Podsumowując wyniki analizy czynnikowej oraz analizy skupień można stwierdzić, że najbardziej wartościowe materiały pod względem rolniczym to tylko odmiany zagraniczne tetraploidalne: Domino, Tarandus i Tonyl.

DYSKUSJA

Życica wielokwiatowa i życica mieszańcowa, obok życicy trwałej, zaliczane są do grupy najważniejszych gatunków traw pastewnych. Rdza koronowa oraz pleśń śniegowa istotnie obniżają ich wartość rolniczą w użytkowaniu kośno-polowym i nasiennym (Larsen, Årswoll, 1984; Potter, 1987; Plummer i in., 1990; Roderick i in., 2000b). Hodowla nowych odmian o podwyższonej odporności na te patogeny jest jedyną skuteczną metodą zwalczania tych chorób. Ze względu na możliwość występowania zmienności populacji rdzy koronowej (*Puccinia coronata* f. sp. *lolii*) na terenie całej Europy podczas konferencji EUCARPIA w 2004 roku „Breeding for stress tolerance in fodder crops and amenity grasses” postanowiono prowadzić wspólne badania na zestawie odmian o zróżnicowanej odporności na rdze i o zróżnicowanym pochodzeniu (pochodzących z różnych hodowli). W latach 2001–2002 wśród 19 miejscowości, gdzie założono doświadczenia „EUCARPIA multisite rust evaluation”, materiał zróżnicowano pod względem odporności na rdzę koronową w 17 miejscowościach, wykazując zarazem dużą powtarzalność wyników (Boller i in., 2002). Świadczyło to o braku zróżnicowania w Europejskiej populacji rdzy koronowej pod względem obecności patotypów wirulentnych w stosunku do genów odporności obecnych w bardzo zróżnicowanym zestawie odmian różnicujących (Boller i in., 2002; Schubiger i in., 2003). Do kolejnego cyklu badań „EUCARPIA multisite rust evaluation” w latach 2004–2005 włączona została również Polska, a badania prowadzono w IHAR Radzików (Schubiger i in., 2004). Największe nasilenie choroby (średnia dla wszystkich badanych odmian wynosiła poniżej 4,0) odnotowano we Francji (Montours) i w Niemczech (Gross Lüsewitz). Średni stopień porażenia badanych odmian w zakresie 4,0–5,0 odnotowano w Polsce (Radzików), Francji (Orchies), Wielkiej Brytanii (Loughall) i we Włoszech (Perugia). W 8 innych miejscowościach odporność wahała się średnio w zakresie 5,0–6,0 (Francja: Les Alleudus i Les Rosiers; Belgia: Merelbeke; Niemcy: Bornhof, Hohenheim; Republika Czeska: Jevicko; Włochy: Lodi). Na podstawie średnich wyników uzyskanych we wszystkich miejscowościach stwierdzono, że najwyższą odporność wykazywały odmiany tetraploidalne życicy wielokwiatowej. Odporność ocenioną średnio w przedziale 7,0–8,0 posiadały odmiany Domino, Tarandus, Caballo i Zorro. Odmiany tetraploidalne życicy wielokwiatowej: Bolero, Tonyl, Ellire, życicy mieszańcowej: Aberexcel oraz odmiana diploidalna życicy wielokwiatowej Fasty wykazały odporność w przedziale 6,0–7,0. Potwierdza to wyniki uzyskane w Radzikowie na podstawie analizy skupień i analizy czynnikowej przy ocenie nie tylko odporności na

