



Kłosy żyta: męskonieczny, częściowo płodny i płodny

Fot. Jerzy Drzewiecki

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 218/219/2001



Kłosa żyta: męskoniepłodny, częściowo płodny i płodny. Fot. *J. Drzewiecki*

RADZIKÓW 2001
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

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

Komitety Redakcyjne:

Editorial Committee:

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

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

Redaktor techniczny
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

MATERIAŁY Z SYMPOZJUM
GRUPY PROBLEMOWEJ HODOWLI PSZENICY

ZAKOPANE, 30 — 31 STYCZEŃ 2001 ROK

PROF. DR HAB. STANISŁAW WĘGRZYN
PRZEWODNICZĄCY GRUPY PROBLEMOWEJ DS. HODOWLI PSZENICY

KOMITET ORGANIZACYJNY:

DR ANNA STRZEMBICKA
DR TADEUSZ WOJAS
DR ANDRZEJ CYGANKIEWICZ
DR JACEK WAGA
MGR TADEUSZ ZAWISKI

SPONSORZY:

SYNGENTA CROP PROTECTION SP. Z O.O.
POLICE ZAKŁADY NAWOZOWE
ŻYWIEC TRADE SP. Z O.O.
DAR NATURY SP. Z O.O.
DORADO SP. Z O.O.
HANKPOL SP. Z O.O.
KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH

MATERIAŁY Z SYMPOZJUM
GRUPY PROBLEMOWEJ HODOWLI PSZENŻYTA

ZAKOPANE, 1 LUTY 2001 ROK

PROF. DR HAB. CZESŁAW TARKOWSKI
PRZEWODNICZĄCY GRUPY PROBLEMOWEJ DS. HODOWLI PSZENŻYTA

KOMITET ORGANIZACYJNY:

DOC. DR HAB. HELENA GRZESIK
DR MAGDA GUT
MGR TADEUSZ ZAWISKI

SPONSORZY:

SYNGENTA CROP PROTECTION SP. Z O.O.
POLICE ZAKŁADY NAWOZOWE
ŻYWIEC TRADE SP. Z O.O.
DAR NATURY SP. Z O.O.
DORADO SP. Z O.O.
HANKPOL SP. Z O.O.
KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH

MATERIAŁY Z SYMPOZJUM
GRUPY PROBLEMOWEJ HODOWLI ŻYTA

ZAKOPANE, 2 LUTY 2001 ROK

MGR ANDRZEJ SZOŁKOWSKI
PRZEWODNICZĄCY GRUPY PROBLEMOWEJ DS. HODOWLI ŻYTA

KOMITET ORGANIZACYJNY:

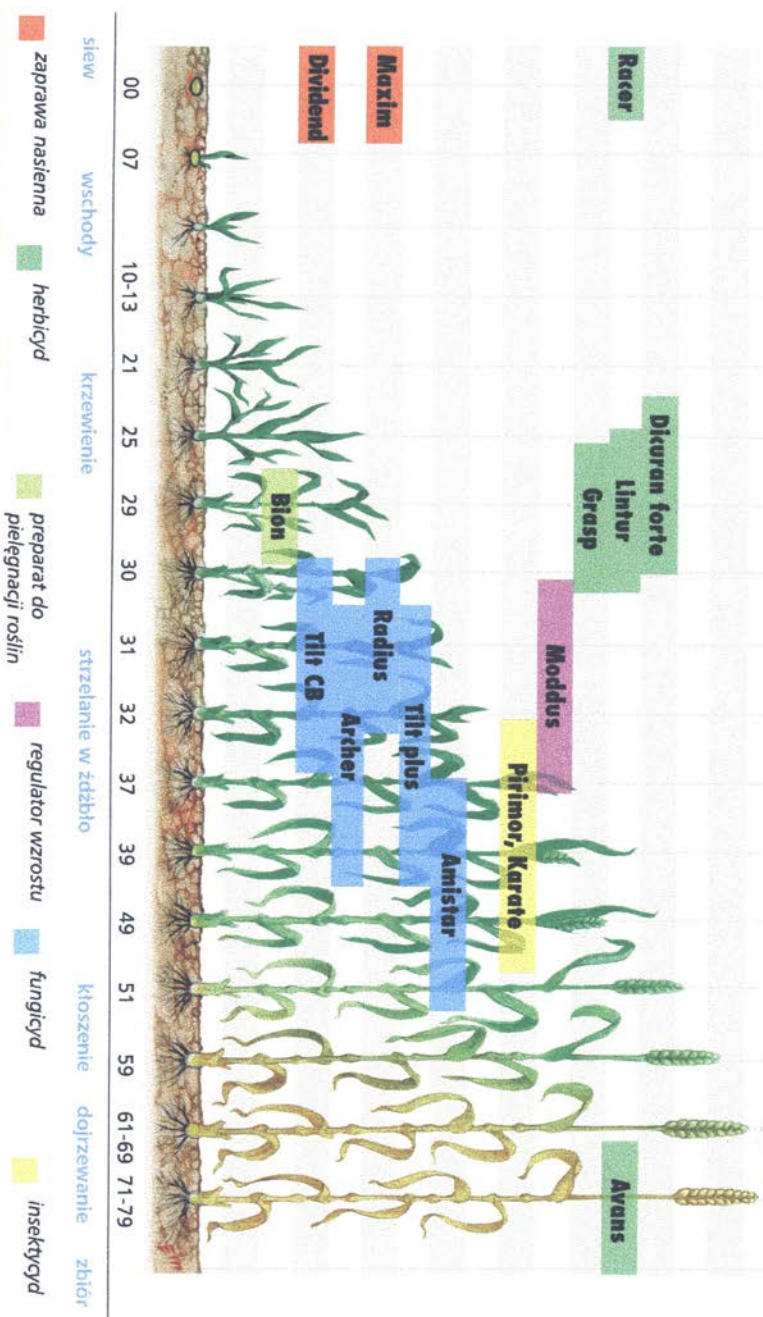
DR TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI
MGR TADEUSZ ZAWISKI

SPONSORZY:

SYNGENTA CROP PROTECTION SP. Z O.O.
POLICE ZAKŁADY NAWOZOWE
ŻYWIEC TRADE SP.ZO.O.
DAR NATURY SP. Z O.O.
DORADO SP.Z O. O.
HANKPOL SP. Z O.O.
KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH

The Syngenta logo, featuring the word "syngenta" in a bold, blue, lowercase sans-serif font. A green leaf icon is positioned above the letter 'g'.

program ochrony zbóż



Syngenta Crop Protection Sp. z o.o.
ul. Równoległa 9a, 02-237 Warszawa
tel. (22) 573 91 00, fax (22) 573 91 99



Zakłady Chemiczne "POLICE" S.A.

72-010 Police, ul. Kuźnicka 1

Biuro Sprzedaży Nawozów: tel. (091) 317 43 03;

fax (091) 317 47 72

Dział Promocji: tel. (091) 317 42 96; fax (091) 317 46 30



Asortyment nawozów	Zawartość składników pokarmowych
MOCZNIK N 46	azot (N) 46%
POLIDAP NPS 18-46-2	azot (N) 18%, fosfor (P_2O_5) 46%, siarka (S) 2%
POLIFOSKA PK PK 21-32	azot (N) 21%, fosfor (P_2O_5) 32%
POLIFOSKA 4 NPKMgS 4-12-32-2-4	azot (N) 4%, fosfor (P_2O_5) 12%, potas (K_2O) 32%, magnez (MgO) 2%, siarka (S) 4%
POLIFOSKA 6 NPKS 6-20-30-3	azot (N) 6%, fosfor (P_2O_5) 20%, potas (K_2O) 30%, siarka (S) 3%
POLIFOSKA 8 NPKS 8-24-24-4	azot (N) 8%, fosfor (P_2O_5) 24%, potas (K_2O) 24%, siarka (S) 4%
POLIFOSKA 12 NPKMgS 12-12-12-2-11	azot (N) 12%, fosfor (P_2O_5) 12%, potas (K_2O) 12%, magnez (MgO) 2%, siarka (S) 11%
POLIFOSKA 13 NPKS 13-13-21-5	azot (N) 13%, fosfor (P_2O_5) 13%, potas (K_2O) 21%, siarka (S) 5%
POLIFOSKA 15 NPKMgS 15-15-15-2-5	azot (N) 15%, fosfor (P_2O_5) 15%, potas (K_2O) 15%, magnez (MgO) 2%, siarka (S) 5%
POLIMAG 305 NPKMgS 5-16-24-8-3	azot (N) 5%, fosfor (P_2O_5) 16%, potas (K_2O) 24%, magnez (MgO) 8%, siarka (S) 3%
POLIMAG 405 NPKMgS 5-10-20-6-4	azot (N) 5%, fosfor (P_2O_5) 10%, potas (K_2O) 20%, magnez (MgO) 6%, siarka (S) 4%
POLIMAG 311 NPKMgS 11-8-16-5-10	azot (N) 11%, fosfor (P_2O_5) 8%, potas (K_2O) 16%, magnez (MgO) 5%, siarka (S) 10%
POLIMAG S 5101 NPKMgS 10-8-15-5-14 + mikroelementy	azot (N) 10%, fosfor (P_2O_5) 8%, potas (K_2O) 15%, magnez (MgO) 5%, siarka (S) 14%, bor (B) 0.1%, miedź (Cu) 0.1%, mangan (Mn) 0.2%, cynk (Zn) 0.5%

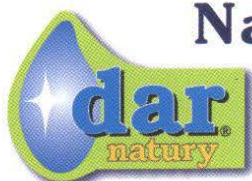
MOCZNIK — uniwersalny nawóz azotowy do stosowania przedsiewnego, pogłównego i dolistnego.

POLIFOSKI — nawozy przedsiewne i pogłowne pod wszystkie uprawy rolnicze, w uprawie warzyw i sadach.

POLIMAGI — nawozy przedsiewne i pogłowne pod wszystkie uprawy rolnicze, w uprawie warzyw i sadach, na glebach ubogich w magnez i w gospodarstwach z niedoborem obornika.

POLIMAG S 5101 — bezhlorkowy nawóz wiosenny, przedsiewny i pogłówny, do nawożenia roślin wrażliwych na chlor (większość warzyw, roślin jagodowych i sadów) oraz ziemniaka, rzepaku, roślin pastewnych i użytków zielonych.





Naturalna woda źródlana

*zawsze świeża, krystalicznie czysta,
bogata w zdrowe minerały*

kation wapniowy	84,33 mg/l
kation magnezowy	14,78 mg/l
kation sodowy	10,50 mg/l
kation potasowy	2,00 mg/l
anion chlorkowy	3,54 mg/l
anion fluorkowy	0,17 mg/l
anion siarczanowy	4,00 mg/l
anion wodorowęglanowy	350,24 mg/l
suma składników mineralnych	497,43 mg/l





Woda dar natury
jest zalecana
przez kierowaną przeze mnie
Fundację Rozwoju Kardiologii w Zabrzu
Religa
Prof. dr med. Zbigniew Religa



Firma nasza jest członkiem IBWA
Międzynarodowego
Stowarzyszenia
Wody Butelkowanej

INFOLINIA

0 800 222 777

www.darnatury.com.pl www.darnatury.com.pl



PRZEDSIĘBIORSTWO



INTERMAG

Spółka z o.o.

OSIEK 174 A, 32-300 OLKUSZ

tel: (0-32) 642 73 78

tel./fax: (0-32) 642 71 81, 642 70 44



sp. z o.o. „DORADO” 34-500 Zakopane, ul. Polana Szymoszkowa 2

tel. 0 18 20 172-30, fax. 0 18 20 172-31, NIP: 736-10-00-568

KOLEJE KRZESEŁKOWE - GASTRONOMIA - WYPOŻYCZALNIA SPRZĘTU SPORTOWEGO

PIEKARNIA

Rankpol

PIECZYWO

dr Kluski

STANISŁAW WĘGRZYN

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Możliwości wykorzystania metod statystycznych do opracowania wyników doświadczeń w hodowli roślin

An application of some statistical methods in plant breeding trials

Omówiono możliwości zastosowania niektórych metod statystycznych do opracowania wyników doświadczeń o nieortogonalnych danych bez podawania szczegółów metodycznych. Szczególną uwagę zwrócono na doświadczenia we wczesnych etapach hodowlanych, a głównie na doświadczenia jednopowtórzeniowe, zarówno od strony metodycznej, jak i sposobu opracowania wyników. Również dużo miejsca poświęcono opracowaniu wyników doświadczeń grupowych, tj. doświadczeń z różnymi rodami w tej samej lub różnych miejscowościach. Na końcu podano analizę i sposób oszacowania udziału efektu genetycznego i dwóch frakcji efektu interakcji genotypowo-środowiskowej, tj. interakcji genotypów z miejscowościami w latach (IGL) i interakcji genotypów z latami (IGY). Omówiono zalety i wady poszczególnych frakcji interakcji w aspekcie ich wykorzystania w selekcji najkorzystniejszych genotypów. Wszystkie rozważania były przeprowadzone na przykładach liczbowych, które mają charakter wyłącznie ilustracyjny.

Słowa kluczowe: doświadczenia jednopowtórzeniowe, efekty genotypowe, efekty interakcji genotypowo-środowiskowej, synteza doświadczeń grupowych, układ nieortogonalny

The objective of this publication was to show a possibility of some statistical methods application for non-orthogonal data in plant breeding. The most attention was given to field trials at the first stage of breeding, especially to the one-replication trials. Also, a synthesis of group trials with different genotypes at one or more localities was discussed. Moreover, the analysis and interpretation of genotypic effect and genotype-environment interaction were given. All the considerations were exemplified with didactic appeals.

Key words: genotypic effect genotype-environment interaction, non-orthogonal design, one-replication trial, synthesis of group trials

WSTĘP

W doświadczalnictwie polowym, ukierunkowanym na potrzeby hodowli roślin, napotykamy bardzo często na dużą nieortogonalność wyników, co wymaga stosowania odpowiednich metod statystycznych. W przeciwnym wypadku, stosując klasyczne metody,

możemy dojść do fałszywych wniosków. W przedstawionym opracowaniu ograniczono się do podania tylko wybranych zagadnień, z którymi hodowca spotyka się najczęściej. Zagadnienia te stanowiące będą cel niniejszego opracowania, a zaliczono do nich:

- metodykę prowadzenia doświadczeń polowych we wczesnych etapach hodowli,
- syntezę doświadczeń grupowych z jednej miejscowości,
- syntezę doświadczeń grupowych z różnych miejscowości,
- ocenę wpływu efektu genetycznego i efektu interakcji genotypowo-środowiskowej.

DOŚWIADCZENIA BEZPOWTÓRZENIOWE W BLOKACH

Współczesna hodowla roślin operuje coraz większymi zbiorami danych, na które składają się z jednej strony duża liczba wykonanych kombinacji krzyżowania, z drugiej zaś duża liczba wybieranych linii, które stanowią początek rodów hodowlanych. Materiał ten musi być oceniony w doświadczeniach polowych na różnych etapach hodowli. W początkowych etapach hodowca dysponuje bardzo dużą liczbą linii, ale małą ilością nasion. Stąd nie ma możliwości zakładania doświadczeń w powtórzeniach. Dlatego też na tym etapie stosuje się doświadczenia bezpowtórzeniowe z jednym lub dwoma wzorcami, rozmieszczonymi zwykle systematycznie co kilka poletek. Wyniki doświadczeń przeprowadzonych metodą wzorca systematycznego, w pierwotnym ujęciu były porównywane do dwóch sąsiednich wzorców (Nawrocki, 1967). Zmienność pola pomiędzy dwoma sąsiednimi wzorcami była przyjmowana jako liniowa. Założenie to było bardzo silnie krytykowane i metoda ta została na pewien czas zaniechana. Jednak, w ostatnich latach znalazła ponowne uznanie wśród hodowców, ale zmienił się sposób opracowywania wyników doświadczeń poprzez charakterystykę zmienności pola w oparciu o regresję wyznaczoną metodą wielomianów wyższego stopnia. Nie mniej jednak nadal uważa się, że rozmieszczenie wzorca w sposób systematyczny jest sprzeczne z nowoczesnym doświadczalnictwem. W związku z tym powstała propozycja zakładania doświadczeń bezpowtórzeniowych w blokach rozszerzonych (Federer, 1956, 1961, 1975; Lin i Poushinsky, 1983, 1985). W proponowanej metodzie całkowitą liczbę rodów dzieli się na małe grupy, które stanowią bloki. Do każdego bloku włącza się dwie lub więcej odmian, które będziemy określać pojęciem wzorców. Zarówno wzorce jak i rody w każdym bloku są rozmieszczone losowo. Jeden z wzorców można rozmieścić w sposób systematyczny, na przykład na początku każdego bloku. Schemat rozmieszczenia rodów i wzorców przedstawia rysunek 1. Dla celów ilustracyjnych przyjęto tylko 12 rodów i trzy wzorce, oznaczone symbolami wz1, wz2 i wz3. Rody podzielono na trzy grupy (bloki). Pierwszy i drugi blok zawierają po 5 rodów, trzeci tylko dwa pozostałe. Taki sposób podziału rodów na bloki przyjęto celowo, aby pokazać, że bloki mogą być o dowolnej wielkości. Najlepiej jednak, jeśli możliwie wszystkie bloki są tej samej wielkości (rys. 1).

Plony doświadczenia, przeliczone w dt/ha, zestawiono w tabeli 1. Na podstawie średniego plonu wszystkich wzorców widzimy, że żyzność bloków nie była jednakowa w całym doświadczeniu. Stąd rody rosnące w bloku pierwszym miały najlepsze warunki, zaś rody w trzecim bloku — najgorsze. Znane są dwa sposoby statystycznego opracowania wyników doświadczeń przeprowadzonych tą metodą. Jeden podany przez Cerankę i

Chudzik (1977) oraz przez Petersona (1994) polega na analizie plonów dla samych wzorców według układu dwukierunkowego oraz wyznaczeniu efektów blokowych, które następnie służą do poprawienia średnich dla rodów. Ten wariant opracowania wyników może być kłopotliwy w wypadku braku obserwacji dla niektórych wzorców.

	—	0
I Blok Block	1	WZ-1
	2	R-7
	3	R-3
	4	WZ-2
	5	R-5
	6	WZ-3
	7	R-12
	8	R-10
II Blok Block	9	WZ-1
	10	R-1
	11	WZ-3
	12	R-6
	13	R-4
	14	R-9
	15	WZ-2
	16	R-11
III Blok Block	17	WZ-1
	18	WZ-3
	19	R-8
	20	R-2
	21	WZ-2
	—	0

Rys. 1. Schemat rozmieszczenia obiektów (12 rodów + 3 wzorce) — w układzie rozszerzonym z jednym powtórzeniem

Fig. 1. Illustration of controls and strains arranged in one — replication augmented block design

Dlatego lepiej jest stosować drugi sposób, polegający na wyznaczeniu efektów obiektowych, które dodane do średniej ze wszystkich obiektów dają średnie poprawione (Nawrocki, 1967; Caliński, 1982). Pierwszy i drugi sposób prowadzi do analizy wariancji. Przykład takiej analizy wariancji dla omawianych wyników podaje tabela 2. Analiza ta prowadzi do rozłożenia całkowitej zmienności na składnik, wynikający z różnic między blokami i z różnic między obiektami oraz składnik stanowiący błąd. Suma kwadratów dla zmienności obiektowej może być dalej rozłożona na kontrast pomiędzy średnią wzorców

a średnią rodów oraz sumę kwadratów związaną z różnicami między wzorcami i między obiektami.

Tabela 1

Plony obiektów w doświadczeniu jednopowtórzeniowym w układzie bloków rozszerzonych
Yields of objects in a one-replication trial with the augmented blocks design

Lp. No.	Nazwa obiektu Object	Bloki Blocks		
		I	II	III
1	Wz-1	71,7	67,4	70,9
2	Wz-2	59,6	55,7	55,4
3	Wz-3	67,3	67,1	68,1
4	R-7	62,3		
5	R-3	69,8		
6	R-5	79,2		
7	R-12	77,5		
8	R-10	69,7		
9	R-1		68,7	
10	R-6		75,8	
11	R-4		66,5	
12	R-9		66,1	
13	R-11		59,4	
14	R-8			46,5
15	R-2			44,5
Średnia wzorców Mean of controls		66,2	63,4	64,8

Ze średniego kwadratu dla błędu można wyznaczyć błąd standardowy dla różnic między dowolnymi średnimi, zarówno rodów, jak i wzorców. Wzór na błąd standardowy (S_{cv}) wg Petersona (1994) ma postać:

$$S_{cv} = \sqrt{\frac{(b+1)(c+1)SE}{b * c}}$$

gdzie: b = liczba bloków; c = liczba wzorców; SE = średni kwadrat dla błędu z tabeli 2.

Tabela 2

Analiza wariancji dla doświadczeń odmianowych w układzie bloków rozszerzonych w jednym powtórzeniu
Analysis of variance for the augmented blocks design with one-replication

Źródło — Source	Liczba stopni swobody df	Suma kwadratów SS	Średni kwadrat MS
Bloki Blocks	2	490,45	245,23**
Obiekty Objects	14	1585,70	113,26**
Wzorce/rody Controls v. strains	1	2,52	2,52
Wzorce Controls	2	290,22	145,11**
Rody Strains	11	1292,96	117,54**
Błąd Error	4	10,24	2,56

** — Istotne na poziomie 0,01

** — Significant at the 0,01 level

Jeśli wartość wyznaczonego błędu standardowego pomnożymy przez wartość jednostronnego testu t , a następnie dodamy np. do średniej plenniejszego wzorca, to otrzymamy górną granicę przedziału powyżej, której obiekty będą uznane jako istotnie plenniejsze od wzorca. Średni plon plenniejszego wzorca wynosi 70,0 dt/ha, obliczony błąd standardowy ma wartość 2,1333 oraz $t = 2,132$. Zatem górna granica wynosi: $70,0 + 2,1333 * 2,132 = 74,55$. W tabeli 3 widzimy, że trzy rody (R-5, R-6 i R-12) spełniają ten warunek. Rody te można uważać jako istotnie lepsze od plenniejszego wzorca.

Tabela 3

Średnie plony dla wzorców i średnie poprawione dla rodów
Corrected mean yields for controls and strains in the augmented blocks design

Lp. No.	Obiekt Object	Średni plon Mean
1	R-5	77,8*
2	R-6	77,2*
3	R-12	76,1*
4	Wz-1	70,0
5	R-1	70,1
6	R-3	68,4
7	R-10	68,3
8	Wz-3	67,5
9	R-4	67,9
10	R-9	67,5
11	R-7	60,9
12	R-11	60,8
13	Wz-2	56,9
14	R-8	46,5
15	R-2	44,5

* — Istotnie plenniejsze od wzorca

* — Significantly better than standard

SYNTEZA GRUP DOŚWIADCZEŃ Z JEDNEJ MIEJSCOWOŚCI

W następnym etapie hodowli może zachodzić potrzeba oceny plonu i innych cech 100–200 lub więcej rodów w doświadczeniach założonych w więcej niż jednym powtórzeniu. Założenie pojedynczego doświadczenia z tak dużą liczbą obiektów jest niemożliwe, dlatego hodowca dzieli daną pulę rodów na mniejsze grupy, włączając do każdej 2–3 te same wzorce. W ten sposób zakłada kilka doświadczeń na tym samym lub różnych polach, ale w tej samej miejscowości. Po zbiorze, wyniki każdego doświadczenia opracowuje statystycznie osobno i zgodnie z metodą doświadczenia. Obliczone średnie i liczby powtórzeń zestawia w oddzielnej tabeli. Przykład takiego zestawienia przedstawia tabela 4. Zawiera ona trzy grupy doświadczeń (oznaczone przez G-1, G-2 i G-3), w których przebadano łącznie 15 rodów i dwa obiekty wzorcowe (wz-1 i wz-2). Obok średnich są podane liczby powtórzeń, z czego wynika, że liczby powtórzeń w poszczególnych doświadczeniach mogą być różne. Wyniki w tabeli 4 przedstawiają klasyfikację dwukierunkową, gdzie jeden kierunek wyznaczają poszczególne doświadczenia, drugi zaś rody i obiekty wzorcowe.

Tabela 4

Średnie plony dla trzech doświadczeń (G-1, G-2 i G-3) w tej samej miejscowości z różną liczbą powtórzeń
Mean yields for three groups of trials (G-1, G-2, G-3) at the same location with different number of replications

Lp. No	Obiekt Object	G-1		G-2		G-3		Średnia Mean
1	Wz-1	72,3	3 ⁺	60,3	2	58,4	1	65,4
2	Wz-2	68,7	3	60,7	2	57,6	1	63,6
3	R-1	69,6	3					63,6
4	R-2	70,6	3					64,6
5	R-3	69,4	3					63,4
6	R-4	70,6	3					64,6
7	R-5			61,1	2			65,1
8	R-6			59,4	2			63,4
9	R-7			58,1	2			62,1
10	R-8			60,6	2			64,6
11	R-9			61,2	2			65,2
12	R-10					59,3	1	65,8
13	R-11					56,5	1	63,0
14	R-12					57,7	1	64,2
15	R-13					56,7	1	63,2
16	R-14					58,2	1	64,7
17	R-15					57,2	1	63,7
Średnia wzorców Mean of controls		70,5		60,5		58,0		

+ — Liczba powtórzeń

+ — Number of replications

Zapis wyników w tabeli 4 przedstawia układ nieortogonalny, który najlepiej jest rozwiązać metodami iteracyjnymi. Otrzymamy w ten sposób oceny efektów głównych (genotypowych), a po dodaniu ich do wspólnej średniej otrzymamy średnie poprawione dla poszczególnych genotypów i obiektów wzorcowych. Średnie te zestawiono w ostatniej kolumnie tabeli 4. Przyglądając się średnim poprawionym zauważymy, że one znacznie różnią się od średnich danego doświadczenia. Jeśli porównamy średnie obiektów wzorcowych w poszczególnych doświadczeniach, to również zauważymy duże różnice w plonowaniu. Na przykład średnia wzorców w doświadczeniu pierwszym (G-1) wynosiła 70,5 dt/ha, w drugim (G-2) wynosiła 60,5 dt/ha, zaś w trzecim (G-3) tylko 58,0 dt/ha. Stąd można wnosić, że żyzność pola pod poszczególnymi doświadczeniami była różna. Pomimo tych różnic w żyzności pola, różnice pomiędzy dwoma dowolnymi średnimi danego doświadczenia i średnimi poprawionymi tych samych obiektów są takie same. Jako przykład weźmy rząd o symbolu R-1 i rząd R-4 w pierwszym doświadczeniu (G-1). Różnica pomiędzy plonami tych dwóch rodów wynosi: $69,6 - 70,6 = -1,0$. Jeśli dla tych samych rodów porównamy średnie poprawione: $63,6 - 64,6 = -1,0$. Podobnie różnica pomiędzy rodami R-10 i R-11 w doświadczeniu trzecim (G-3) wynosi: $59,3 - 56,5 = 2,8$. Porównując zaś średnie poprawione dla tych rodów otrzymamy: $65,8 - 63,0 = 2,8$. A więc różnice są takie same, co dowodzi, że średnie poprawione mogą służyć do porównania między sobą dowolnych obiektów. Zaletą takiego opracowania jest również to, że ocena wartości wspólnych obiektów (wzorców) jest oparta na większej liczbie obserwacji i stąd jest oceną lepszą niż na podstawie pojedynczych doświadczeń.

SYNTEZA GRUP DOŚWIADCZEŃ Z RÓŻNYCH MIEJSCOWOŚCI

Zagadnienie bardzo podobne do przypadku omawianego w poprzednim rozdziale, z tą różnicą, że niektóre lub wszystkie doświadczenia występują w kilku miejscowościach. Rozpatrzmy to na hipotetycznym przykładzie. Przypuśćmy, że hodowca pragnie przebadать 36 rodów w trzech doświadczeniach po 12 rodów. Do każdego doświadczenia włącza 3 takie same odmiany wzorcowe (wz-1, wz-2 i wz-3). Liczba wzorców może być dowolna, ale nie mniejsza od dwóch. Doświadczenie przeprowadzono w trzech miejscowościach (M-1, M-2 i M-3), przy czym w pierwszej miejscowości były założone dwa doświadczenia (G-1 i G-2), w drugiej miejscowości tylko jedno doświadczenie (G-3), w trzeciej miejscowości wszystkie trzy doświadczenia (G-1, G-2 i G-3). Założmy, że liczba powtórzeń we wszystkich doświadczeniach jest taka sama. Warunek ten nie jest absolutnie konieczny i liczba powtórzeń w poszczególnych doświadczeniach i miejscowościach może być różna, ale fakt ten należy uwzględnić w dalszych opracowaniach. Wyniki każdego doświadczenia są opracowywane oddzielnie i zgodnie z metodą założenia doświadczenia. Obliczone średnie i ewentualnie powtórzenia (w przypadku różnej liczby powtórzeń) są zamieszczone w tabeli 5. Tabela ta, podobnie jak w poprzednim przypadku, przedstawia dwukierunkową klasyfikację, w której jeden kierunek wyznaczają poszczególne doświadczenia w miejscowościach, drugi zaś oceniane rody i odmiany wzorcowe. Sposób obliczeń wyników w tabeli 5 jest taki sam jak w tabeli 4. W ostatniej kolumnie tabeli 5 zamieszczono średnie poprawione, które mogą służyć do wyboru najlepszych genotypów.

SYNTEZA 3-LETNICH WYNIKÓW DOŚWIADCZEŃ (MZ, PWST, WST)
 POD KĄTEM UDZIAŁU ZMIENNOŚCI GENETYCZNEJ
 I INTERAKCJI GENOTYPOWO-ŚRODOWISKOWEJ

Po całościowym cyklu doświadczeń hodowlanych, a zwłaszcza tych, które są przeprowadzane w większej liczbie miejscowości hodowca dysponuje wynikami doświadczeń międzyzakładowych (mz), doświadczeń przedwstępnych (pwst) i doświadczeń wstępnych (wst) dla niektórych rodów. Każdy typ doświadczenia z tymi rodami był przeprowadzony w innym roku. Przykład średnich plonów dla 8 rodów przedstawia tabela 6. Tabela ta zawiera wyniki z trzech miejscowości (M-1, M-2 i M-3) dla doświadczenia wstępnego, z dwóch miejscowości (M-11 i M-12) dla doświadczenia przedwstępnego i jedną miejscowość (M-111) dla doświadczenia międzyzakładowego. Liczba miejscowości w poszczególnych typach doświadczeń może być różna. Podobnie liczba miejscowości w poszczególnych typach doświadczeń mogą być takie same lub różne.

Z tabeli 6 można oszacować nie tylko średnie, które podano w ostatniej kolumnie tej tabeli, ale również można wyznaczyć podstawy genetyczne tych średnich, tzn. określić udział efektu genetycznego i efektu interakcji genotypowo-środowiskowej.

Tabela 5

Plony dla obiektów w trzech miejscowościach (M-1, M-2, M-3) i trzech grupach (G-1, G-2, G-3)
Yields of objects in three locations (M-1, M-2, M-3) and three groups of trials (G-1, G-2, G-3)

Lp. No	Obiekt Object	M-1		M-2	M-3			Średnie Means
		G-1	G-2	G-3	G-1	G-2	G-3	
1	R-14	81,20			69,20			80,44
2	R-2	80,80			69,14			80,21
3	R-9	77,90			65,14			76,76
4	R-38			82,82			73,28	75,65
5	R-36			77,54			78,14	75,44
6	R-37			75,55			79,47	75,11
7	R-12	75,70			64,04			75,11
8	R-10	74,80			63,14			74,21
9	R-19		80,38			71,89		73,31
10	R-4	73,60			61,94			73,01
11	R-29			74,59			74,41	72,10
12	Wz-1	74,40	77,16	69,48	62,40	74,41	71,99	71,64
13	R-8	72,10			60,14			71,36
14	R-16		74,45			73,70		71,25
15	R-27		73,06			74,50		70,95
16	R-30			69,99			76,44	70,81
17	R-13	71,4			58,98			70,43
18	Wz-2	71,40	67,29	79,70	59,82	74,33	67,55	70,02
19	R-3	70,50			58,57			69,78
20	R-17		75,43			69,42		69,59
21	R-5	68,80			59,30			69,29
22	R-26		79,27			64,43		69,02
23	R-33			72,27			70,49	68,98
24	R-25		71,11			72,23		68,89
25	R-6	69,60			57,56			68,82
26	R-34			78,73			63,19	68,56
27	R-18		70,26			72,05		68,32
28	Wz-3	64,60	72,87	75,92	51,84	66,78	77,75	68,30
29	R-21		77,12			64,93		68,20
30	R-11	68,20			56,27			67,48
31	R-20		64,88			75,51		67,37
32	R-23		72,35			67,68		67,19
33	R-24		71,22			66,56		66,06
34	R-31			67,42			68,80	65,71
35	R-28			66,84			68,63	65,33
36	R-39			66,93			65,90	64,02
37	R-32			63,20			67,50	62,95
38	R-22		67,74			62,08		62,59
39	R-35			63,83			62,31	60,67

Udział efektu genetycznego dla dowolnego genotypu ($H_{(i)}$) określimy ze wzoru:

$$H_{(i)} = 100 * \left(\frac{A}{C} \right) \quad (1)$$

Udział efektu interakcji i-tego genotypu z miejscowościami w latach ($IGL_{(i)}$) ze wzoru:

$$IGL_{(i)} = 100 * \left(\frac{C - B}{C} \right) \quad (2)$$

I wreszcie udział efektu interakcji i-tego genotypu z latami ($IGY_{(i)}$) określimy ze wzoru:

$$IGY_{(i)} = 100 * \left(\frac{B - A}{C} \right) \quad (3)$$

gdzie:

$$A = m_{i..} (\bar{x}_{i..} - \bar{x}_{...})^2$$

$$B = \sum_{l=1}^s m_{i,l} (\bar{x}_{i,l} - \bar{x}_{...})^2 \quad C = \sum_{l=1}^s \sum_{j=1}^m (x_{ijl} - \bar{x}_{.jl})^2$$

$m_{i..}$ — jest liczbą miejscowości dla i-tego genotypu ze wszystkich lat, $m_{i,l}$ — jest liczbą miejscowości dla i-tego genotypu w l-tym roku, x_{ijl} — wartość obserwacji dla i-tego genotypu w j-tej miejscowości i l-tym roku, $\bar{x}_{i,l}$ — jest średnią dla i-tego genotypu z miejscowości w l-tym roku, $\bar{x}_{.jl}$ — jest średnią ze wszystkich genotypów w j-tej miejscowości i l-tym roku, $\bar{x}_{..l}$ — jest średnią dla l-tego roku, $\bar{x}_{...}$ — jest średnią ze wszystkich obserwacji.

Tabela 6

Średnie dla rodów z trzech typów doświadczeń (WST, PWST i MZ) przeprowadzonych w różnych latach i miejscowościach
Mean yields for strains of the three groups of trials (WST, PWST, MZ) of different locations and years

Ród Strains	WST				PWST			MZ		Średnia Mean
	M-1	M-2	M-3	Średnie Means	M-11	M-12	Średnie Means	M-111	Średnie Means	
R - 1	55,6	56,9	64,5	59,0	64,1	60,1	62,1	87,6	87,6	64,8
R - 2	51,1	55,7	63,0	56,6	65,4	60,8	63,1	86,8	86,8	63,8
R - 3	56,5	57,9	65,6	60,0	65,4	63,6	64,5	89,4	89,4	66,4
R - 4	55,2	59,0	66,1	60,1	64,9	62,1	63,5	88,7	88,7	66,0
R - 5	53,3	55,5	63,4	57,4	65,5	61,3	63,4	88,0	88,0	64,5
R - 6	54,9	56,7	64,9	58,8	65,4	61,6	63,5	88,4	88,4	65,3
R - 7	53,6	56,4	62,5	57,5	65,6	62,0	63,8	88,1	88,1	64,7
R - 8	54,2	58,7	65,3	59,4	65,3	62,9	54,1	90,2	90,2	66,1
Średnia Mean	54,3	57,1	64,4	58,6	65,2	61,8	63,5	88,4	88,4	65,2

Korzystając z danych w tabeli 6 obliczymy wartości dla A, B i C dla genotypu pierwszego:

$$A = 6 (64,8 - 65,2)^2 = 0,96$$

$$B = 3 (59,0 - 58,6)^2 + 2 (62,1 - 63,5)^2 + (87,6 - 88,4)^2 = 5,04$$

$$C = (55,6 - 54,3)^2 + (56,9 - 57,1)^2 + (64,5 - 64,4)^2 + (64,1 - 65,2)^2 + (60,1 - 61,8)^2 + (87,6 - 88,4)^2 = 6,48$$

Wstawiając te wartości do wzorów (1), (2) i (3) otrzymamy procentowy udział poszczególnych efektów w dziedziczeniu plonu dla genotypu pierwszego, i tak:

$$H_{(1)} = 100 (0,96)/6,48 = 14,8$$

$$IGL_{(1)} = 100 (6,48 - 5,04)/6,48 = 22,2$$

$$IGY_{(i)} = 100 (5,04 - 0,96)/6,48 = 63,0$$

Wyniki dla wszystkich genotypów zestawiono w tabeli 7, która może być wykorzystana nie tylko do charakterystyki poszczególnych genotypów, ale również w innych celach, jak dobór wzorców, ocena programu hodowlanego itp. Ograniczając się tylko do

charakterystyki genotypów zdefiniujemy najbardziej pożądaną genotyp. Idealnym genotypem będzie taki, który charakteryzuje się wysoką średnią, wysoką wartością H. Wartość IGL może być dowolna, bo jej wysoka wartość powinna być wykorzystana w rejonizacji, natomiast wartość IGY powinna być minimalna lub zerowa. Może zdarzyć się, że genotyp ma wysoką wartość H, minimalną wartość IGY, ale równocześnie małą średnią. Taki genotyp jest niepożądany.

Tabela 7

Procentowy udział efektu genetycznego (H), efektu interakcji genotypów z miejscowościami (IGL) i interakcji genotypów z latami (IGY)
Percentage contribution of genotypic (H) and genotype-environment effects (IGL — for locations, IGY — for years) in yielding of genotypes

Obiekt Object	Średnia Mean	Kolejność According to	H	IGL	IGY
Wz-1	64,8	5	14,8	63,0	22,2
Wz-2	63,8	8	66,2	17,6	16,2
R-1	66,4	1	77,1	20,7	2,2
R-2	66,0	3	50,7	39,6	9,7
R-3	64,5	7	58,1	41,8	11,1
R-4	65,3	4	7,9	7,9	84,2
R-5	64,7	6	30,7	49,2	20,1
R-6	66,1	2	62,0	13,0	25,0

Maksymalne wartości — wytłuszczonym drukiem

Maximum values — printing in block

Minimalne wartości — kursywą

Minimum values — printing in italics

LITERATURA

- Caliński, T. 1982. On Some Problems in Analysing Non-Orthogonal Designs. Proceeding in computational statistics. H.C. Physica-Verlag Viena: 11 — 21.
- Ceranka, B., Chudzik, A. 1977. Doświadczenia bezpowtórzeniowe z wzorcami. VII Collquium metodologiczne z Agro-Biometrii, tom II, PAN Warszawa: 318 — 331.
- Federer, W. T. 1956. Augmented designs. Hawarii. Plant Rec. 55: 191 — 208.
- Federer, W. T. 1961. Augmented designs with one-way elimination heterogeneity. Biometrics 17:447 — 475.
- Federer, W. T., Raghavarao, D. 1975. On augmented designs. Biometrics 31: 29 — 35.
- Lin, C. S., Poushinsky, G. 1983. A modified augmented design for an early stage of plant selection involving a large number of test lines without replication. Biometrics 39: 553 — 561.
- Lin, C. S., Poushinsky, G. 1985. A modified augmented design (type 2) for rectangular plots. Can. J. Plant Sci. 65: 743 — 749.
- Nawrocki, Z. 1967. Teoria i praktyka doświadczalnictwa rolniczego. PWRiL, Warszawa.
- Peterson, R. G. 1994. Agricultural field experiments. Design and analysis. Marcel Dekker, Inc. New York.

BARBARA ZAGDAŃSKA

Zakład Fizjologii i Biochemii Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Mechanizmy degradacji białek i ich znaczenie w odporności roślin na mróz i suszę

Mechanisms of protein degradation and their role in plant resistance to frost and drought

Poziom białek wewnątrzkomórkowych zależy zarówno od intensywności ich syntezy jak i degradacji. Procesy degradacji białek mogą przebiegać na dwóch różnych szlakach: mniej selektywnym, wakuolarnym i pozawakuolarnym, bardziej selektywnym. Proteoliza wakuolarna jest niezależna od energii, jakkolwiek pewna jej część jest zużywana do transportu substratów do wakuoli. Proteoliza pozawakuolarna może być zależna jak i niezależna od energii. W procesie przebudowy białek pszenicy podczas deficytu wody biorą udział w różnym stopniu oba szlaki degradacji białek. U genotypów odpornych na odwodnienie stopień tolerancji wiąże się ze zmniejszoną indukcją proteolizy wakuolarniej, w tym proteinaz cysteinowych przy równoczesnej derepresji proteolizy zależnej od ATP. Tego typu kompensacja aktywności proteolitycznych nie występuje u genotypów odpornych na suszę w fazie kłoszenia jak również genotypowa zależność tolerancji od stopnia derepresji proteolizy zależnej od ATP zanika u roślin zaaklimatyzowanych do suszy.

W obrębie przebadanych rodów pszenicy ozimej stopień indukcji endoproteinaz cysteinowych jest wysoce ujemnie skorelowany zarówno z poziomem mrozoodporności badanych rodów jak i z poziomem tolerancji na odwodnienie. Można więc przypuszczać, że genetycznie uwarunkowana odpowiedź na stresy abiotyczne jest przynajmniej na wstępnym etapie ogólna i objawia się intensywnością z jaką usuwane są zbędne lub uszkodzone białka na drodze proteolizy wakuolarniej.

Słowa kluczowe: endoproteinazy cysteinowe, mrozoodporność, odporność na suszę, proteoliza wakuolarna, proteoliza zależna od ATP

The intracellular protein level depends both on the rate of synthesis and degradation. Protein degradation may proceed by two main pathways: the less selective vacuolar pathway and the selective non-vacuolar pathway. The vacuolar proteolysis is energy-independent, although energy is required for the transport of substrates to vacuoles. The non-vacuolar proteolysis may be either energy-dependent or energy-independent. The remodelling of cellular proteins in dehydrated wheat leaves is associated with an extensive proteolysis mediated by both vacuolar and non-vacuolar, ATP-dependent pathways. Experiments with ten genotypes of spring wheat differing in dehydration tolerance and acclimation ability indicate that dehydration tolerance is associated with a lower induction of the vacuolar proteolysis, including cysteine endoproteases and derepression of the ATP-dependent proteolysis as compared with drought sensitive genotypes. At the heading phase similar compensation did not occur in the drought tolerant genotypes as well as genotype-dependent dehydration tolerance was not related to the derepression of ATP-dependent proteolysis in acclimated leaves.

Among the winter wheat genotypes, induction of cysteine endoproteinases was significantly negatively correlated with the level of both frost resistance and dehydration tolerance. One can suppose that genetically-dependent response of wheat to abiotic stresses is generally reflected by the rate of removal of non-required or damaged proteins by the vacuolar proteolysis.

Key words: ATP-dependent proteolysis, cysteine endoproteinases, dehydration tolerance, frost resistance, vacuolar proteolysis

W przeciwieństwie do ogromnego postępu badań nad biosyntezą białek roślinnych, mechanizmy ich degradacji pozostają rozszyfrowane w znacznie mniejszym stopniu. Dopiero odkrycie pozalizosomalnej wewnątrzkomórkowej degradacji białek, w której ubikwityna kowalencyjnie związana z różnymi białkami przy udziale ATP tworzy „sygnał degradacyjny” (Hershko i Ciechanover, 1982) spowodowało rosnące zainteresowanie proteolizą białek roślinnych z uwagi na jej znaczenie w wielu procesach słabo poznanych u roślin (Callis, 1995; Ingram i Bartels, 1996; von Kampen i in., 1996; Barakat i in., 1998; Staszczak i Zdunek, 1999). W świetle najnowszych badań degradacja białek jest niezbędnym elementem regulatorowym w metabolizmie komórki, zachodzącym niemal ustawicznie w każdym jej przedziale. Proteoliza wewnątrzkomórkowa odgrywa ważną rolę w procesach katabolicznych, a w latach 90 zaczęto ją uważać za główny mechanizm kontroli biochemicznej. Zadecydowała o tym jej główna cecha, a mianowicie nieodwracalność procesu, którego wynikiem jest całkowita hydroliza łańcuchów polipeptydowych lub jedynie usunięcie niektórych sekwencji aminokwasowych (ograniczona proteoliza). Proteolityczna modyfikacja białek jest końcowym etapem ich biosyntezy i na tej drodze większość białek osiąga swoją dojrzałą formę. Proces dojrzewania białek obejmuje usunięcie metioniny lub N-formylometioniny z nowo syntetyzowanych łańcuchów polipeptydowych, usunięcie peptydu sygnałowego warunkującego transport przez błony i prawidłową lokalizację białka w komórce, a także przekształcanie nieaktywnych probiałek w formy biologicznie aktywne. Ograniczona proteoliza jest jedną z możliwości post-translacyjnej modyfikacji białek, powszechnego mechanizmu regulacji procesów fizjologicznych w komórce. Degradacja białek jest ważnym mechanizmem pozwalającym organizmowi utrzymać homeostazę, szczególnie podczas rozwoju lub w odpowiedzi na bodźce zewnętrzne, gdyż jest środkiem do zakończenia okresu życia wielu białek regulatorowych, składników szlaku przekazywania sygnałów itp. Także jedną z ważniejszych funkcji wewnątrzkomórkowej proteolizy jest utrzymywanie funkcjonalnego stanu białek poprzez eliminację uszkodzonych, zmutowanych lub nieprawidłowych białek. Prawidłowa struktura białek, podobnie jak prawidłowa sekwencja aminokwasów w białkach są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania organizmu i dlatego muszą być bezustannie kontrolowane i monitorowane.

SZYBKOŚĆ DEGRADACJI BIAŁEK

Degradacja indywidualnych białek podlega ścisłej kontroli zarówno przestrzennie w komórce, jak i w czasie życia komórki, aby zapobiegać degradacji białek nie przeznaczonych do destrukcji. Procesy degradacji poszczególnych białek przebiegają z

różną szybkością. Okres życia różnych białek nie zależy od ich lokalizacji w komórce i wynosi od kilku minut (dekarboksylaza ornitynowa) do kilku godzin (4,3 godziny dla α -amylazy), a w przypadku białek strukturalnych nawet do kilku tygodni lub miesięcy (Vierstra, 1993). Przyczyny tych różnic nie są jeszcze w pełni wyjaśnione, chociaż zgodnie z jedną z najnowszych hipotez tzw. regułą N-końca (Bachmair in., 1986; Varshavsky, 1997 a) o długości życia białka decyduje N-końcowa reszta aminokwasowa. Resztami destabilizującymi białko okazały się reszty takich aminokwasów, jak lizyna, leucyna, izoleucyna, fenyloalanina, tyrozyna czy tryptofan. Okres półtrwania białka, w którym N-końcowym aminokwasem jest którykolwiek z wymienionych aminokwasów nie przekracza 30 min. Do reszt silnie stabilizujących strukturę białka, o okresie półtrwania powyżej 20 godzin należą: reszty glicyny, alaniny, cysteiny, seryny, proliny, metioniny, treoniny i waliny. Jeśli aminokwasem N-końcowym jest glutamina lub kwas glutaminowy i asparagina lub kwas asparaginowy to okres półtrwania białka można określić na około 3–30 min. W przypadku wielu białek ulegających szybkiej degradacji zlokalizowano tzw. sekwencje PEST, czyli regiony bogate w prolinę (P), kwas glutaminowy (E), serynę (S) i treoninę (T). Fosforylacja tych regionów może przyspieszać degradację niektórych białek.

Podstawową strategią kontroli degradacji białek jest kompartmentacja, tj. ograniczenie działania proteolizy do tych miejsc, do których docierają białka zawierające sygnał degradacyjny. Takim przedziałem może być organella ograniczona błonami, np. wakuola. Białka, które są w takim przedziale komórki degradowane muszą do niego dotrzeć specyficznymi szlakami (Hicke i Riezman, 1996). Inną formą regulacji jest autokompartamentacja w wieloenzymatycznych kompleksach, np. w proteasomie (Tanaka, 1998).

Degradacja białek jest procesem wielofazowym, początkowe cięcie proteolityczne jest bardzo specyficzne i jego szybkość jest ograniczona, a późniejsza hydroliza aż do wolnych aminokwasów jest prowadzona przez mniej specyficzne endo- i egzopeptydazy.

CHARAKTERYSTYKA ENZYMÓW PROTEOLITYCZNYCH

Systematyczna nazwa enzymów proteolitycznych zawiera nazwę aminokwasu, z którego zbudowane jest centrum aktywne, gdyż klasyfikacja enzymów proteolitycznych opiera się na podobieństwach budowy centrów aktywnych. Należą one do hydrolaz, a biorąc pod uwagę specyfikę działania tych enzymów dzielimy je na endo- i egzoproteinazy. Endoproteinazy są to enzymy hydrolizujące wiązania wewnątrz łańcucha białkowego, podczas gdy egzopeptydazy hydrolizują wiązania N i C końcowej reszty aminokwasowej. Enzymy odszczepiające aminokwas N-końcowy to aminopeptydazy (EC 3.3.4.11), a enzymy hydrolizujące wiązanie peptydowe przed C-końcowym aminokwasem noszą nazwę karboksypeptydaz (EC 3.4.16 do 3.4.18).

Podstawowym kryterium klasyfikacji endoproteinaz jest ich reakcja na typowe dla nich inhibitory. Resztami katalitycznymi centrum aktywnego endoproteinaz serynowych (EC 3.4.21) są reszty seryny i histydyny, stąd DFP (diizopropylodifluorofosforan) lub PMSF (fenylometylosulfofluorek) charakteryzują endoproteinazy serynowe. Enzymy te wykazują maksimum aktywności zwykle pomiędzy pH 7–9. Informacje o roślinnych endoproteinazach serynowych są dość skąpe.

Endoproteinazy cysteinowe (3.4.22) posiadają w centrum aktywnym resztę cysteiny, a ich inhibitorami diagnostycznymi są jodooctan, jodoacetamid i E 64 (trans-epoksybursztynylo-leucyloamido-(4-guanidyno) butan). Optimum pH działania tej klasy endoproteinaz obejmuje zarówno pH kwaśne, jak i obojętne. Endoproteinyzyny cysteinowe dość powszechnie występują w tkankach wegetatywnych, a najlepiej scharakteryzowane zostały w kiełkujących nasionach jęczmienia (Rogers i in., 1985; Holverda i in., 1992; Holverda i Rogers, 1992) i ryżu Watanabe, 1991).