rdze koronową, ale również innych statystycznie istotnych cech morfologicznych i fizjologicznych roślin. Odmiany wykazujące najwyższą odporność na rdzę koronową na terenie całej Europy Zachodniej, Południowej i Centralnej (Tonyl, Domino, Caballo i Zorro) w warunkach Polski tworzyły jednorodną grupę roślin wysokich, o szerokich liściach i wykazujących wysoki szacunkowy plon zielonej masy. Potwierdza to opinię, że obecnie odporność życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej na rdzę koronową ma decydujący wpływ na wartość rolniczą nowych odmian (Lowe i in., 1983; Potter, 1987; Plummer i in., 1990; Thomas, Camps, 1996; Roderick i in., 2000 b). Materiały polskie tetraploidalnej życicy wielokwiatowej, wraz z odmianami zagranicznymi tetraploidalnymi Lolita, Danergo i Lema tworzyły jednorodną grupę materiałów o niskiej odporności na rdzę koronową, ale które były mniej uszkodzane w okresie zimowym. Fakt ten potwierdza inne doniesienia literaturowe takie jak Jamalainen (1974), Mühle i wsp. (1975) oraz Foss (1983). Uzasadnieniem tego jest fakt, że w Europie Zachodniej problem rdzy koronowej pojawił się wcześniej niż w Europie Środkowej. Dlatego materiały wyjściowe do dalszej hodowli przechodziły selekcję pod względem odporności na tę chorobę, często jeszcze przed włączeniem ich do programów hodowlanych lub w początkowych etapach tych programów. Odwrotna sytuacja jest w przypadku zdolności do szybkiej regeneracji się roślin po okresie zimowym. Warunki klimatyczne Polski sprzyjają procesowi selekcji już od form dzikich poprzez ekotypy i odmiany miejscowe, które są zazwyczaj materiałem wyjściowym do dalszej hodowli.

Podsumowując należy stwierdzić, że wśród nowych odmian zagranicznych życicy wielokwiatowej wyhodowanych w latach dziewięćdziesiątych znajdują się odmiany o wysokiej wartości rolniczej, odporne na rdzę koronową i które nie są uszkodzane w okresie zimowym. Są to materiały tetraploidalne. Brak jest odmian diploidalnych życicy wielokwiatowej o wysokiej wartości rolniczej.

WNIOSKI

1. W warunkach Polski odmiany europejskie i polskie życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej wykazują istotne zróżnicowanie pod względem odporności na rdzę koronową, zdolności do szybkiej regeneracji po okresie zimowym.
2. Rdza koronowa oraz zdolność roślin do szybkiej regeneracji po zimie mają istotny wpływ na wartość rolniczą życicy wielokwiatowej i życicy mieszańcowej
3. Materiały polskie scharakteryzowano jako podatne lub bardzo podatne na *P. coronata* f. sp. *lolii*, ale lepiej regenerujące się po zimie w porównaniu do odmian zagranicznych.
4. W grupie badanych odmian tetraploidalnych życicy wielokwiatowej Domino, Tarandus i Tonyl wykazały wysoką produkcję zielonej masy, wysoką odporność na rdzę koronową i nie były silnie uszkodzane w okresie zimowym
5. W grupie badanych odmian diploidalnych życicy wielokwiatowej brak jest materiałów wykazujących wysoką produkcję zielonej masy, odpornych na rdzę koronową oraz dobrze regenerujących się po zimie.

LITERATURA

- Balasko J. A., Evers G. W., Duell R. W. 1995. Bluegrasses, ryegrasses and bentagrasses. In: Barnes R., Miller D. A., Nelson C. J. (eds.), *Forages* Vol. 1. An introduction to grassland agriculture. 5th ed. Iowa Stat Univ. Press. Ames, IA, USA: 357 — 372.
- Boller B., Schubiger F. X., Streckeisen P. 2002. The EUCARPIA multisided rust evaluation — results 2001. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 59: 198 — 207.
- Clarke R. G., Villalta O. N., Hepworth G. 1997. Evaluation of resistance of five isolates of *Puccinia coronata* f. sp. *lolii* on 19 perennial ryegrass cultivars. *Austr. J. Agric. Res.* 48: 191 — 198.
- Dracatos P. M., Dumsday J. L., Olle R. S., Cogan N. O. I., Dobrowolski M. P., Fujimori M., Roderick H. W., Stewart A. V., Smith K. F., Forster J. W. 2006. Development and characterization of EST-SSR markers for the crown rust pathogen of ryegrass (*Puccinia coronata* f. sp. *lolii*). *Genome* 49 (6): 572 — 583.
- Eshed N., Dinnor A. 1980. Genetics and pathogenicity in *Puccinia coronata*: pathogenic specialization at the host genus level. *Phytopathol.* 70: 1042 — 1046.
- Foss J. G. 1983. Resistance to winter stress factors of varieties of reed canary grass (*Phalaris arundinacea* L.) as related to hardening conditions and to carbohydrate store and consumption. *Meld. Norg. LandbrHøgsk* 62: 1 — 29.
- Hides D. H., Wilkins P. W. 1978. Selection for resistance to ryegrass mosaic virus and crown rust (*Puccinia coronata* Corda) in Italian ryegrass populations. *British Grassland Sci.* 33: 253 — 260.
- Humphreys M., Abberton M., Cook R., Turner L., Roderick H., Thorogood D. 2000. Molecular breeding in pasture species and its application to improving pest and disease resistance. In: The 3th International Conference on Harmful and Beneficial Microorganisms in Grassland, Pastures and Turf. Paul V.H and Dapprich P.D. (eds.), Germany, 77 — 86.
- Ikeda S. 2005. Isolation of disease resistance gene analogs from Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). *Grassland Sci.* 51: 63 — 70.
- Jahuar P. P. 1993. Cytogenetics of the *Festuca-Lolium* complex. In: *Monographs on Theoretical and Applied Genetics*. Vol. 18. Springer-Verlag, Berlin.
- Jamalain E. A. 1974. Resistance in winter cereals and grasses to low-temperature parasitizing fungi. *Ann. Rev. Phytopathol.* 12: 281 — 302.
- Jones E. S., Dupal M. P., Kölliker R., Drayton M. C., Foster J. W. 2001. Development and characterization of simple sequence repeat (SSR) markers in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *TAG* 102: 405 — 415.
- Jung G. A., van Wijk A. J. P., Hunt W. F., Watson C. E. 1996. Ryegrasses. In: *Cool-season forage grasses*. Moser L.E. (ed.) *Agronomy Monograph* 34: 605 — 641.
- Kimbeng C. A. 1999. Genetic basis of crown rust resistance in perennial ryegrass, breeding strategies, and genetic variation among populations: a review. *Austr. J. Exp. Agric.* 39: 361 — 378.
- Kozłowski S. 1981. Węglowodany strukturalne w trawach. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 241: 189 — 199.
- Kubik C., Sawkins M., Gaut B. S. 1999. Assessing the abundance and polymorphism of simple sequence repeats in perennial ryegrass. *Crop Sci.* 39: 1136 — 1141.
- Larsen A., Årswoll K. 1984. The impact of biotic and abiotic and physical overwintering factors on grassland production, and their relations to climate, soil properties and management. In: *Proc. 10th Gen. Meeting Europ. Grassld. Red. As.*: 1 — 20.
- Loos B. P. 1993. Allozyme variation within and between populations in *Lolium* (*Poaceae*). *Plant Syst. Evol.* 188: 101 — 113.
- Lowe K. F., Bowdler T. M., Ostrowski H., Stilman S. L. 1983. Comparison of the yield, nitrogen and phosphorus content, and rust infection (*Puccinia coronata*) of irrigated ryegrass swards in south-eastern Queensland. *Australasian J. Experimental Animal Husbandry* 23: 294 — 301.
- Meyer W.A. 1982. Breeding disease-resistant cool-season turfgrass cultivars for the United States. *Plant Dis.* 66: 341 — 344.
- Muyll H., Bockstaele van E., Roldan-Ruiz I. 2003. Genetic dissection of crown rust resistance in a *Lolium perenne* mapping population. *Vort. Pflanzenzüchtg.* 59: 217 — 224.
- Mühle E., Frauenstein K., Schumann K., Wetzels T. 1975. Choroby i szkodniki traw pastewnych. *PWRiL*, Warszawa: 1 — 412.