Centrum aktywne endoproteinaz aspartylowych (EC 3.4.23) utworzone jest przez połączone wiązaniem wodorowym dwie reszty kwasu asparaginowego. Wykazują one najwyższą aktywność w zakresie pH od 1,5 do 5,0. Enzymy te preferują hydrolizę wiązań peptydowych utworzonych przez aminokwasy hydrofobowe jak Phe-Phe, Phe-Tyr oraz Tyr-Leu (Mutlu i Gal, 1999). Aktywność proteolityczna endoproteinaz aspartylowych hamowana jest przez pepstatynę. Są one dość powszechnie występującymi enzymami roślinnymi (Davies, 1990; Rawlings i Barret, 1995). Najlepiej scharakteryzowanymi endoproteinazami aspartylowymi są endoproteinazy zlokalizowane w nasionach, w obu typach wakuol, zarówno litycznych jak i zawierających białka zapasowe (Martilla i in., 1995; Bethke i in., 1996; Paris i in., 1996; Swanson i in., 1998). Ich przypuszczalną funkcją jest udział w dojrzewaniu białek zapasowych podczas rozwoju nasion (Mutlu i Gal, 1999), jak również hydroliza białek zapasowych podczas kiełkowania (Higgins, 1984; Belozersky i in., 1989; Bethke i in., 1996; Mutlu i Gal, 1999). Enzymy te znaleziono również w innych częściach roślin, takich jak liście (Rodrigo i in., 1989, 1991; Kuwabara i Suzuki, 1995), kwiaty (Heimgartner i in., 1990; Cordeiro i in., 1994 a, b; Verissimo i in., 1996; Ramalho-Santos i in., 1997), pyłek (Radłowski in., 1996). Wydaje się, że biorą one udział w degradacji białek podczas starzenia się liści (Kervinen i in., 1990) i kwiatów (Heimgartner i in., 1990). Ostatnie badania przeprowadzone na komórkach z czapeczki korzenia (Runenberg-Roos i Saarma, 1998) sugerują, że endoproteinazy aspartylowe biorą udział w programowanej śmierci komórki.

Metaloproteinazy (EC 3.4.24) preferują hydrolizę substratów mających aminokwasy z niepolarnymi łańcuchami bocznymi (Leu, Phe), a ich aktywność jest najwyższa w środowisku o pH około 7. Metaloproteinazy w swoim centrum aktywnym posiadają Zn^{2+} i dlatego typowymi inhibitorami diagnostycznymi są EDTA, 1,10-fenantrolina i 2,2-dipirydyna. Bardzo mało wiadomo o enzymach tej klasy pochodzących z materiału roślinnego. Jak dotąd enzymy te znaleziono głównie w nasionach roślin zarówno jedno- jak i dwuliściennych (Shutov i Vaintraub, 1987), a także w liściach fasoli zwykłej i kielkach ryżu. Lokalizacja komórkowa tych enzymów nie była badana, natomiast przypisywany im jest udział w procesie uruchamiania białek zapasowych nasion. Metaloproteinazy inicjują trawienie białka na drodze ograniczonej proteolizy. Tak zmodyfikowane białka są następnie dalej trawione przez endoproteinazy cysteinowe i karboksypeptydazy (Shutov i Vaintraub, 1987).

Endoproteinaza treoninowa (EC 3.4.99), zwana inaczej proteasomem, jest multikatalitycznym enzymem, dla którego diagnostycznym inhibitorem jest laktacystyna (Fenteany i in., 1995). Proteasom 26S z komórek eukariotycznych jest proteinazą o masie cząsteczkowej 2 MDa, przejawiającą optymalną aktywność w środowisku zasadowym.

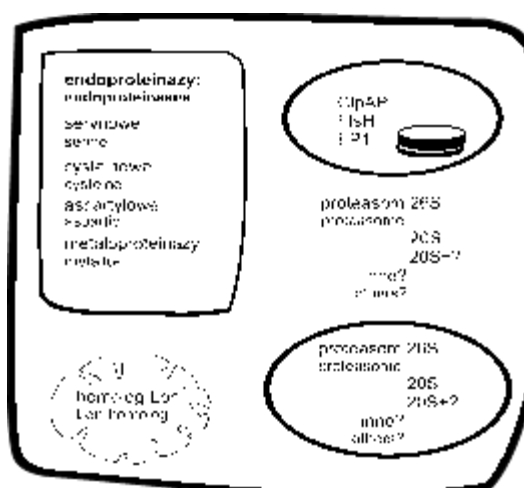
Rechsteiner i wsp. (1993) wykazali, że w komórce występują dwie proteiny: jedna będąca 20S proteasomem i inna, aktywowana przez ATP proteinaza o stałej sedymentacji 26S. Większy 26S proteasom zawiera 20S proteasom (700 kDa) stanowiący część korową tej multikatalitycznej proteiny oraz dwa asymetryczne kompleksy regulatorowe o stałej sedymentacji 19S (19S caps) zasocjowane na jego końcach (Baumeister i in., 1998). Kompleksy regulatorowe 19S zawierają około 15–20 różnych podjednostek o aktywności ATPazowej, wiążącej ubikwitynę oraz aktywności izopeptydazowej (Tanaka, 1998). Podjednostki te biorą udział w rozpoznawaniu sygnałów degradacyjnych i rozkładaniu białek (unfoldases) przed ich skierowaniem do rdzenia proteolitycznego. Ten multikatalityczny kompleks proteasomowy zaangażowany jest w degradację nieprawidłowo zbudowanych i zdenaturowanych białek, a także białek o krótkim okresie półtrwania. Ponieważ proteasom katalizuje rozpad białek nie tylko w sposób nieodwracalny, ale także szybko i w ściśle określonym czasie, uważa się go za nowy, istotny mechanizm regulacyjny metabolizmu, nieodłącznie związany z takimi ważnymi procesami, jak regulacja cyklu komórkowego, kontrola jakości białek, przewodzenie sygnałów, odpowiedź immunologiczna rośliny, a także przypisuje mu się funkcję „przełącznika” decydującego o proliferacji komórki lub też o jej programowanej śmierci, apoptozie (Hilt i Wolf, 1996; Lupas i in., 1997; Varshavsky, 1997b; Tanaka, 1998).

SZLAKI DEGRADACJI BIAŁEK

Proteoliza wakuolarna

Przyjmuje się obecnie, że wszystkie endoproteiny, z wyjątkiem proteasomu zlokalizowane są w wakuoli (rys. 1), natomiast sam mechanizm proteolizy nie jest jasny. Jak to się dzieje, że enzym i substrat są w tym samym przedziale, a do degradacji białka dochodzi w ściśle określonym czasie? Otóż do niedawna nasza wiedza o budowie i funkcji wakuol była oparta głównie na obserwacjach morfologicznych (Vierstra, 1993; Callis, 1995). Dzięki zastosowaniu nowoczesnych technik badawczych okazało się, że wakuole są bardzo dynamicznymi organellami, a cytologiczna definicja wakuoli odpowiada różnym funkcjom zarówno biochemicznym, jak i fizjologicznym (Marty, 1999). W większości komórek tkanek roślinnych wakuola zajmuje centralną pozycję, a w tonoplaście tych wakuol występują akwaporyny (białka charakteryzujące się zdolnością transportu wody) typu γ -TIP (tonoplast intrinsic protein). Wydaje się, że takie wakuole pełnią funkcję analogiczną do lizozymów tkanek zwierzęcych. Natomiast w tkankach zapasowych nasion i owoców występują wakuole wyspecjalizowane w przechowywaniu białek zapasowych (Herman i Larkins, 1999), a w ich błonach występują charakterystyczne dla nasion akwaporyny typu α -TIP (Swanson i in., 1998). Białka zapasowe są także syntetyzowane i akumulowane w wyspecjalizowanych komórkach części roślin, a w tonoplaście tych wakuol występują akwaporyny typu δ -TIP (Neuhaus i Rogers, 1998). Najnowsze badania sugerują, że różne wakuole mogą funkcjonować jednocześnie w tej samej komórce, np. w komórkach czapeczki jęczmienia i w komórkach tytoniu w różnych tkankach części nadziemnej znaleziono wakuole zarówno typu α -TIP jak i γ -TIP (Marty, 1999). Tak więc wakuole charakteryzujące się występowaniem akwaporyn typu α -TIP są

wakuolami zapasowymi, w których białka są chronione przed enzymami degradacyjnymi, a wakuole typu γ -TIP są to typowe wakuole lityczne. Jeśli komórka tworzy dużą centralną wakuolę to wydaje się, że oba przedziały komórkowe się łączą, ponieważ w tonoplaście występują zarówno akwaporyny typu α , jak i γ -TIP (Marty, 1999). Degradacja białek może być także wspomagana przez licznie występujące w komórce autofagiczne wakuole, które są aktywne niezależnie od dużej centralnej wakuoli (Aubert i in., 1996; Moriyasu i Ohsumi, 1996). Po zakończeniu trawienia białek, te małe wakuole są włączane do centralnej wakuoli. Białka przeznaczone do degradacji są dostarczane do wakuol przez szlak sekrecyjny, na który składa się zarówno transport autofagiczny, jak i transport endocytamy. Natomiast podczas mobilizacji rezerw nasiennych zawartych w wakuolach, w których zdeponowane były białka zapasowe dochodzi do zmiany funkcji tych organelli: z typowo zapasowych wakuol stają się one lityczną organellą o niskim pH. To przejście z przedziału zapasowego do organelli litycznej jest regulowane hormonalnie (Bethke i in., 1998).



Endoproteiny wymienione w poszczególnych organellach komórkowych opisano w pracy. Znaki zapytania dotyczą tych endoproteinaz, które prawdopodobnie występują w komórkach roślinnych, ale jak dotąd nie zostały scharakteryzowane. Endoproteases indicated in each organelle have been described in the text. A question mark indicates that the additional endoproteolytic activities probably exist in the plant cell but have not been characterized hitherto.

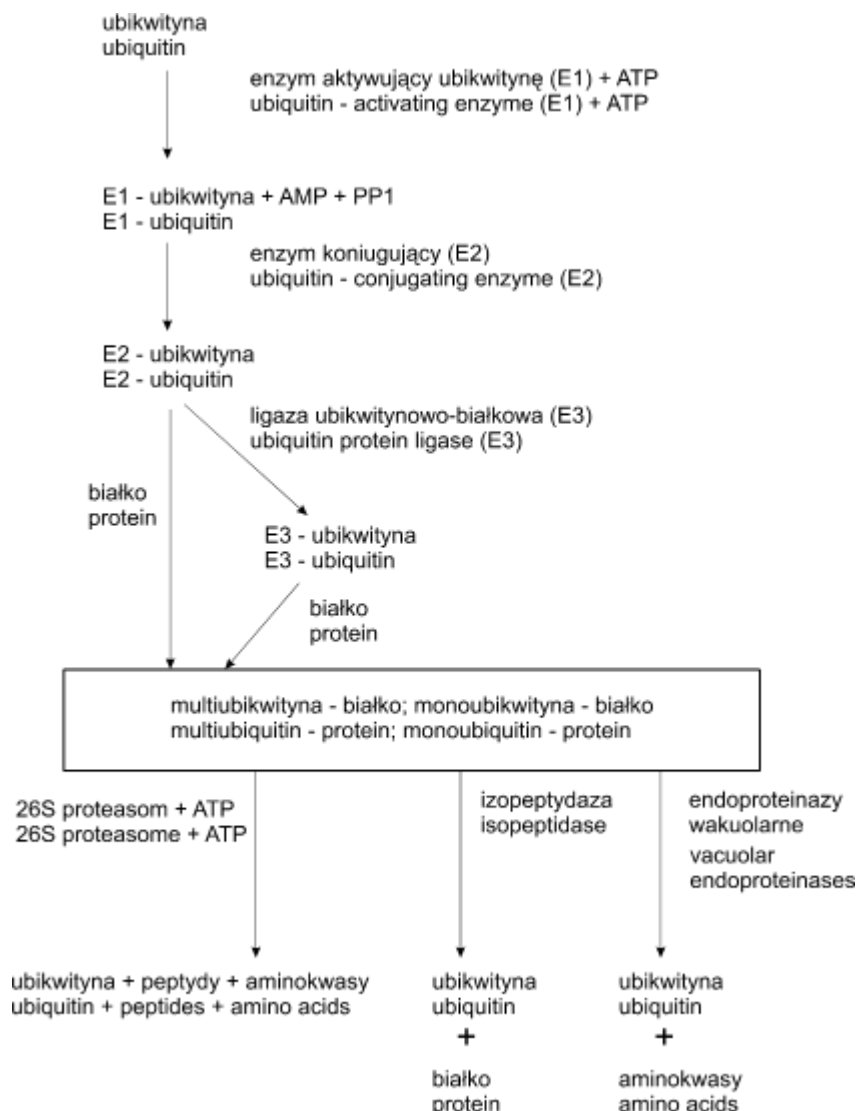
Rys. 1. Wewnątrzkomórkowa lokalizacja endoproteinaz roślinnych
Fig. 1. Intracellular location of plant endoproteases

Dotychczasowe badania wskazują, że wakuolarny szlak degradacji białek nie wymaga nakładów energii w postaci ATP, stąd często jest nazywany ATP-niezależną proteolizą. Jednakże nie wyklucza się, że energia jest niezbędna do transportu, przynajmniej niektórych białek, do wakuoli (Hicke i Riezman, 1996). Przyjmuje się, że na tej drodze są degradowane białka zapasowe i o długim okresie półtrwania.

Proteoliza zależna od ATP

Degradacja białek przez proteasom (endoproteinazę treoninową) wymaga nakładów energii (Vierstra, 1993; Callis, 1995). Było to dość niespodziewane odkrycie, jako że hydroliza wiązań peptydowych jest reakcją egzoergiczną i funkcjonowanie wszystkich znanych dotychczas proteinaz było niezależne od nakładów energii. Najważniejszym odkryciem przybliżającym znajomość mechanizmu degradacji białek w cytoplazmie i w jądrze było opisanie głównego szlaku degradacji białek w komórkach eukariotycznych, w którym bierze udział konserwatywny, 76 aminokwasowy polipeptyd, ubikwityna (Herschko i Ciechanover, 1992). Ubikwityna to białko o zbitej, globularnej strukturze stabilizowanej przez wiązania wodorowe, która zapewnia jej niewrażliwość na działanie kwasów i zasad oraz denaturację cieplną. Roślinna ubikwityna występuje głównie w cytoplazmie i jądrze, chociaż niewielkie ilości znaleziono w chloroplastach, wakuoli i frakcji błon (Vierstra, 1993; Ehlers i in., 1996). Ubikwityna pełni rolę markera, selektywnie znaczącego białka przeznaczone do degradacji. Związanie ubikwityny z białkiem przeznaczonym do degradacji jest procesem wieloetapowym, w którym biorą udział cztery układy enzymatyczne (rys. 2). Etapem wstępnym w procesie ligacji (związania) ubikwityny z białkiem jest jej aktywacja przez enzym E1. Jest to reakcja wymagająca ATP. Enzym E2 (koniugujący) przejmuje zaktywowaną ubikwitynę i przenosi ją albo bezpośrednio na grupę aminową substratów białkowych, albo za pośrednictwem ligazy ubikwitynowo-białkowej (enzym E3). Substrat białkowy może być mono- lub multiubikwitynowany. Znanych jest wiele białek modyfikowanych tylko jedną cząsteczką ubikwityny np. histony, białka regulatorowe błon, kalmodulina. Białka multiubikwitynowane mogą zawierać kilka pojedynczo podstawionych cząsteczek ubikwityny lub rozgałęziony i nierozgałęziony łańcuch poliubikwityny. Ubikwitynowane białka mogą wejść w jeden z kilku szlaków metabolicznych, ale nadal nie jest jasne co decyduje o losie koniugatów białkowych. Do niedawna uważano, że substraty o połączeniach multiubikwitynowych mają kinetyczną przewagę podczas degradacji (Vierstra, 1993; von Kampen i in., 1996). Obecnie przeważa pogląd, że jedynie poliubikwitynacja białka co najmniej czterema cząsteczkami ubikwityny przyłączonych do lizyny 48 prowadzi do ich degradacji przy udziale zależnego od ATP proteasomu 26S (Weissman, 2001). Monoubikwitynowane białka z przyłączoną ubikwityną poprzez lizynę 63 są kierowane do wakuoli, gdzie są degradowane przez endoproteinazy wakuolarnie (Hicke, 2001). Wiązanie różnych reszt lizyny (11, 29, 48 i 63) w ubikwitynie warunkuje zróżnicowane przeznaczenie ubikwitynowanych białek. począwszy od transportu białek błonowych do regulacji transkrypcji (von Kampen i in., 1996; Hicke, 2002). Szlak degradacji białek, zależny od ATP i ubikwityny, wydaje się odgrywać istotną rolę w metabolicznym obrocie roślinnych białek wewnątrzkomórkowych. Ubikwitynacja białek jest procesem dynamicznym i odwracalnym, ponieważ w komórce znajduje się

wiele enzymów deubikwitynujących białko (D'Andrea i Pellman, 1998). Deubikwitynazy są proteinazami cysteinowymi, specyficznie odcinającymi ubikwitynę od koniugatów ubikwityna — białko (patrz izopeptydaza, rys. 2).



Na schemacie przedstawiono dwie funkcje ubikwityny w komórce: znakowanie białek do odwracalnej, funkcjonalnej modyfikacji oraz do nieodwracalnej, ale selektywnej ich destrukcji.

Diagrammatic representation of a double action of ubiquitin in the plant cell: targeting of proteins to reversible functional modification or to irreversible but selective destruction.

Rys. 2. Udział enzymów E1, E2 i E3 w ubikwitynylacji substratu

Fig. 2. The sequential action of three enzymes, E1, E2 and E3, in substrate ubiquitinylation

Mogą one brać udział praktycznie na każdym poziomie szlaku degradacji białek, zależnego od ATP i ubikwityny. W zależności od miejsca działania enzymy te mogą albo wspomagać degradację, albo stabilizować substrat białkowy. Wydaje się, że niektóre enzymy, działające przed skierowaniem białka na proteasom chronią je przed degradacją, natomiast działające na poziomie proteasomu, przyspieszają degradację. Fizjologiczna rola deubikwitynaz nie jest jeszcze poznana, a danych o roślinnych deubikwitynazach jest ciągle brak.

Jednakże ubikwityno- i ATP-zależny szlak degradacji białek nie jest jedynym szlakiem katabolicznym zależnym od energii. Degradacja białek w innych kompartmentach komórkowych może być niezależna od ubikwityny, chociaż ciągle zależna od ATP. Chloroplasty zawierają do 50% wszystkich białek występujących w komórce i do niedawna przypuszczano, że są one degradowane przez proteinazy wakuolarne (Vierstra, 1993). Obecnie wiadomo, że w stromie chloroplastów występuje ATP-zależna proteinaza typu serynowego (homolog bakteryjnej ClpA/P) oraz ATP-zależna metaloproteinaza EP1 (rys. 1). W tylakoidach występuje natomiast proteinaza typu serynowo-cysteinowego zależna od ATP oraz proteinaza serynowa, również zależna od ATP, o dużym powinowactwie do bakteryjnej ATP-zależnej metaloproteinazy FtsH (Andersson i Aro, 1997). Podobnie w mitochondriach roślinnych znaleziono endoproteinazę zależną od ATP o dużej homologii do bakteryjnej proteinazy typu Lon (Callis, 1995).

Coraz to więcej danych doświadczalnych potwierdza wcześniejszą hipotezę, że na drodze proteolizy zależnej od ATP degradowane są białka zarówno o krótkim, jak i długim okresie półtrwania, ale pełniące kluczową rolę w takich ważnych procesach jak cykl komórkowy, kontrola transkrypcji, przewodzenie sygnałów i regulacja metabolizmu (Varshavsky, 1997 b; Tanaka, 1998). Sprawowanie kontroli przez ten szlak degradacji nad jakością białek sprawia, że szlak ten odgrywa kluczową rolę w ochronie komórki zarówno roślinnej, jak i zwierzęcej przed negatywnymi konsekwencjami stresów środowiskowych zarówno abiotycznych, jak i biotycznych.

ODPOWIEDŹ PROTEOLITYCZNA ROŚLINY NA MRÓZ I SUSZĘ

Odpowiedź metaboliczna rośliny na deficyt wody wyraża się zmianami w ilości i składzie białek rozpuszczalnych (Callis, 1995). Można zatem przypuszczać, że genetycznie uwarunkowana odpowiedź na stresy abiotyczne jest odzwierciedleniem równowagi pomiędzy akumulacją białek indukowanych przez te stresy (białka stresowe), a eliminacją białek zbędnych tzn. takich, które w określonej sytuacji metabolicznej przestają odgrywać swoją rolę, białek uszkodzonych w wyniku odwodnienia komórki i nieprawidłowych, powstałych wskutek błędów indukowanych stresem. Na taką możliwość wskazywały zaobserwowane przesunięcia dystrybucji energii na proteolizę, przy zmniejszonych nakładach na biosyntezę RNA i białek w liściu pszenicy wykazującym deficyt wody (Zagdańska, 1995). W komórkach liści pszenicy funkcjonują oba wyżej opisane szlaki degradacji białek: proteoliza wakuolarna, charakteryzująca się kwaśnym optimum pH (Zagdańska i Wiśniewski, 1996) i zależna od energii, proteoliza pozawakuolarna, o optimum pH 8.2 (Zagdańska i Wiśniewski, 1998). Aktywność obu szlaków

proteolitycznych jest zależna od stadium rozwojowego rośliny i od genotypu pszenicy (Zagdańska i Wiśniewski, 1996, 1998; Wiśniewski i Zagdańska, 2001). W odpowiedzi na deficyt wody aktywność endoproteinaz wakuolarnych zwiększa się siedmiokrotnie, a aktywność proteolizy zależnej od ATP maleje dziesięciokrotnie przy porównywalnym deficycie wody. Dominujący udział (około 50%) endoproteinaz serynowych w całkowitej proteolizie praktycznie nie ulega zmianie, natomiast dwukrotnie zwiększa się udział proteinaz cysteinowych przy dwukrotnie zmniejszonym udziale proteinaz aspartylowych. Podobną indukcję proteinaz cysteinowych obserwowano w przypadku innych stresów np. wysokiej i niskiej (chłodowej) temperatury (Schaffer i Fisher, 1990), ale także deficytu wody (Guerrero i in., 1990; Jones i Mullet, 1995; Vincent i Brewin, 2000) i podczas starzenia się liści (Miller i Huffaker, 1981). Proces aklimatyzacji nie ma zasadniczego wpływu na indukcję zmian jakościowych w proteolizie wakuolamej (Zagdańska i Wiśniewski, 1996), zwiększa natomiast udział proteolizy zależnej od ATP w całkowitej hydrolizie (Zagdańska i Wiśniewski, 1998). W oparciu o doświadczenia z dziesięcioma genotypami pszenicy jarej różniących się zdolnością do tolerowania odwodnienia i aklimatyzacji wykazano, że tolerancja wiąże się ze zmniejszoną indukcją proteolizy wakuolarniej, w tym proteinaz cysteinowych i derepresją proteolizy zależnej od ATP (Wiśniewski i Zagdańska, 2001). Tak więc wydaje się, że w fazie strzelania w źdźbło obniżona indukcja proteolizy wakuolarniej jest kompensowana przez genotypy bardziej tolerancyjne wzmocnioną proteolizą zależną od ATP. Podobną wzajemną kompensację aktywności proteolitycznych obserwowano w fazie kłoszenia u genotypów wrażliwych na suszę, natomiast nie występowała ona u genotypów odpornych na suszę. Znamienne jest jednak, że genotypowa zależność tolerancji odwodnienia od stopnia derepresji ATP-zależnej proteolizy zanika u roślin zaaklimatyzowanych do suszy. Aktywność proteolizy zależnej od ATP jest bowiem taka sama u wszystkich badanych genotypów niezależnie od stopnia ich zdolności do tolerowania odwodnienia (Wiśniewski i Zagdańska, 2001). Obserwowane zależności występujące pomiędzy genetycznie uwarunkowanym poziomem tolerancji odwodnienia a intensywnością degradacji białek na jakimkolwiek szlaku są bardzo złożone i do chwili obecnej nieznane są mechanizmy decydujące o tym, którym szlakiem jest degradowane to samo białko (Tanaka, 1998; Staszczak i Zdunek, 1999). Wydaje się jednak, że współzależności metaboliczne pomiędzy proteolizą zależną i niezależną od ATP związane są z precyzyjną regulacją nakładów energii lub też mogą być wynikiem różnic w metabolizmie energii występujących pomiędzy genotypami odpornymi i wrażliwymi na suszę. Decydujące znaczenie może mieć też dostępność ATP. Indukcja aktywności endoproteinaz cysteinowych, niezależnie od fazy rozwoju rośliny jest wysoce negatywnie skorelowana z poziomem tolerancji na odwodnienie u dziesięciu form pszenicy jarej (Wiśniewski i Zagdańska, 2001). Zwiększoną ekspresję genu kodującego endoproteinazę cysteinową zaobserwowano u rzodkiewnika, grochu i pomidora pod wpływem utraty turgoru, egzogenne podanego ABA i niskiej temperatury (Guerreiro i in., 1990; Williams i in., 1994; Jones i Mullet, 1995; Vincent i Brewin, 2000). Znaczenie fizjologiczne zwiększonej aktywności tych enzymów nie jest jasne. Przypuszcza się, że enzymy te mogą być odpowiedzialne za degradację białek zdenaturowanych w warunkach stresu (Guerrero i in., 1990) lub za dostarczenie materiału do biosyntezy białek

indukowanych przez stres np. akwaporyn (Miao i Verma, 1993; Kjellbom i in., 1994), albo mogą mieć znaczenie przystosowawcze poprzez dostarczanie aminokwasów i niewielkich peptydów do utrzymywania turgoru (Vincent i Brewin, 2000). Dlatego było interesujące sprawdzenie na szerszym materiale roślinnym (20 rodzajów pszenicy ozimej), czy stopień indukcji endoproteinaz cysteinowych odzwierciedla poziom odporności na dehydratację badanych genotypów i czy inny stres środowiskowy np. niska temperatura powoduje podobną indukcję endoproteinaz cysteinowych, zależną od tolerancji mrozowej. W obrębie przebadanych rodzajów pszenicy ozimej stopień indukcji endoproteinaz cysteinowych jest wysoce ujemnie skorelowany z poziomem mrozooporności badanych rodzajów i z poziomem tolerancji odwodnienia (dane nie publikowane). Można więc podejrzewać, że genetycznie uwarunkowana odpowiedź na stresy abiotyczne jest odzwierciedleniem intensywności usuwania zbędnych lub uszkodzonych białek na drodze proteolizy wakuolarnej. Jak wynika z tego krótkiego przeglądu, degradacja białek stanowi integralną część fizjologii komórki, znaczącą nie tylko początek i koniec jej rozwoju (kiełkowanie i starzenie), ale jest procesem ciągłym zachodzącym nieustannie podczas całego życia rośliny. Przełomowym momentem w zrozumieniu mechanizmu hydrolizy białek będzie umiejętność jego wykorzystania do kontroli akumulacji białek czy zmiany stabilności określonych białek. Wreszcie może być pomocne w sterowaniu w roślinach produkcji specyficznych białek dla przemysłu i celów farmaceutycznych.

LITERATURA

- Andersson B., Aro E. M. 1997. Proteolytic activities and proteases of plant chloroplasts. *Physiol. Plant.* 100: 794 — 805.
- Aubert S., Gout E., Bligny R., Marty-Mazars F., Alabouvette J., Marty F., Douce R. 1996. Ultrastructural and biochemical characterization of autophagy in higher plant cells subjected to carbon deprivation: Control by the supply of mitochondria with respiratory substrates. *J. Cell Biol.* 133, 1251 — 1263.
- Bachmair A., Finley D., Varschavsky A. 1986. In vivo half-life of a protein is a function of its amino-terminal residue. *Science* 234: 179 — 186.
- Barakat S., Pearce D. A., Sherman F., Rapp W. D. 1998. Maize contains a *Lon* protease gene that partially complements a yeast *pim-1* deletion mutant. *Plant Mol. Biol.* 37: 141-154.
- Baumeister W., Walz J., Zühl F., Seemüller E. 1998. The proteasome: paradigm of a self-compartmentalizing protease. *Cell* 92: 367 — 380.
- Belozersky M. A., Sarbakanova S. T., Dunaevsky Y. E. 1989. Aspartic proteinase from wheat seeds: location, properties and action on gliadin. *Planta* 177: 321 — 326.
- Bethke P. C., Hillmer S., Jones R. L. 1996. Isolation of intact protein storage vacuoles from barley aleurone. Identification of aspartic and cysteine proteases. *Plant Physiol.* 110: 521 — 529.
- Bethke P. C., Swanson S. J., Hillmer S., Jones R. L. 1998. From storage compartment to lytic organelle: the metamorphosis of the aleurone protein storage vacuole. *Ann. Bot.* 82: 399 — 412.
- Callis J. 1995. Regulation of protein degradation. *The Plant Cell* 7: 845 — 857.
- Cordeiro M. C., Pais M. S., Brodelius P. E. 1994 a. Tissue-specific expression of multiple forms of cyprosin (aspartic proteinase) in flowers of *Cynara cardunculus*. *Physiol. Plant.* 92: 645 — 653.

- Cordeiro M. C., Xue Z. T., Pietrzak M., Pais M. S., Brodelius P. E. 1994 b. Isolation and characterization of a cDNA from flowers of *Cynara cardunculus* encoding cyprosin (an aspartic proteinase) and its use to study the organ-specific expression of cyprosin. *Plant Mol. Biol.* 24: 733 — 741.
- D'Andrea A., Pellman D. 1998. Deubiquitinating enzymes: a new class of biological regulators. *CR Biochem. Mol. Biol.* 33: 337 — 352.
- Davies D.R. 1990. The structure and function of the aspartic proteinases. *Annu Rev. Biophys. Biophys. Chem.* 19: 189 — 215.
- Ehlers K., Schulz M., Kollmann R. 1996. Subcellular localization of ubiquitin in plant protoplasts and the function of ubiquitin in selective degradation of outer-wall plasmodesmata in regenerating protoplasts. *Planta* 199: 139 — 151.
- Fenteany G., Standaert R. F., Lane W. S., Choi S., Corey E. J., Schreiber S. L. 1995. Inhibition of proteasome activities and subunit-specific amino-acid terminal threonine modification by lactacystin. *Science*, 268: 726 — 731.
- Guerrero F. D., Jones J. T., Mullet J. E. 1990. Turgor-responsive gene transcription and RNA levels increase rapidly when pea shoots are wilted and expression of three inducible genes. *Plant Mol. Biol.* 15: 11 — 26.
- Heimgartner U., Pietrzak M., Geertsen R., Brodelius P., da Silva Figueiredo A.C., Pais M.S.S. 1990. Purification and partial characterization of milk clotting proteases from flowers of *Cynara cardunculus*. *Phytochem.* 29: 1405 — 1410.
- Herman E.M., Larkins B. 1999. Protein storage bodies and vacuoles. *Plant Cell* 11: 601 — 613.
- Hershko A., Ciechanover A. 1982. Mechanisms of intracellular protein breakdown. *Ann. Rev. Biochem.* 51: 335 — 364.
- Hershko A., Ciechanover A. 1992. The ubiquitin system for protein degradation. *Annu. Rev. Biochem.* 61: 761 — 807.
- Hicke L., Riezman H. 1996. Ubiquitination of a yeast plasma membrane receptor signals its ligand-stimulated endocytosis. *Cell* 84: 277 — 287.
- Hicke, L. 2001. Protein regulation by monoubiquitin. *Nature Reviews* 2 (3): 195 — 201.
- Higgins T.J.V. 1984. Synthesis and regulation of major proteins in seeds. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 35: 191 — 221.
- Hilt W., Wolf D. H. 1996. Protesomes: destruction as a programme. *Trends Plant Sci.* 21: 96 — 101.
- Holverda B. C., Padgett H. S., Rogers J. C. 1992. Proaleurain vacuolar targeting is mediated by short contiguous peptide interactions. *Plant Cell* 4: 307 — 318.
- Holverda B.C., Rogers J.C. 1992. Purification and characterization of aleurain. A plant thiol protease functionally homologous to mammalian cathepsin H. *Plant Physiol.* 99: 848 — 855.
- Guerrero F.D., Jones J.T., Mullet J.E., 1990. Turgor-responsive gene transcription and RNA levels increase rapidly when pea shoots are wilted: sequence and expression of three inducible genes. *Plant Mol. Biol.* 15: 11 — 26.
- Ingram J., Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47: 377 — 403.
- Jones J.T., Mullet J.E. 1995. A salt- and dehydration-inducible pea gene, *Cyp15a*, encodes a cell-wall protein with sequence similarity to cysteine proteases. *Plant Mol. Biol.* 28: 1055 — 1065.
- Kervinen J., Konturi M., Mikola J. 1990. Changes in the proteinase composition of barley leaves during senescence in field conditions. *Cereal Res. Commun.* 18: 191 — 197.
- Kjellbom P., Larsson C., Johansson I., Karlsson M., Johanson U. 1994. Aquaporins and water homeostasis in plants. *Trends Plant Sci* 4: 308 — 314.
- Kuwabara T., Suzuki K. 1995. Reversible changes in conformation of the 25-kDa protein of photosystem II and their relationship to the susceptibility of the protein to a proteinase from photosystem II membranes. *Plant Cell Physiol.* 36: 495 — 504.

- Lupas A., Flanagan J. M., Tamura T., Baumeister W. 1997. Self-compartmentalizing proteases. 22: 399 — 404.
- Martilla S., Jones B. L., Mikkonen A. 1995. Differential localization of two acid proteinases in germinating barley (*Hordeum vulgare*) seed. *Physiol. Plant.* 93: 317 — 327.
- Marty F. 1999. Plant vacuoles. *The Plant Cell* 11: 587 — 599.
- Miao G. H., Verma D. P. S. 1993. Soybean nodulin-26 gene encoding a channel protein is expressed only in the infected cells of nodules and is regulated differently in roots of homologous and heterologous plants. *Plant Cell* 5: 781 — 794.
- Miller B. L., Huffaker R. C. 1981. Partial purification and characterization of endoproteinases from senescing barley leaves. *Plant Physiol.* 68: 930 — 936.
- Moriyasu Y., Ohsumi Y. 1996. Autophagy in tobacco suspension — cultured cells in response to sucrose starvation. *Plant Physiol.* 111: 1233 — 1241.
- Mutlu A., Gal S. 1999. Plant aspartic proteinases: enzymes on the way to a function. *Physiol. Plant.* 105: 569 — 576.
- Neuhaus J. M., Rogers J. C. 1998. Sorting of proteins to vacuoles in plant cells. *Plant Mol. Biol.* 38: 127 — 144.
- Paris N., Stanley C. M., Jones R. L., Rogers J. C. 1996. Plant cells contain two functionally distinct vacuolar compartments. *Cell* 85: 563 — 572.
- Radłowski M., Kalinowski A., Adamczyk J., Królikowski Z., Bartkowiak S. 1996. Proteolytic activity in the maize pollen wall. *Physiol. Plant.* 98: 172 — 178.
- Ramallo-Santos M., Pissarra J., Verissimo P., Pereira S., Salema R., Pires E., Faro C. 1997. Cardosin A, an abundant aspartic proteinase accumulates in protein storage vacuoles in the stigmatic papillae of *Cynara cardunculus* L. *Planta* 203: 204 — 212.
- Rawlings N. D., Barret A. J. 1995. Families of aspartic peptidases, and those of unknown catalytic mechanism. *Meth. Enzymol.* 248: 105 — 120.
- Rechsteiner M., Hoffman L., Dubiel W. 1993. The multicatalytic and 26S proteases. *J. Biol. Chem.* 268: 6065 — 6068.
- Rodrigo I., Vera P., Conejero V. 1989. Degradation of tomato pathogenesis — related protein by an endogenous 37 kDa aspartyl endoproteinase. *Eur. J. Biochem.* 184: 663 — 669.
- Rogers J. C., Dean D., Heck G. R. 1985. Aleurain: a barley thiol protease closely related to mammalian cathepsin H. *Proc. Natl. Acad. Sci USA* 82: 6512 — 6516.
- Runenberg-Roos P., Saarma M. 1998. Phytapsin, a barley vacuolar aspartic proteinase is highly expressed during autolysis of developing tracheary elements and sieve cells. *Plant J.* 15: 139 — 145.
- Schaffer M. A. A., Fisher R. L. 1990. Transcriptional activation by heat and cold of a thiol protease gene in tomato. *Plant Physiol.* 93: 1486 — 1492.
- Shuthov A. D., Vaintraub I. A. 1987. Degradation of storage proteins in germinating seeds. *Phytochemistry* 26: 1557 — 1566.
- Staszczak M., Zdunek E. 1999. Proteoliza wewnątrzkomórkowa. *Postępy Biochemii* 45: 32 — 41.
- Swanson S. J., Bethke P. C., Jones R. L. 1998. Barley aleurone cells contain two types of vacuoles: characterization of lytic organelles by use of fluorescent probes. *Plant Cell* 10: 685 — 698.
- Tanaka K. 1998. Proteasomes: structure and biology. *J. Biochem.* 123: 195 — 204.
- von Kampen J., Wettren M., Schulz M. 1996. The ubiquitin system in plants. *Physiol. Plant.* 97: 618 — 624.
- Varshavsky A. 1997 a. The N-end rule pathway of protein degradation. *Genes and Cells* 2: 13 — 28.
- Varshavsky A. 1997 b. The ubiquitin system. *Trends Biochem. Sci* 22: 383 — 387.
- Verissimo P., Faro C., Moir A. J. G., Lin Y., Tang J., Pires E. 1996. Purification, characterization and partial amino acid sequencing of two new aspartic proteinases from fresh flowers of *Cynara cardunculus* L. *Eur. J. Biochem.* 235: 762 — 768.
- Vierstra R. D. 1993. Protein degradation in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44: 385 — 410.
- Vincent J. L., Brewin N. J. 2000. Immunolocalization of a cysteine protease in vacuoles, vesicles, and symbiosomes of pea nodule cells. *Plant Physiol.* 123: 521 — 530.

- Watanabe H., Abe K., Emori K., Hosoyama H., Arai S. 1991. Molecular cloning and gibberellin — induced expression of multiple cysteine proteinases of rice seeds (oryzains). *J. Biol. Chem.* 266: 16897 — 16902.
- Weissman A. M. 2001. Themes and variations on ubiquitylation. *Nature Reviews* 2(3): 169 — 178.
- Williams R. J., Bullman M., Huttly A., Phillips A., Neil S. 1994. Characterization of a cDNA from *Arabidopsis thaliana* encoding a potential thiol protease whose expression is induced independently by wilting and abscisic acid. *Plant Mol. Biol.* 25: 259 — 270.
- Wiśniewski K., Zagdańska B. 2001. Genotype — dependent proteolytic response of spring wheat to water deficiency. *J. Exp. Bot.* 52 (w druku).
- Zagdańska B. 1995. Respiratory energy demand for protein turnover and ion transport in wheat leaves upon water deficit. *Physiol. Plant.* 95: 428 — 436.
- Zagdańska B., Wiśniewski K. 1996. Endoproteinase activities in wheat leaves upon water deficits. *Acta Bioch. Pol.* 43: 512 — 520.
- Zagdańska B., Wiśniewski K. 1998. ATP-dependent proteolysis contributes to the acclimation — induced drought resistance in spring wheat. *Acta Physiol. Plant.* 20: 55 — 58.

MAGDALENA GUT

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Rola genów indukowanych przez niską temperaturę w mrozoodporności zbóż — przegląd literatury

The role of cold-responsive genes in frost resistance of cereals — a review

Mechanizmy adaptacyjne pozwalające zbożom ozimym przeżyć niskie temperatury są zaprogramowane genetycznie i kontrolowane przez liczne geny indukowane i regulowane przez niską temperaturę. W niniejszym przeglądzie opisano ostatnie osiągnięcia dotyczące funkcji genów indukowanych przez niską temperaturę i ich roli w mrozoodporności. Zaprezentowane tutaj wyniki pozwolą zrozumieć mechanizmy wykształcone przez rośliny w toku ewolucji, pomagające przeżyć mróz. W dodatku odkrycia te mają potencjalny aspekt praktyczny w selekcji i hodowli odmian zbóż ozimych odpornych na niekorzystne warunki zimowania.

Słowa kluczowe: geny indukowane niską temperaturą, mrozoodporność, zboża

Acclimation mechanisms that allow winter cereals to survive freezing temperature are genetically programmed and involve a great number of genes, which are induced and regulated by low temperature. In this review recent findings in determining the function of genes induced by low temperature and their role in freezing tolerance are described. These results summarized here allow further understanding the basic mechanisms that plants have evolved to survive freezing temperatures. In addition, these findings have potential practical implications in selection and breeding of winter cereals cultivars resistant to unfavourable winter conditions.

Key words: cold induced genes, cereals, frost resistance

W kontrolę mrozoodporności u pszenicy jest zaangażowanych co najmniej 10 par chromosomów. Zatem, kontrola genetyczna tej cechy jest dość skomplikowana i powoduje rozliczne trudności tak w badaniach naukowych, jak i w atestacji materiałów hodowlanych. W połowie lat osiemdziesiątych stwierdzono, że podczas aklimatyzacji do niskiej temperatury w ekspresji genów związanych z mrozoodpornością zachodzą zmiany (Guy i in., 1985). Jednak dopiero ostatnia dekada przyniosła bardzo wiele prac dotyczących indukcji niektórych genów przez niską temperaturę i ich roli w kształtowaniu się mrozoodporności roślin. Szereg kwestii nie jest jeszcze do końca wyjaśnionych.

Niejednolita jest także nomenklatura. W bogatej literaturze przedmiotu geny indukowane przez niską temperaturę są określane jako:

- COR–Cold Regulated,
- LTI–Low Temperature Induced,
- CIN–Cold Inducible,
- RD–Responsive to Dessication lub ERD–Early Dehydration Inducible.

Z danych Thomashow (1999) wynika, że do roku 1999 zidentyfikowano i opisano 56 genów indukowanych przez niską temperaturę u 10 gatunków roślin (tab. 1). Modelowym gatunkiem do badań jest *Arabidopsis thaliana*, w którym zidentyfikowano ich najwięcej. Prowadzi się jednak prace także na innych gatunkach roślin w tym zbożach, u jęczmienia opisano 9 genów COR, a u pszenicy 7. Geny te kodują:

- białka o znanej, lub domniemanej funkcji, np. enzymy, białka przewodzące sygnały,
- hydrofilowe białka homologiczne do białek produkowanych w dojrzewających nasionach i chroniących zarodek przed wysuszeniem, a określanych skrótem LEA, (Late Embryogenesis Abundant). Jako białka typu LEA określa się również białka chroniące struktury komórkowe przed odwodnieniem podczas wewnątrzkomórkowego tworzenia się lodu.
- niedawno odkryte hydrofilowe lub hydrofobowe białka o nieznanej jeszcze funkcji.

Tabela 1

Liczba genów indukowanych niską temperaturą w różnych gatunkach roślin (Thomashow, 1999)
Number of genes induced by low temperature in various plant species (Thomashow, 1999)

Roślina Plant	Liczba genów kodujących białka Number of genes encoding protein			
	O znanej aktywności With demonstrated activities	Typu LEA LEA type	Nowe Novel	Łącznie Total
<i>Arabidopsis thaliana</i>	13	4	4	21
<i>Hordeum vulgare</i>	3	2	4	9
<i>Brassica napus</i>	5		2	7
<i>Triticum aestivum</i>	1	4	2	7
<i>Medicago sativa</i>	1	1	3	5
<i>Spinach oleracea</i>	1	1	1	3
<i>Poncirus trifoliata</i>		1		1
<i>Prunus persica</i>		1		1
<i>Solanum tuberosum</i>		1		1
<i>Vaccinium corymbosum</i>		1		1
Razem Total	24	16	16	56

W oparciu o podobieństwa w sekwencji aminokwasów polipeptydy i białka kodowane przez geny indukowane niską temperaturą zalicza się do licznych rodzin (Thomashow, 1998). Większość z nich ma jednak podobne właściwości, są na ogół hydrofilowe, odporne na gotowanie w wodnym roztworze buforu, mają stosunkowo prostą kompozycję, na którą składa się powtarzający się motyw sekwencji kilku aminokwasów, i posiadają region zdolny do tworzenia spirali typu α -helisy.

U zbóż białka tego typu opisano przede wszystkim u pszenicy i jęczmienia, a ich przykłady podano w tabeli 2.

Tabela 2

Przykłady genów indukowanych niską temperaturą u pszenicy i jęczmienia kodujących produkty o znanej lub domniemanej aktywności (Thomashow, 1999)
Examples of genes induced by low temperature in wheat and barley encoding gene products with demonstrated or putative activities (Thomashow, 1999)

Roślina Plant	Gen Gene	Produkt Gene product	Literatura Reference
Jęczmień Barley	<i>blt801</i>	Białko wiążące RNA RNA binding protein	Dunn i in., 1996
	<i>blt 4.1</i>	Transfer lipidów Transfer of lipids	Dunn i in., 1991 White i in., 1994
	<i>blt63A</i>	Czynnik 1 α uczestniczy w translacji 1 α factor participates in translation	Dunn i in., 1993
Pszenica Wheat	<i>wCOR518</i>	Białko bogate w prolinę Proline rich protein	Danyluk i Sarhan *

* — Osobista informacja uzyskana przez Thomashow

* — Personal communication of Thomashow

Najważniejszą grupą genów indukowanych niską temperaturą u pszenicy jest rodzina określana jako *wcs120*. Grupę białek kodowanych przez te geny nazwano przez analogię WCS120. Zidentyfikowano je używając przeciwciał poliklonalnych skierowanych przeciw białku o masie 50 kDa kodowanemu przez gen *WCS120* (Houde i in., 1992 a, b). Dalsze badania wykazały, że rodzina ta składa się z 5 białek o masie molekularnej 200, 180, 66,50 i 40 kDa. W siewkach ozimych pszenic odmian Fredrick i Norstar 1g świeżej masy zawierał 72 μ g białek z rodziny WCS120 — co stanowi 0,9% wszystkich białek rozpuszczalnych. W 49 dniu aklimatyzacji — okresie, w którym rośliny osiągały maksymalną mrozoodporność ilość ta wzrastała do 1%. Najobficiej występowały białka o masie 50 i 66 kDa — stanowiły one 64% białek rodziny WCS120 (Houde i in., 1995).

Białko WCS120 wykazuje wysoką identyczność z białkiem DHN5 z jęczmienia. Badania Close i wsp. (1995) nad ekspresją genów kodujących białka typu dehydryn podczas aklimatyzacji jęczmienia do chłodu wykazały, że u tego gatunku *dhn5* jest głównym genem indukowanym chłodem, co potwierdza przypuszczenie, że rodzina WCS120 jest główną grupą białek specyficznie indukowanych przez niską temperaturę u tolerancyjnych gatunków *Poaceae*.

Powszechnie znany jest fakt, że zimotrwałość (mrozoodporność) zbóż zależy przede wszystkim od zdolności tkanek merystematycznych węzła krzewienia do przeżycia zimy (Tanino i McKersie, 1984), co prawdopodobnie wiąże się z faktem, że akumulują one więcej białek z rodziny WCS120 niż bazalny region węzła krzewienia, pędy i korzenie (Houde i in., 1992b). Białka z tej rodziny akumulowały się również w dużych ilościach w tkance sitowej. Natomiast nie stwierdzono ich obecności w dojrzałym ksylemie, merystemie apikalnym korzenia oraz bocznych primordiach korzeni (Houde i in., 1995). Białka te odznaczają się również specyficzną lokalizacją w komórce. Występują one

mianowicie zarówno w cytoplazmie jak i w nukleoplazmie. Nie znaleziono ich natomiast w ścianie komórkowej, organellach i gęstej chromatynie. Dystrybucja omawianych białek w tkankach i komórkach dostarcza wskazówek przy określaniu ich funkcji. Komórki wrażliwe lub szczególnie narażone na działanie mrozu, tak jak np. tkanki merystematyczne węzła krzewienia wymagają wyższej ilości białek z rodziny WCS120, które mogą pomóc złagodzić odwodnienie, a zatem zwiększają tolerancję na mechaniczne uszkodzenia powodowane tworzeniem się lodu. Wysoki poziom akumulacji białek z rodziny WCS120 w komórkach otaczających tkanki sitowe sugeruje, że białka te odgrywają rolę w podtrzymaniu lub poprawieniu transportu metabolitów w niskiej temperaturze. Lepszy wzrost i zdolność do fotosyntezy roślin mrozoodpornych potwierdza tę hipotezę (Huner i in., 1993). Interesujące, że akumulacja białek tej rodziny w komórkach towarzyszących naczyniom sitowym zbiega się z lokalizacją syntazy sacharozowej (Crespie i in., 1991). Enzym ten wykazujący największą aktywność podczas aklimatyzacji reguluje przemiany sacharoza — skrobia oraz skrobia — sacharoza i może odgrywać kluczową rolę w akumulacji sacharozy jako krioprotektanta (Guy i in. 1992).

Przy pomocy kultur *in vitro* wykazano, że białko WCS120 w stężeniu 0,2 μ M jest tak efektywne jak albumina z osocza i sacharoza w ochronie dehydrogenazy mleczanowej przed denaturacją mrozową (Houde i in., 1995). Autorzy ci sugerują, że białko WCS120 otacza białka komórek osłaniając tym samym ich strukturę trzeciorzędową i chroni je niejako przed „rozprostowaniem” lub tworzeniem agregatów podczas mrożenia lub odwodnienia.

Badania prowadzone na ditelocentrycznych liniach heksaploidalnej pszenicy Chinese Spring, w których w każdej brakowało jednej homologicznej pary ramion chromosomu przy zastosowaniu kombinacji analiz DNA i białka techniką hybrydyzacji DNA (Southern) i odcinków białek, tj. wykrywania białek w reakcji ze specyficznymi przeciwciałami (metoda Western) doprowadziły do zmapowania genów z rodziny *wcs120* na chromosomach. Stwierdzono, że gen *wcs120* znajdował się na długim ramieniu chromosomu 6D, gen *wcs200* na długim ramieniu chromosomu 6A, a gen *wcs66* na długim ramieniu chromosomu 6B. Stwierdzono, że inne geny z tej rodziny również są związane z 6 grupą homeologiczną chromosomów, ale ich zmapowanie nie było możliwe (Limin i in., 1997).

Oznaczenia akumulacji białek WCS120 w liniach substytucyjnych pszenicy, w których jedną parę chromosomów Cheyenne zastąpiono homologiczną parą Chinese Spring (Limin i in., 1997) tylko w linii 5A wykazały wyższe nagromadzenie białka WCS120 niż w Chinese Spring. Chromosom ten jest najczęściej wymieniany w literaturze jako wywierający największy wpływ na mrozoodporność (Galiba i in., 1993; Roberts, 1990; Sutka, 1994), co wydaje się słuszne, w świetle prac Danyluk i wsp. (1994, 1996), według których dwa odpowiadające na niską temperaturę geny pszenicy *wCOR410* i *wCOR719* były regulowane przez czynnik zlokalizowany także na chromosomie 5A. Wydaje się, że chromosom 5A niesie gen (geny) regulatorowe, które kontrolują ekspresję rodziny genów *wcs120* i innych reagujących na niską temperaturę genów skorelowanych z mrozoodpornością.

U jęczmienia Hayes i wsp. (1993) stwierdzili, że najwięcej loci cech ilościowych (QTL) dla przezimowania w polu, LT_{50} , typu wzrostu i zawartości fruktanów w węzłach krzewienia znajdowało się na długim ramieniu chromosomu 7, będącego ekwiwalentem chromosomu 5 u pszenicy. Możliwe, że chromosom ten odgrywa w przypadku jęczmienia tę samą rolę co chromosom 5A u pszenicy, a zatem może regulować ekspresję genów indukowanych przez niską temperaturę. Geny te oznaczone jako *dhn3*, *dhn4*, *dhn5* kodujące białka zaliczone do rodziny dehydryn (odpowiadającej rodzinie WCS120) zlokalizowano na 6 homologicznym chromosomie. Prawdopodobnie zarówno u pszenicy, jak i u jęczmienia 6 grupa chromosomów jest miejscem lokalizacji wielu genów strukturalnych zaangażowanych w reakcję na stres niskiej temperatury i odwodnienia (Close, 1996; Limin i in., 1997; Welin i in., 1994)

Badania Jaglo-Ottosen i wsp. (1998) prowadzone na transgenicznym roślinaх *Arabidopsis thaliana*, odznaczających się ekspresją licznych genów indukowanych niską temperaturą wykazały, że ich indukcja była związana z ekspresją aktywatora transkrypcji CBF1, (CBF1 = CRT/DRE Binding Factor 1). Białko to wiąże się z elementem odpowiedzi na dehydratację obecnym w promotorach genów indukowanych chłodem i określanym jako CRT/DRE (CRT = C — repeat, DRE = Drought Responsive Element). Wydaje się, że jest ono ważnym regulatorem reakcji na niską temperaturę kontrolującym ekspresję genów COR, a tym samym poprawiającym poziom mrozoodporności. Wyniki te potwierdzili ostatnio niezależnie Liu i wsp. (1998) oraz Gilmour i wsp. (1998), którzy stwierdzili, że CBF1 jest członkiem małej rodziny białek oznaczanych jako CBF1, CBF2, i CBF3 (Gilmour i in., 1998, cyt. za Thomashow, 1999), lub odpowiednio jako DREB1B, DREB1C, DREB1A (Liu i in., 1998). Często określa się je jako białka CBF/DREB. Ekspresja genów kodujących CBF/DREB jest zależna od dwustopniowej kaskady aktywatorów transkrypcyjnych. Zgodnie ze schematem podanym przez Thomashow (1999) przebiega ona następująco. Nieznany aktywator oznaczony próbnie „ICE” (Inducer of CBF Expression) w wyższej (cieplej) temperaturze pozostający w stanie nieaktywnym pod wpływem niskiej temperatury ulega aktywacji. W stanie aktywnym rozpoznaje on element regulowany przez niską temperaturę określony umownie jako „ICE Box” obecny w promotorach każdego genu CBF (regulon CBF). Ten z kolei aktywuje element CRT/DRE, który wpływa bezpośrednio na poziom ekspresji genów COR, a tym samym na mrozoodporność. Możliwe, że ICE może nie tylko regulować ekspresję genów CBF, ale także indukować ekspresję innych genów, które także mogą odgrywać rolę w reakcji na niską temperaturę. Przedstawiona wyżej „kaskada” została opracowana dla *Arabidopsis*. Dane dotyczące występowania tego mechanizmu u innych gatunków roślin nie są jeszcze pełne. Prawdopodobnie jednak występuje on u zbóż, gdyż jak donoszą Vazquez-Tello i wsp. (1998) gen *wcs120* u pszenicy ma indukowanego chłodem promotora. Wyniki te potwierdzają Ouellet i wsp. (1998), którzy prezentują dane wskazujące, że promotor *wcs120* jest indukowany chłodem zarówno w roślinach jednoliściennych — jęczmieniu, życie i ryżu, jak i dwuliściennych — lucernie lub kapuście.

Wiedza o białkach kodowanych przez geny z rodziny *wcs120* ma także aspekt praktyczny. Rodzinę genów *wcs120* u pszenicy i żyta wykorzystano do badania na

poziomie molekularnym zagadnienia wzajemnych powiązań między odpornością na mroz a wymaganiami jaryzacyjnymi (Fowler i in., 1996).

Badania wykazały, że odmiany jare podczas przetrzymywania w 4°C nie są w stanie utrzymać poziomu mrozoodporności porównywalnego z odmianami ozimymi. Zjawisko takie sugerowało zależność między ekspresją genów indukowanych chłodem a reakcją na jaryzację (Sarhan i in., 1997). Obserwowano ścisły związek między punktem pełnej jaryzacji i początkiem obniżania się poziomu białek z tej rodziny, co wskazuje że geny jaryzacji określane jako *vrn1* grają ważną rolę w determinowaniu czasu trwania ekspresji genów związanych z niską temperaturą.

Okazało się, że loci genów *vrn1* (jaryzacja) i *fr1* (mrozoodporność) są zlokalizowane w ścisłym sprzężeniu na końcowym fragmencie długiego ramienia chromosomu 5A i w przeciwieństwie do wcześniejszych obserwacji znaleziono rekombinację między nimi (Galiba i in., 1995). Lokalizacja *vrn1* sugeruje, że jest on homeologiczny w stosunku do innych genów odpowiadających za wiosenny typ wzrostu u pszenicy i gatunków pokrewnych. Grupa ta obejmuje geny jaryzacji *vrn1*, *vrn4*, *vrn3* na chromosomach 5A, 5B, 5D u pszenicy, *sh2* na 7 chromosomie jęczmienia i *sp1* na 5 chromosomie żyta (Galiba i in., 1995; Pan i in., 1994).

Badania prowadzone na liniach rekombinantów uzyskanych z krzyżowań linii substytucyjnych Chinese Spring (Cheyenne 5A) i Chinese Spring (*Triticum spelta* 5A) wykazały, że geny regulujące akumulację sacharozy podczas hartowania również są ściśle związane z loci *vrn1* i *fr1*, przy czym *vrn1* wywiera tu efekt plejotropowy (Galiba i in., 1997). Wydaje się, że związek mrozoodporność — wymagania jaryzacyjne może okazać się znacznie głębszy niż się na ogół przypuszcza — gen *vrn1* wpływa bowiem i na mrozoodporność jako taką (sprzężenie z *fr1*) i na gromadzenie podstawowego krioprotektanta jakim jest sacharoza.

Zdaniem Storlie i wsp. (1998) 71–91% zmienności w LT_{50} między badanymi genotypami można było wytłumaczyć odległością loci *vrn1* od *fr1*, a zależność ta może być wykorzystana w hodowli. W krzyżowaniach pszenicy jarej z odmianami ozimymi (odporną i wrażliwą na mroz) uzyskano mieszańce różniące się odległością *vrn1*–*fr1* i wykazujące różny typ wzrostu (jary lub ozimy) i różną mrozoodporność. Istotne i perspektywiczne dla hodowli może okazać się ścisłe sprzężenie z obu loci trzech markerów RFLP — oznaczonych symbolami Xpsr 426, Xcdo 504 i Xwg 644 (Galiba i in., 1995).

Ostatnio prowadzone są prace nad mapą locus *fr2* z użyciem molekularnych markerów systemu RFLP i AFLP. Wstępna analiza wskazuje, że gen *fr2* zlokalizowany na długim ramieniu chromosomu 5D jest homeologiczny do *fr1* i sprzężony z *vrn3* (Snape i in., 1997).

Akumulacja białek z rodziny WCS120 w ponad 20 genotypach pszenicy i innych zbóż w okresie aklimatyzacji była pozytywnie skorelowana z ich mrozoodpornością. Białka te gromadziły się głównie w tkankach o większej odporności na mrozenie. Stwierdzono, że ich synteza nie jest związana ze stadium rozwojowym rośliny, występowały one zarówno w kulturach *in vitro* (kalus), jak i w kielkach, lub siewkach w różnych stadiach rozwoju (Houde i in., 1992 a), przy czym ekspresja genów odpowiedzialnych za ich syntezę była indukowana na tym samym poziomie w ciemności i na świetle. W oparciu o te fakty Houde i wsp. (1992 b) rekomendują tę rodzinę białek jako markery mrozoodporności. Autorzy ci

otrzymali przeciwciała określone mianem anty-wcs120, rozpoznające większość białek indukowanych podczas aklimatyzacji do niskich temperatur. Przeciwciała to stanowi ważne narzędzie przy identyfikacji odmian zbóż o wysokiej zdolności do aklimatyzacji. Ostatnio przeciwciała anty-wcs120 jest używane do oceny segregacji pod względem mrozoodporności w materiałach mieszańcowych z różnych krzyżowań i do badania odziedziczalności zawartości tej rodziny białek u pszenicy i żyta (tab. 3).

Tabela 3

Przykłady genów indukowanych niską temperaturą u pszenicy i jęczmienia kodujących nowe hydrofilowe białka oraz białka typu LEA (Thomashow, 1999)
Examples of genes induced by low temperature in wheat and barley encoding novel hydrophilic protein and LEA-protein Thomashow, 1999)

Roślina Plant	Gen Gene	Białko Protein	Literatura References
Geny kodujące nowe hydrofilowe białka Genes encoding novel hydrophilic protein			
Jęczmień Barley	<i>Blt14</i>	Hydrofilowe	Dunn i in., 1990; Philips i in., 1997
	<i>COR14</i>	Hydrofilowe	Crosatti in., 1995
	<i>CR1</i>	Hydrofilowe	Cattivelli i Bartels 1990
	<i>blt101</i>	Hydrofilowe	Goddard i in., 1993
Pszenica Wheat	<i>wcs19</i>	Hydrofilowe	Chauvin i in., 1993
Geny kodujące białka typu LEA Genes encoding LEA-protein			
Jęczmień Barley	<i>Dhn5</i>	LEA II	Van Zee i in., 1995
	<i>HVA1</i>	LEA III	Hong i in., 1992
Pszenica Wheat	<i>wcs120</i>	LEA II	Houde i in., 1992; Chauvin i in., 1994
	<i>wCOR726</i>	LEA II	Danyluk i Sarhan*
	<i>COR410</i>		Danyluk i in., 1994, Danyluk i Sarhan*
	<i>wCOR615</i>	LEA III	Danyluk i Sarhan*

* — Osobista informacja uzyskana przez Thomashow

* — Personal communication of Thomashow

Interesująca z praktycznego punktu widzenia wydaje się również praca, w której porównywano spektrum białek z rodziny *wcs120* w trzydniowych siewkach pszenicy hartowanych w laboratorium i w roślinach wysiewanych w polu w różnych terminach, i przechodzących proces aklimatyzacji w warunkach naturalnych (Borowski i in., 1999). Stwierdzono, że termostabilne frakcje białek o masie 209, 196, 66 i 50 kDa występowały zarówno w siewkach uzyskanych w laboratorium, jak i w roślinach wyrosłych w polu, a znajdujących się w stadium trzeciego liścia lub krzewienia. Rośliny wyrosłe z nasion sianych później, a więc młodsze zawierały ich mniej niż morfologicznie lepiej rozwinięte. Od października do początków zimy jakościowy zestaw wymienionych wyżej frakcji białkowych był taki sam u wszystkich roślin, niezależnie od stadium ich rozwoju. Po stopnieniu śniegu (początek kwietnia) zaczynały się zmiany ilościowe, a różnice między roślinami z różnych terminów siewu stawały się coraz wyraźniejsze. W tym okresie obraz zawartości białek 209, 196, 66, 50 kDa był przeciwny do jesienno. Rośliny siane wcześniej przed wejściem w zimę mającej najwięcej białek wiosną traciły je wyraźnie szybciej, wracając do stanu nie hartowanych, a w roślinach młodych było ich więcej niż w

starszych. W maju różnice w ilości i jakości wyrównywały się, z wyjątkiem piku białka 50 kDa, ale i one były niewielkie.

Wydaje się, że badania tego rodzaju mogą stanowić wstęp do opracowania szybkiej i prostej metody atestacji materiałów hodowlanych, w której materiał do badań będzie po prostu pobierany z pola.

LITERATURA

- Borovskii G. B., Stupnikova I. W., Peszkova A. A., Dorofeev N. W., Wojnikov W. K. 1999. Termostabilnyje bielki prorostkov i uzlov kushchenija rastenij ozimoj pszenicy. *Fiz. Rast.* 46, 5: 777 — 783.
- Close T.J. 1996. Dehydrins: emergence of a biochemical role of a family of plant dehydration proteins. *Physiol. Plant.* 97: 795 — 803.
- Close T. J., Meyer N. C., Radik J. 1995. Nucleotide sequence of a gene encoding a 58.5 kDa barley dehydrin that lacks a serine tract. *Plant Physiol.* 107: 289 — 290.
- Crespi M. D., Zabaleta E. J., Pontis H. G., Salerno G. L. 1991. Sucrose synthase expression during cold acclimation in wheat. *Plant Physiol.* 96: 887 — 891.
- Danyluk J., Houde M., Rassart É., Sarhan F. 1994. Differential expression of a gene encoding an acidic dehydrin in chilling sensitive and freezing tolerant *Gramineae* species. *FEBS Lett.* 344: 20 — 24.
- Danyluk J., Carpentier É., Sarhan F. 1996. Identification and characterization of a low temperature regulated gene encoding and actin-binding protein from wheat. *FEBS Lett.* 389: 324 — 327.
- Fowler D.B., Chauvin L. P., Limin A. E., Sarhan F. 1996. The regulatory role of the vernalization in the expression of low-temperature induced genes in wheat and rye. *Theor. Appl. Genet.* 93: 554 — 559.
- Galiba G., Tuberosa R., Kocsy G., Sutka J. 1993. Involvement of chromosomes 5A and 5D in cold-induced abscisic acid accumulation and frost tolerance of wheat calli. *Plant Breed.* 110: 237 — 242.
- Galiba G., Quarrie S.A., Sutka J., Morgounov A., Snape, J.W. 1995. RFLP mapping of the vernalization (*Vrn1*) and frost resistance (*Fr1*) genes on chromosome 5A of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 90(7/8): 1174 — 1179.
- Galiba G., Kerepesi I., Snape J.W., Sutka J. 1997. Location of a gene regulating cold-induced carbohydrate production on chromosome 5A of wheat. *Theor. Appl. Genet.* 95, 1/2: 265 — 270.
- Gilmour S. J., Zarka D. G., Stockinger E. J., Salazar M. P., Houghton J. M., Thomashow M. F. 1998. Low temperature regulation of the *Arabidopsis* CBF family of AP2 transcriptional activators as an early step in cold induced COR gene expression. *Plant J.* 16: 433 — 442.
- Guy C.L., Niemi K.J., Brambl R. 1985. Altered gene expression during cold acclimation of spinach. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 82: 3673 — 3677.
- Guy C. L., Huber J.L.A., Huber S.C. 1992. Sucrose phosphate synthase and sucrose accumulation at low temperature. *Plant Physiol.* 100: 502 — 508.
- Hayes P.M., Blake T., Chen T. H. H., Tragoonrung S., Chen S., Pana Liu B. 1993. Quantitative trait loci on barley *Hordeum vulgare* L. Chromosome 7 associated with components of winter hardiness. *Genome*, 36: 66 — 71.
- Houde M., Danyluk J., Laliberte J.F., Rassart E., Dhindsa R.S., Sarhan F. 1992 a. Cloning, characterization and expression of cDNA encoding a 50 kilodalton protein specifically induced by cold acclimation in wheat. *Plant Physiol.* 99: 1381 — 1387.
- Houde M., Dhindsa R.S., Sarhan F. 1992 b. A molecular marker to select for freezing tolerance in *Graminae*. *Mol. Gen. Genet.* 234: 43 — 48.
- Houde M., Daniel C., Lachapelle M., Allard F., Laliberte S., Sarhan F. 1995. Immunolocalization of freezing-tolerance-associated proteins in cytoplasm and nucleoplasm of wheat crown tissues. *Plant J.* 8: 583 — 593.
- Huner N. P. A., Öquist G., Hurry V. M., Krol M., Falk S., Griffith M. 1993. Photosynthesis, photoinhibition and low temperature acclimation in cold tolerant plants. *Photosynth. Res.*, 37: 19 — 39.
- Jaglo-Ottosen K. R., Gilmour S. J., Zarka D. G., Schabenberger O., Thomashow M. F. 1998. *Arabidopsis* CBF1 overexpression induces COR genes and enhances freezing tolerance. *Science*, 280: 104 — 106.

- Limin A. E., Danyluk J., Chauvin L. P., Fowler D. B., Sarhan F. 1997. Chromosome mapping of low-temperature induced family genes and regulation of cold-tolerance expression in wheat. *Mol. Genet.* 253: 720 — 727.
- Liu Q., Kasuga M., Sakuma Y., Abe H., Miura S. 1998. Two transcription factors DREB1 and DREB2, with an EREBP/AP2 DNA binding domain separate two cellular signal transduction pathways in drought-and low-temperature responsive gene expression, respectively, in *Arabidopsis*. *Plant Cell*, 10: 1391 — 1406.
- Ouellet F., Vazquez-Tello A., Sarhan F. 1998. The wheat *wcs120* promoter is cold-inducible in both monocotyledonous and dicotyledonous species. *FEBS Lett.* 423: 324 — 328.
- Pan A., Hayes P. M., Chen F., Chen T. H. H., Blake T., Wright S., Karsai I., Bedo Z. 1994. Genetic analysis of the components of winterhardiness of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Theor. Appl. Genet.* 89: 900 — 910.
- Roberts D. W. A. 1990. Identification of loci on chromosome 5A involved in control of cold hardiness, vernalization, leaf length, rosette growth habit and height of hardened plants. *Genome*, 39: 247 — 259.
- Sarhan F., Ouellet F., Vazquez-Tello A. 1997. The wheat *wcs120* gene family. A useful model to understand the molecular genetics of freezing tolerance in cereals. *Physiol. Plant.* 439 — 445.
- Snape J. W., Semikhodskii A., Fish L., Sharma R. N., Quarrie S. A., Galiba G., Sutka J. 1997. Mapping frost tolerance loci in wheat and comparative mapping with other cereals. *Acta Agron. Hung.* 45: 265 — 270.
- Storlie E. W., Allan R. E., Walker-Simmons M. K. 1998. Effect of the *vrn1 -fr1* interval on cold hardiness levels in near-isogenic wheat lines. *Crop Sci.* 38 (2): 483 — 488.
- Sutka J. 1994. Genetic control of frost tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 77: 277 — 282.
- Tanino K., McKersie B. D. 1984. Injury within the crown of winter wheat seedlings after freezing and icing stress. *Can. J. Bot.* 63: 432 — 436.
- Thomashow M. F. 1998. Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. *Plant Physiol.* 118: 1 — 7.
- Thomashow M. F. 1999. Plant cold acclimation: freezing tolerance genes and regulatory mechanisms. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 571 — 599.
- Vazquez-Tello A., Ouellet F., Sarhan F. 1998. Low temperature-stimulated phosphorylation regulates the binding of nuclear factors to the promoter of *Wcs120* a cold-specific gene in wheat. *Mol. Gen. Genet.* 257: 157 — 166.
- Welin B. V., Olson A., Nylander M., Palva E. T. 1994. Characterization and differential expression of *dhn/lea/rab* — like genes during cold acclimation and drought stress in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Mol. Biol.* 26: 131 — 144.

TADEUSZ WOJAS**STANISŁAW WĘGRZYN**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Kraków

Źródła genetyczne cech użytkowych pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) w kolekcji roboczej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Genetic sources of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) traits in the working collection of the Institute of Plant Breeding and Acclimatization

Na podstawie wyników doświadczenia prowadzonego w ramach tzw. kolekcji roboczej w latach 1991–2000, omówiono grupy form pszenicy ozimej, będące potencjalnym źródłem plenności i 14 cech użytkowych dla hodowli nowych odmian. Wskazano na odmiany i rody o najkorzystniejszych wartościach badanych cech. Szczególną uwagę zwrócono na formy łączące kilka korzystnych cech, stanowiące najbardziej wartościowy materiał wyjściowy dla programów hodowlanych. Stwierdzono, że odmiany i rody zgromadzone aktualnie w kolekcji mogą stanowić zadowalające źródło plonu i jego parametrów, odporności na wyleganie i rdzę brunatną oraz wartości wypiekowej, wyrażonej liczbą sedymentacji. W stosunku do pozostałych cech ciągle istnieje potrzeba poszukiwania lub nawet wytworzenia nowego materiału wyjściowego dla programów hodowlanych. Dotyczy to zwłaszcza takich cech, jak mrozoodporność i odporność na plamistość liści, na mączniaka i porastanie oraz zawartość białka w ziarnie.

Słowa kluczowe: cechy użytkowe, kolekcja robocza, pszenica ozima

Basing on the results of an experiment with winter wheat varieties and strains, carried out in the years 1991–2000 as so called working collection, groups of forms being potential source of yield and 14 agronomic traits for breeding programmes were characterized. The forms of the most valuable traits under study were listed, especially those which combined several valuable traits. The varieties and strains currently investigated in the experiment can serve as a good source of yield and yield parameters, resistance to lodging and brown rust, and also sedimentation value. As far as the remained traits are concerned, there is a need to search for or even to generate new sources of the resistance to powdery mildew and ear septoria, resistance to pre-harvest sprouting, grain protein content, and especially resistance to frost and leaf septoria.

Key words: agronomic traits, winter wheat, working collection

WSTĘP

W twórczej hodowli nowych odmian niezbędne jest dysponowanie materiałem wyjściowym do przeprowadzania krzyżowań pomiędzy odpowiednio dobranymi komponentami, charakteryzującymi się pożądanymi cechami użytkowymi i przekazującymi te cechy potomstwu. Dlatego każdy hodowca wysiewa różne wartościowe formy w tzw. kolekcji roboczej, aby mieć możliwość ich wykorzystania do zaplanowanych krzyżowań. Jedną z większych kolekcji form pszenicy ozimej jest prowadzona i opracowywana w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie. Kolekcja ta istnieje od początku lat 70. Do roku 1990 było w niej około 200 i więcej odmian i rodów (Mazurkiewicz, Struś, 1997), w latach 90. oceniano sto kilkadziesiąt form, a w ostatnio opracowanym roku 2000, liczba badanych form spadła do 62. Łącznie do roku 2000 przebadano 1279 odmian i rodów. Były one wysiewane w doświadczeniu zakładanym metodą wzorcową w kilku miejscowościach w różnych regionach kraju i co roku statystycznie opracowywane. Pozwala to na ocenę wartości użytkowej badanych obiektów, a co za tym idzie, na zastępowanie mniej korzystnych form przez formy o lepszych parametrach badanych cech użytkowych. Wyniki doświadczenia są wykorzystywane przez wielu hodowców do wyboru materiału wyjściowego do krzyżowań w hodowli nowych odmian (Mazurkiewicz, Struś, 1997). Ponadto mogą one stanowić cenną bazę do różnorodnych opracowań i analiz genetycznych, zwłaszcza że znaczną grupę form bada się przez kilka lat z rzędu (Węgrzyn i in., 1992; Gut i in., 1997; Mazurkiewicz, Wojas, 1999).

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie prowadzone jest corocznie w kilku (ostatnio sześciu) miejscowościach, metodą bloków niekompletnych z trzema wzorcami rozlosowywanymi w obrębie bloków. Ocenia się kilkanaście cech użytkowych na podstawie obserwacji polowych i analiz laboratoryjnych. Cechy obserwowane w polu to: przezimowanie, wczesność (liczba dni od 1.V. do terminu kłoszenia i dojrzałości), wysokość, odporność na wyleganie i odporność na patogeny grzybowe (mączniaka, rdze, plamistości liści, choroby kłosa). Na podstawie analiz laboratoryjnych określa się: plon i jego parametry (liczba i masa ziaren z kłosa oraz masa 1000 ziaren), mrozoodporność, odporność na porastanie oraz cechy technologiczne ziarna — zawartość białka, liczbę sedimentacji i liczbę opadania. Wyniki obserwacji i analiz są opracowywane statystycznie, dla bieżącego roku przy użyciu programu ADOWL; ponadto sporządzana jest synteza wyników z kilku ostatnich lat dla aktualnie badanego materiału przy użyciu programu KOLROB (oba autorstwa S. Węgrzyna). W ten sposób corocznie wskazuje się na formy o aktualnie najlepszych parametrach wymienionych cech, ze szczególnym zwróceniem uwagi na te odmiany, które wyróżniają się wysokimi wartościami kilku cech jednocześnie. Informacje te są następnie przekazywane hodowcom pszenicy do wszystkich krajowych spółek prowadzących hodowlę tego gatunku.

WYNIKI

Poniżej omówione zostaną formy pszenicy ozimej, wyróżniające się najlepszymi parametrami poszczególnych cech użytkowych. Będzie to jednocześnie obraz tego, czym dysponuje obecnie krajowa hodowla pszenicy ozimej przy konstruowaniu programów hodowlanych, a także próba odpowiedzi na pytanie, czy taki materiał w zadowalającym stopniu spełnia oczekiwania odnośnie poziomu cech, jakimi się charakteryzuje. Dla zachowania przejrzystości, cechy zostaną omówione grupami, utworzonymi z cech pokrewnych.

Pierwszą grupę stanowią formy o najlepszym plonowaniu i wysokich parametrach plonu, takich jak masa i liczba ziaren z kłosa i masa 1000 ziaren (tab. 1).

Tabela. 1

Formy z kolekcji pszenicy ozimej o najwyższym plonie i jego parametrach
Winter wheat forms of the highest yield and yield parameters

Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Plon Yield	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Masa ziaren z kłosa Grain mass per ear
Tortija	5	84,75	NAD 141/92	3	2,61
STH124	14	84,59	NAD 4139/94	3	2,52
STH 129	14	84,16	BOA 492	6	2,33
NAD 141/92	5	83,79	Achat	11	2,32
Kris	5	83,23	Jubilatka	6	2,29
Schw. 1248446	48	82,64	STH 124	6	2,28
Piko	24	82,07	SMH 4920	3	2,26
NAD 66/92	14	81,59	STH 348	6	2,25
Kaja	48	80,94	STH 362	3	2,24
Pegassos	14	80,92	AND 1774/91	15	2,22
SMH 4920	5	80,83			
Średnia Mean		75,19			2,02
Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Liczba ziaren z kłosa No. of grains per ear	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
NAD 141/92	3	54,4	Renan	4	53,7
VDH 1143-94	6	51,3	F 4141-W-1133	12	53,1
Zodiac	27	50,2	OLH 1389	23	49,7
NAD 4139/94	3	49,9	STH 348	12	49,7
Achat	11	49,7	STH 129	12	48,9
SMH 4920	3	49,0	Pegassos	12	48,9
AND 1774/91	15	48,3	Kaja	49	48,7
Hunter	6	48,1	Zyta	31	48,5
STH 395	6	47,8	STH 362	4	48,4
BOA 492	6	47,7			
SMH 3195	27	47,5			
SZD 3878	20	47,5			
Średnia Mean		43,9			44,41

Najlepszym plonem charakteryzowały się zasadniczo formy krajowe — tylko 4 z 11 najlepszych pochodziły z hodowli zagranicznych, w tym badana w doświadczeniach

przedrejestranych COBORU niemiecka odmiana Piko. Warto zaznaczyć, że trzy czołowe pozycje zajmowały odmiany i rody typu chlebowego, należące do klasy jakościowej B. Spośród form o najwyższej masie ziaren z kłosa, rody NAD 141/92, STH 124 i SMH 4920 wykazywały równocześnie wysoką plenność. Dwa rody, NAD 141/92 i NAD 4139/94 wyraźnie odbiegały od reszty i jako jedyne osiągnęły masę powyżej 2,5 g. Wśród form o największej liczbie ziaren z kłosa (LZK) wyróżniał się ród NAD 141/92 (54,4 g), należący jednocześnie do form wysokoplennych. Duża LZK pozostałych wyszczególnionych w tabeli form nie znajdowała odzwierciedlenia w wysokim plonie. Natomiast wśród odmian i rodów o największej masie 1000 ziaren, tylko STH 129, Pegassos i Kaja charakteryzowały się równocześnie wysokim plonem, a dwie czołowe formy (o MTZ powyżej 53 g) należały do grupy słabo plonujących. Oznacza to, że dobór partnerów o korzystnych parametrach plonu do krzyżowań, nie musi wpływać pozytywnie na wzrost plenności u potomstwa. Należy zaznaczyć, że w grupie obiektów o wysokim plonie i jego parametrach znalazły się odmiany i rody o dobrej jakości technologicznej, jak Tortija, STH 124, STH 129, Pegassos, NAD 4139/94, Renan, F 4141-W-1133 i OLH 1389, a zatem istnieje możliwość uzyskania dobrej jakości wypiekowej ziarna w hodowli odmian w kierunku wysokiej plenności, i na odwrót, utrzymania dobrej plenności w hodowli ukierunkowanej na jakość ziarna.

Kolejną grupę stanowią formy o wysokiej odporności na stresy środowiska, takie jak zimotrwałość odporność na wymarzenie i na wyleganie (tab. 2).

Tabela 2

Formy pszenicy ozimej o największej odporności na stresy środowiska
Winter wheat forms most resistant to environmental stresses

Obiekt Object	Mrozo- odporność (1999) Resistance to frost	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Zimotrwałość (1991–1998) Winter- hardiness	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Odporność na wyleganie Resistance to lodging
Astron	57,7	LAD 420	11	8,48	SZD 3878	25	8,47
BOA 426	55,2	Zentos	23	8,47	Zodiac	30	8,45
Contur	53,6	MIB 2939/89	4	8,30	Hunter	11	8,22
STH 235	51,6	Wanda	11	8,30	Haven	11	8,22
LAD 181/91	51,3	MIB 3338/89	11	8,24	Piko	16	8,11
CHD 236/90	50,3	AND 1774/91	11	8,11	STH 346	2	8,09
Bussard	50,0	STH 235	4	8,05	Kontrast	2	8,09
Mikon	49,9	Emika	23	7,94	Kris	2	8,09
VDH 1143-94	49,9				Tarso	11	8,06
					NAD 66/92	11	7,97
Średnia Mean	32,64			7,07			6,60

Wyniki analizy mrozoodporności podano dla 1999 roku, natomiast wyniki obserwacji przezimowania dla okresu 1991–1998, ponieważ w ostatnich dwóch latach nie obserwowano strat w roślinach, ze względu na łagodny przebieg zim. Grupy form o największej mrozoodporności i najlepszej zimotrwałości znacznie się różniły — tylko ród STH 235 wystąpił jednocześnie w obu grupach. Wynika to przypuszczalnie stąd, że w

ostatnich latach niska temperatura nie była czynnikiem krytycznym, decydującym o dobrym przezimowaniu. Warto zwrócić uwagę na to, że w grupie najbardziej mrozoodpornych form około połowę stanowią odmiany pochodzenia zachodnioeuropejskiego, głównie niemieckie. Należy też zauważyć, że wymienione w tabeli formy należą do średnio mrozoodpornych i w chwili obecnej brak w kolekcji form o wysokiej mrozoodporności, przekraczającej 70%, dlatego istnieje potrzeba poszukiwania lub wytwarzania genetycznych źródeł tej cechy.

Znacznie lepiej przedstawia się sytuacja z odpornością na wyleganie — dziesięć form wykazywało się wartością tej cechy na poziomie 8 i wyżej. Większość z nich to formy niskie, o sztywnym źdźble, pochodzące z krajów Europy Zachodniej. Jednak są tu również odmiany średnio wysokie, o elastycznym źdźble, mierzące od 97 do 103 cm, takie jak SZD 3878, Piko i NAD 66/92. Ta grupa koresponduje z grupą form najniższych w kolekcji (tab. 3), w której ponadto zamieszczono odmiany o wysokich wartościach cech, wynikających bezpośrednio z właściwości fizjologicznych roślin, tj. terminu kłoszenia i odporności na porastanie. Jak już wspomniano, grupa form najniższych, pochodzących wyłącznie z zagranicy, w dużym stopniu odpowiadała grupie form o największej odporności na wyleganie (tab. 2). Współczynnik korelacji pomiędzy tymi cechami, obliczony dla wszystkich badanych obiektów był istotny na poziomie 0,001, osiągając wartość -0,55. Oznacza to, że wśród badanych genotypów wysokość odgrywała bardzo istotną rolę w kształtowaniu się odporności na wyleganie.

Tabela 3

Formy pszenicy ozimej o najlepszych parametrach fizjologiczno-morfologicznych
Winter wheat forms of the best physiological and morphological parameters

Obiekt Object	Odporność na porastanie (2000) Resistance to preharvest sprouting	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Wysokość roślin Plant height	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Liczba dni od 1.V.do kłoszenia No. of days from 1 st of May to heading
Zodiak	7,17	Zodiak	64	73	F 4141-W-1133	15	24
Elena	7,15	Haven	16	74	Rubens	15	28
Estica	7,12	Hunter	16	78	Kontrast	5	28
STH 135	6,91	VDH 1143-94	16	79	Renan	5	29
Renan	6,67	Kris	6	79	NAD 141/92	5	29
Bussard	6,60	Tarso	16	80	Kobra	74	30
Euris	6,46	F 4141-W-1133	16	84	MOB 2651/91	35	30
LAD 487/93	6,32	Rubens	16	85			
MOB 2651/91	5,89	Renan	6	88			
Średnia Mean	3,03			97,7			33,3

Wśród form wczesnych (o najwcześniejszym terminie kłoszenia) wyróżnił się ród pochodzenia rumuńskiego F 4141-W-1133 (tab. 3), wyraźnie wcześniejszy od pozostałych, które kłosiły się w terminie zbliżonym do najwcześniejszych z odmian zarejestrowanych — Jawy i Kobry. Trzeba zaznaczyć, że ta cecha, tak jak i termin dojrzewania, należała do

cech o najmniejszej zmienności wśród badanych, a współczynniki zmienności wyniosły odpowiednio, dla kłoszenia — 6,78%, i dla dojrzałości — 3,71%.

W 2000 roku większość badanych form wykazywała niską odporność na porastanie — przeciętna wartość w dziewięciostopniowej skali bonitacyjnej wyniosła 3,57, przy bardzo wysokim współczynniku zmienności — 41,6%. W warunkach tak dużego zróżnicowania mogły ujawnić się formy o dużej odporności: 9 z nich było odpornych na poziomie wyższym od 5,8 (tab. 3). Wartość wskaźnika tej cechy u kolejnej, nie wyszczególnionej w tabeli odmiany Kris wyniosła 4,44. Wśród form najodporniejszych znaczny odsetek stanowiły odmiany zachodnioeuropejskie, wykorzystywane w programach hodowlanych jako donory innych cech: parametrów plonu i jakości, a także odporności na choroby.

Tabela 4 przedstawia grupy odmian i rodów o największej odporności na poszczególne choroby grzybowe. O ile można wskazać dobre źródła odporności na rdzę brunatną, a także — choć w mniejszym stopniu na mączniaka i choroby kłosa (zwłaszcza septoriozę), to praktycznie brak źródeł odporności na plamistość liści powodowane głównie przez *Septoria* spp.

Tabela 4

Formy pszenicy ozimej o największej odporności na choroby grzybowe
Winter wheat forms most resistant to fungal diseases

Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Odporność na mączniaka Resistance to powdery mildew	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Odporność na rdzę brunatną Resistance to brown rust
SZD 3878	32	8,02	Hunter	15	8,32
Rubens	11	7,80	SMH 4070	37	8,11
STH 234	11	7,33	OLH 1389	24	8,08
STH 135	11	7,33	Renan	6	8,08
Haven	11	7,27	Kris	6	8,08
Tarso	11	7,23	STH 9055	24	7,98
STH 395	11	7,23	Piko	24	7,97
MOB 3508/93	18	7,20	BOA 492	15	7,88
MOB 2651/91	24	7,16	Rubens	15	7,72
Hunter	11	7,11	Wilga	68	7,61
NAD 66/92	11	7,06	STH 395	15	7,61
Srednia Mean		6,35			6,50
Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Odporność na plamistość liści Resistance to leaf septoria	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Odporność na septorię kłosa Resistance to ear septoria
Kris	3	7,27	Bussard	11	7,57
STH 25	26	7,09	STH 348	11	7,39
Zyta	26	7,05	Astron	33	7,36
STH 9055	20	7,05	MIB 204/92	11	7,32
OZH 3019	20	7,02	Kaja	31	7,23
Piko	20	7,02	SMH 3195	33	7,21
NAD 66/92	11	6,98	OLH 1389	15	7,21
			Zyta	20	7,20
Srednia Mean		6,23			6,64

Wśród form odpornych na mączniaka wyraźnie najlepsze były SZD 3878 i Rubens, a na rdzę brunatną przoduje odmiana Hunter. Jest także kilka odmian o dobrej odporności, na poziomie 8,0 i więcej. Istotny jest fakt, że formy odporne na rdzę brunatną miały różne pochodzenie. Nie zamieszczono wykazu form o dużej odporności na rdzę żółtą, ponieważ w ostatnich latach obserwowano je sporadycznie i w tych warunkach nie dało się stwierdzić, które formy są rzeczywiście odporne na te choroby. Odmianą najodporniejszą na choroby kłosa okazała się francuska odmiana Bussard, wykazująca równocześnie wysoką odporność na porastanie. Do form o dobrej odporności należy zaliczyć także trzy kolejne — STH 348, Astron i MIB 204/92. Dwie pierwsze z nich są bardzo dobrymi źródłami jakości wypiekowej. Zasadniczo brak było form o dużej odporności na plamistość liści, jedynie ostatnio zarejestrowana w kraju, brytyjska odmiana Kris, wykazywała dość wysoki poziom tej cechy.

W tabeli 5 wyszczególniono formy o najlepszych parametrach podstawowych cech jakości technologicznej: zawartości białka w ziarnie i liczbie sedymentacji, ważnego wskaźnika wartości wypiekowej. Najwyższą zawartością białka charakteryzowały się dwie formy obce, ale na kolejnych pozycjach były w większości formy krajowe. Formy o najwyższej zawartości białka w ziarnie miały równocześnie najwyższą wartość wypiekową. Jednak, jako formy ościste, nie znajdują one szerszego zastosowania w programach krzyżowań. Natomiast bardzo często w tym celu wykorzystywane były i są inne odmiany i rody, kolejne z wymienionych wśród form o najwyższej liczbie sedymentacji. Trzeba zaznaczyć, że obecnie w kolekcji roboczej dysponujemy szeroką gamą genotypów o wysokiej liczbie sedymentacji zarówno krajowych, jak i zagranicznych, będących dobrymi źródłami jakości wypiekowej.

Tabela 5

Formy pszenicy ozimej o największej zawartości białka i o najwyższej liczbie sedymentacji
Winter wheat forms with the highest protein content and sedimentation value

Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Zawartość białka w ziarnie Grain protein content	Obiekt Object	Liczba obserwacji No. of observations	Liczba sedymentacji Sedimentation value
F 4141-W-1133	6	14,7	F 4141-W-1133	4	52,7
Renan	2	14,6	Renan	2	49,9
OZH 3019	10	14,1	Astron	24	49,3
STH 135	6	13,9	Club	24	48,2
Kontrast	2	13,9	STH 348	4	46,7
MOB 3508/93	10	13,9	LAD 480/93	4	46,2
Korweta	6	13,8	Zyta	12	46,0
STH 9055	10	13,8	Begra	35	45,9
NAD 4139/94	2	13,8	Bussard	4	45,4
OLH 1389	10	13,7	LAD 487/93	2	44,9
Srednia Mean		12,92			36,83

W tabeli 6 zamieszczono formy, które wykazują wysokie wartości kilku cech jednocześnie (przynajmniej trzech), wartości te wyróżniono pogrubioną czcionką.

Wartości pozostałych cech zostały podane w celu pełniejszej charakterystyki wyróżnionych form. Obiekty uszeregowano według liczby korzystnych cech. Największą liczbą (7) korzystnych cech wyróżniała się odmiana hodowli francuskiej — Renan. Jest to forma oścista, wczesna, o stosunkowo krótkim źdźble, najwyższej masie 1000 ziaren, dużej odporności na rdzę brunatną i porastanie oraz o wysokiej wartości technologicznej. Kolejne trzy formy — rumuński ród F 4141-W-1133 oraz dwie brytyjskie odmiany Hunter i Kris, łączyły po pięć korzystnych cech. Ród F 4141-W-1133 kłosił się najwcześniej, ponadto odznaczał się wysoką masą 1000 ziaren i najlepszą jakością technologiczną. Odmiana Hunter charakteryzowała się przede wszystkim bardzo dobrą odpornością na wyleganie i rdzę brunatną, natomiast Kris — wysoką plennością, dobrą odpornością na wyleganie i rdzę brunatną oraz największą wśród badanych odmian odpornością na plamistość liści.

Tabela 6

Formy pszenicy ozimej łączące kilka cech o wysokich parametrach
Winter wheat forms combining several valuable traits

Obiekt Object	Liczba korzystnych cech No. of valuable traits	Plon [dt/ha] Yield	Liczba dni No. of days		Wysokość roślin Plant height	Odporność na wyleganie Resistance to lodging	Odporność (polowa) na: Resistance (in field) to:	
			1.V.- kłoszenie to heading	1.V.- dojrzałość to maturity			mączniaka powdery mildew	rdzę brunatną brown rust
Renan	7	67,09	29,5	73,5	88	7,09	5,76	8,08
F 4141-W-1133	5	72,01	24,5	72,5	84	7,74	6,45	5,69
Hunter	5	79,13	35,6	78,7	78	8,22	7,11	8,32
Kris	5	83,23	36,1	79,0	79	8,09	6,80	8,08
Kontrast	4	69,49	28,3	71,5	94	8,09	7,02	4,19
NAD 141/92	4	83,79	29,5	75,5	101	6,09	6,99	5,88
Piko	4	82,07	35,0	80,9	98	8,11	6,55	7,97
STH 348	4	76,30	34,3	80,6	110	6,22	6,37	5,28
Zodiac	4	63,31	36,7	80,5	73	8,45	6,77	6,66
Zyta	4	78,99	33,8	79,5	109	6,68	6,16	6,26
BOA 492	3	78,93	33,1	78,2	101	5,41	6,55	7,88
Bussard	3	70,40	33,0	77,5	107	6,08	6,70	4,90
Haven	3	72,45	34,8	79,2	74	8,22	7,27	7,18
Kaja	3	80,94	33,6	79,0	110	5,27	6,47	5,81
OLH 1389	3	75,65	34,7	78,8	107	4,16	5,29	8,08
Rubens	3	78,86	27,9	74,9	85	7,15	7,80	7,72
SMH 4920	3	80,83	31,1	75,0	102	6,59	6,27	6,54
STH 135	3	72,03	30,7	75,9	94	6,30	7,33	5,69
STH 395	3	79,14	31,7	77,7	102	4,44	7,23	7,61
STH 9055	3	73,86	35,2	80,2	106	5,63	6,22	7,98
Srednia (62 obiekty) Mean (62 objects)		75,19	33,3	78,3	92,9	6,60	6,35	6,50
Współczynnik zmienności Coefficient of variability		6,43	6,78	2,61	9,03	17,36	9,97	15,15
Najwyższa wartość The highest value		84,75	36,7	82,1	110	8,47	8,02	8,32
Najniższa wartość The lowest value		63,31	24,5	71,5	72	3,09	5,16	4,19

c.d Tabela 6

Obiekt Object	Odporność (polowa) na: Resistance (in field) to:		Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	Masa ziaren z kłosa Grain weight per ear	Liczba ziaren z kłosa No. of grains per ear	Odporność na porastanie Resist. to sprouting	Zawartość białka Grain protein content	Liczba sedymantacji Sedimentation value
	plamistość liści leaf septoria	septorię kłosa ear septoria						
Renan	4,94	6,39	53,7	1,61	29	6,67	14,6	49,9
F 4141-W-1133	4,90	5,94	53,1	1,85	34	2,44	14,7	52,7
Hunter	6,72	5,72	42,8	2,01	48	2,36	12,5	24,5
Kris	7,27	6,39	44,4	1,88	42	4,44	12,2	32,9
Kontrast	5,61	6,64	42,8	2,01	44	-	13,9	38,4
NAD 141/92	5,94	6,39	43,9	2,61	54	2,44	13,4	30,5
Piko	7,02	7,09	41,2	1,93	45	2,41	12,6	37,1
STH 348	6,34	7,39	49,7	2,25	42	3,83	13,6	46,7
Zodiac	6,49	5,80	38,4	1,92	50	7,17	12,4	28,2
Zyta	7,05	7,20	48,5	2,10	41	2,64	13,6	46,0
BOA 492	5,95	6,70	47,2	2,33	48	2,83	12,2	20,9
Bussard	5,53	7,57	42,3	1,92	45	6,60	12,7	45,4
Haven	6,54	5,74	44,3	2,18	47	2,44	12,7	30,2
Kaja	6,81	7,23	48,7	2,18	42	2,64	13,6	32,7
OLH 1389	6,83	7,21	49,7	2,01	38	2,83	13,7	42,6
Rubens	6,04	5,62	38,5	1,84	45	-	12,6	35,2
SMH 4920	6,27	6,64	45,2	2,26	49	3,78	13,5	27,9
STH 135	4,85	6,50	41,5	2,03	47	6,91	13,9	42,9
STH 395	6,53	6,77	43,4	2,17	48	3,38	13,4	31,9
STH 9055	7,05	6,29	44,4	1,92	43	6,60	13,8	37,5
Średnia (62 obiekty) Mean value (62 objects)	6,23	6,64	44,41	2,02	43,9	3,57	12,92	36,83
Współczynnik. zmienności Coefficient of variability	9,10	7,68	7,45	9,18	9,30	41,62	5,59	20,72
Najwyższa wartość The highest value	7,27	7,57	53,7	2,61	54	7,17	14,7	52,7
Najniższa wartość The lowest value	4,70	5,44	38,9	1,61	29	2,36	10,9	20,9

Uwaga: korzystne wartości poszczególnych cech wyróżniono tłustym drukiem
 Attention: the best trait values are typed in bold characters

Kolejnych sześć form łączyły cztery korzystne cechy, a dalszych dziesięć po trzy korzystne cechy. Wśród nich większość stanowiły odmiany i rasy hodowli krajowej. Na uwagę zasługują NAD 141/92 — ród o najwyższym plonie, liczbie i masie ziaren z kłosa, Zodiac — odmiana o największej odporności na porastanie i wysokiej odporności na wyleganie, Bussard — najodporniejsza na choroby kłosa i o dużej odporności na porastanie, a także, nie wymieniony w tabeli 6, ród SZD 3878 o największej wśród badanych obiektów odporności na mączniaka i na wyleganie. Warto także zwrócić uwagę na formy o dużej równoczesnej odporności na mączniaka i rdzę brunatną. Poza wymienioną już odmianą Hunter, cechy te łączyły ponadto Rubens, Haven i STH 395. Natomiast dwie krajowe

formy, Zyta i STH 348, charakteryzowały się wysoką jakością wypiekową, połączoną z dobrymi parametrami plonowania.

WNIOSKI

1. Odmiany i rody zgromadzone w kolekcji roboczej pszenicy ozimej mogą być dobrymi donorami większości cech użytkowych. Dotyczy to zwłaszcza plonu i jego parametrów, wczesności, odporności na wyleganie i na rdzę brunatną oraz jakości wypiekowej, wyrażonej wskaźnikiem sedimentacji. Szczególnie cenne są te formy, (około 1/3 badanych), które łączą w sobie kilka cech o wysokich wartościach.
2. Nieliczne są źródła takich cech, jak: odporność na mączniaka i choroby kłosa, odporność na porastanie i zawartość białka, a więc istnieje potrzeba poszukiwania dalszych form, charakteryzujących się wysokimi parametrami tych cech.
3. Szczególnie pilna jest potrzeba poszukiwania bądź nawet wytwarzania genotypów o bardzo dobrej mrozoodporności i odporności na plamistości liści.

LITERATURA

- Gut M., Struś M., Mazurkiewicz B. 1997. Odporność na porastanie a cechy struktury plonu form pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) zgromadzonych w kolekcji roboczej. Biul. IHAR, 204: 67 — 73.
- Mazurkiewicz B., Struś M. 1997. Kolekcje robocze pszenicy ozimej jako czynnik postępu hodowlanego. Biul. IHAR, 204: 81 — 87.
- Mazurkiewicz B., Wojas T. 1999. Zimotrwałość krajowych i zagranicznych form pszenicy z kolekcji roboczej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin. Biul. IHAR, 211: 29 — 34.
- Węgrzyn S., Mazurkiewicz B., Kuc I. 1992. Zmienność wybranych cech odmian z kolekcji pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 181/182: 23 — 30.

DANUTA MIAZGA**ANTHONY J. WORLAND**¹**KRZYSZTOF KOWALCZYK****MARIA CHRZĄSTEK****EDYTA PACZOS**

Instytut Genetyki i Hodowli Roślin

Akademia Rolnicza, Lublin

¹John Innes Centre, Norwich, Anglia

Pleiotropowe efekty genu *Ppd1* na plon i jego komponenty w liniach rekombinacyjnych pszenicy zwyczajnej

Pleiotropic effects of *Ppd1* gene on yield and its components in recombinant lines of common wheat

W pracy badano pleiotropowe efekty genów *Ppd1* na plon i jego komponenty w liniach rekombinacyjnych: Avalon (Mara 2D), Avalon (Ciano 2D), Brigand (Mara 2D), Brimstone (Mara 2D), Brimstone (Ciano 2D), Mercia (Mara 2D), Norman (Mara 2D), Rendezvous (Mara 2D) oraz w odmianach Avalon, Brigand, Brimstone, Mercia, Norman i Rendezvous. Doświadczenie przeprowadzono w latach (1997/98, 1998/99) w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach. Każdego roku wysiewano siewnikiem poletkowym około 550 kiełkujących ziarniaków na 1 m² na poletka o powierzchni 5m² w czterech powtórzeniach. Analizowano liczbę dni od 1 maja do pełni kłoszenia, wysokość roślin, liczbę kłosek w kłosie, liczbę ziarniaków w kłosie, ciężar ziarniaków z kłosa, masę 1000 ziarniaków, płodność kłoska i plon ziarna z poletka.

W dwuletnich badaniach linie rekombinacyjne z genami *Ppd1* kłosiły się istotnie wcześniej niż odmiany kontrolne. Wartość niektórych komponentów plonu analizowanych form zależała głównie od roku i w mniejszym stopniu od linii.

Słowa kluczowe: geny niewrażliwości na długość dnia (*Ppd1*), komponenty plonu, linie rekombinacyjne, pszenica zwyczajna

Pleiotropic effects of the *Ppd1* genes on yield and its components were investigated using homozygous recombinant lines: Avalon (Mara 2D), Avalon (Ciano 2D), Brigand (Mara 2D), Brimstone (Mara 2D), Brimstone (Ciano 2D), Mercia (Mara 2D), Norman (Mara 2D), Rendezvous (Mara 2D) and parental cultivars Avalon, Brigand, Brimstone, Mercia, Norman and Rendezvous. Experiments were carried out over two seasons (1997/1998, 1998/1999) in the experimental farm in Czesławice. Every year about 550 germinated kernels per m² were machine-sown on 5 m² plots in four replicates. Number of days from May 1st until full ear emergence, plant height, number of spikelets per spike, number of grains per ear, weight of grains in ear, 1000 grain weight, spikelet fertility and plot yield were analyzed.

During two seasons the recombinant lines with the *Ppd1* gene showed accelerated ear emergence. The differences between the analyzed recombinant lines and their control (cultivars with the *Ppd1* gene) were significant. Value of some yield components depended mainly on a year and to a lower degree, on recombinant lines.

Key words: day length insensitivity genes (*Ppd1*), yield components, recombinant lines, common wheat

WSTĘP

Długość dnia jest jednym z głównych czynników wpływających na szybkość rozwoju pszenicy. W warunkach tropikalnych u pszenicy jarej długość okresu wegetacyjnego wynosi około 10 tygodni, a u fotoperiodycznie wrażliwej pszenicy ozimej w chłodnym klimacie europejskim rozszerzony jest prawie do całego roku. (Worland i in., 1993).