- Paul V. H., Dapprich P. 1997. Resistance breeding and environmental friendly alternative of disease control in forage crops. In: Ecological aspects of breeding fodder crops and amenity grasses. Z. Staszewski *et al.* (eds.), IHAR Radzików, Poland. 19 — 28.
- Pfender W. F. 2003. Role of phenology in host susceptibility and within – plant spread of stem rust during reproductive development of perennial ryegrass. *Phytopathol.* 94: 308–316.
- Pfender W. F. 2004. Effect of autumn planting date and stand age on severity of stem rust in seed crops of perennial ryegrass. *Plant Dis.* 88: 1017 — 1020.
- Plummer R. M., Hall R. L., Watt T.A. 1990. The influence of crown rust (*Puccinia coronata*) on tiller production and survival of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) plants in simulated swards. *Grass Forage Sci.* 45: 9 — 16.
- Plummer R. M., Hall R. L., Watt T. A. 1992. Effect of leaf age and nitrogen fertilization on sporulation of crown rust (*Puccinia coronata* var. *loli*) on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Ann. Appl. Biol.* 121: 51 — 56.
- Posselt U. K. 1994. Genetic aspects of crown rust resistance in the ryegrasses. *IOBC/WPRS Bull.* 17: 229 — 235.
- Potter L. R. 1987. Effect of crown rust on regrowth competitive ability and nutritional quality of perennial and Italian ryegrasses. *Plant Pathol.* 36: 455 — 461.
- Potter L. R., Cagas B., Paul V. H., Brickenstaedt E. 1990. Pathogenicity of some European collection of crown rust (*Puccinia coronata* Corda) on cultivars of perennial ryegrass. *J. Phytopathol.* 130: 119 — 126.
- Prończuk M., Prończuk S., Góral S. 1984. Wpływ chorób fuzaryjnych na trwałość *Lolium perenne*. *Biul IHAR* 155: 187 — 192.
- Reheul D., Ghesqiere A. 1996. Breeding perennial ryegrass with a better crown rust resistance. *IOBC/WPRS Bull.* 19: 249 — 264.
- Roderick H. W., Thomas B. J. 1997. The infection of ryegrass by three rust fungi (*Puccinia coronata*, *P. lolina* and *P. graminis*) and some effects of temperature on the establishment of the disease and sporulation. *Plant Pathol.* 46: 751 — 761.
- Roderick W. H., Thorogood D., Adamko B. 2000a. Temperature — dependent resistance to crown rust infection in perennial ryegrass. *Plant Breed.* 119: 93 — 96.
- Roderick H. W., Thorogood D., Adamko B. 2000b. The expression of resistance to crown rust infection in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant Breed.* 119: 1133 — 1144.
- Rose-Fricker C. A., Meyer W. A., Kronstad W. E. 1986. Inheritance to stem rust (*Puccinia graminis* subsp. *graminicola*) in six perennial ryegrass (*Lolium perenne*) crosses. *Plant Dis.* 70: 678 — 681.
- Schubiger F. X., Streckeisen P., Boller B. 2003. Pathogenicity of crown rust on cultivars of Italian and perennial ryegrass. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 59: 208 — 216.
- Schumann K., Backhaus R. 1988. Untersuchungen zur Variabilität des Schneeschimmelerregers bei Futtergräsern. *Nachr. Bl. Pflanzenschutz DDR* 4: 75 — 78.
- Skirde W. 1980. Epidemisches auftreten von *Fusarium nivale* in winter 1978-79. *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 3: 42 — 46.
- Smiley R. W., Dernoeden P. H., Clarke B. B. 1992. Compendium of turfgrass diseases. The American Phytopath. Society, Minnesota: 1 — 98.
- Stammers M. J., Harris J., Evans G. M., Hayward D., Foster J. W. 1995. Use of random PCR (RAPD) technology to analyze polygenic in the *Lolium/Festuca* complex. *Heredity* 74: 19 — 27.
- Studer B., Boller B., Bauer E., Posselt U. K., Widmer F., Kölliker R. 2007. Consistent detection of QTLs for crown rust resistance in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* L.) across environments and phenotyping methods. *Theor. Appl. Genet.* 115: 9 — 17.
- Teller E. E. 1968. A taxonomic revision of the genus *Lolium*. *USDA Tech. Bull.* 1392: 1 — 65.
- Thomas J. E. 1994. Disease resistance in grass variety testing systems. A review of results from UK. *IOBC/WPRS Bull.* 17(1): 201 — 207
- Vargas J. M. 1994. Management of turfgrass diseases. *Lewis Publ. CPR Press, Inc.*, pp. 1 — 294.
- Wijk van A. J. P. 1996. Breeding amenity grasses: achievements and future prospects. In: *Proc. of the 20th EUCARPIA Crops and Amenity Grasses Meeting, October 7-10 1996, Radzików, Poland, 1996*, 137 — 138.