Genetyczna kontrola niewrażliwości na fotoperiod jest uwarunkowana przez wiele genów znajdujących się na różnych chromosomach. Największy wpływ na ekspresję tej cechy mają geny *Ppd1*, *Ppd2* i *Ppd3* zlokalizowane na chromosomach 2 grupy homeologicznej (2D, 2B i 2A odpowiednio) (Welsh i in., 1973; Law i in., 1978; Scarth i Law, 1984). Ponadto geny zlokalizowane na innych chromosomach z pierwszej i szóstej grupy homeologicznej (Law, 1998) oraz na 3D (Miura i Worland, 1994), 4B (Halloran i Boydell, 1967) wpływają również na termin kłoszenia.

Aby dokładnie określić efekty genów *Ppd1* w John Innes Centre w Anglii wyprowadzono serię homozygotycznych rekombinacyjnych linii Cappelle-Desprez (Mara 2D) (Worland i in., 1988). Linie te badano w kilku krajach: w Anglii (Worland i in., 1988), Jugosławii (Worland i in., 1988, 1990), Niemczech (Worland i in., 1991; Börner i in., 1993) i Polsce (Miazga i in., 1993, 1995). Miazga i wsp. (1993) stwierdzili, że w warunkach Polski geny *Ppd1* wpływały na przyspieszenie kłoszenia, redukowały wysokość roślin oraz niektóre elementy plonu. Na podstawie badań przeprowadzonych w tych krajach nad serią linii rekombinacyjnych Cappelle-Desprez (Mara 2D) wynika, że plejotropowe efekty genu *Ppd1* na termin kłoszenia i kwitnienia oraz inne elementy plonu zależą również od warunków środowiska (Börner i in., 1993; Worland i in., 1993).

W celu sprawdzenia, czy działanie tego genu zależy także od tła genetycznego (odmiany biorcy) oraz źródła jego pochodzenia (odmiany dawcy) w John Innes Centre otrzymano serię linii rekombinacyjnych odmian: Avalon, Brigand, Brimstone, Mercia, Norman i Rendezvous, do których podstawiono chromosom 2D zawierający gen *Ppd1* odmian Mara i Ciano. Linie te są obecnie badane w Anglii i w Polsce.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem pracy było osiem linii rekombinacyjnych: Avalon (Mara 2D), Avalon (Ciano 2D), Brigand (Mara 2D), Brimstone (Mara 2D), Brimstone (Ciano 2D), Mercia (Mara 2D), Norman (Mara 2D), Rendezvous (Mara 2D) oraz odmiany kontrolne: Avalon, Brigand, Brimstone, Mercia, Norman i Rendezvous.

Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach w latach 1997/1998 i 1998/1999.

Przedplonem była fasola szparagowa. Ziarniaki wysiewano siewnikiem poletkowym na poletka o powierzchni 5 m². Na 1 m² wysiewano ok. 550 kiełkujących ziarniaków. Termin siewu oraz nawożenie było typowe dla pszenicy.

W okresie wzrostu i rozwoju roślin określono datę kłoszenia i na jej podstawie wyliczono liczbę dni, jaka upłynęła od 1 maja do pełni tej fazy. Do szczegółowej analizy zbierano po 20 roślin z każdego poletka w fazie dojrzałości pełnej. Analizowano następujące cechy: wysokość roślin, liczbę kłosek w kłosie głównym, liczbę ziarniaków w kłosie głównym, masę ziarniaków z kłosa głównego. Na podstawie uzyskanych wyników wyliczono płodność kłosa, masę 1000 ziarniaków. Linie rekombinacyjne oraz odmiany kontrolne zebrano kombajnem poletkowym Seedmaster Universal w celu określenia plonu ziarna z poletka, który przedstawiono w t/ha.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie. Analizę wariancji przeprowadzono dla każdego roku oddzielnie wykorzystując test F-Snedecora. W celu stwierdzenia istotności różnic pomiędzy obiektami zastosowano przedziały ufności Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że gen *Ppd1* wpływał na przyspieszenie terminu kłoszenia. We wszystkich kombinacjach stwierdzono istotną różnicę pomiędzy liniami rekombinacyjnymi a odmianami kontrolnymi w liczbie dni od 1 maja do pełni kłoszenia. Porównując linie Avalon (Mara 2D), Avalon (Ciano 2D), Brimstone (Mara 2D) i Brimstone (Ciano 2D) wykazano, że w dwuletnich badaniach nieznacznie bardziej wpływał na przyspieszenie terminu kłoszenia gen *Ppd1* wprowadzony od odmiany Mara. Różnice te jednak były niewielkie (tab. 1). Worland i wsp. (1998) analizowali linie rekombinacyjne Cappelle-Desprez, do których podstawiono allele *Ppd1* z odmian Mara i Ciano. Autorzy wykazali, że geny *Ppd1* pochodzące od odmiany Ciano bardziej przyspieszały termin kłoszenia, chociaż różnice były niewielkie. We wcześniejszych badaniach przeprowadzonych w Polsce nad liniami rekombinacyjnymi Cappelle-Desprez (Mara 2D) również wykazano, że formy z genami *Ppd1* kłosiły się istotnie wcześniej niż odmiana kontrolna (Miazga i in., 1993, 1995). Taką samą zależność stwierdziło wielu autorów na podstawie doświadczeń przeprowadzonych nad liniami rekombinacyjnymi, substytucyjnymi, monosomicznymi i odmianami z genami *Ppd1* w porównaniu do form z allelami *ppd1* (wrażliwe na długość dnia) (Worland i Law, 1986; Petrović i Worland, 1988; Worland i in., 1988; Worland i in., 1990; Börner i in., 1993; Stelmakh, 1998).

Pomiędzy badanymi liniami rekombinacyjnymi i odmianami kontrolnymi nie stwierdzono istotnych różnic w wysokości roślin (tab. 1). Tylko linie Mercia (Mara 2D) były nieco krótsze niż kontrola (odmiana Mercia). Natomiast pozostałe linie rekombinacyjne były nieco wyższe w porównaniu do odmian kontrolnych. Miazga i wsp. (1993, 1995) analizowali linie rekombinacyjne Cappelle-Desprez (Mara 2D) i wykazali, że geny *Ppd1* wpływały na redukcję wysokości roślin. Także Börner i wsp. (1993) badali w Niemczech linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) i wykazali, że gen *Ppd1* wpływał na redukcję wysokości roślin. Poziom redukcji zależał od roku badań i wynosił od 1,86 cm w

1990 roku do 6,18 cm w 1991 roku. Z naszych badań przeprowadzonych nad liniami rekombinacyjnymi różnych odmian wynika, że wysokość roślin linii z genami *Ppd1* zależy w dużym stopniu od roku badań (tab. 1).

Tabela 1

**Pleiotropowe efekty genów *Ppd1* w liniach rekombinacyjnych pszenicy na plon i jego komponenty
(Czesławice 1998/1999)**
**Pleiotropic effects of *Ppd1* genes in recombinant lines of wheat on yield and its components
(Czesławice 1998/1999)**

Linia rekombinacyjna Recombinant lines	Liczba dni od 1V do kłoszenia Number of days from 1V to heading		Wysokość roślin Plant height (cm)		Liczba kłosek w kłosie głównym Number of spikelets in main spike		Liczba ziaren w kłosie głównym Number of grains in main spike		Ciężar ziaren z kłosa głównego Weight of grains in main spike (g)		Płodność kłosa Fertility of spikelets		Masa 1000 ziarniaków Weight of 1000 grains (g)		Plon z poletka Plot yield (t/ha)	
Rok Year	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Avalon (Mara 2D)	29,0*	32,7*	72,3	84,0	20,6	14,9	52,7	35,9*	2,02	1,63*	2,56	2,39*	37,9	45,6	6,43*	5,94*
Avalon (Ciano 2D)	30,3*	33,0*	68,8	83,1	20,1	17,3	55,4	29,0	1,90	1,16	2,76*	1,66	34,6	41,5	8,38*	5,36*
Brigand (Mara 2D)	35,3	37,5	68,8	79,3	22,1	16,0	48,3	26,1	1,72	1,06	2,20	1,64	35,1	41,3	5,45	4,11
Brigand (Ciano 2D)	32,5*	33,5*	66,2	79,2	17,9*	17,5*	54,6*	30,4	1,53	1,27	3,02*	1,72	26,5	42,5	4,03*	5,30
Brimstone (Mara 2D)	37,0	38,2	65,4	80,7	20,2	15,0	45,1	31,2	1,41	1,45	2,37	2,09	35,8	46,3	7,80	5,74
Brimstone (Ciano 2D)	28,3*	32,5*	71,6	83,6	19,5*	16,0	53,4*	23,9	1,63	1,11	2,74*	1,51	30,1	45,3	7,83*	5,54*
Mercia (Mara 2D)	29,0*	33,0*	71,7	81,1	18,2*	16,5	51,3*	27,1	2,15*	1,25	2,80*	1,68	42,4	46,3	6,68	5,86*
Mercia (Ciano 2D)	31,8	36,5	68,9	78,1	22,0	16,8	34,0	30,4	1,25	1,24	1,54	1,81	37,0	41,7	6,25	4,51
Norman (Mara 2D)	29,3*	33,7*	76,5	77,4	20,2	17,0	47,7	30,1	1,56	1,13	2,38	1,76	32,7	37,5*	7,30	5,98*
Norman (Ciano 2D)	37,3	38,2	79,7	79,6	20,9	17,7	45,2	24,5	1,50	1,13	2,17	1,38	33,7	46,8	6,86	4,34
Randevous (Mara 2D)	27,8*	33,5*	74,1	81,9	18,4	16,6	41,7	28,3	1,83	1,29*	2,29	1,71	43,8	46,1*	7,33*	5,85
Randevous (Ciano 2D)	36,0	37,0	72,9	78,8	19,8	17,1	42,8	21,9	1,48	0,87	2,14	1,28	35,8	40,0	6,24	6,17
Randevous (Mara 2D)	32,5*	33,0*	66,2	87,8	20,2	16,0	46,7	28,8	1,54	1,18	2,33	1,81	33,0	41,6	3,72*	5,61*
Randevous (Ciano 2D)	36,5	36,2	59,9	84,3	20,0	15,1	48,5	24,6	1,32	1,12	2,43	1,66	26,7	45,6	2,72	6,73

* — Istotne różnice pomiędzy linią i odmianą kontrolną przy $p = 0,05$

* — Significant differences between a line and its control variety at $p = 0,05$

Analizując liczbę kłosek w kłosie głównym w liniach rekombinacyjnych w porównaniu z kontrolą istotne różnice stwierdzono tylko w dwóch kombinacjach. W pierwszym roku badań linie Brigand (Mara 2D) wytworzyły istotnie mniej kłosek w kłosie głównym niż odmiana kontrolna, natomiast w drugim istotnie więcej (tab. 1). W porównaniu do odmiany Brimstone istotnie więcej kłosek w kłosie głównym wytworzyły linie Brimstone (Mara 2D) i Brimstone (Ciano 2D) w pierwszym roku badań,

natomiast w drugim wartości tej cechy były zbliżone. Z przeprowadzonych badań wynika, że liczba kłosek w kłosie głównym zależy w dużym stopniu od roku badań. Podobne zależności wykazali wcześniej w liniach rekombinacyjnych Cappelle-Desprez Börner i wsp. (1993), Miazga i wsp. (1993) oraz Worland i wsp. (1998).

Istotnie więcej ziarniaków w kłosie w porównaniu do kontroli zawiązały linie Avalon (Mara 2D) w 1999 r. oraz Brigand (Mara 2D), Brimstone (Mara 2D) i Brimstone (Ciano 2D) w pierwszym roku badań. Worland i wsp. (1998) badali linie Cappelle-Desprez z podstawionymi genami *Ppd1* z odmian Mara i Ciano w Anglii i w Niemczech. Autorzy wykazali, że linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) w obu krajach zawiązywały więcej ziarniaków w kłosie. Natomiast w liniach rekombinacyjnych Cappelle-Desprez (Ciano 2D) w Anglii stwierdzili wyższą, a Niemczech niższą wartość tej cechy niż u form kontrolnych.

W dwuletnich badaniach analizowane linie rekombinacyjne z genami *Ppd1* charakteryzowały się wyższym ciężarem ziarniaków z kłosa w porównaniu do kontroli, z wyjątkiem serii Brigand i Brimstone w drugim roku badań. Istotnie wyższą wartość tej cechy stwierdzono w liniach Brimstone (Ciano 2D) w 1998 roku oraz Avalon (Mara 2D) i Norman (Mara 2D) w 1999 roku. Worland i wsp. (1998) stwierdzili, że w Niemczech wartość tej cechy była wyższa, ale tylko w liniach rekombinacyjnych Cappelle-Desprez (Mara 2D).

W pierwszym roku badań wszystkie linie rekombinacyjne z genami *Ppd1* posiadały wyższą płodność kłosa w porównaniu do form z allelami *ppd1* (z wyjątkiem Rendezvous (Mara 2D)). Natomiast w drugim roku tylko w liniach Brigand (Mara 2D), Brimstone (Mara 2D) i Brimstone (Ciano 2D) wartości tej cechy były niższe w porównaniu do odmian kontrolnych, ale różnice nie były istotne. Natomiast istotnie wyższą płodność kłosa stwierdzono w liniach Avalon (Ciano 2D), Brigand (Mara 2D), Brimstone (Mara 2D) i Brimstone (Ciano 2D) w pierwszym roku badań oraz w Avalon (Mara 2D) w drugim (tab. 1). Worland i wsp. (1998) analizowali efekty pleiotropowe genów *Ppd1* w liniach rekombinacyjnych Cappelle-Desprez (Mara 2D) i Cappelle-Desprez (Ciano 2D). Autorzy wykazali, że badane linie z genami *Ppd1* w Anglii charakteryzowały się wyższą płodnością kłosa. W Niemczech natomiast linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) miały wyższą a Cappelle-Desprez (Ciano 2D) nieznacznie niższą wartość tej cechy niż formy kontrolne.

Masa 1000 ziarniaków w analizowanych formach zależała głównie od roku badań oraz w mniejszym stopniu od linii. Wyższe wartości tej cechy stwierdzono w 1999 roku. W drugim roku badań w porównaniu do form kontrolnych istotnie wyższą masę 1000 ziarniaków stwierdzono w linii Norman (Mara 2D), a istotnie niższą w Mercia (Mara 2D). Worland i wsp. (1998) wykazali niekorzystne efekty pleiotropowe genów *Ppd1* pochodzących z odmian Mara i Ciano na wartość tej cechy w Anglii. Natomiast w Niemczech linie Cappelle-Desprez (Mara 2D) z genami *Ppd1* miały niższą, a Cappelle-Desprez (Ciano 2D) wyższą wartość tej cechy niż u form kontrolnych.

Plon ziarna z poletka był zróżnicowany w zależności od roku badań i linii. Istotnie niższy plon ziarna z poletka stwierdzono w linii Brigand (Mara 2D) w 1998 roku oraz Rendezvous (Mara 2D) w 1999 roku. Istotnie wyższą wartość tej cechy w obu latach badań stwierdzono w liniach Avalon (Mara 2D), Avalon (Ciano 2D) i Brimstone (Mara 2D). We wcześniejszych badaniach Miazga i wsp. (1993) w warunkach Polski wykazali

niekorzystne efekty genów *Ppd1* na plon ziarna z poletka w liniach rekombinacyjnych Cappelle-Desprez (Mara 2D). Natomiast Börner i wsp. (1993) stwierdzili zróżnicowaną wartość tej cechy w zależności od roku badań.

WNIOSKI

1. W analizowanych liniach rekombinacyjnych geny *Ppd1* wpływały na przyspieszenie terminu kłoszenia.
2. Na podstawie dwuletnich badań stwierdzono, że wartość niektórych komponentów plonu analizowanych form zależała głównie od roku oraz w mniejszym stopniu od genotypu.

LITERATURA

- Börner A., Worland A. J., Plaschke J., Schumann E., Law C. N. 1993. Pleiotropic effects of genes for reduced height (*Rht*) and day-length insensitivity (*Ppd*) on yield and its components for wheat grown in Middle Europe. *Plant Breeding* 111: 204 — 216.
- Halloran G. M., Boyde C. W. 1967. Wheat chromosomes with genes for photoperiodic response. *Canad J Genet Cytol.* 9: 394 — 398.
- Law C. N. 1998. Genetic control of flowering in wheat — a personal view. *Proc of the 10th EWAC Conference*, Viterbo, Italy, *EWAC Newsletter* 46 — 52.
- Law C. N., Sutka J., Worland A. J. 1978. A genetic study of day-length response in wheat. *Heredity* 41: 185 — 191.
- Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K. 1993. Pleiotropowe efekty genów *Ppd1* i *Rht8* na chromosomie 2D pszenicy zwyczajnej. *Zesz. Probl. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LVIII*, 223: 223 — 228.
- Miazga D., Worland A. J., Kowalczyk K. 1995. Pleiotropic effects of *Rht* and *Ppd* genes on yield and its components in Poland. *Proc of the 9th EWAC Conference*, Gatersleben-Wernigerode, Germany, *EWAC Newsletter* 161 — 162.
- Miura H., Worland A. J. 1994. Genetic control of vernalisation and day length responses and earliness per se by the homeologous group 3 chromosomes in wheat. *Plant Breeding* 113: 160 — 169.
- Petrović S., Worland A. J. 1988. The use of reciprocal monosomic analysis to detect variation between certain chromosomes of the wheat varieties Bersée and Sava. *Proc. of the 7th Int. Wheat Genet. Symp.* Cambridge, England: 629 — 633.
- Scarff R., Law C. N. 1984. The control of the day-length response in wheat by the group 2 chromosomes. *Z. Pflanzenzüchtg.* 92: 140 — 150.
- Stelmakh A. F. 1998. Genetic system regulating flowering response in wheat. *Euphytica* 100: 359 — 369.
- Welsh J. R., Keim D. L., Pirasteh B., Richarda R. D. 1973. Genetic control of photoperiod response in wheat. *Proc. of 4th Int. Wheat Genet. Symp.*, Missouri, USA: 879 — 884.
- Worland A. J., Börner A., Petrović S. 1991. Co-operative on climatic adaptability of dwarfing genes. *EWAC Workshop*, Cordoba, Spain: 1 — 5.
- Worland A. J., Law C. N. 1986. Genetic analysis of chromosome 2D of wheat. *Z. Pflanzenzüchtg.* 96: 331 — 345.
- Worland A. J., Law C. N., Petrović S. 1988. Pleiotropic effects of the chromosome 2D genes *Ppd1*, *Rht8* and *Yr16*. *Proc. of the 7th Int. Wheat Genet. Symp.* Cambridge, England: 669 — 674.
- Worland A. J., Law C. N., Petrović S. 1990. Height reducing genes and their importance to Yugoslavian winter varieties. "Savremena Poljoprivreda", *Zbornik*, 38 (3/4): 245 — 257.
- Worland A. J., Law C. N., Börner A., Petrović S. 1993. The utilization of photoperiodic response genes in breeding winter wheat varieties adapted to specific European ecoclimatic conditions. *Proc. of the 8th Int. Wheat Genet. Symp.*, Beijing, China: 1055 — 1060.

Worland A. J., Börner A., Korzun V., Li W. M., Petrović S., Sayers E. J. 1998. The influence of photoperiodic genes on the adaptability of European winter wheats. *Euphytica*, 100: 385 — 394.

MIROSŁAW TYRKA
GRAŻYNA STEFANOWSKA
Instytut Genetyki i Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza, Lublin

Ocena zróżnicowania cech plonotwórczych mieszańców *Aegilops juvenalis* i *Aegilops ventricosa* z pszenicą

Estimation of diversity of yield forming traits in hybrids of *Aegilops juvenalis* and *Aegilops ventricosa* with wheat

W pracy oceniono rody mieszańcowe uzyskane w wyniku krzyżowań *Aegilops ventricosa* i *Aegilops juvenalis* z pszenicą zwyczajną i twardą oraz formy rodzicielskie pod kątem zmienności cech plonotwórczych przy wykorzystaniu metody kanonicznej oraz skupień. Ocenę przeprowadzono w celu wyselekcjonowania form, które mogłyby zostać wykorzystane jako materiał wyjściowy w programach hodowlanych pszenicy zwyczajnej. Uzyskane wyniki świadczą o tym, że badane mieszańce cechują się wysokim zróżnicowaniem cech plonotwórczych i mogą stanowić cenny materiał wyjściowy w hodowli pszenicy zwyczajnej. Potwierdzono ponadto użyteczność analizy skupień do selekcji rodów o odmiennej charakterystyce plonotwórczej oraz wytypowano rody o korzystnych cechach plonotwórczych.

Słowa kluczowe: *Aegilops juvenalis*, *Aegilops ventricosa*, cechy plonotwórcze, metoda skupień, *Triticum aestivum*, *Triticum durum*,

Hybrids resulted from crosses of *Aegilops ventricosa* and *Aegilops juvenalis* with common and durum wheats were estimated for diversity of yield affecting traits along with parental forms by canonical and cluster analyses. Evaluation was performed with the purpose of selecting forms promising as a starting material in common wheat breeding programmes. The obtained results evidence high diversity of yield affecting traits in the analysed hybrids and confirm their value as starting materials in breeding of common wheat. We also confirmed the usefulness of cluster analysis in selection of strains showing different yield characteristics and strains showing advantageous yield affecting traits were chosen.

Key words: *Aegilops juvenalis*, *Aegilops ventricosa*, cluster analysis, *Triticum aestivum*, *Triticum durum*, yield-affecting traits

WSTĘP

Wysokie zróżnicowanie materiału wyjściowego jest jednym z podstawowych warunków uzyskania zamierzonych efektów hodowlanych. Zmienność pomiędzy różnymi

odmianami, liniami lub rodami hodowlanymi pszenicy można badać w oparciu o cechy morfologiczne (Jain i in., 1975; van Bueningen i Busch, 1997) i ilościowe (Jaradat, 1991; Spagnoletti-Zeuli i Qualset, 1987), odporność na choroby (Arseniuk i in., 1995), bądź też wykorzystując markery biochemiczne (Cox i in., 1985, 1988). Do oceny zróżnicowania pomiędzy odmianami pszenicy stosowano również markery DNA typu: RFLP (Kim i Ward, 1997), RAPD (Chanderasekhar i Nguyen, 1993), STS-PCR (Chen i in., 1994), AFLP (Barret i Kidwell, 1998) i SSR (Bryan i in., 1997), a dwie ostatnie techniki nabierają ostatnio największego znaczenia.

Jednym ze sposobów wzbogacania zawężonej puli genowej w nowych odmianach pszenicy zwyczajnej są krzyżowania oddalone. Były one zwykle wykorzystywane do wprowadzania genów odporności na czynniki biotyczne i abiotyczne zidentyfikowanych wcześniej u dzikich krewnych. Innym zastosowaniem krzyżowań oddalonych może być poprawa niektórych cech plonotwórczych pszenicy zwyczajnej.

Celem przeprowadzonej analizy była ocena rodów mieszańcowych pszenicy uzyskanych w następstwie krzyżowań *Aegilops ventricosa* i *Aegilops juvenalis* z pszenicą zwyczajną i twardą oraz form rodzicielskich pod kątem zmienności cech plonotwórczych przy wykorzystaniu metody kanonicznej oraz skupień. Ocenę przeprowadzono w celu wyselekcjonowania form, które mogłyby zostać wykorzystane jako materiał wyjściowy w programach hodowlanych pszenicy zwyczajnej.

MATERIAŁ I METODY

Przedmiotem badań były rody mieszańcowe pszenicy oraz formy wyjściowe (tab. 1). Doświadczenie założono w Gospodarstwie Doświadczalnym Czesławice k/Lublina. W latach 1996–1998 oceniano łącznie 17 cech plonotwórczych, 4 fazy fenologiczne oraz porażenie przez 6 chorób grzybowych (*Erysiphe graminis*, *Puccinia tritici*, *Puccinia graminis*, *Stagonospora* (= *Septoria*) *nodorum*, *Fusarium nivale*) w warunkach polowych zgodnie z Instrukcją COBORU (1978). W oparciu o wstępną analizę wpływu cech na całkowitą zmienność, do wyliczeń wytypowano 12 cech (tab. 2). Cechy plonotwórcze oceniano na różnej (15–30) liczbie roślin losowanych z każdej formy. Zbitość kłosa określano jako iloraz liczby kłosek — 1 do długości osadki kłosowej (dm), a płodność kłosa liczono jako stosunek liczby ziarniaków z kłosa głównego do liczby kłosek.

Do oceny zmienności wyżej wymienionych cech zastosowano metodę kanoniczną oraz skupień. Z uwagi na wczesne pokolenia analizowanych mieszańców oraz trwającą selekcję, analizę statystyczną wykonano dla poszczególnych lat. Średnie wartości analizowanych cech uzyskane dla poszczególnych rodów i odmian były standaryzowane poprzez odjęcie od nich średniej ogólnej i podzielenie przez odchylenie standardowe. Na podstawie standaryzowanych średnich obliczono wzajemne korelacje cech oraz odległości Euklidesowe pomiędzy poszczególnymi formami. Analizowane mieszańce i odmiany grupowano w skupienia po zastosowaniu metody średnich połączeń (UPGMA) z wykorzystaniem programu NTSYS-pc wersja 2,0 (Rohlf, 1993). Wyniki przedstawiono w tabelach 2–5 oraz na rysunkach 1–3.

Tabela 1

Pochodzenie rodów mieszańcowych pszenicy (1997/1998) oraz gatunki i odmiany rodzicielskie
Derivation of hybrid strains (1997/1998) and parental forms

Forma Form	Symbol Symbol
F ₆ *(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Lanca</i>	VGL
F ₅ [(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Lanca</i>] × <i>Lanca</i>	VGLL
F ₅ [(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Panda</i>] × <i>Panda</i>	VGPP
F ₄ [(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Panda</i>] × <i>Panda</i>	VGPPP
F ₅ [(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Panda</i>] × <i>Begra</i>	VGPB
F ₄ [(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Panda</i>] × <i>Begra</i>	VGPPB
F ₅ [(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Panda</i>] × <i>Arda</i>	VGPA
F ₄ [(<i>Ae. ventricosa</i> × <i>Grandur</i>) × <i>Panda</i>] × <i>Arda</i>	VGPA A
F ₅ (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × <i>Panda</i>	JCP
F ₄ [(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × <i>Panda</i>] × CZR 1406	JCPC
F ₄ [(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406] × <i>Panda</i> × CZR 1406	JCCPC
F ₅ (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × <i>Begra</i>	JCB
F ₄ [(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × <i>Begra</i>] × <i>Begra</i>	JCBB
F ₄ [(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × <i>Begra</i>] × CZR 1406	JCBC
F ₆ (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406	JCC
F ₄ [(<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406] × CZR 1406	JCCC
<i>Triticum aestivum</i> L. cv. <i>Lanca</i>	<i>Lanca</i>
<i>Triticum aestivum</i> L. cv. <i>Panda</i>	<i>Panda</i>
<i>Triticum aestivum</i> L. cv. <i>Begra</i>	<i>Begra</i>
<i>Triticum aestivum</i> L. cv. <i>Arda</i>	<i>Arda</i>
<i>Triticum aestivum</i> L. CZR 1406	CZR1406
<i>Aegilops juvenalis</i> Thell. Eig.	<i>Ae. juvenalis</i>
<i>Aegilops ventricosa</i> Tausch.	<i>Ae. ventricosa</i>
<i>Triticum durum</i> Desf. cv. <i>Grandur</i>	<i>Grandur</i>

*Pokolenie od momentu ostatniego krzyżowania

*Generation since the last cross

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki analizy kanonicznej (tab. 2) pokazują, że 3 składowe główne wyjaśniały 61,9%, 71,3% i 71,7% całkowitej zmienności obserwowanej odpowiednio w latach 1996–1998. Największy wpływ na wartość pierwszej zmiennej kanonicznej (pow. 0,75) miały: liczba oraz masa ziarniaków z rośliny i kłosa głównego jak również płodność kłosa. Wymienione cechy najlepiej różnicowały materiał roślinny bez względu na rok badań i były wysoko dodatnio skorelowane ($p < 0,05$) we wszystkich latach badań. Mniejszy wpływ na wartość pierwszej składowej głównej miała długość pędu oraz krzewienie produkcyjne.

Drugie zmienne kanoniczne wyjaśniały 23,3%, 17,1% i 31,9% zmienności pomiędzy analizowanymi materiałami w latach 1996–1998, odpowiednio. Największy wpływ na te wartości miały: przezimowanie, masa tysiąca ziarniaków oraz liczba dni do kłoszenia. Mniejszy wpływ na obserwowane zróżnicowanie miały: zbitość kłosa oraz porażenie przez rdzę brunatną.

Zbitość kłosa miała zróżnicowany wpływ na obserwowaną zmienność cech plonotwórczych, kształtując w kolejnych latach wartości 2, 3 i 1 zmiennej kanonicznej. Podobnie porażenie przez rdzę brunatną różnicowało analizowany materiał głównie w latach 1997 i 1998, wpływając odpowiednio na wartości 1 i 3 zmiennej kanonicznej.

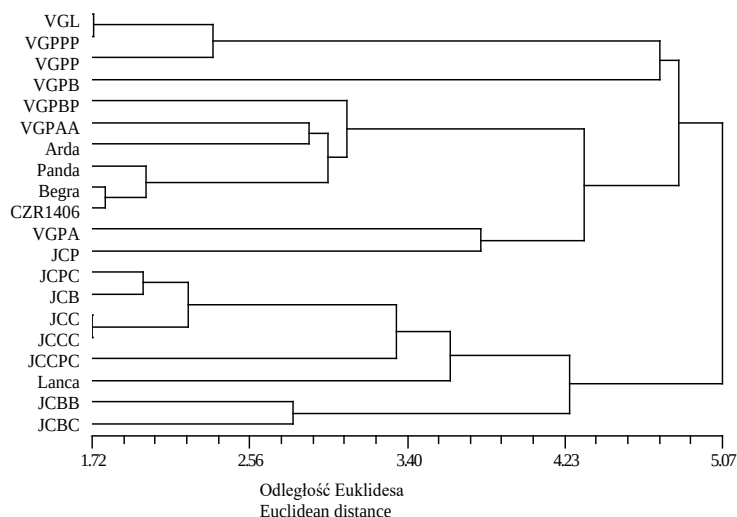
Tabela 2

Wartości trzech pierwszych zmiennych kanonicznych oraz wartości własne zmienności cech morfologicznych i plonotwórczych w kolejnych latach analiz
Values of the first three principal components and eigen values of morphological and yield affecting traits variation in subsequent years of study

Cecha Trait	1996			1997			1998		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Krzewienie produkcyjne Productive tillering	0,6732	0,0185	0,5608	0,9568	0,0259	0,0821	0,1954	0,6766	0,5204
Długość pędów Stem length	0,0248	-0,5713	0,5914	0,8468	0,3807	-0,1661	-0,8116	-0,4033	0,3674
Zbitość kłosa Spike density	0,1829	-0,6527	-0,2125	0,1340	0,1288	0,9175	-0,8077	-0,2092	-0,2031
Płodność kłoska Spikelet fertility	0,8217	0,2707	-0,2925	0,8153	-0,4407	0,0094	-0,7821	0,3302	-0,1752
Liczba ziarniaków z rośliny Number of grains per plant	0,9220	-0,1600	0,1283	0,9762	-0,0242	0,0531	-0,8193	0,5198	0,2398
Liczba ziarniaków z kłosa głównego Number of grains per main ear	0,9220	0,0203	-0,2943	0,9296	-0,2800	0,0108	-0,9573	0,3356	-0,2091
Masa ziarniaków z rośliny Weight of grains per plant	0,8326	-0,3908	0,1176	0,9791	0,0472	0,0072	-0,9454	0,0491	0,2407
Masa ziarniaków z kłosa głównego Weight of grains per main ear	0,8138	-0,4250	-0,3116	0,9796	0,0374	-0,0877	-0,9252	-0,3300	-0,1429
Masa 1000 ziarniaków 1000 grains weight	0,5028	-0,6653	-0,0484	0,2761	0,8906	-0,0999	-0,7007	-0,7505	0,1198
Przezimowanie (%) State after winter (%)	0,0164	-0,7373	-0,4365	0,2281	0,7937	-0,1633	0,2041	-0,9614	-0,1925
Liczba dni do kłoszenia Days to ear emergence	0,3256	0,6653	0,0621	-0,6669	-0,0988	-0,3612	-0,1433	0,8787	-0,0150
Rdza brunatna Leaf rust	0,1843	0,4287	-0,4369	0,7014	-0,4233	-0,3244	-0,1554	0,5519	-0,6956
Wartość własna Eigen value	4,61	2,80	1,40	7,12	2,05	1,16	5,88	3,83	1,19
% zmienności % variation	38,4	23,3	11,6	59,3	17,1	9,7	49,0	31,9	9,9

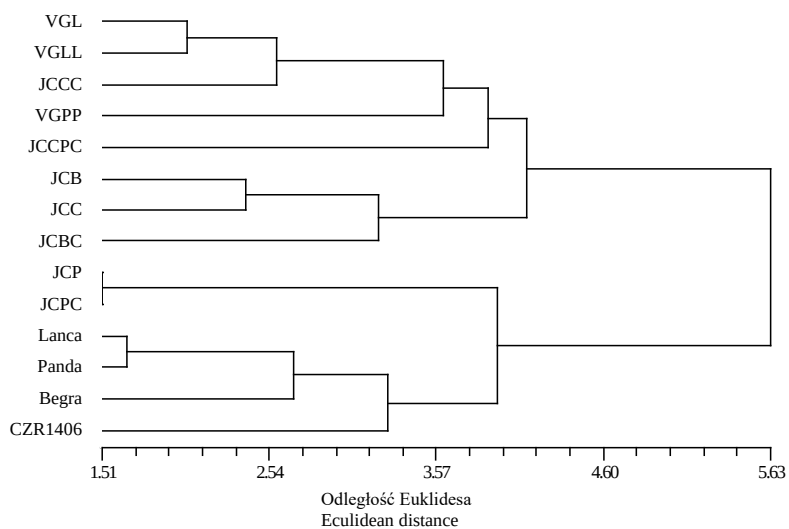
W 1996 roku analizowany materiał został połączony w dwie główne grupy zróżnicowane pod względem średniej płodności kłoska wynoszącej odpowiednio 2,8 i 2,0 (rys. 1, tab. 3). W skład pierwszego skupienia wchodziły formy mieszańcowe z *Aegilops juvenalis* z wyłączeniem kombinacji JCP oraz odmiana Lanca cechujące się stosunkowo niską płodnością. W grupie tej można wyróżnić kombinacje: JCP, JCB, JCC i JCCC

cechujące się stosunkowo wysokim plonem z kłosa oraz JCBB i JCBC o wysokiej MTZ (48,4, 52,1, odpowiednio; tab. 3). Pozostałe materiały tworzyły drugie skupienie. Formy VGPA, VGPPB, VGPA i JCP były podobne do odmian pszenicy pod względem większości cech. Kombinacje VGPP, VGPPP, VGL i VGPB cechowały się kłosem luźniejszym w stosunku do odmian pszenicy oraz niskim wzrostem (71,8–77,2 cm). Forma VGPB wyróżniała się przy tym najwyższą płodnością kłosa (3,4 ziarniaków na kłosek).

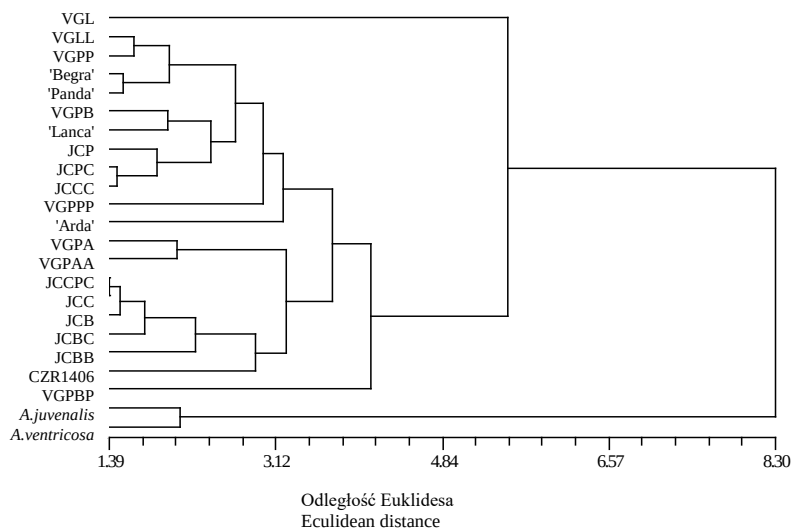


Rys. 1. Dendrogram dla 15 rodów mieszańcowych oraz 5 odmian pszenicy zwyczajnej ocenianych w roku 1996, wyznaczony metodą średnich połączeń na podstawie odległości Euklidesa
Fig. 1. UPGMA dendrogram of 15 hybrid strains and 5 common wheat cultivars estimated in 1996, based on the Euclidean distance

Podobieństwa pomiędzy analizowanymi materiałami w roku 1997 przedstawiono graficznie na rysunku 2. Liczba genotypów była mniejsza głównie z powodu ostrego przebiegu zimy, co wyeliminowało większość kombinacji mieszańcowych z *Ae. ventricosa* oraz odmianę Arda. Wyróżnić można dwa skupienia zróżnicowane pod względem długości pędu, krzewienia produkcyjnego oraz masy i liczby ziarniaków z kłosa i z rośliny. W skład pierwszej grupy wchodziły odmiany pszenicy zwyczajnej włączając ród CZR 1406 oraz rody JCP i JCPC. Pozostałe mieszańce tworzyły drugie skupienie o słabszej charakterystyce plonotwórczej. W obrębie tej grupy kombinacje JCB, JCC i JCBC miały najniższą liczbę ziarniaków z kłosa (rys. 2, tab. 4).



Rys. 2. Dendrogram dla 10 rodów mieszańcowych oraz 4 odmian pszenicy zwyczajnej ocenianych w roku 1997 wyznaczony metodą średnich połączeń na podstawie odległości Euklidesa
Fig. 2. UPGMA dendrogram of 10 hybrid strains and 4 common wheat cultivars estimated in 1997, based on the Euclidean distance



Rys. 3. Dendrogram dla 16 rodów mieszańcowych oraz 5 odmian pszenicy zwyczajnej oraz *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis* ocenianych w roku 1998 wyznaczony metodą średnich połączeń na podstawie odległości Euklidesa.
Fig. 3. UPGMA dendrogram of 16 hybrid strains, 5 common wheat cultivars along with *eAe. ventricosa* and *Ae. juvenalis* estimated in 1998, based on the Euclidean distance.

Tabela 3

Wartości średnie wybranych cech plonotwórczych rodów mieszańcowych, form rodzicielskich oraz wyodrębnionych grup w roku 1996
Mean values of chosen yield-affecting traits in hybrid strains, parental forms and clusters in 1996

Forma Form Grupa Cluster	Krzewienie produkcyjne Productive tillering	Długość pędu głównego (cm) Main stem length (cm)	Zbiłość kłosa Spike density	Plodność kłoska Spikelet fertility	Liczba ziarniaków roślinie Number of kernels per plant	Liczba ziarniaków kłosie Number of kernels per ear	Masa ziarniaków z rośliny (g) Weight of kernels per plant (g)	Masa ziarniaków z kłosa (g) Weight of kernels per ear (g)	Masa 1000 ziarniaków (g) 1000 kernels weight (g)	Przezimo- wanie (%) State after winter	Kłoszenie (dni od 01.05) Days to ear emergence (since 01.05)	Rdza brunatna Leaf rust
VGL	10,5	75,0	18,5	2,7	306	46,8	9,6	1,6	31,2	34,4	42,6	6,7
VGPP	7,8	77,2	18,3	2,8	265	47,1	8,3	1,6	31,1	40,2	43,5	8,7
VGPPP	9,2	76,6	19,2	2,9	331	45,0	11,6	1,8	35,0	58,1	43,1	7,0
VGPB	12,2	71,8	18,4	3,4	425	54,6	16,4	2,4	39,1	16,6	39,8	8,1
VGPPB	12,1	92,7	19,4	3,1	378	50,0	14,0	2,2	37,2	52,7	39,3	4,2
VGPA	11,0	101,0	19,1	2,4	346	41,3	12,9	1,6	36,9	30,6	42,4	6,7
VGPA A	11,5	92,1	23,6	2,6	344	50,7	13,2	2,2	38,8	56,8	42,5	5,3
JCP	15,5	92,7	19,5	2,3	502	42,4	20,6	1,9	41,3	54,3	40,9	6,7
JCPC	8,1	89,9	21,8	2,0	262	37,7	11,7	1,8	44,9	60,9	40,5	7,1
JCCPC	11,7	80,2	23,4	1,9	265	31,8	8,9	1,3	35,7	69,0	41,0	7,6
JCB	7,5	92,0	19,3	2,5	238	40,8	9,7	1,7	40,8	78,5	40,7	6,7
JCBB	6,7	76,0	21,3	2,0	178	31,4	8,4	1,6	48,4	81,8	39,0	6,6
JCBC	6,2	90,9	21,6	1,6	132	25,3	13,4	1,4	52,1	56,0	39,0	6,7
JCC	10,7	95,5	23,5	2,1	340	40,3	11,4	1,8	39,9	81,3	41,0	7,6
JCCC	9,1	90,2	22,0	2,2	286	43,6	6,8	1,8	40,1	81,5	39,5	7,6
Lanca	8,0	87,6	28,2	2,4	303	49,0	12,4	2,1	40,9	95,0	—	—
Begra	10,8	86,5	20,3	2,8	516	54,7	17,1	2,2	35,4	90,0	—	—
CZR1406	11,9	92,0	23,5	2,7	483	53,9	18,4	2,3	38,5	97,0	—	—
Panda	9,7	88,3	21,6	2,8	528	54,2	22,2	2,5	42,1	97,0	—	—
Arda	9,1	84,9	20,8	3,1	317	54,0	13,5	2,4	42,7	96,0	—	—
Grupa 1* Cluster 1*	8,5	87,8	22,6	2,1	251	37,5	10,3	1,7	42,9	75,5	40,1	7,1
Grupa 2 Cluster 2	10,9	85,9	20,2	2,8	395	49,6	14,8	2,1	37,4	60,3	41,8	6,7

* — Skład grup w tekście

* — Clusters composition in the text

Tabela 4

Wartości średnie wybranych cech plonotwórczych rodów mieszańcowych, form rodzicielskich oraz wyodrębnionych grup w roku 1997
Mean values of chosen yield-affecting traits in hybrid strains, parental forms and clusters in 1997

Forma Form Grupa Cluster	Krzewienie produkcyjne Productive tillering	Długość pędu głównego (cm) Main stem length (cm)	Zbitość kłosa Sipke density	Płodność kłoska Spikelet fertility	Liczba ziarniaków w roślinie Number of kernels per plant	Liczba ziarniaków w kłosie Number of kernels per ear	Masa ziarniaków z rośliny (g) Weight of kernels per plant (g)	Masa ziarniaków z kłosa (g) Weight of kernels per ear (g)	Masa 1000 ziarniaków (g) 1000 kernels weight (g)	Przezimo- wanie (%) State after winter (%)	Kłoszenie (dni od 01.05) Days to ear emergence (since 01.05)	Rdza brunatna Leaf rust
VGL	5,6	69,8	21,5	2,4	164	45,2	5,4	1,5	30,5	37,7	46,7	8,3
VGLL	4,9	70,5	21,6	2,9	132	49,0	3,5	1,3	25,1	28,4	47,4	7,8
VGPP	6,6	79,8	20,4	3,2	285	62,7	9,3	2,0	29,9	28,4	49,1	8,7
JCP	10,4	94,8	19,9	2,7	448	56,6	17,8	2,4	39,7	55,9	47,1	8,3
JCPC	8,3	97,3	20,6	2,5	347	52,0	13,7	2,3	39,2	51,0	47,8	8,6
JCCPC	7,9	77,3	23,3	2,6	283	49,8	9,4	1,7	31,9	50,4	48,6	7,8
JCB	3,6	70,2	22,2	2,1	84	29,8	3,1	1,2	37,1	39,7	48,0	7,7
JCBC	4,8	79,0	21,6	1,7	84	27,7	3,6	1,2	43,7	47,4	47,2	6,8
JCC	3,8	67,9	21,2	1,2	59	20,6	1,9	0,7	32,4	35,8	48,8	7,9
JCCC	3,8	65,4	20,0	2,3	94	33,4	2,8	1,1	28,7	42,3	47,5	8,6
Lanca	11,1	90,9	23,1	3,2	547	68,1	20,3	2,5	37,1	47,0	46,0	9,0
Begra	16,4	88,1	21,0	3,3	790	70,4	28,8	2,7	36,0	33,0	46,0	9,0
CZR1406	10,5	88,7	22,4	2,7	469	55,8	15,8	2,1	33,6	34,0	46,0	7,9
Panda	15,6	91,8	22,3	3,1	724	69,3	25,4	2,5	35,1	48,0	46,0	9,0
Grupa 1* Cluster 1*	12,1	91,9	21,6	2,9	554	62,0	20,3	2,4	36,8	44,8	46,5	8,6
Grupa 2 Cluster 2	5,1	72,5	21,5	2,3	148	39,8	4,9	1,3	32,4	38,8	47,9	8,0

* — Skład grup w tekście

* — Clusters composition in the text

Tabela 5

Wartości średnie wybranych cech plonotwórczych rodów mieszańcowych, form rodzicielskich oraz wyodrębnionych grup w roku 1998
Mean values of chosen yield-affecting traits in hybrid strains, parental forms and clusters in 1998

Forma Form/ Grupa Cluster	Krzewienie produk- cyjne Productive tillering	Długość pędu głównego (cm) Main stem length (cm)	Zbitość kłosa Sipke density	Płodność kłoska Spikelet fertility	Liczba ziarniaków w roślinie Number of kernels per plant	Liczba ziarniaków w kłosie Number of kernels per ear	Masa ziarniaków z rośliny (g) Weight of kernels per plant (g)	Masa ziarniaków z kłosa (g) Weight of kernels per ear (g)	Masa 1000 ziarniaków (g) 1000 kernels weight (g)	Przezimo- wanie (%) State after winter (%)	Kłoszenie (dni od 01.05) Days to ear emergence (since 01.05)	Rdza brunatna Leaf rust
VGL	19,3	99,7	22,1	2,9	880	73,7	20,5	2,1	23,3	32,0	37,7	7,3
VGLL	14,5	103,5	21,3	2,7	584	59,9	16,7	2,1	27,8	45,3	36,0	7,8
VGPP	14,9	95,8	21,6	2,9	681	65,5	20,7	2,1	30,2	49,4	37,9	7,8
VGPPP	10,9	77,3	20,7	2,9	476	65,2	11,0	1,8	21,6	48,0	36,6	6,6
VGPB	10,4	93,5	18,9	2,8	442	60,1	15,5	2,4	34,3	61,4	34,6	7,6
VGPBP	9,8	112,5	15,6	3,5	528	67,0	21,3	3,1	41,1	58,4	33,8	6,2
VGPA	12,1	105,3	19,8	2,5	494	46,8	17,1	1,9	34,1	48,0	34,0	5,6
VGPA A	11,6	107,9	20,4	2,3	459	51,4	18,4	2,3	39,5	49,2	36,4	4,0
JCP	13,1	100,1	20,0	2,3	513	55,9	17,2	2,1	33,8	59,3	36,9	8,1
JCPC	10,1	109,0	23,3	2,2	427	52,9	14,3	2,1	33,4	65,4	36,6	7,1
JCCPC	10,0	98,4	23,7	2,0	404	45,1	14,2	1,9	35,5	75,2	34,7	5,9
JCB	10,2	109,6	20,0	2,2	404	49,1	16,3	2,3	40,6	83,0	35,3	6,1
JCBB	11,1	94,7	22,1	2,2	348	43,0	16,6	2,4	47,1	85,4	31,4	5,5
JCBC	11,7	118,8	21,1	1,8	371	40,9	15,5	1,9	41,9	80,1	33,7	5,5
JCC	10,4	99,0	23,0	2,1	401	49,9	16,3	2,2	39,9	86,2	33,4	6,4
JCCC	10,8	96,5	22,4	2,5	515	57,1	17,5	2,3	33,9	70,0	35,7	6,6
Lanca	9,7	97,0	23,0	2,7	477	61,8	16,8	2,4	35,1	76,0	33,0	8,9
Begra	10,5	87,9	23,4	2,8	498	67,7	16,4	2,3	32,6	46,0	37,0	7,2
CZR1406	7,9	98,4	23,9	2,7	419	63,0	14,2	2,5	33,7	79,0	33,0	4,2
Panda	12,4	91,7	23,7	2,8	597	66,5	20,9	2,4	34,9	56,0	37,0	7,7
Arda	6,6	88,7	24,7	2,7	330	62,3	12,3	2,7	36,7	63,0	36,0	8,2
<i>Ae. ventricosa</i>	12,4	52,8	9,9	1,8	134	12,0	0,9	0,1	6,6	—	—	—
<i>Ae. juvenalis</i>	15,9	31,8	7,8	1,3	82	6,9	0,6	0,1	7,7	—	—	—
Grupa 1* Cluster 1*	11,3	94,6	22,1	2,7	503	61,4	16,3	2,2	32,2	58,2	36,1	7,6
Grupa 2 Cluster 2	10,6	104,0	21,8	2,2	412	48,7	16,1	2,2	39,0	73,3	34,0	5,4

* — Skład grup w tekście

* — Clusters composition in the text

W roku 1998 do analiz włączono gatunki *Aegilops*. W pierwszym węźle zostały one oddzielone od pozostałych analizowanych form. Zaznaczyła się odmienność kombinacji VGL cechującej się najwyższą liczbą ziarniaków z kłosa i rośliny oraz wysokim krzewieniem produkcyjnym. W drugim węźle wyodrębniona została kombinacja VGPPB o najwyższej płodności oraz masie ziarniaków z kłosa głównego i rośliny, przy bardzo luźnym kłosie. Trzeci węzeł łączy dwie grupy, spośród których jedna obejmuje odmiany pszenicy oraz rody VGLL, VGPP, VGPB, JCP, JCPC, JCCC i VGPPP. Pozostałe kombinacje mieszańcowe wraz z rodem CZR 1406 wchodziły w skład drugiej grupy cechującej się większym porażeniem przez rdzę brunatną i nieco niższą liczbą ziarniaków z kłosa (rys. 3, tab. 5).

Badania wielu autorów wskazują na możliwość wykorzystania gatunków z rodzaju *Aegilops* do poprawy parametrów plonowania u pszenicy zwyczajnej. Pilch (1997) oceniał parametry struktury kłosa w 309 liniach pokoleń F_6 — F_{10} , o korzystnych wartościach odporności na szereg chorób grzybowych. Wyselekcjonowane linie miały długie kłosa (12–18 cm), wysoką liczbę kłosek (22–28) oraz płodność kłosa (6–7). Badania Cox i wsp. (1990, 1995) świadczą o tym, że pokolenia BC_2 linii uzyskanych z krzyżowań z *Ae. squarrosa* mogą mieć podobną przydatność rolniczą do wykorzystanych odmian lub przewyższać je pod tym względem. Stefanowska (1995) stwierdziła wysoki plon z kłosa głównego oraz płodność kłosa w pokoleniu F_1 kombinacji VGPP (odpowiednio 3,17 g i 2,86). Ocena kolejnych pokoleń przeprowadzona w prezentowanych badaniach wskazuje na możliwość wyselekcjonowania rodów przewyższających pod względem cech plonotwórczych odmiany pszenicy, wykorzystane w krzyżowaniach wypierających. Przykładem mogą być formy VGL i VGPPB, które w 1998 roku cechowały się odpowiednio wysoką liczbą ziarniaków z kłosa i rośliny, czy też wyjątkową płodnością kłosa. Należy jednak mieć na uwadze słabą zimotrwałość ostatniego rodu jak również większości mieszańców z *Ae. ventricosa*.

Dziewiętnaście gatunków *Aegilops* analizowanych przez Prażaka (1992) plonowało na niskim poziomie; masa ziarniaków z kłosa wynosiła od 0,09 do 0,41 g. We wczesnych pokoleniach analizowanych form mieszańcowych Stefanowska (1995) wykazała wypieranie niekorzystnych cech pochodzących z *Aegilops*, jak łamliwość osadki kłosowej oraz brunatną barwę plew i źdźbeł po osiągnięciu dojrzałości. Prezentowane wyniki świadczą o tym, że w kolejnych latach analizy rody mieszańcowe zbliżały się pod względem charakterystyki plonotwórczej do odmian pszenicy.

Cox i wsp. (1990) stwierdzili, że w potomstwie heksaploidalnym z krzyżowań pszenicy zwyczajnej z *Ae. squarrosa* nowe allele wprowadzone do genomu D mogą korzystnie współdziałać z homeoallelami w dwóch pozostałych genomach. Prezentowane wyniki potwierdzają możliwość uzyskania mieszańców międzygatunkowych o korzystnych wartościach cech plonotwórczych. Należy jednak uwzględnić fakt, że w omawianych mieszańcach stosowano wiele odmian wypierających, co może wiązać się z utrwaleniem korzystnych efektów współdziałania alleli pochodzących od różnych odmian. Ponadto wykorzystując markery RAPD lub gluteninowe potwierdzono transfer DNA z *Aegilops*

ventricosa do kombinacji VGPB, VGPA i VGPP (Tyrka i in., 2001) oraz z *Aegilops juvenalis* do kombinacji JCCC i JCPC (Tyrka, 1999).

Otrzymane wyniki świadczą o tym, że uzyskane materiały mieszańcowe cechują się wysokim zróżnicowaniem cech plonotwórczych i mogą stanowić cenny materiał wyjściowy w hodowli pszenicy zwyczajnej; na szczególną uwagę zasługują rody VGL i VGPP; u tego ostatniego należy jednak poprawić zimotrwałość. Potwierdzono ponadto użyteczność analizy skupień do selekcji rodów o odmiennej charakterystyce plonotwórczej.

LITERATURA

- Arseniuk E., Czembor H.J., Sowa W., Krysiak H., Zimny J. 1995. Genotypowa reakcja pszenżyta, pszenicy i żyta na inokulację *Stagonospora* (= *Septoria*) *nodorum* i *Septoria tritici* w warunkach kontrolowanych. Biul. IHAR. 195/196: 209 — 217.
- Barrett B.A., Kidwell K.K. 1998. AFLP-based genetic diversity assessment among wheat cultivars from the Pacific Northwest. Crop Sci. 38: 1261 — 1271.
- Beuningen L.T. van, Busch R.H. 1997. Genetic diversity among North American spring wheat cultivars: III. Cluster analysis based on quantitative morphological traits. Crop Sci. 37: 981 — 988.
- Bryan G.J., Collins A.J., Stephenson P., Orry A., Smith J.B., Gale M.D. 1997. Isolation and characterisation of microsatellites from hexaploid bread wheat. Theor. Appl. Genet. 94: 557 — 563.
- Chandrashekhar P.J., Nguyen H. T. 1993. Application of the random amplified polymorphic DNA technique for the detection of polymorphism among wild and cultivated tetraploid wheats. Genome 36: 602-609.
- Chen H.B., Martin J.M., Lavin M., Talbert L.E. 1994. Genetic diversity in hard red spring wheat based on sequence-tagged-site PCR markers. Crop Sci. 34:1628 — 1632.
- Cox T.S., Hatchett J.H., Gill B.S., Raupp W.J., Sears R.G. 1990. Agronomic performance of hexaploid wheat lines derived from direct crosses between wheat and *Aegilops squarrosa*. Plant Breeding 105: 271 — 277.
- Cox T.S., Lookhart G.L., Walker D.E., Harrell L.G., Albers LD, Rodgers DM. 1985. Genetic relationships among hard red winter wheat cultivars as evaluated by pedigree analysis and gliadin polyacrylamide gel electrophoretic patterns. Crop Sci. 25: 1058 — 1063.
- Cox T.S., Murphy J.P., Harrell L.G. 1988. Isoelectric focusing patterns of kernel isozymes from 80 North American winter wheat cultivars. Can. J. Plant Sci. 68:65 — 72.
- Cox T.S., Sears R.G., Bequette R.K., Martin T.J. 1995. Germplasm enhancement in winter wheat x *Triticum tauschii* backcross populations. Crop Sci. 35:913 — 919.
- Instrukcja metodyczna prowadzenia doświadczeń odmianowych. 1978. COBORU, Słupia Wielka.
- Jain S.K., Qualset C.O., Bhatt G.M., Wu K.K. 1975. Geographical patterns of phenotypic diversity in a world collection of durum wheats. Crop Sci. 15: 700 — 704.
- Jaradat A.A. 1991. Phenotypic divergence for morphological and yield related traits among landrace genotypes of durum wheat from Jordan. Euphytica 52: 155 — 164.
- Kim H.S., Ward R.W. 1997. Genetic diversity in Eastern U.S. soft winter wheat (*Triticum aestivum* L. em. Thell.) based on RFLPs and coefficients of parentage. Theor. Appl. Genet. 94: 472 — 479.
- Pilch J. 1997. Performance of interspecific and intergeneric hybrids of *Triticum aestivum* L. for wheat improvement. Plant Breed. Seed Sci. 41(1): 4 — 15.
- Prażak R. 1992. Cechy morfologiczne gatunków rodzaju *Aegilops* oraz pszenicy ozimej odmiany Rusalka. Biul. IHAR. 183: 107-117.
- Rohlf, F.J., 1993. NTSYS-pc numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 5.1. Exeter Publishing Ltd., Setauket, N.Y.
- Spagnoletti Zeuli P.L., Qualset C.O., 1987. Geographical diversity for quantitative spike characters in world collection of durum wheat. Crop Sci. 34:774 — 783.

- Stefanowska G. 1995. Charakterystyka niektórych cech morfologicznych i plonotwórczych mieszańców *Triticum aestivum* L i *Triticum durum* Desf. z *Aegilops juvenalis* (Thell). Eig. i *Aegilops ventricosa* Tausch. Biul. IHAR. 194: 35 — 43.
- Tyrka M., Stefanowska G., Brzeziński W. 2001. Transfer genów z *Aegilops ventricosa* do *Triticum aestivum*. Biotechnologia 53:57 — 62.
- Tyrka M. 1999. Studia nad mieszańcami *Aegilops* spp. i *Triticum* spp. Praca doktorska. AR Lublin.: 1 — 161.

TADEUSZ DRZAZGA

Hodowla Roślin Rolniczych — Nasiona Kobierzyc

Wykorzystanie heterozji w hodowli pszenicy

Use of heterosis in wheat breeding

W roku 1998 Hodowla Roślin Rolniczych Nasiona Kobierzyc nawiązała współpracę z firmą Monsanto w dziedzinie wykorzystania gametocydu Genesis w hodowli heterozyjnej pszenicy. Niektóre z otrzymanych mieszańców pszenicy ozimej i jarej wykazały plon o 15% wyższy od odmian konwencjonalnych. Plon testowanych najlepszych mieszańców pszenicy ozimej firmy Monsanto w kolejnych sezonach, był wyższy o 23 i 19% od średniego plonu odmian konwencjonalnych. Badane mieszańce tej firmy charakteryzowały się ponadto wysoką odpornością na wyleganie i choroby grzybowe.

Słowa kluczowe: mieszańce pszenicy, plon ziarna, odporność na wyleganie, choroby grzybowe

Sixteen winter and 33 spring wheat hybrids, obtained with the use of the Genesis gametocide (Monsanto Co.) were tested in two locations on 10 m² plots in 1999. The best hybrids produced 15 percent higher yields than standard varieties. The best Monsanto hybrids exceeded standard varieties by 23 and 19 percent in two successive seasons. These hybrids exhibited also high resistance to lodging and fungus diseases.

Key words: grain yield, hybrid wheat, lodging, fungal diseases

WSTĘP

Osiągnięcia hodowli heterozyjnej kukurydzy, stały się bodźcem do badań nad wykorzystaniem efektu heterozji w innych gatunkach roślin uprawnych, między innymi w pszenicy. W wielu pracach dotyczących mieszańców pszenicy stwierdzono istotność heterozji dla plonu ziarna (Briggle, 1963; Brown i in., 1966; Wells i Lay, 1970; He i in., 1998). W stosunku do lepszego rodzica, heterozja dla plonu ziarna wynosiła 30% i więcej (Pickett, 1998).

Otrzymanie nasion mieszańcowych może się odbywać poprzez kastrację form macecznych przy wykorzystaniu sterylizującej cytoplazmy obcego pochodzenia (cytoplasmic male sterility — CMS) lub za pomocą gametocydów (chemical hybridizing agents — CHA). Prace nad CHA rozpoczęły się w latach 50., początkowo od zastosowania ethephonu. W późniejszym okresie wprowadzono cały szereg produktów CHA, których skuteczność sterylizacji podniosła się do 100%. W roku 1997 firma Monsanto Co.

rozpoczęła prace rejestracyjne z własnym gametocydem Genesis w Polsce. W pracach tych uczestniczyła również firma Hodowla Roślin Rolniczych Nasiona Kobierzyc.

Przedstawiona praca dotyczy oceny plonu i innych cech gospodarczych otrzymanych form mieszańcowych pszenicy ozimej i jarej w ramach tego programu oraz odmian mieszańcowych pszenicy ozimej firmy Monsanto Co.

MATERIAŁ I METODY

Jesienią 1998 roku założono dwa bloki krzyżowań z pszenicą ozimą. W obu doświadczeniach topcrossu wysiano po dwadzieścia tych samych form matecznych, krzyżując je z dwoma różnymi formami ojcowskimi. Podobny układ krzyżowań zastosowano dla pszenicy jarej, a zestaw form matecznych w poszczególnych blokach był różny. Z wyprodukowanego materiału F_1 , założono doświadczenia w dwóch stacjach w Pustkowie i Henrykowie, metodą wzorcową (poletko — 10 m²). Z uwagi na słabe zawiązywanie się nasion u niektórych matek i obniżoną zdolność kiełkowania otrzymanych nasion, wysiano 16 mieszańców pszenicy ozimej i 33 mieszańce pszenicy jarej. Jako wzorce zastosowano odmiany konwencjonalne: Elena i Kobra (dla mieszańców pszenicy ozimej) oraz Jasna (dla mieszańców pszenicy jarej). Ponadto testowano mieszańce pszenicy ozimej firmy Monsanto Co. w doświadczeniach dwustacyjnych, w układzie losowanych bloków (dwa powtórzenia, poletko 10 m²), w dwóch kolejnych sezonach (1998–1999 i 1999–2000). Zestaw hybrydów w poszczególnych latach był różny. Wysiano również Elenę i Kobrę jako wzorzec.

WYNIKI I DYSKUSJA

Mieszańce pszenicy ozimej firmy Monsanto Co. plonowały bardzo wysoko, a plon najwyższej plonującej mieszańca w kolejnych sezonach, był wyższy o 23 i 19% od średniego plonu odmian wzorcowych (rys. 1). W porównaniu do wyżej plonującej Kobry, różnica ta wynosiła 18 i 11%, czyli 15–10 dt/ha (tab. 1 i 2). Niektóre mieszańce wykazały wysoką odporność na wyleganie i rdzę brunatną. Wysoką plennością połączoną z odpornością na wyleganie i choroby, wykazały się również odmiany mieszańcowe Cockpit i Merkury, badane w doświadczeniach rejestrowych lub zrejonizowane we Francji, Anglii, Niemczech, Hiszpanii, Belgii i Czechach (Schehr, 1999, inf. ustna). Świadczy to o ich wysokiej adaptacji do różnych środowisk, która jest uwarunkowana szerszą podstawą genetyczną. Ponieważ największa plastyczność środowiskowa występuje w stanie heterozygotycznym, a więc jest celowe tworzenie form mieszańcowych w hodowli roślin samopylnych. Występujący tutaj efekt heterozji nie tylko objawia się wzrostem plonowania, również podniesieniem odporności na choroby i korzystnymi zmianami w strukturze plonu. Te właściwości są fundamentem plonu oraz potencjalnej, stabilnej przewagi mieszańców nad odmianami konwencjonalnymi (Bruns i Peterson, 1998).

Tabela 1

Plon ziarna i inne cechy mieszańców pszenicy ozimej firmy Monsanto Co. (1998–1999)
Grain yield and other traits of winter wheat hybrids from Monsanto Co. (1998–1999)

Odmiana Cultivar	Plon ziarna Grain yield			Wyleganie Lodging	Mączniak Mildew	Rdza brunatna Brown rust	Kłoszenie, liczba dni od 1.05. Heading date, number of days after 1.05
	Średnia Mean dt/ha	% wzorca % of standard ¹	Odchylenie od wzorca (dt/ha) Deviation from the standard	skala 9°; 9° scale ²			
HD 99/7062	95,5	123,3	18,0	9,0	7,5	8,5	27,5
HD 99/7022	93,6	120,8	16,1	9,0	6,5	8,0	28,0
HD 99/7052	93,6	120,8	16,1	9,0	7,5	9,0	27,0
HD 99/7025	92,6	119,5	15,1	8,5	7,0	7,5	27,0
HD 99/7057	92,1	118,9	14,6	8,0	7,5	7,5	27,5
HD 99/7055	90,0	116,2	12,5	7,5	7,0	8,5	27,5
HD 99/7060	89,1	115,0	11,6	8,0	7,0	7,0	28,0
HD 99/7032	86,5	111,6	9,0	7,5	7,0	8,0	27,5
HD 99/7065	85,3	110,1	7,8	7,0	6,0	8,5	28,0
HD 99/7035	84,3	108,8	6,8	6,5	7,0	7,5	27,0
Kobra	81,0	104,6	3,5	8,0	7,0	8,0	29,0
Elena	73,9	95,4	-3,6	9,0	7,0	8,0	31,0
NIR ($\alpha = 0,05$)			5,1				
LSD ($p = 0,05$)							

1 — Wzorzec (Elena + Kobra)

2 — Skala 9,0 = brak wylegania, brak chorób

1 — Standard (Elena + Kobra)

2 — Scale 9,0 = no lodging, no disease

Tabela 2

Plon ziarna i inne cechy mieszańców pszenicy ozimej firmy Monsanto Co. (1999–2000)
Grain yield and other traits of winter wheat hybrids from Monsanto Co. (1999–2000)

Odmiana Cultivar	Plon ziarna Grain yield			Wyleganie Lodging	Mączniak Mildew	Rdza brunatna Brown rust	Wysokość roślin Plant height	Kłoszenie, liczba dni od 1.05
	Średnia Mean dt/ha	% wzorca % of standard ¹	Odchylenie od wzorca (dt/ha) Deviation from the standard	skala 9° 9° scale ²			(cm)	Heading date, number of days after 1.05
HD 99/7055	107,0	118,7	16,8	7,0	7,0	7,0	112,0	15,5
HD 99/7060	105,9	117,4	15,7	7,0	6,5	6,0	113,0	15,3
HD 99/7025	104,2	115,5	14,0	7,0	6,0	7,3	110,5	15,3
HD 99/7035	103,7	114,9	13,5	7,5	7,5	5,8	109,5	15,5
HD 99/7062	103,4	114,6	13,2	3,0	7,0	6,3	106,5	15,0
HD 99/7065	102,6	113,7	12,4	3,0	6,5	6,0	113,5	15,5
HD 99/7032	101,4	112,5	11,3	8,0	8,0	5,5	100,5	15,3
HD 99/7022	101,2	112,2	11,0	8,5	7,5	6,8	97,5	14,8
HD 99/7057	101,1	112,1	10,9	6,5	7,0	7,3	103,0	14,8
HD 99/7052	96,0	106,4	5,8	7,5	7,0	6,8	101,0	15,0
COCKPIT	104,6	116,0	14,4	7,5	7,0	8,0	109,0	20,8
Mercury	102,8	114,0	12,7	7,0	7,0	7,5	104,5	21,3
*Kobra Wz	97,4	108,0	7,2	6,5	7,5	6,5	99,0	16,3
*Elena-Wz	83,0	92,0	-7,2	9,0	7,0	4,5	94,0	21,3
NIR (α = 0,05)			3,5					
LSD (p = 0,05)								

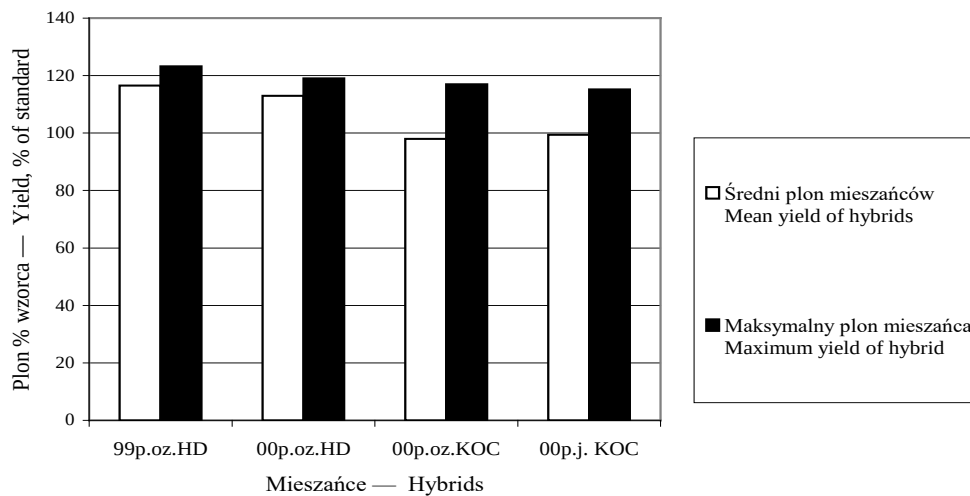
1 — Wzorzec (Elena + Kobra)

2 — Skala 9,0 = brak wylegania, brak chorób

1 — Standard (Elena + Kobra)

2 — Scale 9,0 = no lodging, no disease

W przypadku pszenicy, w warunkach wykorzystania form męskosterylnych barierą rozwoju hodowli mieszańcowej był problem uzyskania materiału mieszańcowego na skalę produkcyjną. Zastosowanie gametocydu do sterylizacji form matecznych, pozwoliło na likwidację tych ograniczeń i rozwój hodowli mieszańcowej pszenicy. Prowadzone są bardzo intensywne prace w ramach firmy Monsanto Co. Ich strategią jest wytworzenie form mieszańcowych, wykazujących wyższy potencjał plonowania w porównaniu do odmian konwencjonalnych, połączony z tolerancją na stres, poprawioną jakością wypiekową i żywieniową (Schehr, 1999 – inf. ustna).



Objaśnienia:

Explanations:

99p.oz.HD, 00p.oz. HD. — mieszańce pszenicy ozimej firmy Monsanto testowane w latach 1998–1999 i 1999–2000
winter wheat hybrids from Monsanto Co tested in the years 1998–1999 and 1999–2000

00p.oz.KOC, 00p.j.KOC — mieszańce pszenicy ozimej i jarej firmy Nasiona Kobierzyc testowane 1999–2000 i 2000
winter and spring wheat hybrids from Nasiona Kobierzyc tested in the years 1999–2000 and 2000

Rys. 1. Plonowanie mieszańców pszenicy ozimej i jarej w stosunku do odmian konwencjonalnych
Fig. 1. Yielding of winter and spring wheat hybrids in relation to conventional varieties

Najlepsze mieszańce własne pszenicy ozimej, przewyższyły plonem odmiany konwencjonalne o 17%, tj. o 15 dt/ha (tab. 3). Dwa mieszańce K–HB 11607/99 i K–HB 11618/99 istotnie wyżej plonowały w stosunku do Cockpit i Merkury. Otrzymane mieszańce pszenicy ozimej wykazały dużą podatność na rdzę brunatną przy dobrej odporności na wyleganie i mączniak.

W przypadku mieszańców pszenicy jarej, poziom plonowania 13753/99, 13772/99 i 13780/99 był istotnie wyższy od plonu wzorca (tab. 4). Najlepszy mieszaniec 13780/99

przewyższył plonem odmianę Jasną 15% (10 dt/ha). Otrzymane wyniki, oparte na bardzo ograniczonym zakresie prac, powinny być podstawą do kontynuowania i rozwijania tego kierunku hodowli.

Tabela 3

Plon i inne cechy mieszańców pszenicy ozimej firmy HRR Kobierzyce (1999–2000)
Grain yield and other traits of winter wheat hybrids from Nasiona Kobierzyc (1999–2000)

Odmiana Cultivar	Plon ziarna Grain yield			Wyleganie Lodging	Mączniak Mildew	Rdza brunatna Brown rust	Wysokość roślin (cm) Plant height	Kłoszenie, liczba dni od 1.05 Heading date, number of days after 1.05
	Średnia Mean dt/ha	% wzorca % of standard ¹	Odchylenie od wzorca (dt/ha) Deviation from the standard ¹	skala 9°; 9° scale ²				
K-HB 11607/99	104,2	116,6	14,8	8,5	7,0	5,0	111	14
K-HB 11618/99	103,9	116,2	14,5	8,5	7,0	5,0	114	16
K-HB 11605/99	98,2	109,8	8,8	6,0	8,0	5,0	119	16
K-HB 11625/99	94,6	105,8	5,2	8,0	8,0	5,0	118	16
K-HB 11609/99	93,7	104,8	4,3	8,0	6,0	4,0	112	16
K-HB 11620/99	93,3	104,4	3,9	7,5	6,0	5,0	116	17
K-HB 11615/99	92,7	103,6	3,3	8,5	7,0	4,0	118	16
K-HB 11621/99	90,5	101,2	1,1	8,5	7,0	5,0	111	17
K-HB 11604/99	90,2	100,8	0,8	6,5	8,0	5,0	123	18
K-HB 11628/99	89,9	100,6	0,5	7,0	7,0	3,0	119	17
K-HB 11624/99	89,5	100,1	0,1	8,5	8,0	5,0	117	19
K-HB 11610/99	89,1	99,6	-0,3	7,5	7,0	5,0	107	15
K-HB 11611/99	89,1	99,7	-0,3	9,0	8,0	5,0	117	16
K-HB 11602/99	88,6	99,1	-0,8	7,0	8,0	5,0	119	16
K-HB 11613/99	88,6	99,1	-0,8	8,0	7,0	6,0	116	16
K-HB 11601/99	87,8	98,2	-1,6	7,0	7,0	3,0	115	16
Cockpit	96,0	107,4	6,6	8,0	7,0	7,0	112	18
Mercury	95,3	106,6	5,9	8,0	7,0	7,0	110	19
Kobra	96,8	108,3	7,4	7,0	7,0	6,0	106	15
Elena	81,9	91,6	-7,5	7,5	7,0	3,0	97	18
NIR ($\alpha = 0,05$)			6,2					
LSD ($p = 0,05$)								

1 — Wzorzec (Elena + Kobra)

1 — Standard (Elena + Kobra)

2 — Skala 9,0 = brak wylegania, brak chorób

2 — Scale 9,0 = no lodging, no disease

WNIOSKI

1. Mieszańce pszenicy ozimej firmy Monsanto Co. plonowały istotnie wyżej w porównaniu do odmian konwencjonalnych.
2. Wstępna ocena plonowania własnych mieszańców pszenicy ozimej i jarej, potwierdza duże możliwości wykorzystania heterozji w hodowli pszenicy.

Tabela 4

Plon ziarna mieszańców pszenicy jarej firmy Nasiona Kobierzyc
Grain yield of spring wheat hybrids from Nasiona Kobierzyc

Odmiana Cultivar	Plon ziarna Grain yield			Odmiana Cultivar	Plon ziarna Grain yield		
	Średnia Mean dt/ha	% wzorca % of standard ¹	Odchylenie od wzorca (dt/ha) Deviation from the standard		Średnia Mean dt/ha	% wzorca % standard	Odchylenie od wzorca (dt/ha) Deviation from the standard
13780/99	77,2	115,2	10	13752/99	65,0	97,0	-2,0
13753/99	73,0	109,0	6,0	13744/99	64,9	96,8	-2,1
13772/99	72,9	108,9	5,9	13749/99	64,6	96,5	-2,4
13747/99	71,5	106,7	4,5	13758/99	64,5	96,3	-2,5
13778/99	71,2	106,2	4,2	13773/99	64,5	96,3	-2,5
13748/99	69,6	103,9	2,6	13751/99	64,1	95,7	-2,9
13741/99	69,2	103,3	2,2	13742/99	63,9	95,4	-3,1
13763/99	68,9	102,8	1,9	13756/99	63,4	94,7	-3,6
13775/99	68,7	102,5	1,7	13777/99	62,9	93,9	-4,1
13764/99	68,6	102,4	1,6	13771/99	62,6	93,5	-4,4
13746/99	67,5	100,7	0,5	13759/99	62,5	93,4	-4,5
13776/99	66,6	99,3	-0,4	13757/99	61,5	91,8	-5,5
13761/99	66,2	98,8	-0,8	13767/99	61,1	91,2	-5,9
13770/99	66,1	98,6	-0,9	13754/99	60,9	90,9	-6,1
13774/99	65,8	98,2	-1,2	13769/99	60,7	90,7	-6,3
13768/99	65,6	97,9	-1,4	13762/99	60,6	90,4	-6,4
13766/99	65,2	97,4	-1,8	Jasna	67,0	100,0	0,0
NIR ($\alpha = 0,05$)			5,7				
LSD ($p = 0,05$)							

1 — Wzorzec Jasna

1 — Standard Jasna

LITERATURA

- Briggle L. W. 1963. Heterosis in wheat — a review. Crop Sci. 3: 407 — 412.
Brown C. M. i in., 1966. Heterosis and combining ability in common winter wheat. Crop Sci. 6: 382 — 383.
Bruns R., Peterson C.J. 1998. Yield and stability factors associated with hybrid wheat. Euphytica. 100, 1/3: 1 — 5.
He H. Z., Du H. Z., Zhuang S. Q. 1998. Progress of wheat breeding research in China. In: Wheat. Prospects for global improvement. Braun H. J. et al. (eds). Kluwer Acad. Publ. 47 — 53.
Pickett A. A. 1998. Wheat. In: Hybrid cultivar development. S. S. Banga, S. K. Banga (eds.). Springer – Verlag, Berlin: 255 — 281.
Wells D. G., Lay C. L. 1970. Hybrid vigor in hard red spring wheat crosses. Crop Sci. 10: 220 — 223.

DARIUSZ ZALEWSKIKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza, Wrocław

Ocena zdolności kombinacyjnej siedmiu linii pszenicy ozimej

Estimation of combining ability of seven winter wheat lines

Materiał do badań stanowiły mieszańce F_2 uzyskane w wyniku krzyżowania półdialelicznego siedmiu zróżnicowanych linii, wyprowadzonych z odmian pszenicy ozimej: Oregon, Jawa, CWW-3547/56, Longbow, Regina, Hana, Norman. Zdolność kombinacyjną oszacowano według modelu stałego (Griffing, 1956), metoda druga. Wysokość roślin jest warunkowana, oprócz addytywnego działania, także nieaddytywnym działaniem genów, pozostałe cechy są warunkowane addytywnym działaniem genów. Wartościowymi komponentami do krzyżowania są linie Longbow i Oregon.

Słowa kluczowe: ogólna zdolność kombinacyjna, swoista zdolność kombinacyjna, pszenica ozima

The experimental material consisted of 21 F_2 hybrids obtained from a diallel cross of seven lines derived from the following winter wheat cultivars: Oregon, Jawa, CWW-3547/56, Longbow, Regina, Hana, Norman. Analyses of combining ability were performed according to the Griffing method 2, model I. Fast all investigated features were determined by the additive gene action, only plant height was determined by the additive and nonadditive gene action. The lines Longbow and Oregon were the best parents.

Keywords: general combining ability, specific combining ability, winter wheat

WSTĘP

W programach genetyczno-hodowlanych duże znaczenie ma dobra charakterystyka materiału wyjściowego. Hodowcy są zainteresowani zwłaszcza analizą zdolności kombinacyjnej, ponieważ pozwala to na wybór linii o dobrej zdolności przekazywania korzystnych cech potomstwu i rezygnację z przeprowadzania kosztownych krzyżowań z formami słabymi. Bardzo przydatnym narzędziem do oceny ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej jest układ półdialeliczny zawierający linie rodzicielskie i wszystkie krzyżowania między liniami bez krzyżowań odwrotnych. Ponieważ w hodowli roślin samopylnych nie można wykorzystać efektów dominowania i epistazy (z wyjątkiem epistazy loci homozygotycznych z homozygotycznymi), dlatego uzasadniona jest ocena dalszych pokoleń, a nie tylko heterozyjnego mieszańca F_1 , w którym wpływ tych efektów jest duży.

Celem niniejszej pracy było oszacowanie zdolności kombinacyjnej w pokoleniu F₂ siedmiu linii pszenicy ozimej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań stanowiły mieszańce F₂ uzyskane w wyniku krzyżowania półdiallelicznego siedmiu zróżnicowanych linii (tab. 1) wyprowadzonych z odmian pszenicy ozimej: Oregon (USA), Jawa (Polska), CWW-3547/56 (Anglia), Longbow (Anglia), Regina (Czechy), Hana (Czechy), Norman (Anglia). Otrzymane z krzyżowań ziarna mieszańców F₂ wraz z liniami rodzicielskimi wysiano punktowo, w rozstawie 20 x 20 cm. Doświadczenie założono w 1990, a zbierano w 1991 roku. Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec, należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

Tabela 1

Średnie arytmetyczne cech użytkowych linii rodzicielskich i mieszańców F₂
Arithmetic means for traits of lines and F₂ hybrids of winter wheat

Linie i mieszańce F ₁ Lines and hybrids F ₁	Wysokość roślin Plant height (cm)	Krzewistość ogólna Total tillering	Krzewistość produktywna Productive tillering	Długość kłosa Ear length (mm)	Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets per ear	Zbiorność kłosa Density of ear
Oregon	94	21,7	18,6	98	20,4	20,9
Jawa	87	19,0	16,5	88	18,6	21,2
CWW-3547/46	89	16,7	15,8	100	19,8	19,8
Longbow	80	18,2	16,4	105	21,1	20,2
Regina	102	21,0	19,3	95	21,3	22,4
Hana	95	17,7	16,0	110	20,7	18,8
Norman	78	15,1	14,0	105	20,8	19,8
Oregon × Jawa	95	19,6	17,4	94	19,7	20,9
Oregon × CWW	94	20,7	19,1	101	20,3	20,0
Oregon × Longbow	90	19,9	18,4	104	21,0	20,2
Oregon × Regina	98	23,4	21,2	95	20,8	21,8
Oregon × Hana	97	19,4	17,5	102	20,2	19,8
Oregon × Norman	89	18,3	16,6	100	20,3	20,4
Jawa × CWW	91	18,4	16,8	97	20,3	21,0
Jawa × Longbow	90	18,1	16,1	96	19,6	20,3
Jawa × Regina	98	21,5	19,7	91	20,0	22,1
Jawa × Hana	89	17,9	16,1	95	19,1	20,2
Jawa × Norman	86	16,9	15,4	98	19,5	19,9
CWW × Longbow	90	16,6	15,2	104	20,1	19,4
CWW × Regina	97	18,1	17,2	94	20,2	21,5
CWW × Hana	89	16,6	15,7	100	20,0	20,0
CWW × Norman	86	17,1	15,6	104	20,0	19,3
Longbow × Regina	93	19,7	18,1	102	21,4	20,9
Longbow × Hana	90	18,2	16,7	109	21,0	19,4
Longbow × Norman	86	17,4	15,9	104	20,7	19,9
Regina × Hana	99	20,8	18,6	105	21,2	20,2
Regina × Norman	91	20,8	19,1	96	20,8	21,6
Hana × Norman	90	16,8	15,3	107	20,4	19,1

c.d. Tabela 1

Linie i mieszańce F ₁ Lines and hybrids F ₁	Liczba ziaren w kłosie No. of grains per ear	Liczba ziaren w kłosku No. of grain per spikelet	Masa ziaren z kłosa Grain yield per ear (g)	Średnia masa ziaren z kłosa Mean grain yield per ear (g)	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)	Masa ziaren z rośliny Grain yield per plant (g)
Oregon	56	2,7	2,4	1,5	42,6	27,4
Jawa	49	2,6	1,7	1,2	35,1	19,1
CWW-3547/46	51	2,6	2,0	1,4	39,1	22,0
Longbow	59	2,8	2,1	1,3	33,9	21,9
Regina	51	2,4	2,0	1,3	37,5	25,2
Hana	56	2,7	1,9	1,4	40,1	21,9
Norman	57	2,7	2,2	1,4	37,4	19,5
Oregon × Jawa	48	2,4	1,9	1,3	40,6	22,8
Oregon × CWW	55	2,7	2,0	1,4	37,6	26,4
Oregon × Longbow	58	2,8	2,4	1,4	41,3	25,9
Oregon × Regina	53	2,5	2,1	1,3	38,8	26,7
Oregon × Hana	51	2,5	2,1	1,4	41,5	24,0
Oregon × Norman	54	2,7	2,2	1,5	39,8	25,7
Jawa × CWW	52	2,6	1,8	1,3	35,0	21,8
Jawa × Longbow	51	2,6	2,0	1,4	40,2	22,6
Jawa × Regina	49	2,4	1,9	1,2	38,1	22,9
Jawa × Hana	47	2,4	1,8	1,3	38,3	20,8
Jawa × Norman	52	2,7	1,9	1,2	36,6	18,3
CWW × Longbow	55	2,7	2,1	1,5	37,4	23,3
CWW × Regina	52	2,6	1,9	1,2	35,7	21,5
CWW × Hana	52	2,6	1,9	1,3	37,4	19,8
CWW × Norman	57	2,8	2,1	1,5	36,6	23,0
Longbow × Regina	57	2,7	2,2	1,4	40,2	24,9
Longbow × Hana	54	2,6	2,2	1,4	41,1	23,4
Longbow × Norman	52	2,5	1,9	1,2	37,6	19,2
Regina × Hana	55	2,6	2,2	1,4	40,7	26,9
Regina × Norman	53	2,6	2,0	1,3	37,6	25,2
Hana × Norman	54	2,6	2,1	1,5	40,0	17,4

W czasie zbioru mierzono cechy średnio 40 roślin na poletku. Dla wszystkich ocenianych cech stwierdzono istotność zróżnicowania obiektów (linii i mieszańców F₂) testem F na podstawie obliczeń analizy wariancji. Otrzymane wyniki analiz opracowano statystycznie za pomocą metody 2 model I Griffinga. Średnie pomiarów cech ujęto w tabeli 1.

WYNIKI

Analizy wariancji wykazują wysoką istotność ogólnej wartości kombinacyjnej dla wszystkich ocenianych cech (tab. 2). Tylko dla wysokości roślin stwierdzono istotność swoistej wartości kombinacyjnej dla wszystkich pozostałych cech była ona nieistotna. Uzyskane wyniki świadczą o przewadze addytywnego działania genów w dziedziczeniu badanych cech i są zgodne z badaniami wielu autorów (Węgrzyn i Pochaba, 1980; Chowdhry i in., 1999; Rizwan i Khan, 2000;). Chowdhry i wsp. (1999) nie stwierdzili istotności ogólnej wartości kombinacyjnej dla krzewistości i liczby kłosków w kłosie.

Tabela 2

Analiza wariancji zdolności kombinacyjnej cech ilościowych pszenicy ozimej
Analysis of variance of the quantitative characters in winter wheat

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty dla poszczególnych cech Mean squares for characters					
		Wysokość roślin Plant height (cm)	Krzewistość ogólna Total tillering	Krzewistość produktywna Productive tillering	Długość kłosa Ear length (mm)	Liczba kłosków w kłosie No. of spikelets per ear	Zbiorność kłosa Density of ear
Ogólna zdolność kombinacyjna GCA General combining ability GCA	6	112,57**	14,21**	10,19**	113,7**	1,62**	3,35**
Swoista zdolność kombinacyjna SCA specific combining ability SCA	21	5,02**	0,78	0,67	4,98	0,10	0,12
Błąd Error	81	2,08	0,79	0,64	3,54	0,075	0,09
Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty dla poszczególnych cech Mean squares for characters					
		Liczba ziaren w kłosie No. of grains per ear	Liczba ziaren w kłosku No. of grains per spikelet	Masa ziaren z kłosa Grain yield per ear (g)	Średnia masa ziaren z kłosa Mean grain yield per ear (g)	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight (g)	Masa ziaren z rośliny Grain yield per plant (g)
Ogólna zdolność kombinacyjna GCA General combining ability GCA	6	25,87**	0,027**	0,092**	0,022**	11,42**	20,77**
Swoista zdolność kombinacyjna SCA Specific combining ability SCA	21	4,81	0,009	0,012	0,008	2,83	2,46
Błąd Error	81	3,9	0,007	0,012	0,005	2,46	2,63

* — Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$ * — Significant at $p = 0,05$ ** — Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$ ** — Significant at $p = 0,01$

Dla wysokości roślin tylko dla linii Jawa i CWW-3547/56 nie stwierdzono istotnych efektów GCA, dla pozostałych linii są one wysoce istotne (tab. 3). Ujemna wartość kombinacyjna dla linii Longbow i Norman wskazuje na możliwość uzyskania z nimi mieszańców o skróconym źdźble. Linie Oregon, Regina i Hana mają niekorzystne dodatnie wartości efektów GCA. Użycie do krzyżowań linii Oregon i Regina może zmniejszać krzewistość ogólną i produktywną, a linie CWW i Norman zmniejszać. Efekt ogólnej zdolności kombinacyjnej dla długości kłosa jest wysoki i dodatni dla linii Longbow, Hana i Norman, co pozwala oczekiwać zwiększenia jej wartości w potomstwie. Ujemne efekty charakteryzują linie Jawa i Regina. Linie Longbow i Regina działają w kierunku zwiększania liczby kłosek w kłosie, natomiast niekorzystnie linie Jawa i CWW. Tylko dla linii Oregon nie stwierdzono istotności efektu GCA w przypadku zbitości kłosa, dla linii Jawa, CWW i Regina jest on dodatni, a dla linii Longbow, Hana i Norman ujemny. Tylko dwie linie oddziałują na liczbę ziaren w kłosie, linia Longbow ją zwiększa, natomiast linia Jawa obniża. W kierunku zmniejszania liczby ziaren w kłosku działają linie Jawa i Regina, pozostałe linie mają efekty nieistotne.

Tabela 3

Efekty ogólnej wartości kombinacyjnej
Effects of general combining ability

Cecha Characters	Linie Lines							Błąd Error
	Oregon	Jawa	CWW	Longbow	Regina	Hana	Norman	
Wysokość roślin Plant height	2,26**	-0,89	-0,43	-3,29**	5,63**	1,59**	-4,88**	1,29
Krzewistość ogólna Total tillering	1,62**	0,02	-1,04**	-0,44	1,81**	-0,56	-1,41**	0,32
Krzewistość produktywna Productive tillering	1,19**	-0,26	-0,61*	-0,38	1,76**	-0,52	-1,19**	0,29
Długość kłosa Ear length	-0,83	-5,86**	-0,03	3,21**	-2,82**	4,28**	2,05**	0,67
Liczba kłosek w kłosie No. of spikelets per ear	0,05	-0,80**	-0,24*	0,36**	0,48**	0,08	0,06	0,10
Zbitość kłosa Density of ear	0,20	0,41**	0,27*	-0,31**	1,08**	-0,76**	-0,36**	0,11
Liczba ziaren w kłosie No. of grains per ear	0,49	-3,33**	0,12	2,10**	-0,50	0,01	1,11	0,70
Liczba ziaren w kłosku No. of grains per spikelet	0,015	-0,062*	0,041	0,055	-0,084**	-0,013	-0,047	0,030
Masa ziaren z kłosa Grain yield per ear	0,125**	-0,178**	-0,056	0,061	-0,037	0,072	0,013	0,039
Średnia masa ziaren z kłosa Mean grain yield per ear	0,051	-0,095**	0,021	0,014	-0,037	0,023	0,024	0,026
Masa 1000 ziarn 1000 grain yield	1,86**	-1,00	-1,11	-0,25**	-0,19	1,23*	-0,54	0,56
Masa ziarna z rośliny Grain yield per plant	2,44**	-1,90**	-0,49	-0,14	1,58**	-0,29	-1,20*	0,58

* — Istotność na poziomie $\alpha = 0,05$

* — Significant at $p = 0,05$

** — Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

** — Significant at $p = 0,01$

Użycie do krzyżowań linii Oregon zwiększa masę ziarna z rośliny, masę 1000 ziaren i masę ziaren z rośliny, natomiast linia Jawa obniża wartość masy ziaren z kłosa i średniej masy ziaren kłosa oraz masy 1000 ziaren. Linia Longbow działa w kierunku zmniejszenia masy 1000 ziaren, a linia Hana podwyższenia. Ponadto linia Regina zwiększa masę ziarna z rośliny, natomiast linia Norman obniża ten element struktury plonu.

Efekty swoistej zdolności kombinacyjnej były istotne dla wysokości roślin tylko w przypadku czterech mieszańców, Jawa $\times$ Longbow i Longbow $\times$ Norman — niekorzystny dodatni oraz CWW $\times$ Hana i Jawa $\times$ Hana — korzystny ujemny. Ponieważ analiza wariancji wykazała istotność swoistej zdolności kombinacyjnej tylko dla wysokości roślin w pracy nie zamieszczono wyników efektów SCA.

Uzyskane wyniki są zgodne z badaniami wielu autorów, którzy również stwierdzają przewagę genów o działaniu addytywnym w warunkowaniu cech użytkowych pszenicy ozimej (Węgrzyn i in., 1979; Węgrzyn i Pochaba, 1980; Lonc, 1985; Smoček i Martinek, 1987; Kadłubiec i in., 1989; Witkowski, 1989; Weber, 1991; Lonc i Zalewski 1993). Bardzo zbieżne wyniki zostały opisane w pracy Lonca i Zalewskiego (1996) i Zalewskiego (2000), jednak dla niektórych cech wykazano tylko przewagę działania genów addytywnych nad nieaddytywnymi.

WNIOSKI

1. Z uwagi na określenie przez addytywne działanie genów większości cech plenności ich doskonalenie na drodze selekcji można rozpocząć we wczesnych pokoleniach mieszańcowych.
2. Wartościowymi komponentami do krzyżowań są linie Longbow, która skraca źdźbło, zwiększa długość kłosa oraz liczbę kłosków i ziaren w kłosie oraz Oregon, którego użycie do krzyżowań zwiększa krzewistość, masę ziaren z kłosa, z rośliny i masę 1000 ziaren.

LITERATURA

- Chowdhry M. A., Rabbani G., Subhani G. M., Khaliq I. 1999. Combining ability studies for some polygenic traits in *Aestivum* spp. Pakistan J. Biol. Sci. 2 (2): 434 — 437.
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing system. Austr. J. Biol. Sci. 9: 463 — 493.
- Kadłubiec W., Lonc W., Strugała J., Weber R. 1989. Wartość kombinacyjna cech użytkowych kilku linii pszenicy ozimej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 382: 109 — 117.
- Lonc W. 1985. Sposoby działania genów warunkujących cechy ilościowe pszenicy ozimej. Hod. Rośl. Aklim. 29, 1: 1 — 11.
- Lonc W., Zalewski D. 1993. Wartość kombinacyjna cech użytkowych linii pszenicy ozimej. Biul. Inf. ART. Olsztyn, 34: 151 — 153.
- Lonc W., Zalewski D. 1996. Ocena zdolności kombinacyjnej siedmiu linii pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 200: 259 — 265.
- Rizwan A., Khan A. S. 2000. Estimation of general and specific combining ability in a 5 x 5 diallel cross of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan J. Biol. Sci. 3 (5): 896 — 897.
- Smoček J., Martinek P. 1987. Divergence mezi rodiči pšenice ozime v produktivnosti klasu. Genet. a Slecht. 23: 265 — 271.

- Weber R. 1991. Ocena ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej komponentów plonu pszenicy ozimej. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rolnictwo LV, 207: 189 — 198.
- Węgrzyn S., Nalepa S., Pochaba L. 1979. Ogólna i swoista zdolność kombinacyjna dla plonu i jego komponentów u mieszańców pszenicy ozimej z jara. Biul. IHAR, 131: 3 — 11.
- Węgrzyn S., Pochaba L. 1980. Wartość kombinacyjna i sposoby działania genów dla kilku cech odmian i mieszańców pszenicy ozimej. Hod. Rośl. Aklim. 24: 211 — 223.
- Witkowski E. 1989. Sposoby działania genów warunkujących niektóre cechy użytkowe pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 171/172: 175 — 177.
- Zalewski D. 2000. Oszacowanie ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej cech ilościowych pszenicy ozimej. Biul. IHAR, 216, 2: 267 — 272.

CZESŁAW TARKOWSKI
KRZYSZTOF KOWALCZYK

Instytut Genetyki i Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza, Lublin

Wpływ rozmieszczenia kwiatów w kłosach pszenicy, pszenżyta i żyta na ich płodność, masę 1000 ziaren i zawartość białka w ziarnie

Komunikat

Influence of distribution of flowers in spikes of wheat, triticale and rye on their fertility, 1000 grains weight and protein content in kernels

Short communication

W pracy określono płodność kwiatów w kłoskach, masę 1000 ziarniaków i zawartość w nich białka w rodach i odmianach pszenicy: Lanca, CZR 1334, pszenżyta: Presto, CZR 1277 oraz żyta CZR 1. Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w trzech powtórzeniach. Ziarniaki wysiano siewnikiem na poletka o powierzchni 10 m². Z każdego poletka zebrano losowo po 30 kłosów. Płodność kwiatów pierwszego i drugiego kłoska pszenicy, pszenżyta i żyta była zbliżona, zaś trzeciego i czwartego istotnie wyższa w pszenicy w porównaniu z pszenżytem i żytem. Najwyższy MTZ stwierdzono w ziarniakach pochodzących z pierwszego i drugiego kwiatu kłosków pszenżyta. Zawartość białka ogółem w ziarniakach z poszczególnych kłosków była zbliżona. Najwyższe wartości tej cechy stwierdzono w rodach pszenżyta CZR 1277 i żyta CZR 1.

Słowa kluczowe: masa 1000 ziarniaków, płodność kwiatów, pszenica, pszenżyto zawartość białka w ziarnie, żyto

In this paper, fertility of flowers in spikelets, 1000 grains weight and protein content in grain were investigated in strains and cultivars of wheat: Lanca, CZR 1334, triticale: Presto, CZR 1277 and rye CZR 1. Random blocks method was used with three replications. Kernels were machine-sown in 10 m² plots. Thirty ears from each plot were randomly harvested. Fertility of the first and second flowers in wheat, triticale and rye were similar. Fertility of the 3rd and 4th flowers was significantly higher in wheat in comparison with triticale and rye. The highest 1000 grains weight characterized the 1st and 2nd flowers of spikelets in triticale. Protein content in grains from each spikelet were similar. The highest protein content in grain was found in triticale CZR 1277 and rye CZR 1.

Key words: fertility of flowers, protein content in grain, rye, triticale, weight of 1000 grains, wheat

WSTĘP

Płodność kwiatów i masa 1000 ziarniaków są ważnymi komponentami plonu zbóż. Białko zaś odgrywa dużą rolę w kształtowaniu wartości wypiekowej ich ziarna. Jakość wypiekowa ziarna zbóż zależy od ilości i jakości białka (Subda i in., 1995; Tarkowski i in., 1995 a, 1995 b).

Celem pracy było określenie wpływu rozmieszczenia kwiatów w kłosie na masę 1000 ziarniaków z poszczególnych pięter kłosa i zawartość w nich białka w odmianach i rodach pszenicy: Lanca i CZR 1334, pszenżyta: Presto i CZR 1277 oraz żyta CZR 1.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu badano odmiany oraz rody pszenicy: Lanca i CZR 1334; pszenżyta: Presto i CZR 1277 oraz ród żyta: CZR 1. Pochodzenie rodów CZR jest następujące:

- CZR 1334 (Lanca $\times$ L 506/79) $\times$ Lanca
- CZR 1277 (Lanca $\times$ L 506/79) $\times$ pszenżyto heksaploidalne CZR 142/79
- CZR 1 (pszenżyto heksaploidalne LAD 1714/83 $\times$ Tempo) $\times$ Turbo.

Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w Gospodarstwie Doświadczalnym w Czesławicach w 1990 roku. Zastosowano trzy powtórzenia. Ziarniaki wysiano siewnikiem na poletkach o powierzchni 10 m². Gęstość siewu wynosiła 450 kiełkujących ziarniaków na 1 m². W fazie dojrzałości pełnej, z każdego poletka zebrano losowo po 30 kłosów. Kłosy wymłócono ręcznie wybierając oddzielnie ziarniaki z każdego kłosa i kwiatu. Określono masę 1000 ziarniaków oraz płodność kłosek z poszczególnych pięter kłosa i kwiatów. Ponadto w ziarniakach z każdego kłosa oznaczono procentową zawartość białka ogółem metodą Kiell-Foss na automatycznym analizatorze KJELTEC AUTO 1030 Analizer firmy Tecator w próbkach 1g, w trzech powtórzeniach. Analizę wykonano w Centralnym Laboratorium Analitycznym Akademii Rolniczej w Lublinie. Ziarniaki zmielono na młynku laboratoryjnym Mill 14920. Przy przeliczeniu azotu na białko zastosowano przelicznik 6,25.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie. Analizę wariancji przeprowadzono wykorzystując test F-Snedecora. W celu stwierdzenia istotności różnic pomiędzy obiektami zastosowano przedziały ufności Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Płodność kłosek drugiego, trzeciego i czwartego, licząc od podstawy kłosa, odmiany pszenicy Lanca była istotnie niższa w porównaniu do pszenicy CZR 1334. Płodność pozostałych kłosek w kłosie była nieco wyższa w rodzie CZR 1334 niż w odmianie Lanca, ale istotnych różnic nie stwierdzono. Z wyjątkiem kłosek rozmieszczonych w dolnej części kłosa (kłoski 1 do 3) badane kłosy pszenicy wyróżniały się istotnie wyższą płodnością kłosek niż kłosy pszenżyta i żyta (tab. 1). W szczytowych partiach kłosek, wartości tej cechy były natomiast zbliżone. Najniższą płodność kłosek stwierdzono w żyte CZR 1. Pomiedzy pszenicą, pszenżytem i żytem nie stwierdzono istotnych różnic w płodności pierwszego i drugiego kwiatu. Pszenica odmiany Lanca i ród CZR 1334

wyróżniały się istotnie wyższą płodnością kwiatu trzeciego niż pszenżyto (CZR 1277 i Presto) i żyto (CZR 1). W badanych formach pszenicy stwierdzono również wyższą płodność kwiatu czwartego niż w pszenżycie (tab. 2).

Płodność kłosek pszenżyta, pszenicy Lanca i żyta Amilo, tj. roślin o różnym sposobie zapylenia badały również Kociuba i Skolimowska (1995). Autorki stwierdziły, że przy swobodnym zapyleniu, płodność kłosek różnych odmian pszenżyta wynosiła 1,81 w 1993 i 2,05 w 1994 roku. W pszenicy Lanca kształtowała się na poziomie 2,20, zaś u żyta odmiany Amilo wynosiła 1,40 w 1993 i 1,47 w 1994 roku.