- Wilkins P. W. 1975. Inheritance of resistance to *Puccinia coronata* Corda and *Rynchosporium orthosporum* Caldwell in Italian ryegrass. *Euphytica* 24: 191 — 196.
- Wilkins P. W. 1978. Specialisation of crown rust (*Puccinia coronata* Corda) on clones of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) *Euphytica* 27: 837 — 841.
- Zhang Y., Mian M. A. R., Bouton J. H. 2006. Recent molecular and genomic studies on stress tolerance of forage and turf grasses. *Crop Sci.* 46: 497 — 511.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Ryszard Weber Dariusz Zalewski Andrzej Kotecki Jan Kaczmarek	Ocena przydatności punktów doświadczalnych do prowadzenia PDO na Dolnym Śląsku Evaluation of the usefulness of experimental sites for Post-registration Variety Testing System (PDO) in Lower Silesia	5
Hanna Sulewska Wiesław Koziara Jarosław Bojarczuk	Kształtowanie plonu i jakości ziarna wybranych genotypów <i>Triticum durum</i> Desf. w zależności od nawożenia azotem i gęstości siewu Yield and grain quality of selected <i>Triticum durum</i> Desf. genotypes depending on nitrogen fertilization and sowing density	17
Jarosław Stalenga Krzysztof Jończyk	Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na uprawę w systemie ekologicznym Reaction of some winter wheat varieties to cultivation in the organic system	29
Grażyna Cacak-Pietrzak Alicja Sułek	Wpływ poziomu nawożenia azotem na plonowanie i jakość technologiczną ziarna pszenicy jarej The effects of nitrogen fertilization on yield and technological parameters of spring wheat	47
Tadeusz Śmiałowski Maria Stachowicz	Ocena wartości technologicznej nowych polskich rodów pszenicy ozimej z doświadczeń wstępnych w latach 2005–2006 The evaluation of baking quality of new Polish strains of winter wheat investigated in pre-registration field experiments in the years 2005–2006	57
Renata Kieloch Henryka Rola	Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na herbicydy pochodne fenyloamocznika i sulfonilomocznika Reaction of some winter wheat cultivars to phenylurea and sulfonylurea herbicides	67
Wiesław Mądry Dariusz Gozdowski Jan Rozbicki Mirosław Pojmaj Stanisław Samborski	Związki między plonem ziarna a jego składowymi w populacji rodów hodowlanych pszenżyta ozimego w trzech stacjach doświadczalnych Relationships between grain yield and its components in winter triticale advanced lines across three locations	77
Bogusława Jaśkiewicz	Dynamika wzrostu roślin pszenżyta ozimego odmian Woltario i Krakowiak w zależności od gęstości siewu Growth dynamics of winter triticale cultivars Woltario and Krakowiak at different sowing densities	95
Elżbieta Małuszyńska	Wartość przechowalnicza pszenżyta ozimego oceniana testami wigorowymi Storability of winter triticale evaluated using vigour tests	101
Wojciech Rybiński Karolina Krystkowiak Anetta Kuczyńska Michał Rębarz	Zróżnicowanie nagoziarnistych mutantów jęczmienia jarego (<i>Hordeum vulgare</i> L.) na poziomie fenotypowym i molekularnym Variability of hull-less barley mutants (<i>Hordeum vulgare</i> L.) at the phenotypic and molecular levels	113

Barbara Chrzanowska-Drożdż Krzysztof Kaczmarek	Reakcja dwóch odmian prosa na nawożenie azotowe Response of two common millet cultivars to nitrogen fertilization	129
Henryk Bujak Katarzyna Dmochowska-Huba Stanisław Jedyński Jan Kaczmarek	Wykorzystanie selekcji indeksowej w hodowli kukurydzy z uwzględnieniem ważności cech Application of index selection in maize breeding with regard to economic weights of traits	139
Henryk Bujak Katarzyna Dmochowska-Huba Stanisław Jedyński Jan Kaczmarek	Ocena zdolności kombinacyjnej linii kukurydzy na podstawie indeksów potencjału krzyżowania Evaluation of combining ability of maize lines on the basis of cross potential index	147
Maria Prończuk Jan Bojanowski Roman Warzecha Zbigniew Laudański	Badania nad odpornością kukurydzy na zgorzel podstawy łodyg Część I. Ocena podatności odmian mieszańcowych w warunkach infekcji naturalnej Studies on resistance of maize to fusarium stalk rot Part I. Evaluation of susceptibility of hybrid cultivars under natural infection	155
Marcin Wit Piotr Ochodźki Roman Warzecha Wojciech Wakuliński	Znaczenie <i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg w etiologii fuzariozy kolb kukurydzy Importance of <i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg in etiology of ear rot of maize	171
Jacek Chotkowski Irena Stypa	Ocena postępu hodowlanego w produkcji ziemniaka w Polsce w latach 1946–2007 Estimation of breeding progress in potato production in Poland in the years 1946–2007	181
Piotr Kuc Lesław Zimny Katarzyna Kucińska Arkadiusz Artyszak	Efektywność produkcji buraka cukrowego w warunkach różnych systemów uprawy Production effectiveness of sugar beet at different cultivation systems	191
Sylwia Kaczmarek Roman Krawczyk	Regulacja zachwaszczenia w uprawie gryki zwyczajnej (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.) odmiany Kora Infestation control in cultivation of buckwheat (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench.) cv. Kora	199
Zbigniew Broda Agnieszka Dobrzycka	Badanie samoniezgodności oraz podobieństwa genetycznego zróżnicowanych genotypowo form lucerny (<i>Medicago sativa</i> L.) The study of self-incompatibility and genetic similarity of genetically differentiated forms of alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.)	205
Wiktor Szwarc Elżbieta Skórska	Wpływ promieniowania UV-B na wybrane cechy fizjologiczne roślin soi odmiany Augusta The influence of UV-B radiation on some physiological features of soybean cv. Augusta plants	215
Elżbieta Czembor	Wartość rolnicza europejskich odmian życicy trwałej (<i>Lolium perenne</i> L.) w warunkach Polski Agronomic value of European cultivars of perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.) in the Polish conditions	223

Elżbieta Czembor	Charakterystyka odmian i materiałów hodowlanych życicy wielokwiatowej i mieszańcowej ze szczególnym uwzględnieniem odporności na rdzę koronową i pleśń śniegową Characteristic of Italian ryegrass and hybrid ryegrass cultivars and breeding materials with special emphasis on crown rust and snow mould resistance	249
------------------	--	-----