Tabela 1

Płodność kłosek w kłosach pszenicy, pszenżyta i żyta
Fertility of spikelets in spike of wheat, triticale and rye

Ród Strain Odmiana Cultivar	Kłosek										
	Spikelet										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lanca	0,34	0,73	1,95	2,42	2,78	2,92	2,96	3,04	2,85	2,93	2,89
CZR 1334	0,45	1,82	2,53	2,84	3,01	2,96	3,08	3,24	3,17	3,15	3,08
Presto	0,34	1,23	1,56	1,67	1,60	1,80	1,93	2,10	2,23	2,34	2,21
CZR 1277	0,93	1,60	1,93	1,77	1,73	1,87	2,03	2,27	2,10	2,03	2,00
CZR 1	1,07	1,47	1,50	1,63	1,63	1,70	1,67	1,97	1,80	1,73	1,87
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at p = 0,05	0,21	0,29	0,25	0,22	0,28	0,31	0,35	0,29	0,32	0,35	0,29
Ród Strain Odmiana Cultivar	Kłosek										
	Spikelet										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Lanca	2,87	2,65	2,34	2,21	2,04	1,91	1,65	1,67	1,25	0,92	0,20
CZR 1334	3,04	2,71	2,58	2,56	2,45	2,27	1,92	1,85	1,34	0,85	0,34
Presto	2,35	2,06	1,90	1,94	1,92	1,87	1,74	1,50	1,23	0,62	0,50
CZR 1277	2,02	2,10	2,03	1,82	1,90	1,97	2,00	1,93	1,80	1,83	1,93
CZR 1	1,87	1,93	2,0	1,80	1,93	1,80	1,97	1,83	1,87	1,90	1,93
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at p = 0,05	0,36	0,33	0,35	0,31	0,33	0,26	0,28	0,29	0,31	0,27	0,32
Ród Strain Odmiana Cultivar	Kłosek										
	Spikelet										
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Lanca											
CZR 1334	0,15										
Presto	0,43	0,20									
CZR 1277	1,97	1,83	1,90	1,83	1,77	1,67	1,43	1,18	0,80	0,40	0,10
CZR 1	1,73	1,63	1,40	1,13	0,60	0,27	0,07				
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at p = 0,05	0,33	0,29	0,31	0,25	—	0,19	0,18				

Tabela 2

Plodność kwiatów pszenicy, pszenżyta i żyta
Fertility of flowers in wheat, triticale and rye

Ród Strain	Numer kwiatu				NIR przy $\alpha = 0,05$
Odmiana Cultivar	No of flower				LSD at p = 0,05
	1	2	3	4	
Lanca	0,81	0,67	0,40	0,04	0,17
CZR 1334	0,83	0,76	0,51	0,07	0,16
Presto	0,84	0,68	0,06	0,01	0,19
CZR 1277	0,88	0,70	0,10	0,01	0,17
CZR 1	0,85	0,62	0,02	0,00	0,14
NIR przy $\alpha = 0,05$	—	—	0,18	0,02	
LSD at p = 0,05	—	—			

Najwyższą masę 1000 ziarniaków z poszczególnych kłosek stwierdzono w rodzie pszenżyta CZR 1277. Ziarniaki tego rodzaju charakteryzowały się istotnie wyższą wartością tej cechy niż ziarniaki pszenicy odmiany Lanca i rodzaju CZR 1334 (tab. 3). Masa 1000 ziarniaków ze środkowej części kłosa była istotnie wyższa w rodzie pszenżyta CZR 1277 niż w pszenicy odmiany Presto i rodzie żyta CZR 1. Wyższą masę 1000 ziarniaków stwierdzono w rodzie żyta CZR 1 niż w badanych formach pszenicy. Różnice były istotne szczególnie w przypadku ziarniaków pochodzących ze środkowej części kłosa (tab. 3). Najniższą masę 1000 ziarniaków z pierwszego kwiatu stwierdzono w odmianie Lanca, w której była ona istotnie niższa niż w pszenicy i pszenżyte. Ziarniaki rodzaju pszenżyta CZR 1277 i odmiany Presto pochodzące z pierwszych kłosek miały istotnie wyższą wartość tej cechy niż ziarniaki rodzaju pszenicy CZR 1334. Ziarniaki rodzaju pszenżyta CZR 1277, pochodzące z drugiego kwiatu miały istotnie wyższą wartość tej cechy niż ziarniaki pozostałych badanych form. Ród żyta CZR 1 w porównaniu z pszenicą i pszenżytem wykształcał w trzecich kłoskach ziarniaki o masie istotnie niższej od tej, jaką miały ziarniaki pszenicy i pszenżyta w tychże kłoskach (tab. 4). Wartości tej cechy w przypadku czwartego kwiatu były zbliżone u pszenicy i pszenżyta. Subda i wsp. (1997), badając ziarniaki trzech rodzajów pszenicy oraz odmiany Lanca, stwierdzili najwyższą masę 1000 ziarniaków u odmiany Lanca (44,6 g) i rodzaju CZR 1334 (44,1 g). Achremowicz i wsp. (1998) podają, że masa 1000 ziarniaków u pszenżyta odmiany Presto wynosiła 45,9 g.

Zawartość białka ogółem w ziarniakach kłosek, pochodzących z poszczególnych pięter była najwyższa w przypadku rodzajów: żyta CZR 1 i pszenżyta CZR 1277. Obie formy przewyższały istotnie pod względem tej cechy, pszenicę i pszenżyto Presto (tab. 5). Zróżnicowanie zawartości białka w ziarniakach pochodzących z poszczególnych pięter kłosek w badanych formach było niewielkie. Subda i wsp. (1995) podają, że zawartość białka w ziarnie pszenicy odmiany Lanca wynosiła 9,2%, a w ziarniakach rodzaju CZR 1334 wynosiła 9,1%. Wyższe wartości tej cechy autorzy stwierdzili w późniejszych badaniach (Subda i in., 1997). W badaniach Achremowicza i wsp. (1998) zawartość białka w ziarnie pszenżyta odmiany Presto wynosiła 10,04%.

Tabela 3

Masa 1000 ziarniaków w kłoskach pszenicy, pszenżyta i żyta 1000 grains weight in spikelets of wheat, triticale and rye											
Ród Strain Odmiana Cultivar	Kłosek Spikelet										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lanca	18,2	24,4	29,9	34,9	30,1	31,1	32,4	28,4	33,4	33,7	31,3
CZR 1334	31,4	27,2	32,9	37,1	34,7	38,7	37,7	37,0	36,2	36,5	36,0
Presto	35,6	38,7	38,9	40,6	41,6	43,0	43,2	44,5	43,8	44,3	44,7
CZR 1277	35,7	41,9	42,8	48,1	45,2	44,9	49,5	53,2	49,5	50,0	45,5
CZR 1	28,4	28,6	33,3	36,9	38,6	41,0	41,4	39,8	40,0	41,2	42,0
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at p = 0,05	5,4	5,7	4,8	5,2	4,9	4,7	5,0	4,9	5,2	5,5	4,7
Ród Strain Odmiana Cultivar	Kłosek Spikelet										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Lanca	30,4	27,4	26,9	27,9	26,3	27,0	21,5	26,3	27,1	23,5	22,6
CZR 1334	34,4	34,5	30,9	34,2	29,5	30,6	29,5	27,7	29,6	26,6	23,0
Presto	45,0	44,2	44,4	43,5	43,0	41,7	39,3	38,5	36,2	36,4	33,0
CZR 1277	49,8	49,0	53,3	52,3	52,2	52,5	52,5	50,4	49,3	49,0	47,3
CZR 1	42,3	41,6	41,0	43,0	42,6	43,3	40,5	42,4	41,4	40,8	40,2
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at p = 0,05	4,9	5,1	5,4	5,2	4,9	5,2	4,8	4,9	5,2	5,4	5,5
Ród Strain Odmiana Cultivar	Kłosek Spikelet										
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Lanca											
CZR 1334	17,5										
Presto	27,2	25,0									
CZR 1277	47,8	49,6	46,2	45,2	44,7	41,9	42,3	39,8	39,6	36,0	30,0
CZR 1	38,1	37,2	36,8	35,3	31,7	25,0	24,2				
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at p = 0,05	5,3	5,1	5,0	4,8	4,6	4,3	4,7				

Tabela 4

Masa 1000 ziarniaków w kwiatach pszenicy, pszenżyta i żyta (g) 1000 grains weight in flowers of wheat, triticale and rye (g)					
Ród — Strain Odmiana — Cultivar	Numer kwiatu No of flower				NIR przy $\alpha=0,05$ LSD at p=0,05
	1	2	3	4	
Lanca	34,6	29,1	25,3	20,6	4,7
CZR 1334	37,3	35,0	30,6	24,4	4,4
Presto	43,5	41,2	29,6	22,8	5,3
CZR 1277	46,4	47,2	30,2	22,7	5,7
CZR 1	40,4	37,6	17,8		4,6
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at p = 0,05	5,4	5,8	6,1	-	

Tabela 5

Zawartość białka ogółem w ziarniakach różnych kłosek pszenicy, pszenżyta i żyta
Protein content in kernels of different spikelets in wheat, triticale and rye

Ród/ Strain Odmiana Cultivar	Kłosek/ Spikelet										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lanca	10,2	10,5	10,7	11,1	11,0	11,0	11,0	10,9	11,0	10,8	11,0
CZR 1334	10,3	10,5	9,9	10,0	10,2	10,2	10,5	10,3	10,2	10,0	10,0
Presto	7,8	7,6	7,8	8,0	7,9	8,0	7,9	7,5	7,8	7,9	8,0
CZR 1277	14,0	14,1	14,4	14,6	14,6	14,2	14,2	13,8	14,4	14,3	14,8
CZR 1	13,1	13,3	14,7	15,4	15,0	14,4	15,2	14,6	15,0	14,7	14,3
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at $p = 0,05$	1,4	1,6	1,4	1,5	1,3	1,5	1,3	1,2	1,3	1,4	1,3
Ród/ Strain Odmiana Cultivar	Kłosek Spikelet										
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Lanca	10,8	10,7	10,6	10,0	10,3	10,0	10,1	9,9	9,8	9,8	9,4
CZR 1334	9,7	10,3	10,0	10,0	9,9	9,7	9,5	9,5	9,4	9,4	9,3
Presto	8,1	8,0	8,1	8,0	7,9	8,2	8,1	7,9	8,0	8,5	8,6
CZR 1277	14,5	14,0	13,8	14,3	13,5	14,0	13,3	14,0	13,4	13,4	13,1
CZR 1	14,4	14,7	14,7	14,9	14,3	14,9	14,7	14,3	14,3	14,3	15,0
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at $p = 0,05$	1,3	1,5	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,3	1,4	1,2
Ród/ Strain Odmiana Cultivar	Kłosek/ Spikelet										
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
Lanca											
CZR 1334	9,4										
Presto	8,7	8,5									
CZR 1277	13,4	13,2	13,0	12,9	13,2	13,1	13,4	13,0	13,8	12,5	12,7
CZR 1	14,4	14,4	14,4	14,7	14,4	14,4	13,9				
NIR przy $\alpha = 0,05$ LSD at $p = 0,05$	1,1	1,2	1,1	1,3	1,1	1,0	-				

WNIOSKI

1. Płodność kwiatów w kłoskach była najwyższa w pszenicy, niższa w pszenżycie i najniższa w życie.
2. Płodność pierwszego i drugiego kwiatu kłoska pszenicy, pszenżyta i żyta była zbliżona, zaś trzeciego i czwartego istotnie wyższa w pszenicy niż w pszenżycie i życie.
3. Najwyższą masę miały ziarniaki pochodzące z pierwszego i drugiego kwiatów kłosek pszenżyta. Masy 1000 ziarniaków pochodzących z czwartego kwiatu kłoska pszenicy i pszenżyta były zbliżone.

4. Zawartość białka ogółem w ziarniakach z poszczególnych kłosek była zbliżona i niezależna od miejsca osadzenia kłosa. Najwyższe wartości tej cechy stwierdzono w rodach: pszenżyta CZR 1277 i żyta CZR 1.

LITERATURA

- Achremowicz B., Mazurkiewicz J., Tarkowski C. 1998. Ocena wybranych cech technologicznych ziarna nowych rodów pszenżyta. Biul. IHAR, 208: 79 — 87.
- Kociuba W., Skulimowska R. 1995. Obserwacje kwitnienia, zapylenia i płodności roślin pszenżyta w porównaniu do pszenicy i żyta. Biul. IHAR, 195/196: 99 — 106.
- Subda H., Tarkowski C., Gil Z., Karolini-Skaradzińska Z. 1995. Wpływ chromosomów *1BL/1RS* na skład chemiczny i wartość technologiczną ziarna pszenicy. Cz. I. Skład chemiczny. Hod. Rośl. Aklim. 39, 1/2: 57 — 62.
- Subda H., Tarkowski C., Karolini-Skaradzińska Z., Gil Z. 1997. Ocena wpływu chromosomów *1BL/1RS* na jakość ziarna pszenicy. Biul. IHAR, 201: 109 — 115.
- Tarkowski C., Bichta J., Kowalczyk K., Marciniak K., Kosińska D. 1995 a. Wpływ substytucji chromosomu pszenno-żytniego *1BL/1RS* i genów *Rht* na wysokość roślin i masę 1000 ziarn pszenicy. Biul. IHAR, 194: 13 — 19.
- Tarkowski C., Bichta J., Kowalczyk K. 1995 b. Transfer genów *Rht1*, *Rht2* i *Rht3* z Maris Widgeon do pszenżyta odmiany Presto. Biul. IHAR 195/196: 81 — 84.

TADEUSZ ZAJĄC¹**MACIEJ GIERDZIEWICZ**²**ROBERT WITKOWICZ**¹¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin² Katedra Genetyki i Metod Doskonalenia Zwierząt
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Kształtowanie się parametrów ulistnienia źdźbła i łanu pszenicy ozimej oraz ich współzależności

Leavage parameters of winter wheat culm and stand and their mutual dependencies

Dokonano metodą destrukcyjną pomiaru powierzchni blaszek liści źdźbła pszenicy ozimej odmiany Sakwa, uprawianej w latach 1998–1999 po różnych przedplonach na czarnoziemie zdegradowanym. Uzyskane dane wskazują na znaczną zmienność cech empirycznych i pośrednich wywołanych przebiegiem pogody. Oddziaływanie grup przedplonów na wielkość cech źdźbła pszenicy w fazie pełni kłoszenia było nieistotne. Wskaźniki pośrednie należy ocenić jako dobre dodatkowe źródło informacji o ulistnieniu źdźbła, które pozwala na porównanie związków między cechami zachodzących w różnych warunkach. Współczynniki korelacji fenotypowej charakteryzowały się na ogół wysoką wartością, ponieważ w trzech przypadkach dla związków cech empirycznych oraz w jednym przypadku dla cech pośrednich ich wartość przekraczała 0,75. Większość wyliczonych współczynników korelacji prostej była wysoce istotna. Rozkład świeżej masy 1 cm² blaszki liściowej przebiegał odmiennie u liści zwisających i wyprostowanych. W liściach zwisających największą jednostkową masę miała część liścia w punkcie przegięcia się blaszki liściowej. W liściach wyprostowanych masa 1 cm² blaszki liścia ulegała zmniejszeniu w kolejnych odcinkach, poczynając od nasady. Bezpośrednie porównanie wkładu wnoszonego przez dwa badane komponenty w powierzchnię całkowitą liści źdźbła wykazuje, że przewagę w tym względzie miała średnia powierzchnia liścia, ponieważ jej udział wynosił 78,8%. Natomiast liczba wyrastających na źdźbło liści miała słabsze oddziaływanie, a jej udział wynosił 21,2%. Indeks powierzchni liści łanu pszenicy był zdeterminowany głównie przez wkład całkowitej powierzchni blaszek liści źdźbła, udział tej cechy wynosił 98,3%. Przy uwzględnieniu w modelu równania regresji obsady źdźbeł w fazie pełni kłoszenia (rozwinęte liście flagowe) wkład tego komponentu należy określić jako nikły, ponieważ jego udział w powierzchni liści z 1 m², wynosił zaledwie 1,7%.

Słowa kluczowe: cechy empiryczne, cechy pośrednie, komponenty ulistnienia, pszenica ozima, współzależności

The area of leaf blades of winter wheat culm of the Sakwa variety, cultivated in the years 1998–1999 on the degraded chernozem with different forecrops, was measured with the use of the destructive method. The results indicate remarkable variation of the empirical and indirect traits, caused by the weather conditions. The influence of the forecrop groups on dimensions of the wheat culm in the full ear stage was not significant. The indirect traits should be considered a good additional source of

information about the leavage of the culm, because they allow for the comparison of relationships between two traits in various conditions. The values of the phenotypic correlation coefficients between any of the empirical and indirect traits of a single culm were, in general, high. The phenotypic correlation coefficients were, in general, high, because three of them (between empirical traits) and one of them (between indirect traits) exceeded 0,75. The majority of the Pearson correlation coefficients were highly significant. The distribution of the fresh mass per 1 cm² of leaf blade differed between erectoid and hanging leaves. In the hanging leaves the part of a leaf near the bending point had the highest weight per unit (1cm²). In the erectoid leaves the leaf blade weight per unit decreased in subsequent parts, beginning from the base. The direct comparison of contribution of the two structural components to the total area of the culm leaves indicates that average leaf area prevailed in that context because its contribution was 78,8%. The number of leaves per blade had weaker influence, and its contribution was 21,2%. Leaf area index of the wheat stand was determined mainly by the total area of leaf blades of a culm; the contribution of that component was 98,3%. After taking into account the density of culms in the full ear stage (developed flag leaves) the contribution of that element should be described as very small because its value was only 1,7%.

Key words: correlation, empirical traits, indirect traits, leavage components, winter wheat

WSTĘP

Zbiorka powierzchnia liści roślin łąnu, definiowana jako indeks powierzchni liści (LAI), ma decydujące znaczenie w wykorzystaniu przez rośliny uprawne promieniowania fotosyntetycznie czynnego (Gent, 1995). Powierzchnia liści w przeliczeniu na 1 m² powierzchni gleby może być określona metodami destrukcyjnymi, a jakkolwiek są one najdokładniejsze, jednak z uwagi na dużą pracochłonność ograniczona jest ich wykonalność. Indeks powierzchni liści łąnu roślin uprawnych można obecnie określić metodami niedstrukcyjnymi, używając do tego celu standardowych przyrządów, których szybkość pracy jest znaczna, a liczba wykonanych pomiarów duża, co sprawia że ta metoda ma decydujące znaczenie w pozyskiwaniu wyników (Gillett i in., 1999). Podolska (1999) podkreśla, że w oparciu o wykonane dotychczas badania panuje zgodny pogląd, iż intensywne i zarazem wysokopienne odmiany pszenicy cechuje większa powierzchnia liści, w połączeniu z dużymi i długo fotosyntetycznie aktywnymi liśćmi flagowymi. Obecnie uważa się, że wskaźnik LAI w okresie pełni kłoszenia się zbóż może być dobrym wskaźnikiem prognostycznym do szacowania wielkości plonu ziarna, wykorzystywanym w modelowaniu (Faber i in., 1996; Faber i Nieróbca, 1999; Gillett i in., 1999). Maksymalne wartości osiąga indeks powierzchni liści w okresie pełni kłoszenia, kiedy rośliny mają w pełni rozwinięte liście flagowe, a jego wartość w tym czasie waha się w granicach od 3 do 12 m² · m⁻² gleby. Indeks powierzchni liści determinowany jest przez dwa elementy składowe: powierzchnię blaszek liściowych pojedynczego źdźbła i liczbę źdźbeł na powierzchni 1 m². Określenia pierwszego komponentu ulistnienia można dokonać tylko przy użyciu metod destrukcyjnych. Dane literaturowe odnoszące się do powierzchni pojedynczych liści źdźbła pszenicy, zarówno w warunkach polowych, jak i kontrolowanych (fitotron) są stosunkowo nieliczne (Hotsonyame i Hunt, 1998; Podolska, 1999).

Wśród gatunków roślin zbożowych pszenica charakteryzuje się dużym udziałem powierzchni blaszek liściowych w ogólnej powierzchni asymilacyjnej roślin (Zajac i Witkowicz, 1997). Wielkość indeksu powierzchni liści pszenicy oraz jej elementów

składowych zależy od czynników agrotechniki i siedliska, a oddziaływanie tych czynników w dodatnim lub ujemnym sensie jest stosunkowo mało poznane, co szczególnie podkreślają Faber i Nieróbca (1999). Czynniki siedliska w okresie wykładniczego wzrostu roślin, a głównie zbyt wysokie lub zbyt niskie temperatury oraz deficyt wody, ograniczają powierzchnię liści roślin i łanu, co prowadzi do pogorszenia szacowania wielkości plonu (Gillett i in., 1999). Z kolei wzrost poziomu nawożenia azotem w przedziale $0-90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ prowadzi do zwiększenia wymiarów determinujących powierzchnię liści, czyli ich długości i szerokości, jednak nadmierna powierzchnia liści pociąga za sobą zwiększone wyleganie roślin i łanu, a ta forma szkód prowadzi do spadku plonu ziarna. Gillett i wsp. (1999) podkreślają, że w warunkach optymalnych dla wzrostu roślin (wyeliminowane wyleganie) zarówno zmiany LAI w czasie, jak i odpowiednie zmiany indeksu zielonej powierzchni (GAI) dobrze opisują narastanie nadziemnej masy łanu pszenicy. Pomimo rozpoczęcia prac nad modelowaniem wzrostu i plonowania pszenicy mało wiemy o wymiarach liści, a także o stopniu współzależności pomiędzy cechami morfologicznymi źdźbła i łanu współcześnie zrejonizowanych odmian pszenicy ozimej, uprawianych w typowych siedliskach.

Celem podjętych badań było określenie wielkości cech empirycznych i pośrednich związanych z ulistnieniem pojedynczego źdźbła i łanu w zależności od roku uprawy i wyboru jednej z trzech grup przedplonów. Zakres poznawczy pracy poszerzono poprzez wyliczenie indywidualnego wkładu komponentów składowych w powierzchnię liści źdźbła i łanu oraz wykazanie zmian w masie 1 cm^2 blaszki liściowej w różnych przedziałach długości liścia.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1998–1999 w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin w Prusach, miejscowości położonej 18 km na północny wschód od Krakowa. Glebę pola doświadczalnego stanowił czarnoziem zdegradowany, odznaczający się dobrą zasobnością w przyswajalne formy składników pokarmowych, o odczynie obojętnym, zaliczany do kompleksu pszennego bardzo dobrego. Pszenicę ozimą odmiany. Sakwa uprawiano po 11 przedplonach:

- 1—ścierń jęczmienia ozimego (kontrola),
 - 2—zaorana słoma jęczmienia ozimego,
 - 3—wsiewka życicy wielokwiatowej,
 - 4—wsiewka koniczyny czerwonej
- oraz po międzyplonach ścierniskowych następujących gatunków i mieszanek:
- 5—gryka,
 - 6—owies,
 - 7—gorczyca biała,
 - 8—bobik,
 - 9—bobik + gorczyca biała,
 - 10—bobik + peluszką + wyka siewna (mieszanka strączkowa),
 - 11—gorczyca biała + rzodkiew oleista + facelia błękitna (mieszanka krzyżowa).

Po wstępnych obliczeniach utworzono trzy grupy przedplonów, a do grupy I zaliczono obiekty 1, 2 i 3, natomiast gatunki roślin motylkowatych, względnie ich mieszanki (obiekty 4, 8, 9 i 10) zakwalifikowano do grupy II. Z międzyplonów ścierniskowych roślin niemotylkowych (obiekty 5, 6, 7 i 11) wyodrębniono III grupę. Corocznie, na początku trzeciej dekady lipca, wysiewano międzyplony ścierniskowe, pod które przedsięwzięcie stosowano azot w ilości $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, zaś analogiczną ilość azotu dodawano do zaorywanej słomy. Pod rośliny motylkowe nie stosowano azotu. Biomasa roślin wsiewek i międzyplonów nawozowych przyorywano po rozdrobnieniu pod koniec drugiej dekady września, a po przygotowaniu roli do siewu, w obydwu latach siewu pszenicy dokonano 24 września, wysiewając 400 ziaren na 1 m^2 , stosując rozstaw rzędów co 15 cm. Przed siewem pszenicy zastosowano nawożenie fosforowo-potasowe na hektar w ilości 40 kg P_2O_5 (superfosfat potrójny) i 60 kg K_2O w formie 57% soli potasowej. Nawożenie azotem w formie saletry amonowej przeprowadzono wiosną, stosując 50 kg N ha^{-1} . Pozostałe zabiegi pielęgnacyjne wykonano zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki dla pszenicy. Doświadczenia zakładano w 4 powtórzeniach, a wielkość pojedynczego poletka wynosiła 12 m^2 .

W fazie pełni kłoszenia dla każdego z 11 obiektów doświadczalnych pobrano po 20 pędów w dwóch powtórzeniach celem oznaczenia następujących zmiennych empirycznych: wysokości źdźbła (x_1), masy źdźbła (x_2), masy liści (x_3), sumy powierzchni liści (x_4) i liczby liści (x_5). Corocznie liście flagowe i podflagowe w liczbie 30 (po 10 dla każdej z grup przedplonów) dzielono na odcinki 5 cm, poczynając od nasady. Dla każdego z odcinków ustalono powierzchnię (cm^2) i świeżą masę (mg). Wstępne wyniki analiz wykazały, że ani rodzaj liści, ani rok nie miały takiego oddziaływania jak typ liścia (erektoidalny i zwisający), dlatego dla 5 cm odcinków tych liści obliczono średnią wraz z jej błędem standardowym i 95% przedziałem ufności. Pomiarów powierzchni całych liści, jak i odcinków dokonano na planimetrze firmy LI-COR model 3100. Znajac zagęszczenie źdźbeł wyliczono indeks powierzchni liści łanu (LAI), a także ich masę.

W oparciu o pomiary cech empirycznych (x_1 – x_5) wyprowadzono 3 wskaźniki pośrednie o charakterze ilorazowym: x_6 – świeża masa 1 cm^2 liści = masa liści / powierzchnia liści, x_7 – udział masy liści w masie źdźbła = masa liści / masa źdźbła, x_8 – kształtowanie się powierzchni liści na 1 cm długości źdźbła = powierzchnia liści / wysokość źdźbła. W zamierzeniu wskaźniki te miały służyć do obiektywnej i zarazem prostszej oceny ulistnienia w odniesieniu do pojedynczego źdźbła i łanu pszenicy ozimej znajdującej się w pełni kłoszenia.

Wyliczono podstawowe parametry statystyczne — średnią, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności oraz zakres wartości — dla cech empirycznych (x_1 – x_5) i pośrednich (x_6 – x_8) źdźbła pszenicy ozimej. Oszacowano współczynniki korelacji prostej między ośmioma wymienionymi cechami wraz z poziomem istotności. Dla porównań wpływu wnoszonego przez grupy przedplonów i lata wegetacji wykonano dwuczynnikową analizę wariancji z interakcją. Do obliczenia istotności różnic między średnimi odnoszącymi się do źdźbła i łanu użyto testu wielokrotnego rozstępu Duncana, przyjmując poziom istotności $\alpha = 0,05$. Równocześnie dokonano grupowania cech empirycznych i pośrednich źdźbła pszenicy na klasy ze względu na liczbę liści źdźbła. Zakres porównań

pomiędzy powierzchnią kolejnych liści źdźbła przedstawiono w odniesieniu do pędów o trzech, czterech i pięciu liściach, uwzględniając indywidualną powierzchnię kolejnych liści.

Dokonano również obliczenia: (A) indywidualnego udziału liczby liści i średniej powierzchni liścia w powierzchni całkowitej liści źdźbła, oraz (B) udziału obsady źdźbeł i średniej powierzchni liści źdźbła w indeksie powierzchni liści łanu (LAI). Obliczenia przeprowadzono w oparciu o założenia metodyczne podane w pracy Krawontki (1997). W obu przypadkach: (A) i (B), zastosowano takie samo równanie regresji liniowej:

$$y = b_1 x_1 + b_2 x_2,$$

a procentowy wkład zmiennych x_1 i x_2 w zmienną y oznaczono odpowiednio przez z_1 i z_2 . W przypadku (A) zmienną zależną (y) była powierzchnia całkowita liści źdźbła, zaś zmiennymi niezależnymi — liczba liści (x_1) i średnia powierzchnia liścia (x_2). W przypadku (B) zmienną zależną (y) był indeks powierzchni liści, zaś zmiennymi niezależnymi — obsada źdźbeł (x_1) i średnia powierzchnia blaszek liści źdźbła (x_2).

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 zamieszczono wartości średnie odnoszące się do cech empirycznych i pośrednich źdźbeł pszenicy ozimej i łanu, wykorzystanych do scharakteryzowania ulistnienia tego gatunku w fazie pełni kłoszenia. Analiza wartości cech pozwala na stwierdzenie, że największy wpływ na ich istotne zróżnicowanie miały lata uprawy lub interakcja lat uprawy z grupami przedplonów. Wpływ, jaki wywierały grupy przedplonów na większość cech, był na ogół nieistotny, z wyjątkiem liczby liści wykształcanych przez pojedynczy pęd. Takie ułożenie się wyników należy interpretować jako plastyczną reakcję pszenicy na układ czynników pogodowych.

Ze względu na nieistotne oddziaływanie grup przedplonów na wymiary cech źdźbła pszenicy materiał badawczy potraktowano jako całość. Cechy empiryczne i pośrednie pszenicy różniły się zakresem zmienności, o czym świadczą różne wartości współczynników zmienności (tab. 2). Wysokość pojedynczego źdźbła w tej fazie wynosiła 71,4 cm, a zmienność tej cechy była niska. Masa pojedynczego źdźbła i jego blaszek liściowych wynosiła odpowiednio: 7,5 i 1,44 g, a obydwie cechy wykazywały znaczną zmienność. Powierzchnia blaszek liściowych liści źdźbła pszenicy wynosiła 67,52 cm², a zmienność tej cechy pozostawała na analogicznym poziomie jak świeża masa źdźbła. W badaniach Szmigła (1994), wykonanych w tych samych warunkach glebowych, powierzchnia blaszek liściowych źdźbła pszenicy wahała się w granicach od 96 do 180 cm² i zależała od dawki azotu i odmiany, a indeks powierzchni liści kształtował się w przedziale od 2,74 do 3,84. Hotsonyame i Hunt (1998) badali specyficzną powierzchnię liści pszenicy (SLA). W odniesieniu do źdźbła głównego cecha ta zależała od położenia liści, a maksymalną jej wartość stwierdzono w wąskim zakresie temperatur 18–20°C.

Wartości trzech cech pośrednich pod względem zmienności wykazały duże podobieństwo do cech empirycznych. Pierwsza z cech (x_6), miała większą zmienność w porównaniu do dwóch pozostałych.

Tabela 1

Średnie cech empirycznych i pośrednich źdźbła i cech łanu według klasy przedplonu i roku uprawy
Means for the empirical and indirect traits of culms and for the traits of stand by forecrop group and by year of cultivation

Cecha Trait	Grupa przedplonów Forecrop group			Rok uprawy Year of cultivation		Grupa przedplonów × rok uprawy Forecrop group × year of cultivation					
	I	II	III	1998	1999	I 98	I 99	II 98	II 99	III 98	III 99
Cechy empiryczne źdźbła Empirical traits of culm											
x_1^*	71,53a**	72,94a	70,71a	69,65a	72,31b	69,28ab	72,28ab	71,33ab	73,35a	68,35b	71,30ab
x_2	7,38a	7,74a	7,35a	10,12a	6,79b	9,64a	6,65b	10,29a	7,10b	10,44a	6,58b
x_3	1,49a	1,47a	1,37a	2,03a	1,28b	2,01a	1,31b	2,09a	1,31b	1,98a	1,22b
x_4	67,61a	68,95a	66,03a	93,71a	60,38b	93,26a	59,06b	95,91a	62,21b	91,96a	59,55b
x_5	3,75b	3,60ab	3,44a	4,13a	3,44b	4,30a	3,57b	4,05a	3,49bc	4,05a	3,29c
Cechy pośrednie źdźbła Indirect traits of culm											
x_6	0,022a	0,021a	0,021a	0,022a	0,021a	0,021a	0,022a	0,022a	0,021a	0,021a	0,020a
x_7	0,20a	0,19a	0,19a	0,20a	0,19a	0,21a	0,20a	0,21a	0,18a	0,19a	0,19a
x_8	0,95a	0,94a	0,93a	0,34b	0,83a	1,34a	0,82b	1,35a	0,84b	1,34a	0,83b
Cechy łanu Traits of canopy											
x_9	26840a	29957a	27861a	38319a	25591b	39339a	22653b	40093a	27424b	35463a	25961b
x_{10}	2931a	3360a	3096a	4131a	2874b	4073a	2551b	4300a	3125b	4019a	2866b
x_{11}	589,90a	638,22a	578,07a	830,41a	540,89b	851,28a	502,77c	873,72a	579,34bc	766,22ab	531,04c
x_{12}	41,28a	46,35a	43,92a	59,49a	39,82b	58,88a	35,41b	60,88a	42,72b	58,71a	40,22b
x_{13}	8,28a	8,79a	8,20a	11,94a	7,48b	12,29a	6,95b	12,36a	7,90b	11,19a	7,46b

* — Nazwy cech empirycznych i pośrednich jak w tabeli 2

* — Names of empirical and indirect traits as in table 2

** — Średnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie między sobą (test Duncana)

** — Means with the same letter are not significantly different (Duncan test)

Objaśnienia cech ($x_9 - x_{13}$) — explanation of the traits ($x_9 - x_{13}$): x_9 — indeks powierzchni liści — leaf area index; x_{10} — świeża masa roślin — total fresh crop yield [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]; x_{11} — świeża masa blaszek liści — leaf blade fresh crop yield [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$]; x_{12} — świeża masa na 1 cm wysokości łanu — fresh crop yield per 1 cm canopy height above ground [$\text{kg} \cdot \text{cm}^{-1}$]; x_{13} — świeża masa blaszek liściowych na 1 cm wysokości łanu — fresh leaf crop yield per 1 cm canopy height above ground [$\text{kg} \cdot \text{cm}^{-1}$];

Świeża masa 1 cm^2 blaszki liściowej wyniosła 0,021 g, a należy podkreślić znaczny rozstęp wartości skrajnych, odnoszących się do tej cechy, jak i dwóch pozostałych. Udział świeżej masy blaszek liściowych w masie całego źdźbła wynosił 0,19, co pozwala na stwierdzenie, że jedną piątą jego masy stanowią blaszki liściowe. Nieróbca (1998) podkreśla, że rozdysponowanie suchej masy u pszenicy ozimej odmiany Almari różniło się wyraźnie w porównaniu ze współczynnikami ustalonymi dla warunków zachodniej Europy, a stwierdzona różnica polegała na wyraźnie mniejszej alokacji suchej masy do liści i większej do źdźbła. W celu dodatkowego scharakteryzowania i umożliwienia porównań powierzchni ulistnienia pojedynczego pędu rośliny i łanów wprowadzono wskaźnik „powierzchnia liści na 1 cm długości źdźbła”. W naszych badaniach na 1 cm długości źdźbła przypadało średnio 0,94 cm^2 blaszek liściowych, zaś wielkość ta zmieniała się od 0,48 cm^2 do 1,76 cm^2 .

Współczynniki korelacji fenotypowej obliczone dla cech empirycznych i pośrednich, odnoszących się do pojedynczego źdźbła, charakteryzowały się na ogół wysoką wartością (tab. 2). Większość wyliczonych współczynników korelacji prostej była wysoce istotna. Wykazano, że masa świeżych blaszek liściowych była dodatnio i zarazem wysoce istotnie skorelowana z pozostałymi cechami. Z drugiej strony należy podkreślić fakt, że długość źdźbła nie wykazywała prawie żadnego związku z cechami pośrednimi. W trzech przypadkach związki pomiędzy cechami były istotne, a szczególnie odnosiło się to do zależności pomiędzy powierzchnią blaszek przypadających na 1 cm długości, a jedną z jej składowych tzn. sumą powierzchni blaszek liściowych źdźbła ($r = 0,92^{***}$).

Tabela 2

Podstawowe statystyki dla cech empirycznych i pośrednich źdźbeł pszenicy ozimej
Basic statistics for empirical and indirect traits for the culms of winter wheat

Statystyka Statistics	Cechy źdźbła The traits of culm							
	cechy empiryczne empirical traits					cechy pośrednie indirect traits		
	x_1 - wysokość [cm ²] x_1 - height [cm ²]	x_2 - masa źdźbła [g] x_2 - culm weight [g]	x_3 - masa liści [g] x_3 - weight of leaves [g]	x_4 - suma po- wierzchni liści [cm ²] x_4 - total area of leaves [cm ²]	x_5 - liczba liści [sztuk] x_5 - number of leaves [pieces]	x_6 - świeża masa 1 cm ² blaszki [g] x_6 - fresh mass of 1 cm ² leaf blade	x_7 - udział liści w masie źdźbła x_7 - share of leaf blades in culm mass	x_8 - powierz- chnia liści na 1 cm wysokości źdźbła x_8 - leaf area per 1 cm culm height
Srednia- Mean	71,74	7,50	1,44	67,52	3,59	0,021	0,19	0,94
Sd	7,98	2,17	0,59	19,85	0,60	0,007	0,05	0,26
V [%]	11	29	41	29	17	34	28	28
Cv [%]	11	29	41	29	17	34	28	28
Minimum	51	3,56	0,61	30,90	2	0,015	0,10	0,48
Maksimum	95	14,78	7,09	140,60	6	0,138	0,97	1,76
Korelacja z cechą Correlation with trait:	Macierz współczynników korelacji prostej między cechami x_1-x_8 Matrix of Pearson correlation coefficients among traits x_1-x_8							
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
x_2	0,36***							
x_3	0,29***	0,75***						
x_4	0,39***	0,89***	0,77***					
x_5	-0,13*	0,37***	0,29***	0,43***				
x_6	0,01	0,13*	0,67***	0,05	-0,03			
x_7	0,06	0,03	0,68***	0,17**	0,04	0,87***		
x_8	0,01	0,81***	0,68***	0,92***	0,52***	0,05	0,17**	

* — Współczynnik istotnie różny od zera (poziom istotności $\alpha = 0,05$)

* — Coefficient significantly different from zero (significance level $\alpha = 0,05$)

** — Współczynnik istotnie różny od zera (poziom istotności $\alpha = 0,01$)

** — Coefficient significantly different from zero (significance level $\alpha = 0,01$)

*** — Współczynnik istotnie różny od zera (poziom istotności $\alpha = 0,001$)

*** — Coefficient significantly different from zero (significance level $\alpha = 0,001$)

Mimo, iż zależność ta może mieć charakter korelacji pozornej, należy zwrócić uwagę, że związek z drugą składową (wysokością źdźbła) okazał się słabszy i zarazem nieistotny ($r = 0,01$).

Dla lepszego przedstawienia układu cech empirycznych i pośrednich, pogrupowano je w klasy na podstawie liczby żywych zielonych liści zachowanych na źdźble (tab. 3). Najwyższe źdźbła zachowały zaledwie dwa liście, natomiast w miarę wzrostu liczby zachowanych liści wysokość źdźbeł systematycznie się zmniejszała, co może sugerować, że wykształciły się one później. Wzrost liczby liści źdźbła, poczynając od trzech, przekładał się na wzrastającą świeżą masę blaszek liści oraz większy jej udział w świeżej masie źdźbła.

Tabela 3

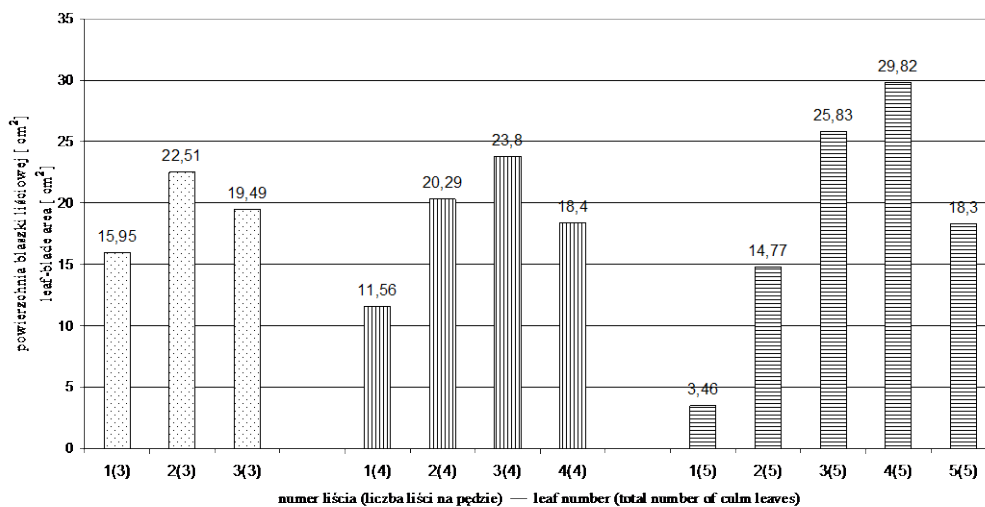
Średnie dla cech empirycznych i pośrednich źdźbła pszenicy ozimej z podziałem na klasy według liczby zachowanych liści

Means for empirical and indirect traits of winter wheat culm by number of present leaves					
Cechy źdźbła Culm traits	Klasy według liczby liści (x_s) Classes by number of leaves				
	2	3	4	5	6
x_1 (*)	78,00	72,68	71,06	69,72	65,00
x_2	7,70	6,54	8,18	9,49	7,62
x_3	1,02	1,25	1,57	1,94	1,59
x_4	49,37	57,95	74,05	92,18	73,70
x_6	0,021	0,022	0,021	0,021	0,022
x_7	0,13	0,19	0,19	0,20	0,21
x_8	0,63	0,79	1,04	1,34	1,13

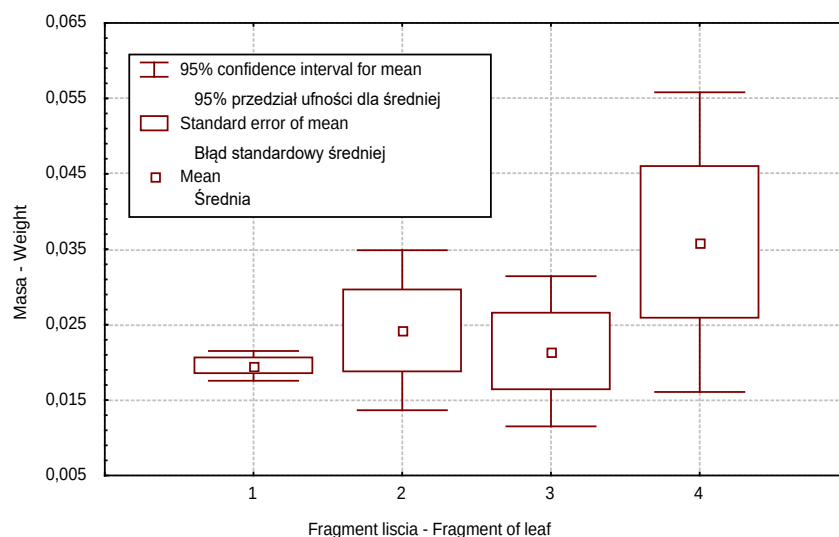
(*) — Oznaczenia cech, tak jak w tabeli 1

(*) — Names of traits as in table 1

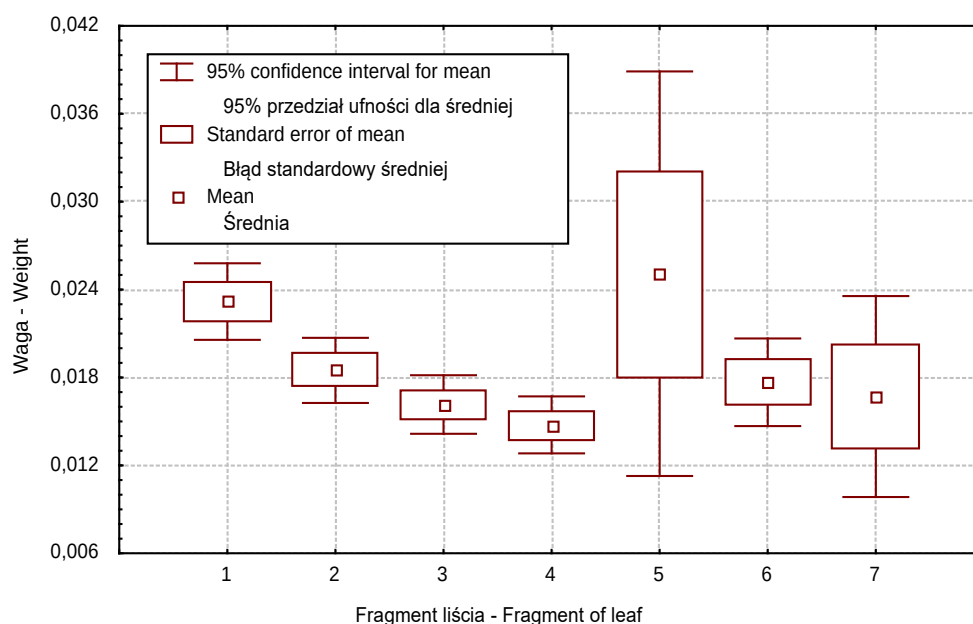
Wychodząc od założeń metodycznych, omówionych w rozdziale „Materiał i metody”, przedstawiono indywidualną powierzchnię blaszek liściowych poszczególnych liści źdźbeł (rys. 1). Myślą przewodnią tej prezentacji było porównanie powierzchni blaszek liściowych, szczególnie liścia podflagowego i flagowego w miarę zwiększania się liczby liści źdźbła. Stwierdzono, że systematycznie rosła powierzchnia liścia podflagowego, natomiast powierzchnię blaszki liścia flagowego można ocenić jako prawie stałą. Zakres porównań wzrostu blaszek liści poszerzono o analizę ich stałych odcinków, jednak niejednorodność wariancji błędu uniemożliwiła przeprowadzenie typowej analizy wariancji. Porównano kształtowanie się masy 1 cm² blaszki liści erektoidalnych i zwisających (rys. 2 i 3). Przy rozpatrywaniu zmian masy 1 cm² blaszki liści należy podkreślić, że wraz ze wzrostem kolejnych odcinków od nasady liścia zwiększa się przedział ufności dla średniej oraz odchylenie standardowe. Punkt przebiegu się blaszki liściowej w liściach zwisających zaznacza się występowaniem największej masy 1 cm², z uwagi na najlepszą ekspozycję tej części blaszki liściowej względem promieniowania fotosyntetycznie czynnego. W liściach mających wyprostowaną blaszkę nie wykazano podobnej zależności. Należy dodać, że analiza blaszek liściowych w odniesieniu do lat wegetacji, jak i rodzaju liści, nie dała wyników układających się w jednoznaczną tendencję.



Rys. 1. Średnia powierzchnia blaszek liściowych źdźbeł pszenicy różniących się ich liczbą
 Fig. 1. Average area of leaf-blades for wheat culms with different number of leaves



Rys. 2. Średnia, błąd standardowy średniej i 95% przedział ufności dla średniej masy fragmentów liści
 erektoidalnych do 20 cm długości
 Fig. 2. Mean, standard error of the mean and 95% confidence interval for the mean mass of the erect
 leaf fragments to 20 cm length



Rys. 3. Średnia, błąd standardowy średniej i 95% przedział ufności dla średniej masy fragmentów liści zwisających powyżej 20 cm długości

Fig. 3. Mean, standard error of the mean and 95% confidence interval for the mean mass of the hanging leaf fragments above 20 cm length

W pracy po raz pierwszy przeprowadzono porównanie udziału komponentów strukturalnych w kształtowaniu się powierzchni liści (blaszek) pojedynczego źdźbła i łanu pszenicy ozimej. (tab. 4). Bezpośrednie porównanie wkładu wnoszonego przez obydwa komponenty w odniesieniu do powierzchni całkowitej liści źdźbła wykazuje, że przewagę w tym względzie miała średnia powierzchnia liścia, ponieważ jej udział wynosił 78,8%. Natomiast liczba wyrastających na źdźbło liści miała słabsze oddziaływanie, bowiem udział tego komponentu w powierzchni liści źdźbła wynosił 21,2%.

Przy rozpatrywaniu udziału komponentów strukturalnych w indeks powierzchni liści (LAI) należy podkreślić supremację wkładu całkowitej powierzchni blaszek liści źdźbła, ponieważ udział tej cechy wynosił 98,3%. Przy uwzględnieniu w modelu równania regresji obsady źdźbeł w fazie pełni kłoszenia (rozwinęte liście flagowe) wkład tego komponentu należy określić jako nikły, ponieważ jego udział w powierzchni liści z 1 m² wynosił zaledwie 1,7%.

Uzyskane dane należy traktować ostrożnie, ponieważ odnoszą się do jednej odmiany, tym niemniej sugerują one, że w tym wypadku trudno mówić o równorzędnym wkładzie obu elementów składowych, a także trudno założyć, aby pomiędzy nimi mogło dochodzić do pełnej kompensacji w odniesieniu do powierzchni liści źdźbła i łanu.

Tabela 4

Udział poszczególnych komponentów powierzchni liści źdźbła (A) i łanu (B) we wskaźnikach „powierzchnia liści źdźbła” i „LAI”
Share of individual components of the culm leaves area (A) and stand leaves area (B) in the indices „culm leaves area” and „LAI”

A) Dane z poszczególnych źdźbeł (y — powierzchnia całkowita liści źdźbła; x_1 — liczba liści źdźbła; x_2 — średnia powierzchnia liścia);						
A) Data from individual culms (y — total culm leaves area; x_1 — number of culm leaves; x_2 — average leaf area)						
zmienna variable	odchylenie standardowe SD standard deviation SD	SD / SD(y)	współczynnik (b_i) regresji liniowej na: linear regression coefficient (b_i) of y on:	współczynnik r_1 korelacji prostej y z: Pearson correlation coefficient r_1 of y with:	iloczyn $b_i r_1$ $b_i r_1$ product	udział [%] share [%]
y	19,85					
x_1	0,60	0,03	8,45	0,43	0,11	21,17
x_2	5,77	0,29	2,01	0,70	0,41	78,83
Razem Total					0,52	
B) Dane z całego łanu (y — LAI; x_1 — obsada; x_2 — średnia powierzchnia liści źdźbła);						
B) Data from the stand (y — leaf area index; x_1 — number of culms per 1m ² ; x_2 — average culm leaves area)						
zmienna variable	odchylenie standardowe SD standard deviation SD	SD / SD(y)	współczynnik (b_i) regresji liniowej na: linear regression coefficient (b_i) of y on:	współczynnik r_1 korelacji prostej y z: Pearson correlation coefficient r_1 of y with:	iloczyn $b_i r_1$ $b_i r_1$ product	udział [%] share [%]
y	25845					
x_1	134,73	0,0052	9,39	0,28	0,014	1,70
x_2	60,06	0,0023	362,95	0,94	0,793	98,30
Razem Total					0,807	

WNIOSKI

1. Uzyskane dane wskazują na znaczną zmienność cech empirycznych i pośrednich wywołanych przebiegiem pogody. Oddziaływanie grup przedplonów na wielkość cech źdźbła pszenicy w fazie pełni kłoszenia było nieistotne.
2. Zaproponowane ilorazowe wskaźniki pośrednie nie okazały się lepszym źródłem informacji o ulistnieniu źdźbła niż cechy empiryczne.
3. Współczynniki korelacji fenotypowej obliczone odrębnie między cechami empirycznymi oraz między cechami pośrednimi, odnoszącymi się do pojedynczego źdźbła, charakteryzowały się na ogół wysoką istotnością, a ich wartości mieściły się w granicach od 0,29 do 0,87.
4. Rozkład świeżej masy 1 cm² blaszki liściowej przebiegał odmiennie u liści zwisających i wyprostowanych. W liściach zwisających największą jednostkową masę posiadała część liścia w punkcie przegięcia się blaszki liściowej. W liściach wyprostowanych masa 1 cm² blaszki liścia ulegała zmniejszeniu w kolejnych odcinkach poczynając od nasady.
5. Bezpośrednie porównanie wkładu wnoszonego przez analizowane komponenty w powierzchnię całkowitą liści źdźbła wykazuje, że przewagę w tym względzie miała średnia powierzchnia liścia, ponieważ jej udział wynosił 78,8%. Natomiast liczba

wyrastających na źdźble liści miała słabsze oddziaływanie, a jej udział wynosił 21,2%. Indeks powierzchni liści łanu pszenicy determinował głównie wkład całkowitej powierzchni blaszek liści źdźbła, udział tej cechy wynosił 98,3%. Przy uwzględnieniu w modelu równania regresji obsady źdźbeł w fazie pełni kłoszenia (rozwinęte liście flagowe) wkład tego komponentu należy określić jako nikły, ponieważ jego udział w powierzchni liści z 1 m² wynosił zaledwie 1,7%.

LITERATURA

- Faber A., Bloch Z., Nieróbca A., Demidowicz G., Kaczyński L. 1996. Symulacja wzrostu i plonowania pszenicy ozimej uprawianej w Polsce przy użyciu modelu WOFOST. Cz. 1. Kalibracja modelu. *Fragm. Agron.* XIII, nr 4 (52): 40 — 50.
- Faber A., Nieróbca A. 1999. Prognozowanie plonu pszenicy ozimej na podstawie indeksu powierzchni liści. *Fragm. Agron.* XVI, 1 (61): 59 — 68.
- Gent M.P.N 1995. Canopy light interception, gas exchange, and biomass in reduced height isolines of winter wheat. *Crop Sci.* 35 (6): 1636 — 1642.
- Gillett A. G., Crout N. M. J., Stokes D. T., Sylvester-Bradley R., Scott R. K. 1999. Simple winter wheat green area index model under UK conditions. *J. Agric. Sci.* 132 (3): 263 — 271.
- Hotsonyame G. K., Hunt L. A., 1998. Seeding date, photoperiod and nitrogen effects on specific leaf area of field-grown wheat. *Can. J. Plant Sci.*, 78 (1): 51 — 61.
- Krawontka J. 1997. Analiza zmienności dochodu gospodarstw rolnych w modelach symulacyjnych. *Przegląd Statystyczny*, R. XLIV, 1: 95 — 103.
- Nieróbca A. 1998. Rozdysponowanie suchej masy w okresie rozwoju pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* XV, 2 (58): 33 — 44.
- Nieróbca A., Faber A. 1996. Indeks powierzchni liści jako wskaźnik stanu wegetacji oraz wielkości spodziewanego plonu pszenicy. *Fragm. Agron.* XIII, 3 (51): 54 — 5.
- Podolska G. 1999. Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny. *Pam. Puł.* 116: 1 — 133.
- Szmigiel A. 1994. Wpływ nawożenia azotem na powierzchnię asymilacyjną liści i plonowanie pszenicy ozimej. *Rocz. Nauk Rol.*, ser. A T. 111 z. 3/4: 59 — 66.
- Zajac T., Witkiewicz R. 1997. Porównanie wartości ochronnej zbóż jarych i bobiku dla koniczyzny czerwonej Cz. I. Wartość ochronna i produkcyjność zbóż jarych i bobiku. *Acta Agr. Silv. ser. Agr.* 35: 121 — 132.

STANISŁAW WĘGRZYN

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji. Roślin, Oddział w Krakowie

Wpływ zmniejszonej liczby powtórzeń na skuteczność oceny plonowania rodów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.)

Effect of reduced number of replications on efficiency of yield estimation of new winter wheat strains (*Triticum aestivum* L.)

Na podstawie 152 doświadczeń wstępnych z rodami pszenicy ozimej przeprowadzonych w latach 1989–1999, dokonano analizy wpływu różnej liczby powtórzeń na ocenę plonowania 618 genotypów. Doświadczenia były zakładane metodą bloków niekompletnych w czterech powtórzeniach. We wszystkich latach liczba miejscowości wynosiła 14, z wyjątkiem ostatniego roku (12 miejscowości). Rozważano trzy kombinacje powtórzeń: cztery (wszystkie), trzy i dwa powtórzenia. W ocenie wpływu liczby powtórzeń posłużono się kilkoma parametrami, a mianowicie: współczynnikiem zmienności błędu (CV), fenotypowymi (PCV) i genotypowymi (GCV) współczynnikami zmienności dla obiektów, procentowym udziałem genotypowego komponentu (G), komponentu interakcji genotypowo-środowiskowej (GE) i komponentu błędu (E). Oszacowano także procentowy wskaźnik postępu genetycznego (PGI) przy określonej liczbie powtórzeń w stosunku do postępu genetycznego ze wszystkich powtórzeń. Ponadto obliczono współczynniki korelacji Pearsona (r_p) i Spearmana (r_s) pomiędzy średnimi plonami przy zmniejszonej liczbie powtórzeń a średnimi plonami ze wszystkich powtórzeń. Uzyskane wyniki wykazały, że ścisłość doświadczenia, mierzona współczynnikiem zmienności błędu, była taka sama dla wszystkich kombinacji powtórzeń i wynosiła 6,1%. Udział komponentu genotypowego w zmienności fenotypowej nieznacznie malał, zaś komponentu błędu wzrastał wraz ze zmniejszaniem się liczby powtórzeń. Natomiast udział komponentu interakcji genotypowo-środowiskowej pozostawał na tym samym poziomie. Wskaźnik postępu genetycznego (GPI), średnio z 11 lat, nieznacznie malał ze spadkiem liczby powtórzeń (98,2% dla trzech i 97,0% dla dwóch powtórzeń). Podobnie minimalnie spadały wartości współczynników korelacji. Wyniki te wskazują, że już dwa powtórzenia mogłyby być wystarczające dla oceny plonowania badanych rodów pszenicy ozimej.

Słowa kluczowe: genetyczne komponenty wariancji, korelacje, postęp genetyczny, powtórzenia, ścisłość doświadczenia, zmienność genetyczna

The data used in this study were obtained from 152 advanced winter wheat strain trials conducted during eleven years. The incomplete block designs with four replications were applied. The standard analysis of variance was performed for each trial. The following genetic parameters were considered: variation coefficient of error, phenotypic (PCV) and genotypic (GCV) coefficients of variation, genotypic (G), genotype-environment interaction (GE) and error (E) components of variation. The

genetic index of gain by selection (GPI) was also estimated. Moreover, the Pearson's (r_p) and Spearman's (r_s) correlation coefficients between yield means with reduced number of replications in relation to those for all replications were analysed. The obtained results show, that two replications were sufficient for yield evaluation of winter wheat strains.

Key words: accuracy trial, genetic components, genetic gain index, correlation, replication, genetic variability, winter wheat

WSTĘP

Doświadczenia z nowymi rodami stanowią bardzo ważny etap w hodowli roślin. Od nich w dużej mierze, zależy efektywność i szybkość postępu hodowlanego. Niezwykle ważną właściwością każdego doświadczenia jest możliwie najdokładniejsza ocena potencjału plonowania nowych rodów. Związane to jest z dokładnością przeprowadzenia doświadczeń, doбором właściwej metody założenia doświadczenia i sposobu obliczeń. Dla zwiększenia skuteczności obliczeń statystycznych zaleca się stosowanie metody AMMI, która łączy ocenę addytywnych efektów głównych i wielocząłonowych interakcji, z wykorzystaniem analizy składowych głównych (PCA). Szczegóły tej metody można znaleźć w pracy Bradu i Gabriela (1978). Im większa dokładność oceny potencjału plonowania genotypów, tym skuteczniejsza selekcja, a ze wzrostem tej ostatniej wzrasta prawdopodobieństwo, że wybrany genotyp na podstawie najwyższej średniej jest tym genotypem, który ma faktycznie najwyższą wartość (Gauch i Zobel, 1989). Bardzo ważną rolę w ocenie ścisłości doświadczenia odgrywa liczba powtórzeń. Zdaniem Wricke i Webera (1986) optymalna liczba powtórzeń zależy od stosunku genotypowej do niegenetycznej wariancji i rośnie ze wzrostem tej ostatniej. Ścisłość doświadczenia, zwykle, mierzy się procentową wartością błędu w stosunku do średniej arytmetycznej. Ścisłość ta, tzn. mniejsza wartość współczynnika zmienności, jest związana z liczbą powtórzeń. Im liczba powtórzeń większa, tym współczynnik zmienności mniejszy, a tym samym większa ścisłość doświadczenia, a więc i wzrasta skuteczność selekcji. Niestety, wzrost liczby powtórzeń podnosi koszty prowadzenia doświadczenia. Dlatego zrodziła się potrzeba badań nad minimalizacją liczby powtórzeń, przy której skuteczność selekcji byłaby jeszcze zadawalająca. Chociaż problem jest bardzo ważny, to jednak mało przeprowadzono badań w tym kierunku i są to badania tylko zagraniczne. Powyższe zagadnienie omówiono w kilku publikacjach zagranicznych (Towley-Smith i in., 1973; Bos, 1983; Bhatt, 1984; Gauch i Zobel, 1988 i 1989). W polskiej literaturze nie spotkałem wzmianki na ten temat, co absolutnie nie oznacza, że takich badań nie prowadzono. Jeśli one były, to raczej sporadyczne. Zagadnienie minimalnej liczby powtórzeń jest niezwykle ważne dla doświadczalnictwa hodowlanego, ze względu na dużą liczbę ocenianych rodów. Z tych przyczyn podjęto próbę przynajmniej częściowego rozwiązania tego problemu.

Celem niniejszej pracy jest analiza kilku parametrów i końcowej oceny skuteczności selekcji rodów pszenicy ozimej przy zmniejszonej liczbie powtórzeń.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły doświadczenia wstępne z rodami pszenicy ozimej. Analizą objęto 152 pojedyncze doświadczenia, przeprowadzone w kilku miejscowościach przez 11 lat i obejmowały łącznie 618 genotypów (tab. 1). Doświadczenia były zakładane metodą bloków niekompletnych w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 10 m². Każde pojedyncze doświadczenie było obliczone standardową metodą analizy wariancji. Dla każdego roku wykonano syntezę z poszczególnych miejscowości w trzech wariantach:

- wszystkie powtórzenia,
- trzy powtórzenia,
- dwa powtórzenia.

Nie rozważaliśmy doświadczeń jednopowtórzeniowych, gdyż do wyznaczenia przyjętych parametrów konieczne są przynajmniej dwa powtórzenia, z wyjątkiem współczynników korelacji. Dla wariantu trzech powtórzeń rozważano cztery kombinacje (1 + 2 + 3, 1 + 2 + 4, 1 + 3 + 4 i 2 + 3 + 4 — powtórzenie), zaś dla dwóch powtórzeń sześć kombinacji, odpowiednio (1 + 2, 1 + 3, 1 + 4, 2 + 3, 2 + 4 i 3 + 4). Ponieważ obliczone parametry dla każdej kombinacji nie różniły się między sobą, przeto wyniki uśredniono w ramach wariantów. Dla oceny różnych wariantów liczby powtórzeń przyjęto: ścisłość doświadczenia, mierzoną współczynnikiem zmienności (CV), czyli procentową wartością błędu doświadczenia w stosunku do średniej arytmetycznej, fenotypowe (PCV) i genotypowe (GCV) współczynniki zmienności, procentowy udział genetycznych komponentów zmienności oraz wskaźnik postępu genetycznego (GPI). Wszystkie te parametry zostały oszacowane ze średnich kwadratów odpowiednich składników w analizie wariancji. Ponadto obliczono współczynniki korelacji Pearsona (r_p) i Spearmena (r_s) pomiędzy średnimi plonami dla różnych kombinacji powtórzeń a średnimi plonami ze wszystkich powtórzeń. Współczynnik zmienności dla błędu oszacowano ze wzoru:

$$CV\% = 100 \left(\frac{\sqrt{m3_i}}{\bar{x}_i} \right)$$

Współczynnik zmienności fenotypowej (PCV):

$$PCV\% = 100 \left(\frac{\sqrt{m1_i / r_i s}}{\bar{x}_i} \right)$$

Współczynnik zmienności genotypowej (GCV):

$$GCV\% = 100 \left(\frac{\sqrt{(m1_i - m2_i) / r_i s}}{\bar{x}_i} \right)$$

Komponent genetyczny G:

$$G = \frac{m1_i - m2_i}{r_i s}$$

Komponent interakcji genotypowo-środowiskowej: GE

$$GE = \frac{m2_i - m3_i}{r_i}$$

Komponent błędu: E

$$E = m3_i$$

Procentowe udziały komponentów genetycznych w wariancji fenotypowej otrzymano ze wzorów:

a — dla genetycznego (PG),

$$PG\% = 100 * \left(\frac{m1_i - m2_i}{m1_i} \right)$$

b — dla interakcji genotypowo-środowiskowej (PGE),

$$PGE\% = 100 \left(\frac{m2_i - m3_i}{m1_i} \right)$$

c — dla błędu (PE),

$$PE\% = 100 \left(\frac{m3_i}{m1_i} \right)$$

Wreszcie wskaźnik postępu genetycznego (GPI):

$$GPI\% = 100 \left(\frac{(m1_i - m2_i) * m1_i}{(m1_i - m2_i) * m1_i} \right)$$

gdzie $m1_i$, $m2_i$ i $m3_i$ - są średnimi kwadratami z analizy wariancji odpowiednio dla: i-tej kombinacji powtórzeń oraz genotypów, interakcji genotypów z miejscowościami i błędem, zaś $\bar{x}$ — jest średnią arytmetyczną, r = liczbą powtórzeń oraz s = liczbą miejscowości.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony z czterech powtórzeń dla badanych lat wahały się od 68,3 do 86,3 dt/ha, ze średnią 78,7 dt/ha (tab. 1). Współczynniki zmienności dla błędu, charakteryzujące ścisłość doświadczenia, przy różnej liczbie powtórzeń, wahały się od 5,4% do 7,2% w poszczególnych latach (tab. 2). Ważone średnie współczynniki zmienności dla błędu w wariantach liczb powtórzeń miały takie same wartości, które wynosiły 6,1%. Wyniki te są zgodne z badaniami Gaucha i Zobela (1988). Otrzymali oni współczynniki zmienności dla błędu, które miały takie same wartości (5,7%), już od dwóch powtórzeń do pięciu powtórzeń.

Wielkości współczynników zmienności fenotypowej (PCV) i genotypowej (GCV) utrzymywały się na zbliżonym poziomie przy różnych liczbach powtórzeń, a wykazywały nieznaczną tendencję wzrostową wraz ze spadkiem liczby powtórzeń (tab. 3). Jest to zjawisko bardzo korzystne, gdyż ze zmniejszaniem liczby powtórzeń nie ulega redukcji zmienność fenotypowa i genotypowa, co ma duże znaczenie dla selekcji. Podobny obraz

otrzymano dla procentowego udziału komponentów genetycznych w zmienności fenotypowej (tab. 4). Udział komponentu zmienności genotypowej (G) minimalnie malał z redukcją liczby powtórzeń. Jednak udział tego komponentu był bardzo wysoki i przyjmował wartości dla kombinacji 4, 3 i 2 powtórzeń odpowiednio 83,2%, 82,1% i 79,8%. Udział komponentu genotypowego w wariancji fenotypowej jest niczym innym jak genetycznym uwarunkowaniem lub odziedziczalnością cechy.

Tabela 1

Liczba miejscowości, liczba genotypów pszenicy ozimej i ich średni plon ziarna z doświadczeń w latach 1989–1999

Number of localities and strains of winter wheat and their means of grain yield from trials of the period 1989–1999

Rok Year	Liczba miejscowości Number of locations	Liczba genotypów Number of genotypes	Plon ziarna Grain Yields dt/ha
1989	14	44	79,3
1990	14	49	77,7
1991	14	47	80,7
1992	14	49	80,0
1993	14	53	80,2
1994	14	61	86,3
1995	14	63	85,2
1996	14	64	80,0
1997	14	62	68,3
1997	14	59	79,4
1999	12	67	70,6
Razem lub średnia Total or mean	152	618	78,8*

* — Średnia ważona

* — Weighted average

Tabela 2

Współczynniki zmienności dla błędu doświadczenia przy różnej liczbie powtórzeń w doświadczeniach z rodami pszenicy ozimej w latach 1989–1999

Coefficient of variability for experimental error at different numbers of replications in winter wheat trials of the period 1989–1999

Rok Year	Liczba powtórzeń Number of replications		
	4	3	2
1989	7,2	7,2	7,1
1999	6,3	6,3	6,3
1991	6,2	6,2	6,2
1992	5,4	5,4	5,4
1993	6,9	6,9	6,8
1994	5,6	5,6	5,6
1995	5,4	5,4	5,5
1996	5,7	5,7	5,7
1997	6,6	6,6	6,6
1998	5,6	5,6	5,6
1999	5,9	5,9	5,9
Średnia Mean	6,1	6,1	6,1

Tabela 3

Fenotypowe (PCV) i genotypowe (GCV) współczynniki zmienności dla różnej liczby powtórzeń w 11-letnich doświadczeniach z rodami pszenicy ozimej
Phenotypic (PCV) and genotypic (GCV) coefficients of variation for different number of replications in eleven years of winter wheat trials

Rok Years	Stopnie swobody Degrees of freedom	Liczba powtórzeń Number of replications					
		4		3		2	
		PCV	GCV	PCV	GCV	PCV	GCV
1989	43	4,63	4,14	4,70	4,18	4,86	4,26
1990	48	4,45	3,93	4,45	3,91	4,52	3,91
1991	46	4,29	3,87	4,34	3,85	4,42	3,90
1992	48	3,21	2,85	3,27	2,88	3,41	2,97
1993	52	4,32	3,92	4,38	3,94	4,51	3,98
1994	60	3,95	6,65	4,00	3,67	4,10	3,72
1995	62	4,21	3,96	4,24	3,96	4,27	3,93
1996	63	4,24	3,83	4,27	3,83	4,31	3,81
1997	61	7,36	7,02	7,38	7,02	7,38	6,97
1998	58	3,52	3,18	3,55	3,17	3,60	3,15
1999	66	4,86	4,53	4,90	4,53	4,94	4,51
Średnia* Mean		4,50	4,12	4,53	4,13	4,60	4,14

* — Średnie ważone

* — Weighted average

Tabela 4

Procentowy udział genetycznych komponentów w zmienności fenotypowej dla trzech kombinacji powtórzeń w doświadczeniach z rodami pszenicy ozimej, w latach 1989–1999
Percentages of genetic components in the phenotypic variation for three combinations in replications of winter wheat trials of the years 1989–1999.

Rok Year	G			GE			E		
	4	3	2	4	3	2	4	3	2
1989	80,2	79,0	76,6	15,5	15,4	15,7	4,3	5,5	7,7
1990	77,8	77,0	74,7	18,6	18,3	18,4	3,5	4,7	6,9
1991	81,3	80,2	77,8	15,0	15,0	15,2	3,7	4,8	7,0
1992	78,9	77,8	75,7	16,1	15,7	15,3	5,0	6,5	9,0
1993	82,4	81,0	78,1	13,1	13,2	13,6	4,5	5,8	8,3
1994	85,5	84,5	82,4	10,9	10,8	10,9	3,6	4,7	6,7
1995	88,2	87,2	84,9	8,8	8,9	9,20	3,0	3,9	5,9
1996	81,4	80,3	78,1	15,4	15,5	15,6	3,2	4,2	6,3
1997	91,0	90,5	89,3	7,6	7,6	7,90	1,4	1,9	2,8
1998	81,3	79,6	76,3	14,2	14,5	15,0	4,5	5,9	8,7
1999	86,6	85,5	83,2	10,3	10,5	10,8	3,1	4,0	6,0
Średnia Mean	83,2	82,1	79,8	13,2	13,2	13,4	3,6	4,7	6,8

G — Komponent wariancji genotypowej

G — Component of genotypic variance

GE — Komponent interakcji genotypowo-środowiskowej

GE — Component of genotype-environment interaction variance

E — Komponent błędu

E — Component of error variance

Ten mały spadek udziału komponentu genotypowego odbywał się kosztem komponentu błędu (E), który nieznacznie wzrastał. Natomiast udział komponentu interakcji genotypowo-środowiskowej pozostawał na tym samym poziomie, pomimo redukcji liczby powtórzeń.

Wskaźniki postępu genetycznego przy zmniejszonej liczbie powtórzeń w stosunku do czterech powtórzeń wahały się od 96,2% do 100,6% w różnych latach i zmiennej liczby powtórzeń (tab. 5). Jedynie rok 1990 odbiegał od tych wartości, gdzie przy trzech i dwóch powtórzeniach wskaźnik wynosił odpowiednio 82,6% i 78,8%. Przypadek ten jest trudny do wytłumaczenia i może wiązać się ze zróżnicowaniem genetycznym materiału.

Tabela 5

Procentowe wartości wskaźnika postępu genetycznego (PGI) dla rodów pszenicy ozimej z doświadczeń o zmniejszonej liczbie powtórzeń w latach 1989–1999
Percentage values of relative index of genotypic in gain (GPI) for three and two replications in relation to that for four replications in winter wheat trials of the seven years

Rok Years	Liczba powtórzeń Number of replications	
	3	2
1989	100,2	100,6
1990	82,6	78,8
1991	99,5	98,5
1992	100,6	102,1
1993	99,7	99,1
1994	99,9	99,9
1995	99,4	97,4
1996	99,1	97,5
1997	99,7	98,3
1998	98,8	96,2
1999	99,2	97,6
Średnia Mean	98,2	97,0

Końcowym parametrem oceny średnich genotypów, ze względu na zmniejszającą się liczbę powtórzeń, były współczynniki korelacji Pearsona (r_p) i Spearmana (r_s) pomiędzy średnimi plonami z czterech powtórzeń a średnimi plonami, obliczonymi przy zredukowanej liczbie powtórzeń. Obserwowano bardzo dużą zgodność w uszeregowaniu średnich (tab. 6). Redukcja o jedno powtórzenie, czyli z czterech do trzech praktycznie nie powodowała żadnych zmian w uszeregowaniu genotypów, o czym świadczy wysokość i zgodność obydwóch współczynników korelacji ($r_p = 0,99$ i $r_s = 0,985$). Minimalny spadek wartości współczynników korelacji obserwowano w przypadku dwóch powtórzeń. Współczynniki korelacji przyjmowały wartości odpowiednio $r_p = 0,97$ i $r_s = 0,96$. Uzyskane wyniki pokrywają się z badaniami Bhatta i wsp. (1984). Otrzymali oni współczynniki korelacji dla różnych zestawów genotypów pszenicy za okres 11 lat, od 0,88 do 0,98, ze średnią 0,94.

Biorąc pod uwagę wartości wszystkich oszacowanych parametrów można zasugerować stwierdzenie, że już dwa powtórzenia byłyby wystarczające do oceny genotypów pszenicy ozimej pod względem ich potencjału plonowania.

Tabela 6

Współczynniki korelacji pomiędzy średnimi plonami genotypów z czterech powtórzeń a średnimi plonami z trzech i dwóch powtórzeń dla doświadczeń z rodami pszenicy ozimej w latach 1989–1999
Coefficients of correlation between yield means from four replications and yield means from three and two replications for winter wheat trials of the eleven years

Rok Year	r_p^*		r_s^{**}	
	3	2	3	2
1989	0,984	0,951	0,979	0,944
1990	0,987	0,967	0,984	0,965
1991	0,991	0,971	0,985	0,961
1992	0,981	0,942	0,975	0,929
1993	0,987	0,960	0,980	0,949
1994	0,988	0,964	0,984	0,953
1995	0,994	0,982	0,986	0,965
1996	0,994	0,982	0,992	0,978
1997	0,997	0,991	0,993	0,983
1998	0,992	0,975	0,983	0,957
1999	0,994	0,980	0,989	0,970
Średnia Mean	0,990	0,970	0,985	0,959

* — r_p Współczynnik korelacji Pearsona

* — r_p Pearson's coefficient of correlation

** — r_s Współczynnik korelacji kolejności Spearmana

** — r_s Spearman's (rank) coefficient of correlation

LITERATURA

- Bhatt G.M., Ellison F.W. Marshall D.R. 1984. A case for unreplicated plots for multi-step yield testing in wheat. Aust. J. Agric. Res. 35: 107 — 114.
- Bos I. 1983. The optimum number of replications when testing lines of families on a fixed number of plots. Euphytica 32: 311 — 318.
- Bradu D., Gabriel K. R. 1978. The biplot as a diagnostic tool for models of two-way tables. Technometrics 20: 47 — 68.
- Gauch H.G. jr., Zobel R.W. 1988. Predictive and postdictive success of statistical analyses of yield trials. Theor. Appl. Genet. 76: 1 — 10.
- Gauch, H.G. jr., Zobel R.W. 1989. Accuracy and selection success in yield trial analyses. Theor. Appl. Genet. 77: 473 — 481.
- Snedecor G. W., Cochran W. G. 1980. Statistical methods. 7th ed. Iowa State University Press, Ames: 44-45 and 264 — 265.
- Talbot M. 1984. Yield variability of crop varieties in the UK. J.Agric.Sci.102: 315 — 321.
- Townley-Smith T. F., Hurd E. A., McBean D.S. 1973. Techniques of selection for yield in wheat. Proc. 4th Int. Wheat Genetics Symposium. Missouri. Agr. Exp. Sta., Columbia.
- Wricke G., Weber W. E. 1986. Quantitative genetics and selection in plant breeding. Walter de Gruyter, Berlin, New York.

TADEUSZ DRZAZGA**PAWEŁ KRAJEWSKI**¹

Hodowla Roślin Rolniczych — Nasiona Kobierzyc

¹Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu

Zróznicowanie środowisk pod względem stopnia interakcji w seriach doświadczeń z pszenicą ozimą

Differentiation of locations with respect to the interaction with genotypes for series of winter wheat experiments

Środowiska wykorzystywane do testowania rodów pszenicy ozimej w doświadczeniach przedrejestracyjnych oceniano pod kątem ich zdolności do różnicowania genotypów. W pracy analizowano powtarzalność udziału w interakcji genotypowo-środowiskowej tych miejscowości na podstawie serii doświadczeń z lat 1999–2000. Stwierdzono, że charakter i stopień interakcji przejawiający się w poszczególnych środowiskach zależy raczej od warunków panujących w danym roku, niż od konkretnego miejsca założenia doświadczenia lub od badanego zestawu genotypów.

Słowa kluczowe: interakcja genotypowo-środowiskowa, odległości między środowiskami

Experimental stations, used as locations of test and pre-registration experiments, were evaluated with respect to the ability to differentiate winter wheat genotypes. The paper concerns the repeatability of the interaction contributions of the locations used in series of the experiments in the years 1999–2000. For these data, the type and magnitude of interaction depended rather on the year conditions than on the given location or the set of tested genotypes.

Key words: distances between environments, genotype-environment interaction

WSTĘP

Stacje hodowlane używane jako punkty zakładania doświadczeń testowych, przedwstępnych i wstępnych różnią się między sobą pod względem zdolności do różnicowania rodów podlegających ocenie. Wynika to głównie z różnych warunków środowiskowych (pogodowych i glebowych) panujących w tych punktach. Skutkiem tego jest występowanie interakcji rodów ze środowiskami doświadczalnymi. Różnice od względem wielkości tej interakcji, charakterystyczne dla serii doświadczeń prowadzonych w procesie oceny rodów pszenicy jarej, opisali Drzazga i Krajewski (1999).

W niniejszej pracy przedmiotem zainteresowania jest zagadnienie powtarzalności zdolności środowisk do różnicowania rodów. Zjawisko to można ocenić, dysponując danymi z doświadczeń przeprowadzanych w tych samych stacjach, w jednym roku, lecz z różnymi zestawami rodów.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano wyniki jednej serii doświadczeń przedwstępnych z pszenicą ozimą z 1999 oraz dwu serii z 2000 roku (oznaczanych jako 2000/I i 2000/II). Doświadczenia prowadzone były w ośmiu miejscowościach: Dańków — DAD, Dębina — DED, Pustków — KOC, Laski — LAD, Mikulice — MIB, Nagradowice — NAD, Polanowice — POB i Szelejewo — SZD. Schemat serii, ze względu na lata i stacje, podaje tabela 1. W 1999 oceniono 64 rody, a w 2000 roku w dwóch seriach po 49 rodów. Doświadczenia założone były w układzie kraty kwadratowej, w czterech powtórzeniach.

Tabela 1

Układ serii doświadczeń przedwstępnych z pszenicą ozimą, lata 1999–2000
The design of the series of pre-registration experiments with winter wheat, years 1999–2000

Stacja Station	Seria doświadczeń Series of experiments		
	1999	2000/I	2000/II
DAD	+	–	–
LAD	–	+	+
DED	+	+	+
KOC	+	+	+
MIB	+	+	+
NAD	+	+	+
POB	+	+	+
SZD	+	+	+

+/- Oznacza obecność/ nieobecność doświadczenia

+/- Presence/absence of an experiment

Obserwacje plonu rodów (w dt/ha) poddano analizie statystycznej metodą wykorzystującą mieszany model wielowymiarowy, realizowaną przez program komputerowy SERGEN 3 (Caliński i in., 1998). Metoda ta pozwala m.in. na ocenę średniego błędu doświadczalnego w serii oraz na ocenę interakcji genotypowo-środowiskowej dla całej serii, jak również dla poszczególnych doświadczeń.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki przedstawione w tabeli 2 wskazują, że rozpatrywane serie charakteryzowały się podobną wartością średniego błędu doświadczalnego. Porównanie obliczonych wartości funkcji testowych, wyrażonych statystykami F z wartościami krytycznymi, pozwoliło na odrzucenie ogólnej hipotezy mówiącej o braku interakcji rody $\times$ środowiska dla wszystkich trzech serii. Zachowanie rodów w poszczególnych doświadczeniach w ramach serii było zróżnicowane.

Tabela 2

Charakterystyki statystyczne doświadczeń przedwstępnych z pszenicą ozimą, lata 1999–2000
Statistical characteristics of the winter wheat pre-registration experiments in the years 1999–2000

Seria doświadczeń Series of experiments	Błąd doświadczeń Error	Wartość statystyki F dla interakcjirody × środowiska F — statistic for strains × environments interaction
1999	6,44	2,34*
2000/I	6,72	4,54*
2000/II	9,22	2,85*

* — Istotność na poziomie 0.05

* — Significant at $\alpha = 0,05$

W tabeli 3 przedstawiono odchylenia środowiskowe, będące podstawą oceny średniego poziomu plonu rodów w poszczególnych doświadczeniach. Odchylenia są podobne dla poszczególnych stacji w dwu seriach przeprowadzonych w roku 2000.

Tabela 3

**Odchylenia środowiskowe dla stacji w doświadczeniach przedwstępnych z pszenicą ozimą,
lata 1999–2000**
**Environmental deviations for the locations in the winter wheat pre-registration experiments,
years 1999–2000**

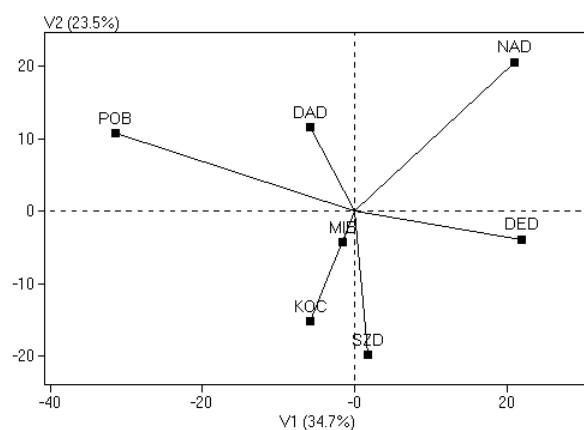
Stacja Station	Doświadczenie Experiment		
	1999	2000/I	2000/II
DAD	–10,26	*	*
LAD	*	17,19	14,42
DED	–1,43	12,36	15,62
KOC	7,92	2,46	6,89
MIB	4,08	–11,68	–8,23
NAD	1,99	–1,36	–2,90
POB	–4,48	–3,04	–13,90
SZD	2,18	–15,93	–11,90

Wniosek o istnieniu interakcji genotypowo-środowiskowej jest podstawą do analizowania stopnia interakcji przejawiającej się w poszczególnych stacjach. Charakterystyka interakcji dla środowisk przedstawiona jest graficznie na rysunkach 1, 2 i 3. Odległość pomiędzy punktami (stacjami doświadczalnymi) na wykresie odpowiada podobieństwu stacji ze względu na zachowanie się rodów, a więc ze względu na charakter interakcji. Odległość punktów od początku układu współrzędnych opisuje udział stacji w ogólnej interakcji obserwowanej w serii doświadczeń.

Na rysunku 1, dotyczącym serii z 1999 roku, nie można wyróżnić grup stacji szczególnie podobnych bądź niepodobnych ze względu na charakter interakcji genotypowo-środowiskowej. Najbliżej początku układu współrzędnych leży stacja MIB, więc ma ona najmniejszy udział w interakcji. Udział pozostałych stacji w interakcji jest zbliżony.

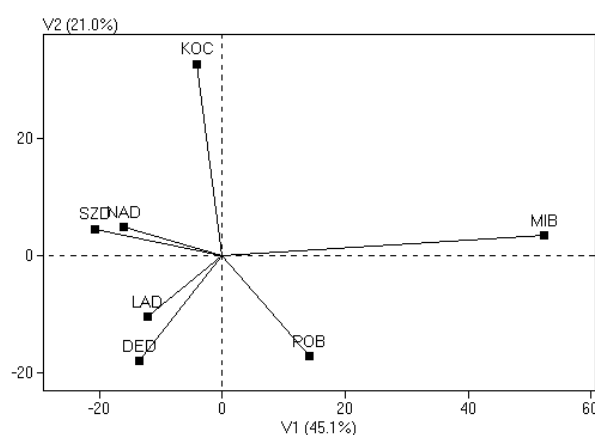
Inną sytuację przedstawia rysunek 2, dotyczący serii 2000/I. Widzimy tu dwie grupy stacji podobnych: (SZD, NAD) i (LAD, DED), oraz odbiegające POB, MIB i KOC. Wyraźnie skonstrastowane są pod względem reakcji rodów stacje (SZD, NAD, LAD, DED) z jednej strony, i stacja MIB z drugiej. Udział stacji MIB w interakcji jest największy,

odwrotnie niż w roku 1999. Oznacza to, że MIB charakteryzuje się układem plonów poszczególnych genotypów znacznie odbiegającym od układu plonów średnich ze wszystkich środowisk.



Rys. 1. Udział stacji w interakcji genotypowo-środowiskowej, doświadczenie przedwstępne z pszenicą ozimą, rok 1999

Fig. 1. Contribution of the locations to the genotype-environment interaction in the pre-registration experiments with winter wheat, year 1999



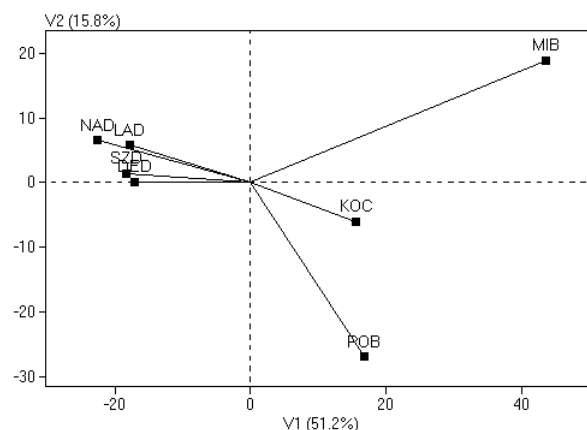
Rys. 2. Udział stacji w interakcji genotypowo-środowiskowej, doświadczenie przedwstępne z pszenicą ozimą, rok 2000, seria I

Fig. 2. Contribution of the locations to the genotype-environment interaction in the pre-registration experiments with winter wheat, year 2000, series I

Podobnie sytuacja przedstawia się na rysunku 3, dla serii 2000/II. Wyróżnić można analogiczne jak dla serii 2000/I grupy stacji, podobne jest skonstrastowanie środowisk i ich udział w interakcji. Można przyjąć, iż w obu seriach doświadczeń z roku 2000 stacje

wykazały podobny udział w interakcji GE, pomimo tego, że testowaniu podlegały inne zestawy rodów. Odmienne charakter interakcji obserwowano dla środowisk w roku 1999.

W szczególności, charakterystyczne jest podobieństwo stacji SZD i NAD w obu seriach z roku 2000. Sąsiedztwa tego nie obserwujemy w 1999 roku. Środowisko MIB, wyróżnione jako bardzo interesujące dla oceny rodów pszenicy jarej (Drzazga i Krajewski, 2000), wykazało wysoką przydatność hodowlaną dla różnicowania genotypów pszenicy ozimej w 2000 roku. Jego zdolności selekcyjnej nie stwierdzono jednak w warunkach roku 1999.



Rys. 3. Udział stacji w interakcji genotypowo-środowiskowej, doświadczenie przedwstępne z pszenicą ozimą, rok 2000, seria II

Fig. 3. Contribution of the locations to the genotype-environment interaction in the pre-registration experiments with winter wheat, year 2000, series II

WNIOSKI

1. Analizowane wyniki serii doświadczeń przedwstępnych z pszenicą ozimą dają podstawę do przypuszczenia, że charakter i stopień interakcji przejawiający się w poszczególnych środowiskach zależy raczej od warunków panujących w danym roku, niż od konkretnego miejsca założenia doświadczenia lub od badanego zestawu genotypów.
2. Warunki klimatyczne panujące w różnych latach mają wpływ na udział stacji w interakcji genotypowo-środowiskowej, powodując zróżnicowaną przydatność tych miejscowości do selekcji genotypów.

LITERATURA

- Caliński T., Czajka S., Kaczmarek Z., Krajewski P., Siatkowski I. 1998. Podręcznik użytkownika programu SERGEN 3. IGR PAN, Poznań.
- Drzazga T., Krajewski P. 2000. Charakterystyka środowisk na podstawie wyników doświadczeń wstępnych z pszenicą jară w latach 1981–98. Biul. IHAR. 216: 323 — 329.

BOGDAN KULIG
STANISŁAW KANIA¹
WIESŁAW SZAFRAŃSKI
TADEUSZ ZAJĄC

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Akademia Rolnicza w Krakowie

¹Stacja Hodowli Roślin, Polanowice

Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy

Response of selected winter wheat cultivars to low- and high-input cultivation technologies

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w 2000 roku w Stacji Hodowli Roślin Polanowice na czarnoziemie zdegradowanym, metodą losowanych bloków w dwóch powtórzeniach. Celem doświadczenia była ocena wpływu zróżnicowanego nawożenia azotem i ochrony roślin na plon i komponenty struktury kłosa oraz cechy morfologiczne rośliny pszenicy ozimej. Badano następujące czynniki: odmiany — Elena, Izolda, Kaja, Kobra, Korweta, Mikula, Mobela, Roma, Rysa, Sakwa, Symfonia, Wanda, Wilga, Zyta, sposób uprawy — (A₁) niski poziom nawożenia N (72 kg/ha), bez antywylegacza i fungicydów; (A₂) wyższy poziom nawożenia N (146 kg/ha) + antywylegacz + fungicydy. Uprawa wybranych odmian pszenicy ozimej na dobrym kompleksie glebowym pozwoliła na zebranie wysokiego plonu ziarna, na poziomie 8,7 t/ha. Pełna ochrona roślin przed chorobami oraz pogłównne nawożenie azotem dało istotnie wyższy plon ziarna (o 35%) w porównaniu do technologii niskonakładowej (A₁). Najwyższe plony zebrano z poletek obsianych odmianami: Sakwa, Mikula, Elena i Kobra. Po zastosowaniu większej dawki pogłównnej azotu i przy pełnej ochronie roślin zanotowano wzrost masy ziarna z kłosa oraz większy udział ziarniaków powyżej 2,8 mm. Stwierdzono również istotny wzrost masy 1000 ziaren i indeksu LAI w przypadku stosowania intensywnej technologii (A₂). Wyleganie roślin i porażenie ich przez choroby (septorioza, rdza brunatna) było bardzo duże na obiektach nie chronionych. Analiza współczynników ścieżek dla badanych cech kłosa wykazała, że największy wpływ bezpośredni na masę ziarna z kłosa miała liczba ziaren w kłosie.

Słowa kluczowe: odmiany, pszenica ozima, plon ziarna, technologia uprawy

The field experiment was carried out in the 1999–2000 season at the Plants Breeding Station in Polanowice near Krakow on the degraded chernozem soil. The two — factor experiment was set up with the randomised block method in two replications. The aim of the study was estimation of mineral nitrogen rates and plant protection on plant and ear morphology and on yield — forming potential of winter wheat. The following factors were examined: cultivars Elena, Izolda, Kaja, Kobra, Korweta, Mikula, Mobela, Roma, Rysa, Sakwa, Symfonia, Wanda, Wilga, Zyta, methods of cultivation: A₁ — low level of N-fertilization, without growth regulator and chemical disease control, A₂ — higher level

of N-fertilization + growth regulator + plant protection. The study showed that the selected winter wheat cultivars grown on the good wheat complex yielded very high, the obtained grain yield was 8,71 t/ha. Full protection of plants and top dressing fertilization increased grain yield of the investigated cultivars, which was, about 35% higher in comparison to the low input technology (A₁). The highest yields were recorded for the Sakwa, Mikula, Elena, Kobra. Averaged over cultivars, increasing the rate of spring — applied N and chemical disease control, increased grain weight per ear and participation of grains of diameter above 2,8 mm. The data showed that weight of 1000 grains and leaf area index were significantly higher when the cultivars were grown with the favourable cultivation technology (A₂). Lodging of plants and infection by diseases (septoria, brown rust) were significant, especially when the objects were not protected. Analysis of path coefficients for all ears revealed a prevailing direct influence of two features upon grain weight per ear, i.e.: number of grains per ear and weight of 1000 grains. The direct influence of ear length on grain weight was insignificant.

Key words: cultivars, cultivation technology, grain yield, winter wheat

WSTĘP

W Polsce i w wielu innych krajach pszenica ozima ma bardzo duże znaczenie gospodarcze, wynikające z jej intensywnego charakteru, wysokich cen ziarna, a także możliwości uzyskania większego niż w innych zbożach postępu hodowlanego (Czembor, 1999). Z dotychczasowych badań przeprowadzonych w kraju wynika, że stosowanie intensywnej technologii produkcji uwzględniającej czynniki determinujące produktywność rośliny i kłosa, pozwala na otrzymanie plonów ziarna w granicach 6–8 t/ha oraz nierzadko plonów rekordowych do 9–10 t/ha. Musi być jednak spełniony ważny warunek: prowadzenie łanu roślin pszenicy, a charakter czynności i zabiegów powinien wynikać z oceny plantacji przez rolnika (Ruszkowski i in., 1985; Kuś i Jończyk, 1997; Głazek i Mrówczyński, 1999). Z kolei duże stałe koszty produkcji zmuszają do oceny oddziaływania poszczególnych elementów agrotechniki i ich interakcji na plonowanie pszenicy ozimej (Adamska i Paczkowski, 1999).

Czynnikami determinującymi produktywność łanu pszenicy ozimej są elementy struktury plonu, wykształcające się w trakcie ontogenezy, które osiągają różne wartości zależne od przyjętych czynników agrotechniki i warunków siedliska. Dowodzi to skomplikowanych oddziaływań zarówno między roślinami (elementami składowymi łanu), jak też między komponentami struktury plonu ziarna (Mazurek, 1999). W obrębie odmian obserwuje się istnienie ogromnej zmienności pod względem struktury kłosa oraz plonu ziarna z kłosa i rośliny (Kozdój, 1992). W badaniach nad plonowaniem pszenicy istotna jest znajomość związków między masą ziarna z kłosa a warunkującymi ją cechami strukturalnymi. Na ogół, w publikacjach dotyczących zarówno pszenicy ozimej, jak i jarej podkreśla się ujemną korelację pomiędzy masą 1000 ziaren i liczbą ziaren w kłosie. W innych pracach wskazuje się, że pogorszenie wartości jednej cechy struktury plonu może być rekompensowane korzystniejszym wpływem innej cechy, co w pewnych granicach może niwelować obniżkę plonu (McNeal i in., 1974; Kuś i Smagacz, 1987). Z kolei stopień nie wykształcenia zawiązujących się ziarniaków w kłosie determinuje wielkość obniżenia plonu rolniczego rzeczywistego w stosunku do potencjalnego (Kozdój, 1979). Zmienność cech morfologicznych rośliny i kłosa w bardzo silnym stopniu zależy od niekontrolowanych warunków środowiska; 30% całkowitej zmienności dla liczby ziaren w

kłosie oraz jeszcze większy wpływ dla liczby kłosek i długości kłosa (Kociuba, 1993). Dotychczasowe piśmiennictwo obejmuje przeważającą większość prac rejestrujących wielkość plonu, a mniej dotyczy uwarunkowań między elementami plonowania kłosa i cechami morfologicznymi rośliny pszenicy. Znajomość współzależności pomiędzy wyżej wymienionymi cechami ma duże znaczenie dla hodowli, jak również dla praktyki rolniczej, natomiast od strony obliczeniowej istotny jest wybór odpowiedniej metody do analizy tych związków (Zajac i in., 1999).

W pracy podjęto próbę oceny czynników agrotechnicznych zastosowanych łącznie lub ich zaniechania na plon i komponenty struktury rośliny i kłosa 14 odmian pszenicy ozimej uprawianych na kompleksie pszennym bardzo dobrym.

MATERIAŁ I METODY

Dwuczynnikowe doświadczenie polowe przeprowadzono w 1999/2000 roku w Stacji Hodowli Roślin Polanowice na czarnoziemie zdegradowanym, kompleksu pszenego bardzo dobrego, zaliczanego do I klasy bonitacyjnej, metodą losowanych bloków w dwóch powtórzeniach. Badanymi czynnikami były zarejestrowane odmiany pszenicy ozimej: Elena, Izolda, Kaja, Kobra, Korweta, Mikula, Mobela, Roma, Rysa, Sakwa, Symfonia, Wanda, Wilga, Zyta, oraz sposób uprawy: A₁ — niski poziom nawożenia N (72 kg/ha), bez antywylegacza i fungicydów, A₂ — wyższy poziom nawożenia N (146 kg/ha) + antywylegacz + fungicydy. Przedplonem dla pszenicy był groch na nasiona, po zbiorze, którego wykonano zespół uprawek późnych i przedwiosennych. Nawożenie fosforowo-potasowe w przeliczeniu na P₂O₅ i K₂O w ilości 100 i 150 kg/ha zastosowano w czasie uprawek przedwiosennych. Azot w ilości 30 kg N/ha zastosowano przedwiosennie. Wiosną po ruszeniu wegetacji na obiektach A₁ i A₂ zastosowano 42 kg N/ha (27.03), a na obiektach A₂ dodatkowo 40 kg N/ha (20.04) i 34 kg N/ha (6.05). Przed siewem nasiona chroniono zaprawą nasienną Sarfun. Ilość wysiewu wahała się od 400 do 500 szt/m² (w zależności od odmiany, podana przez COBORU), dlatego w niniejszej pracy nie oceniano odmian pod względem obsady kłosek na jednostce powierzchni. Na obiektach (A₂) stosowano antywylegacz płynny 675SL (27.04) oraz fungicydy: Alert 375 (16.05) i Tango 500 (3.06).

W okresie wegetacji wykonano obserwacje: porażenia roślin chorobami (mączniak, septorioza liści, choroby kłosa, rdza brunatna), wylegania oraz wykonano pośredni pomiar powierzchni asymilacyjnej łanu aparatem SunScan. Przed zbiorem pobrano losowo 20 pędów dla określenia ich długości oraz 20 kłosek (dwa powtórzenia) z pędów najwyższych dla określenia: długości i masy kłosa, liczby kłosek i ziaren w kłosie, masy ziarna z kłosa i 1000 ziaren. Zbiór ziarna przeprowadzono w pierwszej dekadzie sierpnia podając plon przy wilgotności 14%.

Dla badanych cech przeprowadzono analizę wariancji, stosując stały model testowania, a istotność różnic pomiędzy średnimi oceniano testem t-Studenta. Ponadto dla najważniejszych cech morfologicznych i agrotechnicznych przeprowadzono rachunek korelacyjny.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg pogody był korzystny dla rozwoju roślin pszenicy ozimej. Susza na przełomie kwietnia i maja nie spowodowała wyraźnych ujemnych skutków. Nadmierne opady w lipcu (179 mm), zwłaszcza w III dekadzie (108 mm) spowodowały silne wyleganie roślin, opóźniając dojrzewanie i utrudniając zbiór roślin kombajnem. Fazy rozwojowe roślin na obiektach A₁ i A₂ przebiegały równolegle do momentu strzelania w źdźbło. Na obiektach nawożonych wyższą dawką azotu kłoszenie opóźniło się o 4 dni (1.06), a dojrzałość woskowa o 6 dni (24.07).

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1, pełna ochrona oraz zastosowane pogłówne nawożenie azotem w ilości 74 kg/ha dało wzrost plonu ziarna badanych odmian o 35% w porównaniu do technologii niskonakładowej, w której zastosowano tylko 42 kg/ha. Zanotowano szczególnie niski plon u czterech odmian (Izolda, Kaja, Rysa i Wanda) uprawianych w technologii niskonakładowej oraz wysoką zwyczaję plonu (ponad 3 t/ha) u tych odmian w technologii A₂. Z kolei najmniejszą różnicę w plonie ziarna uzyskano u Korwety i Romy (1,5 t/ha). Przy niskich nakładach (A₁) szczególnie cenne okazały się odmiany: Mikula, Sakwa, Kobra, Korweta, a przy wysokich (A₂) — Wilga Wanda, Elena. Jak donoszą Kuś i Jończyk (1997) największy wpływ na plonowanie pszenicy wywierały: chemiczne zwalczanie chorób, termin siewu i stosowanie antywylegacza, natomiast przyrosty plonu pod wpływem zwiększonego o 50% nawożenia azotem notowano tylko w warunkach niedoboru opadów w maju i czerwcu.

W przeprowadzonym jednorocznym doświadczeniu niewielki wzrost masy kłosa i masy ziarna z kłosa uzyskano z obiektów chronionych i nawożonych wyższą dawką azotu. Podobnie w badaniach Gawrońskiej-Kuleszy i wsp. (1997) stwierdza się brak istotnych różnic w masie ziarna z kłosa i liczbie ziaren w kłosie po zwiększeniu dawki z 30 do 120 kg N w stanowisku po dobrym przedplonie. Plon ziarna z kłosa ulegał różnym zmianom na skutek zwiększenia nakładów, tj.: u odmian Sakwa, Korweta, Kobra, Kaja stwierdzono niewielką redukcję; u odmian Zyta, Wanda, Mikula, Elena zwiększył się bardzo mało, natomiast u odmian Rysa i Symfonia zwiększył się o ponad 23%. Kozdój (1992) podaje, że czynnikiem determinującym potencjał plonowania kłosa jest łączna liczba kwiatków ze wszystkich wytworzonych kłosek w kłosie, a niekorzystne zmiany w przebiegu procesów morfogenezy kłosa, spowodowane działaniem danego czynnika eksperymentalnego prowadzą zawsze do spadku plonu.

Uzyskano interesujące informacje o odmianach porównując wysokość roślin i powierzchnię asymilacyjną łanu (tab. 1). Niektóre odmiany, jak Elena, Kobra i Symfonia charakteryzowały się najniższymi roślinami, lecz jednocześnie uzyskały najwyższą wartość indeksu LAI (od 8,7 do 9,0 w fazie pełni kłoszenia). Jak należało przypuszczać rośliny chronione i nawożone wyższą dawką azotu uzyskały o 0,8 większy wskaźnik LAI, w porównaniu do obiektów (A₁). Podobnie w badaniach Fredericka (1997) stwierdza się wyższe wartości LAI i LRN (koncentracja azotu w liściu) w fazie początku

Tabela 1

Średnie wartości niektórych cech rolniczych badanych odmian pszenicy ozimej
Mean values of some agronomic traits of the investigated winter wheat cultivars

Odmiany (II) Cultivars (II)	Plon ziarna Grain yield (t/ha)		Masa ziarna z kłosa (g) Grain weight per ear (g)		Masa kłosa Ear weight (g)		Wysokość roślin Plant height (cm)		Długość kłosa Ear length (cm)		LAI (m ² / m ²)	
	Technologie uprawy (I) Cultivation technologies (I)											
	A ₁ *	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂
Elena	7,98	10,41	2,13	2,24	2,65	2,70	92,5	95,0	10,1	9,2	8,3	9,6
Izolda	6,69	9,99	2,22	2,50	2,81	3,05	110,0	107,5	10,5	9,7	7,8	8,4
Kaja	7,05	10,33	2,41	2,38	2,89	2,86	112,5	110,0	9,5	8,7	7,0	8,4
Kobra	8,16	10,19	2,16	2,12	2,69	2,53	100,0	87,5	8,6	8,0	8,5	9,1
Korweta	8,04	9,46	2,21	2,13	2,71	2,57	112,5	102,5	9,8	8,6	8,4	7,8
Mikula	8,27	10,26	2,14	2,29	2,56	2,74	120,0	110,0	9,0	8,4	6,7	8,2
Mobela	7,03	9,14	2,08	2,26	2,67	2,80	112,5	107,5	9,1	9,4	7,2	7,8
Roma	7,15	8,83	2,06	2,46	2,51	2,95	120,0	112,5	10,4	11,2	7,3	8,7
Rysa	6,46	9,66	1,66	2,11	2,09	2,61	107,5	97,5	9,4	8,5	7,2	8,3
Sakwa	8,20	10,41	1,98	1,95	2,43	2,36	107,5	97,5	8,9	8,2	8,2	8,1
Symfonia	7,21	9,56	1,97	2,44	2,42	2,94	92,5	90,0	9,1	9,2	8,7	8,6
Wanda	6,88	10,51	2,35	2,49	2,78	2,93	112,5	110,0	10,2	10,0	6,9	8,4
Wilga	7,32	10,64	2,32	2,54	2,79	3,11	120,0	115,0	8,6	8,9	7,1	8,2
Zyta	7,34	10,19	2,13	2,16	2,61	2,60	120,0	107,5	10,0	8,3	7,2	8,4
Srednio Mean	7,41	10,00	2,13	2,29	2,61	2,76	110,0	103,5	9,5	9,0	7,6	8,4
NIR _(0,05) dla (I) LSD _(0,05) for (I)	0,308		r.n.		r.n.		5,11		0,26		0,61	
NIR _(0,05) dla (II) LSD _(0,05) for (II)	0,823		0,332		r.n.		5,57		0,69		r.n.	
NIR _(0,05) dla (I) × (II) LSD _(0,05) for (I) × (II)	r.n		r.n.		r.n.		r.n.		0,97		r.n.	

* — A₁ – 30 kgN/ha przedsiewnie + 42 kgN/ha pogłównie, bez ochrony roślin

* — A₁ – 30 kgN/ha before sowing + 42 kgN/ha top dressing, without chemical disease control

A₂ – 30 kg N/ha przedsiewnie + 42+40+34 kgN/ha pogłównie, z antywylegaczem i pełną ochroną roślin

A₂ – 30 kgN/ha before sowing + 42+40+34 kgN/ha top dressing, with growth regulator and plant protection

kłoszenia odpowiednio o 37 i 24%, po zastosowaniu pogłównego nawożenia azotem.

Dotychczasowe badania nad produktywnością kłosa określonej odmiany wskazują, że maleje ona wraz ze skracaniem się źdźbła, a w określonej klasie wysokości roślin, produktywność kłosów z pędów głównych jest większa niż pochodzących z roślin rozkrzewionych (Podolska, 1997; Mazurek, 1999). Potwierdzają to również niniejsze badania. Uzyskano na obiektach (A₂) niższe rośliny, krótsze kłosa (tab. 1) i mniejszą liczbę kłosów w kłosie (tab. 2). Porównując natomiast liczbę ziaren w kłosie nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy technologiami A₁ i A₂. Należy to tłumaczyć tym, że zawiązki kłosów powstają w okresie krzewienia, a ich rozwój dokonuje się w fazie strzelania w źdźbło. Jeżeli w tym okresie nie występują niedobory składników i wody lub zakłócenia efektywności asymilacji, to również nie następuje redukcja liczby płodnych kwiatków, czyli w konsekwencji liczby ziaren w kłosie. Z kolei masa ziarniaków zależy przede wszystkim od wielkości i aktywności fizjologicznej powierzchni asymilacyjnej

poszczególnych źdźbeł oraz od długości okresu pełnej sprawności procesu asymilacji (Mazurek, 1999). Kuś i Smagacz, (1987) donoszą, że plon ziarna z kłosa silniej zależał od dorodności ziaren (masa ziarniaka) niż od ich liczby w kłosie, zależność ta silniej wystąpiła w odniesieniu do plonów wysokich. W doświadczeniu uzyskano istotnie wyższą masę 1000 ziaren (o 6%) oraz wyższy udział ziarniaków o średnicy większej od 2,8 mm z obiektów (A_2) w porównaniu do technologii niskonakładowej (A_1). Porównując badane odmiany pod względem powyższych cech biometrycznych stwierdzono ich istotne zróżnicowanie, a najwyższą masą ziarniaka i ponad 90% udziałem ziaren dużych charakteryzowały się trzy odmiany: Mikula, Roma i Wilga.

Tabela 2

Cechy morfologiczne kłosa badanych odmian pszenicy ozimej
Morphological traits of ear of the investigated winter wheat cultivars

Odmiany (II) Cultivars (II)	Liczba kłosków w kłosie		Liczba ziaren w kłosie		Masa 1000 ziaren (g)		Udział ziaren (%) o średnicy: Contribution of grains (%) at diameter:					
	Spikelets number per ear		Grains number per ear		1000 grain weight (g)		<2,5 mm		2,5 — 2,8mm		>2,8mm	
	Technologie uprawy (I) Cultivation technologies (I)											
	A ₁ *	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂
Elena	17,9	17,5	50,1	47,4	42,5	45,5	9,16	5,87	20,1	15,7	70,8	78,4
Izolda	20,7	20,4	46,1	47,4	47,6	52,6	4,62	1,08	21,6	11,6	73,8	87,3
Kaja	19,2	18,3	47,5	43,2	51,6	55,1	3,96	1,38	19,3	11,4	76,8	87,3
Kobra	21,1	18,2	44,2	40,2	48,9	52,6	2,68	1,19	28,5	12,8	68,9	85,9
Korweta	20,0	18,9	44,1	40,2	50,3	52,9	2,12	0,91	13,9	10,5	84,0	88,5
Mikula	18,5	18,0	42,8	39,5	50,5	58,2	2,42	0,41	13,7	3,2	83,9	96,4
Mobela	18,4	19,0	42,1	44,1	49,3	51,0	2,91	2,82	12,5	10,5	84,6	86,7
Roma	18,8	19,1	37,7	41,9	55,1	58,6	1,28	0,70	10,3	3,9	88,5	95,5
Rysa	18,4	16,9	33,7	39,9	49,8	52,9	1,42	3,35	12,2	12,5	86,4	84,1
Sakwa	19,4	19,0	39,2	41,8	50,2	49,8	2,35	3,67	12,6	17,7	85,1	78,7
Symfonia	18,4	18,6	40,9	46,1	48,3	46,6	3,08	1,99	14,7	9,3	82,3	88,7
Wanda	20,8	20,3	49,1	48,1	48,1	53,0	4,01	2,45	29,1	18,5	66,9	79,1
Wilga	18,2	18,1	46,7	48,5	50,0	51,7	0,80	0,27	8,2	2,3	90,6	97,4
Zyta	17,4	16,9	43,5	41,5	49,8	52,6	2,38	1,03	13,9	8,1	83,7	90,9
Srednio Mean	19,1	18,5	43,4	43,6	49,4	52,4	3,09	1,94	16,5	10,6	80,4	87,5
NIR _(0,05) (I) LSD _(0,05) (I)	0,51		r.n.		1,66		0,84		3,01		3,65	
NIR _(0,05) (II) LSD _(0,05) (II)	1,35		4,93		4,39		2,22		7,95		9,66	

* — Oznaczenia obiektów jak w tabeli 1

* — Treatments marked as in table 1

Wyleganie roślin oraz porażenie przez choroby — septoriozę liści, rdzę brunatną (tab. 3), było istotnie uzależnione od technologii uprawy. Szczególnie uwidoczniło się to w odniesieniu do porażenia roślin rdzą brunatną, która wyjątkowo wcześniej zaatakowała rośliny (w I dekadzie czerwca). Obiekty niechronione uzyskały średnią wycenę 3,3, a obiekty chronione 8,8. Nie stwierdzono istotnych różnic odnośnie porażenia przez mączniaka, zarówno między sposobami uprawy jak i odmianami, zaś w przypadku pozostałych chorób oraz wylegania wystąpiły istotne różnice odmianowe.

Tabela 3

Stopień porażenia przez choroby oraz wylegania roślin pszenicy ozimej
Degree of disease infection and lodging of winter wheat plants

Odmiany (II) Cultivars (II)	Wyleganie** (w skali 9 ^o)		Porażenie przez choroby (w skali 9 ^o)** Diseases infection (score 9 ^o)**							
	Lodging** (score 9 ^o)		Mączniak Mildew		Septorioza Septoria		Rdza brunatna Brown rust		Choroby kłosa Ear diseases	
Technologie uprawy (I) Cultivation technologies (I)										
	A ₁ *	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂	A ₁	A ₂
Elena	9,0	9,0	8,5	7,5	6,5	8,5	1,0	9,0	5,0	7,0
Izolda	2,0	4,0	6,0	7,0	6,0	9,0	1,0	7,5	3,5	3,0
Kaja	1,5	4,0	8,0	7,5	7,5	7,5	3,0	9,0	7,0	7,0
Kobra	7,0	7,5	6,5	6,5	7,0	7,5	3,0	9,0	4,5	5,5
Korweta	5,0	9,0	9,0	8,0	6,5	5,5	7,0	9,0	6,0	4,0
Mikula	6,5	7,5	8,0	7,0	6,0	8,0	4,5	9,0	6,0	6,5
Mobela	2,0	4,5	9,0	8,5	2,5	5,5	6,0	9,0	4,0	5,0
Roma	3,0	3,0	7,5	7,0	4,5	7,0	1,0	9,0	6,0	7,0
Rysa	4,0	8,5	9,0	8,0	7,5	8,5	1,0	9,0	6,5	5,5
Sakwa	8,0	9,0	8,0	9,0	4,0	6,0	2,5	9,0	4,5	4,0
Symfonia	7,5	9,0	9,0	8,5	5,5	7,5	3,0	9,0	4,5	7,5
Wanda	2,0	7,0	8,5	7,5	6,5	5,5	1,0	8,0	5,5	5,5
Wilga	6,0	9,0	7,5	7,0	7,5	8,0	8,0	9,0	7,0	6,0
Zyta	2,0	8,0	7,5	7,5	6,5	8,0	4,5	9,0	6,5	7,0
Srednio Mean	4,7	7,1	8,0	7,6	6,0	7,3	3,3	8,8	5,5	5,8
NIR _(0,05) dla (I) LSD _(0,05) for (I)	0,94		r.n.		r.n.		4,53		r.n.	
NIR _(0,05) dla (II) LSD _(0,05) for (II)	2,52		r.n.		1,16		1,46		1,14	
NIR _(0,05) dla (I) x (II) LSD _(0,05) for (I) x (II)	r.n.		r.n.		2,25		3,44		1,61	

* — Oznaczenia obiektów jak w tabeli 1

* — Treatments marked as in table 1

** — Ocena w skali 9-stopniowej: 9 — odporny, 1 — wrażliwy

** — Estimation based on 9-score scale: 9 — resistant, 1 — susceptible

Grupę odmian najbardziej odpornych na wyleganie stanowiły: Elena, Sakwa, Symfonia, Kobra, zaś najmniej porażonych przez rdzę brunatną: Wilga, Korweta i Mobela.

W tabeli 4 przedstawiono współczynniki korelacji prostej między badanymi cechami roślin pszenicy ozimej a plonem ziarna z jednostki powierzchni. Dodatkowo z plonem ziarna były skorelowane następujące cechy: LAI w okresie kłoszenia, odporność na wyleganie przed zbiorem, porażenie septoriozą liści i rdzą brunatną oraz udział ziarna o średnicy powyżej 2,8 mm. Należy zwrócić uwagę na wysoką korelację z punktową oceną porażenia przez rdzę brunatną. Na skutek dużego zagęszczenia łanu i wysokiego wskaźnika LAI, uszkodzenia w tkance asymilacyjnej spowodowane przez tę chorobę aparacie asymilacyjnym znalazły odzwierciedlenie w niższym plonowaniu roślin z obiektów (A₁). Na uwagę zasługuje też ujemna korelacja między wskaźnikiem LAI a wysokością roślin oraz wysokością roślin a wyleganiem oznaczonym w skali 9-stopniowej. Na obiektach z wyższą dawką azotu, z antywylegaczem i ochroną roślin przed chorobami odmiany charakteryzowały się niższymi roślinami i większą powierzchnią asymilacyjną łanu.

Tabela 4

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy badanymi cechami pszenicy ozimej (n = 56)
Simple correlation coefficients between the investigated traits of winter wheat (n = 56)

Cechy ^{1/} Traits ^{1/}	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂
x ₂	0,35**											
x ₃	-0,31*	-0,39**										
x ₄	0,58**	0,24	-0,54**									
x ₅	0,10	0,08	0,24	-0,22								
x ₆	0,29*	0,01	0,26*	-0,15	0,48**							
x ₇	-0,19	0,04	-0,06	0,00	-0,24	-0,24						
x ₈	0,33*	0,10	-0,20	0,21	0,11	-0,04	-0,22					
x ₉	0,75**	0,34**	-0,16	0,35**	0,13	0,27*	-0,06	0,34**				
x ₁₀	0,03	0,02	0,14	0,01	0,12	0,10	-0,09	0,35**	0,23			
x ₁₁	0,37**	0,01	0,19	0,12	0,36**	0,81**	-0,12	0,03	0,43**	0,08		
x ₁₂	-0,38**	-0,02	-0,14	-0,16	-0,34**	-0,75**	0,09	-0,03	-0,43**	-0,09	-0,99**	
x ₁₃	-0,25*	0,04	-0,32*	0,05	-0,37**	-0,81**	0,17	-0,01	-0,35**	-0,03	-0,81**	0,70**

*, ** — Istotne dla poziomu P = 0,95 i P = 0,99; *, ** — Significant at levels P = 0.95 and P = 0.99

¹ x₁ — Plon ziarna

¹ x₁ — Grain yield

x₂ — LAI

x₂ — LAI

x₃ — Wysokość roślin

x₃ — Plant height

x₄ — Wyleganie przed zbiorem

x₄ — Lodging before harvest

x₅ — Masa kłosa

x₅ — Ear weight

x₆ — Masa 1000 ziaren; x₆ — weight of 1000 grains

x₇ — Mączniak; x₇ — mildew

x₈ — Septorioza; x₈ — septoria

x₉ — Rdza brunatna; x₉ — brown rust

x₁₀ — Choroby kłosa; x₁₀ — diseases of ear

x₁₁ — Udział ziaren o średnicy > 2,8 mm; x₁₂ — 2,8–2,5 mm, x₁₃ — < 2,5 mm

x₁₁ — Contribution of kernel at diameter >2,8 mm; x₁₂ — 2,8–2,5 mm, x₁₃ — <2.5 mm

Dalszej analizie poddano cztery grupy kłosów wydzielonych w zależności od ich długości. Dane zgromadzone w tych podzbiorach posłużyły do wyznaczenia współzależności cech morfologicznych kłosa z masą ziarna z kłosa (tab. 5). Uzyskano wysokie wartości współczynników korelacji dla liczby ziaren w kłosie, długości kłosa i masy ziarniaka w odniesieniu do wszystkich kłosów (1057 szt.). Z kolei w oparciu o analizę współczynników ścieżek wynika, że dominujący wpływ bezpośredni na masę ziarna z kłosa miała liczba ziaren w kłosie w każdej z wydzielonych grup kłosów. Z oceny tej wynika również, że o końcowej masie, jaką uzyskał ziarniak decyduje ich liczba w kłosie (zwłaszcza w grupie kłosów poniżej 8 cm i powyżej 10 cm. Według Kozdoja (1979) wpływa na wielkość plonu ziarna z kłosa albo liczba osadzonych ziarniaków w kłosie, albo masa jednego ziarniaka w zależności od genotypu, odmiany. Potwierdzają to przedstawione w tabeli 5 ujemne efekty pośredni tych cech między sobą w oddziaływaniu na plon ziarna z kłosa.

Tabela 5

**Współczynniki korelacji prostej i ścieżek badanych cech z masą ziarna z kłosa
w zależności od jego długości**
**Simple correlation and path coefficients of the investigated traits with grain weight
per ear depending on its length**

Cechy Traits	Masa ziarna z kłosa Grain weight per ear	Liczba ziaren w kłosie Kernels number per ear	Liczba kłosków Spikelets number	Długość kłosa Ear length	Masa ziarniaka Weight of kernel
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
	Współczynniki korelacji Correlation coefficients	Współczynniki ścieżek Path coefficients			
Długość kłosa <8 cm Ear length <8 cm, (n = 219, R ² = 0,97)					
X ₁	0,74 **	0,90 **	0,00	0,01	-0,17 **
X ₂	0,45 **	0,48 **	0,00	0,01	-0,03
X ₃	0,30 **	0,29 **	0,00	0,02	0,00
X ₄	0,44 **	-0,23 **	0,00	0,00	0,67 **
Długość kłosa od 8–9 cm Ear length 8–9 cm, (n = 330, R ² = 0,99)					
X ₁	0,75 **	0,81**	0,00	0,00	-0,06
X ₂	0,32 **	0,22 **	0,01	0,00	0,09
X ₃	0,24 **	0,21 **	0,00	-0,01	0,04
X ₄	0,58 **	-0,08	0,00	0,00	0,65**
Długość kłosa od 9–10 cm Ear length 9–10 cm, (n = 268, R ² = 0,98)					
X ₁	0,73 **	0,85 **	0,00	0,00	-0,12 *
X ₂	0,14 **	0,06	0,01	0,00	0,07
X ₃	0,18 **	0,14 **	0,00	-0,01	0,05
X ₄	0,53 **	-0,15 **	0,00	0,00	0,68 **
Długość kłosa od >10 cm Ear length >10 cm, (n = 240, R ² = 0,98)					
X ₁	0,67 **	0,85 **	0,02	0,00	-0,20**
X ₂	0,49 **	0,38 **	0,03	0,00	0,07
X ₃	0,30 **	0,06	0,01	0,01	0,23 **
X ₄	0,53 **	-0,23 **	0,00	0,00	0,75 **
Dla wszystkich kłosów For total of ears, (n = 1057, R ² = 0,98)					
X ₁	0,77**	0,91**	0,00	0,00	-0,14**
X ₂	0,31**	0,28**	0,01	0,00	0,02
X ₃	0,45**	0,48**	0,00	-0,01	-0,02
X ₄	0,44**	-0,19**	0,00	0,00	0,64

*** — Istotne dla poziomu P = 0,95 i P = 0,99

*** — Significant at levels P = 0.95 and P = 0.99

WNIOSKI

1. Największe zwyczajki plonu ziarna w technologii A₂ uzyskano u odmian Wanda, Izolda, Kaja i Wilga, najmniejsze zaś z odmian Korweta, Roma i Symfonia, z kolei przy niskich nakładach A₁ szczególnie cenne były: Mikula, Sakwa i Kobra. Pełna ochrona roślin oraz wysokie nawożenie pogłówne azotem dały istotny wzrost plonu ziarna (o 35%) w porównaniu do technologii niskonakładowej A₁.

2. W przeprowadzonym jednorocznym doświadczeniu stwierdzono istotne zwiększenie masy 1000 ziaren, wyższy udział ziarniaków o średnicy powyżej 2,8 mm oraz niewielki wzrost masy ziarna z kłosa na obiektach chronionych i nawożonych wyższą dawką azotu. Wyleganie roślin oraz porażenie przez choroby istotnie zależało od technologii uprawy, szczególnie uwidoczniło się to w odniesieniu do porażenia roślin przez rdzę brunatną.
3. Dodatkowo z plonem ziarna pszenicy ozimej były skorelowane następujące cechy: LAI w okresie kłoszenia, odporność roślin na wyleganie, stopień porażenia septoriozą i rdzą brunatną oraz udział ziaren o średnicy powyżej 2,8 mm. Wystąpiła także ujemna korelacja między wskaźnikiem LAI a wysokością roślin oraz wysokością roślin a wyleganiem.
4. Spośród badanych cech kłosa największy wpływ bezpośredni na masę ziarna z kłosa miały liczba ziarna w kłosie i masa ziarniaka w każdej z wydzielonych grup kłosów. Jednocześnie wystąpiły ujemne efekty pośrednie tych cech pomiędzy sobą w oddziaływaniu na plon ziarna z kłosa.

LITERATURA

- Adamska H., Paczkowski L. 1999. Zmiany kosztów i cen a opłacalność uprawy pszenicy ozimej w latach 1981/82 – 1997. *Pam. Puł.* 114: 23 — 30.
- Czembor H.J. 1999. Osiągnięcia w hodowli zbóż w Polsce i postęp hodowlany. *Pam. Puł.* 114: 41 — 55.
- Frederick J.R. 1997. Winter wheat leaf photosynthesis, stomatal conductance, and leaf nitrogen concentration during reproductive development. *Crop Sci. (USA)*, 37: 1819 — 1826.
- Gawrońska-Kulesza A., Suwara I., Kaczmarek M. 1997. Rola przedplonu i poziomu nawożenia azotem w kształtowaniu struktury łanu i plonu pszenicy ozimej. *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, 3: 97 — 102.
- Głazek M., Mrówczyński M. 1999. Łączne stosowanie agrochemikaliów w nowoczesnej technologii produkcji zbóż. *Pam. Puł.* 114: 119 — 126.
- Kociuba W. 1993. Zmienność i współzależność ważniejszych cech rolniczych w populacji pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu*, 223: 193 — 199.
- Kozdój J. 1979. Budowa morfologiczna kłosa czterech odmian pszenicy jarej o zróżnicowanej plenności. *Biul. IHAR*, 137: 89 — 105.
- Kozdój J. 1992. Wpływ wybranych czynników środowiska na morfogenezę kłosa i potencjał plonotwórczy zbóż. *Biul. IHAR*, 183: 59 — 71.
- Kuś J., Smagacz J. 1987. Zależności między czynnikami struktury a wielkością plonu pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 3: 47 — 56.
- Kuś J., Jończyk K. 1997. Oddziaływanie wybranych elementów agrotechniki na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 3: 4 — 16.
- Mazurek J. 1999. Biologiczne podstawy plonowania roślin zbożowych. *Pam. Puł.*, 114: 261 — 273.
- McNeal F.H., Smith E.P., Berg M.A. 1974. Plant height, grain yield, and yield component relationships in spring wheat. *Agron. J.* 66: 575 — 578.
- Podolska G. 1997. Reakcja odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. I. Wpływ gęstości siewu na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*, 204: 157 — 162.
- Ruszkowski M., Iwanejko M., Bis K., Polak E. 1985. Porównanie różnych technologii uprawy zbóż. II. Pszenica ozima. *Pam. Puł.* 84: 45 — 58.
- Zając T., Szafranski W., Oleksy A., Witkiewicz R. 1999. Indywidualny wkład komponentów struktury plonu ziarna z jednostki powierzchni i z kłosa pszenicy jarej uprawianej po różnych przedplonach. *Fragm. Agron.* 4: 76 — 87.

GRAŻYNA PODOLSKA**SŁAWOMIR STANKOWSKI**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy
Akademia Rolnicza, Szczecin

Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem

Yielding and grain quality of winter wheat depending on sowing density and on nitrogen fertilization doses

Badania, których celem było określenie wpływu nawożenia azotem i gęstości siewu na plon i wartość technologiczną ziarna pszenicy ozimej przeprowadzono w latach 1998–1999 i 1999–2000. Doświadczenie zlokalizowano w trzech miejscowościach: Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Błoniu-Topoli i Stacjach Doświadczalnych Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Osinach i Jelczu-Laskowicach, zaliczonych według COBORU do rejonu kraju — III, IV i V. Czynniki doświadczenia były: dawki nawożenia azotem: 0, 40, 80, 120, 160, 200 kgN/ha oraz gęstości siewu: 1,5, 3,0, 4,5, 6,0 mln ziaren/ha. W badaniach uwzględniono dwie odmiany pszenicy: Mikon i Kobrę. Doświadczenie zakładano metodą podbloków losowanych w trzech powtórzeniach. Po zbiorze oznaczono: plon ziarna w t/ha, MTZ, cechy jakościowe ziarna. Stwierdzono, że plon ziarna kształtowany był przez gęstość siewu i dawkę nawożenia azotem. Wzrastająca dawka nawożenia azotem miała dodatni wpływ na zawartość glutenu w mące, wskaźnik sedymentacji, wodochłonność mąki, wartość walorymetryczną, ujemny zaś na rozpułwalność glutenu.

Słowa kluczowe: odmiana, plon ziarna, rejon kraju, wartość technologiczna, wyleganie

The aim of this research was to determine influence of nitrogen fertilization and sowing density on grain yield and yield quality of winter wheat cv. Kobra and Mikon. The study was conducted in the years 1998–1999 and 1999–2000 in three agrotechnical stations in Błonie-Topola, Osiny, and Jelcz-Laskowice. The factors of this experiments were nitrogen fertilization doses: 0, 40, 80, 120, 160, 200 kg N/ha and sowing density: 1,5, 3,0, 4,5 and 6,0 mln grains/ha. It was found that grain yield depended on nitrogen fertilization and sowing density. Increase of nitrogen fertilization doses had a positive effect on gluten content, Zeleny test result, water absorption, valorimetric value and a negative one on gluten weakening.

Key words: variety, grain yield, region of country, quality value, lodging

WSTĘP

Uzyskanie wysokiego plonu ziarna o dobrych i bardzo dobrych parametrach jakościowych jest celem producentów ziarna pszenicy. Plon jest wypadkową liczby kłosów na jednostce powierzchni, liczby ziaren w kłosie i masy tysiąca ziaren. Kształtowanie się tych elementów uzależnione jest od warunków siedliska i agrotechniki. Liczba kłosów na jednostce powierzchni, liczba ziaren w kłosie są głównie uzależnione od ilości wysiewu i dawki nawożenia azotem (Ruszkowski, 1981; Podolska, 1997; Wójcikiewicz i in., 1995). Jakość ziarna pszenicy w największym stopniu jest uwarunkowana genetycznie, zależy od odmiany, tym niemniej agrotechnika, a zwłaszcza nawożenie azotowe odgrywa dużą rolę w formowaniu się ilości i jakości białka i glutenu w ziarnie (Cacak-Pietrzak, 1999; Kościelniak, 1999, 2000; Mazurek, 1999; Wróbel, 1999).

Celem doświadczenia było określenie wpływu różnych dawek nawożenia azotowego i zróżnicowanej gęstości siewu na kształtowanie się plonu, i jakość ziarna pszenicy ozimej w różnych warunkach siedliska.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 1998–1999 i 1999–2000 w Stacjach Doświadczalnych i Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa — Błoniu-Topoli, Osinach i Jelczu-Laskowicach. Miejscowości te według klasyfikacji COBORU znajdują się odpowiednio w rejonie — III, IV i V. Doświadczenie prowadzono na glebach zaliczonych do kompleksów rolniczej przydatności gleb: w roku 1998 — pszenno-bardzo dobrego (Błonie-Topola), pszenno-dobrego (Osiny), żytniego bardzo dobrego (Jelcz-Laskowice); w roku 1999 — pszenno-dobrego. Zakładano je metodą podbloków losowanych w trzech powtórzeniach. Czynniki doświadczenia były: gęstość siewu (1,5, 3,0, 4,5 i 6,0 mln ziaren/ha) oraz dawka nawożenia azotem (0, 40, 80, 120, 160, 200 kg N/ha). Nawożenie azotowe stosowano według schematu podanego w tabeli nr 1.

Tabela 1

Sposób nawożenia azotem pszenicy
Fertilization variants

Dawka N/ha Dose of N/ha	Faza rozwojowa pszenicy i ilość N w kg/ha Growth stage and fertilization doses			
	Ruszenie wegetacji Start of vegetation	Pierwsze kolanko F ₃₁ Shooting	Kłos w 1/2 długości F ₅₅ Heading	Dojrzałość mleczna F ₇₅ Milk maturity
40	40	—	—	—
80	40	20	20	—
120	60	40	20	—
160	60	50	30	20
200	70	60	50	20

Glebę zasilono fosforem i potasem w dawkach ustalonych na podstawie jej zasobności przed siewem pszenicy ozimej. Przedplonem był rzepak ozimy (Osiny, Jelcz-Laskowice) i

owies (Błonie-Topola). Siew wykonano w terminie optymalnym dla miejscowości, tj. 22.09.1998 i 6.10.1999 — rejon III; 25.09.1998 i 28.09.1999 — rejon IV; 5.10.1998 i 8.10.1999 — rejon V. Powierzchnia poletka do zbioru wynosiła 20 m². Chwasty, choroby i szkodniki zwalczano stosując się do zaleceń Instytutu Ochrony Roślin.

W celu wyjaśnienia przyczyn zmienności plonowania w zależności od czynników doświadczenia w okresie wegetacji wykonano obserwacje występowania faz rozwojowych oraz stopień wylegania. Po zbiorze oznaczono: plon ziarna, masę tysiąca ziaren oraz cechy jakościowe: gęstość ziarna w stanie zsypanym, liczbę opadania, zawartość glutenu, wskaźnik sedymentacji, rozpląwalność glutenu, wodochłonność mąki, rezystencję ciasta, rozmiękczenie ciasta, wartość walorymetryczną.

Wyniki opracowano statystycznie za pomocą analizy wariancji i testu Tukeya. W opracowaniu podano kształtowanie się cech jakościowych ze zbiorów w roku 1999.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg pogody w poszczególnych rejonach i w sezonach 1998–1999 i 1999–2000 był odmienny i dlatego pszenica różniła się między sobą długością poszczególnych okresów wzrostu i rozwoju, jak też całego okresu wegetacji.

W rejonie III średnie miesięczne sumy opadów we wrześniu w obu latach prowadzonych badań były zbliżone. Październik charakteryzował się ponad dwukrotnie wyższą sumą opadów w 1998 roku niż w roku następnym (tab. 2).

Tabela 2

Średnie miesięczne sumy opadów w okresie wegetacyjnym 1998–1999 i 1999–2000

Average monthly rainfalls in the vegetation periods 1998–1999 and 1999–2000

Miesiąc Month	Sezon wegetacyjny Vegetation season					
	1998–1999			1999–2000		
	Miejscowość — rejon kraju; Location — region					
	Błonie-Topole III	Osiny IV	Jelcz-Laskowice V	Błonie-Topole III	Osiny IV	Jelcz-Laskowice V
XI	21,9	36,3	41,6	22,1	28,7	33,5
X	75,2	47,5	82,2	33,5	39,2	24,3
XI	34,6	31,6	30,4	40,2	42,2	36,3
XII	50,5	19,9	17,5	34,3	20,7	36,1
I	37,6	15,3	21,6	31,7	22,0	34,6
II	48,6	41,2	49,4	39,7	31,8	33,5
III	38,5	17,0	57,5	64,2	64,8	76,9
IV	71,7	96,6	56,4	12,7	48,7	17,8
V	35,3	38,4	35,6	85,5	5,9	76,5
VI	183,6	147,7	79,1	27,1	29,7	38,1
VII	44,0	51,2	183,6	138,7	173,9	165,8
VIII	11,3	45,1	17,4	42,5	62,4	51,8

Okres od siewu do wschodów w 1998 wynosił 10, a w 1999 roku 16 dni. W obu latach badań pszenica krzewiła się już jesienią, jednak w sezonie 1998–1999 okres od krzewienia do strzelania w źdźbło trwał dłużej o 14 dni w porównaniu do sezonu 1999–2000. W roku

2000 w kwietniu wystąpiła susza, dlatego fazę kłoszenia pszenica osiągnęła już w trzeciej dekadzie maja. Okres do dojrzałości młecznej trwał dość długo, bo 32 dni, tj. o 7 dni dłużej niż w roku poprzednim, głównie za sprawą dość dużej ilości opadów. W okresie dojrzałości pszenicy opady były nierównomierne. W 1999 roku w czerwcu wystąpiły klęskowo duże opady, a w roku 2000 w czerwcu była susza, natomiast lipiec charakteryzował się bardzo dużą ilością opadów (tab. 2, 3).

Przebieg pogody w rejonie IV w sezonie 1998–1999 powodował wydłużenie okresu wegetacji pszenicy o 4 dni w porównaniu do sezonu 1999–2000. Wrzesień 1998 roku charakteryzował się typową ilością opadów, co stwarzało dobre warunki dla wykonania uprawek przedsiewnych oraz dla osiągnięcia przez pszenicę pełnych i wyrównanych wschodów, które wystąpiły po 17 dniach. Natomiast w następnym roku wystąpiła znacznie mniejsza ilość opadów, wschody zanotowano dopiero po 37 dniach. Tak późne wschody pszenicy spowodowały, że nie zdążyła się ona rozkrzewić jesienią. Zaczęła się krzewić dopiero wiosną, co było przyczyną wydłużenia okresu wschody — krzewienie i skrócenie okresu krzewienie — strzelanie w źdźbło w porównaniu do roku poprzedniego (tab. 2, 3).

Czas trwania poszczególnych okresów wzrostu pszenicy w rejonie V w obu latach badań był zbliżony, z wyjątkiem okresu od dojrzałości woskowej do pełnej, który w roku 1999 trwał 5 dni, a w 2000 roku 23 dni. Tak długi okres dojrzewania pszenicy był związany z warunkami pogodowymi w tym okresie, a przede wszystkim z klęskowo dużą ilością opadów (tab. 2, 3).

Wyleganie pszenicy w obu latach badań wystąpiło jedynie w Stacji Doświadczalnej Osiny. W 1999 roku silne opady deszczu w kwietniu i czerwcu przyczyniły się do większego wylegania pszenicy w porównaniu do 2000 roku. W największym stopniu pszenica wyległa przy najgęściejszym siewie i największej dawce nawożenia azotem (tab. 4, 5), co jest zgodne z wynikami Kościelniaka (1999, 2000).

W badaniach stwierdzono zależność plonowania pszenicy ozimej od gęstości siewu, dawki nawożenia azotem i rejonu prowadzenia doświadczeń, natomiast nie stwierdzono istotnych interakcji pomiędzy czynnikami doświadczenia.

Pszenica odmiany Mikon plonowała istotnie niżej przy bardzo rzadkich siewach — 1,5 mln ziaren/ha, w porównaniu do pozostałych gęstości, pomiędzy którymi nie stwierdzono istotnych różnic. Pszenica odmiany Kobra zasiana w rejonie IV plonowała na podobnym poziomie przy gęstości 3,0, 4,5 i 6,0 mln z/ha, istotnie niżej przy gęstości 1,5 mln z/ha (tab. 5). W rejonie V najwyższy plon otrzymano przy siewie najgęściejszym, jednak istotnie wzrastał on do gęstości 4,5 mln z/ha. Wyniki te są nieco odmienne od podanych przez Kościelniaka (1999). Autor w swoich badaniach uzyskał najwyższy plon odmiany Kobra przy gęstości siewu 3,0 mln z/ha w porównaniu do 4,5 mln z/ha. Były one wynikiem większej liczby kłosów na jednostce powierzchni i większej liczby ziaren w kłosie.

Tabela 3

Daty występowania poszczególnych okresów wzrostu u pszenicy ozimej (1998–2000)
Dates of winter wheat development stages (1998–2000)

Podokresy Growth stages	Sezon wegetacyjny Vegetation period	Odmiana Variety Miejscowość Locality					
		Mikon Błonie-Topola		Kobra Osiny		Kobra Jelcz-Laskowice	
		data date	ilość dni no. of days	data date	ilość dni no. of days	data date	ilość dni no. of days
Siew — wschody	1998–1999	22.09.98 — 2.10.98	10	25.09.98 — 12.10.98	17	5.10.98 — 26.10.98	21
Sowing — emergence	1999–2000	6.10.99 — 22.10.99	16	28.09.99 — 4.11.99	37	8.10.99 — 25.10.99	17
Wschody — krzewienie	1998–1999	2.10.98 — 31.10.98	29	12.10.98 — 28.10.98	16	26.10.98 — 26.03.99	152
Emergence — tillering	1999–2000	22.10.99 — 12.11.99	21	4.11.99 — 25.03.00	140	25.10.99 — 23.03.00	150
Krzewienie — strzelanie w źdźbło	1998–1999	31.10.98 — 26.04.99	177	28.10.98 — 26.04.99	180	26.03.99 — 16.04.99	21
Tillering — shooting	1999–2000	12.11.99 — 23.04.00	163	25.03.00 — 18.04.00	24	23.03.00 — 10.04.00	18
Strzelanie w źdźbło — kłoszenie	1998–1999	26.04.99 — 1.06.99	36	26.04.99 — 28.05.99	32	16.04.99 — 24.05.99	38
Shooting — heading	1999–2000	23.04.00 — 28.05.00	35	18.04.00 — 19.05.00	31	10.04.00 — 20.05.00	40
Kłoszenie — dojrzałość mleczna	1998–1999	1.06.99 — 26.06.99	25	28.05.99 — 24.06.99	27	24.05.99 — 23.06.99	30
Heading — milk maturity	1999–2000	28.05.00 — 29.06.00	32	19.05.00 — 12.06.00	24	20.05.00 — 15.06.00	26
Dojrzałość mleczna — dojrzałość woskowa	1998–1999	26.06.99 — 10.07.99	14	24.06.99 — 11.07.99	17	23.06.99 — 15.07.99	22
Milk maturity — wax maturity	1999–2000	29.06.00 — 9.07.00	10	12.06.00 — 10.07.00	28	15.06.00 — 7.07.00	22
Dojrzałość woskowa — dojrzałość pełna	1998–1999	10.07.99 — 23.07.99	13	11.07.99 — 21.07.99	10	15.07.99 — 20.07.99	5
Wax maturity — full maturity	1999–2000	9.07.00 — 28.07.00	19	10.07.00 — 21.07.00	11	7.07.00 — 30.07.00	23
Długość okresu wegetacji	1998–1999	304		299		289	
Length of vegetation period	1999–2000	296		295		297	

Tabela 4

Wyleganie pszenicy ozimej (9° skala) w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem w latach 1999 i 2000 (SD Osiny)
Lodging of winter wheat (9° skale) depending on sowing density and on nitrogen fertilization doses in the years 1999 and 2000 (Osiny)

Gęstość siewu Sowing density	Rok Year	Dawka nawożenia azotem w kg/ha Nitrogen fertilization dose kg/ha						Średnio Average
		0	40	80	120	160	200	
1,5	1999	8,8	8,3	7,5	6,0	5,3	5,0	6,8
	2000	8,8	8,0	6,7	7,5	6,8	7,7	7,6
3,0	1999	8,7	7,5	7,5	5,0	5,5	3,7	6,3
	2000	9,0	8,7	7,3	7,5	7,8	6,7	7,8
4,5	1999	8,7	8,2	7,7	6,0	5,5	3,2	6,6
	2000	8,7	8,0	6,7	7,3	7,5	7,0	7,5
6,0	1999	8,4	8,0	7,0	5,7	3,8	2,3	5,9
	2000	7,7	8,3	6,3	7,0	7,7	7,0	7,3
Średnio Average	1999	8,6	8,0	7,4	5,7	5,0	3,6	
	2000	8,6	8,3	6,8	7,3	7,5	7,1	

9° — Pszenica stoi

9° — No lodging

1° — Pszenica leży

1° — Much intense lodging

Tabela 5

Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu. Średnio w sezonie wegetacyjnym 1999–2000
Yielding of winter wheat depending on sowing density. Average from the 1999–2000 season

Gęstość siewu mln ziaren/ha Sowing density mln grains/ha	Odmiana Variety		
	Mikon		Kobra
	Rejon wg COBORU Region		
	III	IV	V
1,5	4,44	6,25	4,82
3,0	4,92	6,67	5,34
4,5	4,95	6,84	5,68
6,0	5,06	6,99	6,05
NIR			
LSD	0,312	0,321	0,406

Reakcja na nawożenie azotem była związana z odmianą, i lokalizacją doświadczenia. U odmiany Mikon stwierdzono istotny wzrost plonu ziarna wraz ze wzrostem dawki azotu do 120 kg N/ha. U odmiany Kobra w rejonie IV najwyższy plon uzyskano stosując dawkę azotu 80 kg N/ha, natomiast w rejonie V 120 kg N/ha. W obu rejonach najniższe plony stwierdzono na poletkach nie nawożonych oraz przy zastosowaniu 200 kg N/ha (tab. 6). Prezentowane badania wskazują na różną reakcję odmian pszenicy na dawkę nawożenia azotem, co potwierdzają badania Ruszkowskiego (1981) oraz Podolskiej (1997) i Podolskiej i Kaczyńskiego (2000). Wskazują również, że w zależności od warunków siedliska i odmiany dawka azotu potrzebna do wydania wysokiego plonu wahała się od 80

do 160 kg N/ha. Dane literaturowe (Fotyma, 1999) informują, że dla osiągnięcia plonu 7,8 t/ha pszenica ozima potrzebowała nawożenia 125 kg N/ha.

Stwierdzono zależność MTZ od gęstości siewu. W obu latach prowadzenia doświadczeń MTZ była najwyższa z siewów najrzadszych 1,5 mln z/ha, mniejsza przy gęstości 3,0 i 4,5 mln z/ha, zaś najmniejsza przy gęstości 6,0 mln z/ha (tab. 7). Przy wysiewie pszenicy w rejonie III nie stwierdzono istotnej zależności kształtowania się masy ziarna od dawki nawożenia azotem. W rejonie IV najwyższą MTZ osiągnęła pszenica na dawce 40 i 80 kg N/ha; w rejonie V na obiektach bez nawożenia N (tab. 8).

Tabela 6

Plonowanie pszenicy ozimej w zależności od dawki nawożenia azotem. Średnio w sezonie wegetacyjnym 1999–2000

Yielding of winter wheat depending on nitrogen fertilization doses. Average from the 1999–2000 season

Dawka nawożenia azotem w kg/ha Nitrogen fertilization doses kg/ha	Odmiana Variety		
	Mikon	Kobra	
	Rejon według COBORU Region		
	III	IV	V
0	3,80	5,62	4,30
40	4,57	6,83	5,10
80	4,88	7,34	5,01
120	5,14	6,95	5,45
160	5,31	6,94	5,29
200	5,29	6,44	5,16
NIR			
LSD	0,428	0,418	0,671

Tabela 7

MTZ pszenicy w zależności od gęstości siewu (średnio z lat)
Weight of 1000 grains depending on sowing density (average from years)

Rejon kraju Region	Gęstość siewu w mln na/ha Sowing density				NIR LSD
	1,5	3,0	4,5	6,0	
III	38,27	37,81	37,44	35,48	0,886
IV	47,82	46,89	46,68	45,48	0,836
V	46,44	46,41	45,97	45,70	r.n

Tabela 8

MTZ pszenicy w zależności od dawki nawożenia azotem (średnio z lat)
Weight of 1000 grains depending on nitrogen fertilization doses (average from years)

Rejon kraju Region	Dawka nawożenia azotem w kg/ha; Nitrogen fertilization doses kg/ha						NIR LSD
	0	40	80	120	160	200	
III	36,98	37,28	37,67	37,53	37,16	36,88	r.n
IV	46,87	47,51	47,53	47,08	46,65	44,66	0,413
V	46,39	45,90	45,80	45,44	45,88	45,89	0,382

Nie stwierdzono wpływu gęstości siewu i współdziałania czynników doświadczenia na cechy jakościowe ziarna pszenicy. Udowodniono natomiast wpływ dawki azotu na kształtowanie się wartości technologicznej pszenicy.

Duże dawki nawożenia azotem wywarły dodatni wpływ na większość cech jakościowych. Wraz ze wzrostem dawki nawożenia azotem wzrastała zawartość glutenu w mące, wskaźnik sedymentacji, wodochłonność mąki, rezystencja ciasta, wartość walorymatryczna. Pod wpływem wzrastającej dawki nawożenia azotem wzrastała też rozpuszczalność glutenu, jednak u odmiany Mikon tylko do dawki 80 kg N/ha (tab. 9).

Tabela 9

Wpływ nawożenia azotem na wartość technologiczną dwu odmian pszenicy ozimej (1999)
Effect of nitrogen fertilization on grain quality of two varieties of winter wheat (1999)

Odmiana Variety	Nawożenie (kg N/ha) Nitrogen fertilization (kg N/ha)						NIR LSD
	0	40	80	120	160	200	
Gęstość ziarna w stanie zsypanym kg/hl Test weight (kg/hl)							
Mikon	77,6	77,0	77,8	77,2	77,2	73,2	r.n
Kobra	77,6	76,9	77,3	76,9	77,2	77,4	r.n
Liczba opadania (s) Falling number (s)							
Mikon	304	307	299	257	252	271	r.n
Kobra	245	260	273	271	267	269	r.n
Zawartość glutenu w mące (%) Gluten content (%)							
Mikon	21,3	19,2	24,0	26,4	27,6	31,2	1,856
Kobra	26,4	28,8	31,5	31,8	30,4	37,7	2,138
Rozpylwalność glutenu (mm) Gluten weakening (mm)							
Mikon	1,25	1,15	2,00	1,60	1,75	1,65	r.n
Kobra	3,10	3,30	4,45	4,82	5,32	5,60	0,93
Wskaźnik sedymentacji (ml) Zeleny test (cm ³)							
Mikon	16,9	16,9	17,4	19,3	20,2	24,5	1,273
Kobra	19,7	23,1	24,8	25,4	25,7	27,2	1,397
Wodochłonność mąki Water absorption(%)							
Mikon	65,8	65,2	68,3	70,2	70,1	70,3	1,966
Kobra	62,1	62,3	63,7	63,7	65,0	65,7	1,211
Rezystencja ciasta (min) Dough resistance (min)							
Mikon	2,16	1,54	2,29	4,37	5,62	5,62	1,169
Kobra	1,95	2,30	4,18	3,79	4,74	6,22	3,317
Rozmięczenie ciasta (j.B) Dough weakening (j.Br)							
Mikon	72,5	80,0	65,0	45,0	42,5	50,0	14,06
Kobra	71,2	73,7	58,7	65,0	50,0	51,2	11,13
Wartość walorymetryczna (j.u.) Valorimetric value(j.u.)							
Mikon	42,5	37,0	40,5	52,5	59,0	58,0	6,14
Kobra	40,7	41,5	50,0	49,0	54,0	59,2	4,01

Do podobnych konkluzji doszli Kościelniak (2000), Mazurek i Jaśkiewicz (1999) oraz Wróbel i Szempliński (1999).

Wartość technologiczna ziarna pszenicy była związana z odmianą, czyli zależała od genotypu, co jest zgodne z danymi literaturowymi (Cacak-Pietrzak i in., 1999; Kaczyński, 1999; Podolska, Kaczyński, 2000).

Generalnie odmiana Mikon cechowała się mniejszą zawartością glutenu w mące, mniejszą wartością wskaźnika sedymentacji w porównaniu do odmiany Kobra. Miała natomiast lepszą jakość glutenu, o tym świadczy mniejsza jego rozpuszczalność, oraz wyższą gęstość ziarna w stanie zsypanym.

Pszenica Kobra uprawiana w Osinach cechowała się lepszą jakością ziarna w porównaniu do odmiany Kobra uprawianej w Jelcz-Laskowice. Wynikało to głównie z wyższej: liczby opadania, zawartości glutenu w mące, wskaźnika sedymentacji, rezystencji ciasta i wartości walorymetrycznej (tab. 10). Istotne różnice wartości technologicznej ziarna świadczą o wpływie pogody i warunków siedliska na kształtowanie się jakości ziarna, co jest zgodne z badaniami Goodinga i Smitha (1998).

Tabela 10

Jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od odmiany i lokalizacji doświadczenia (1999)
Grain quality of winter wheat depending on field localisation and on varieties (1999)

Badane cechy Traits	Lokalizacja doświadczenia — rejon, odmiana Region, variety			NIR; LSD
	III — Mikon	IV — Kobra	V — Kobra	
Gęstość ziarna w stanie zsypanym kg/hl Test weight (kg/hl)	77,0	76,5	77,4	0,28
Liczba opadania (s) Falling number (s)	258	281	269	9,37
Zawartość glutenu w mące (%) Gluten content (%)	24,9	33,7	30,2	0,63
Rozpuszczalność glutenu (mm) Gluten weakening (mm)	1,56	4,82	4,04	0,45
Wskaźnik sedymentacji (ml) Zeleny test (cm ³)	19,2	27,2	21,5	0,96
Wodochłonność mąki Water absorption (%)	68,3	63,5	63,9	0,74
Rezystencja ciasta (min) Dough resistance (min)	3,60	4,97	2,76	0,37
Rozmiękczenie ciasta (j.Br) Dough weakening (j.Br)	62,5	54,6	68,7	8,36
Wartość walorymetryczna (j.u.) Valorimetric value (j.u.)	48,2	54,2	44,0	1,64

WNIOSKI

1. Warunki pogody miały istotny wpływ na długość okresu wegetacji pszenicy i czas trwania poszczególnych okresów wzrostu i rozwoju.
2. Mała ilość wysiewu (1,5 mln ziaren/ha) okazała się niewystarczająca dla badanych odmian, niezależnie od poziomu nawożenia azotem i warunków środowiska.

3. Najkorzystniejsza dawka azotu dla poziomu plonowania wynosiła około 120 kg N/ha w przypadku odmiany Mikon oraz 80 do 120 kg dla odmiany Kobra, w zależności od warunków środowiska.
4. Uzyskano potwierdzenie wcześniejszych badań wskazujących na korzystne oddziaływanie nawożenia N na cechy jakościowe ziarna chlebowego. Pod tym względem należy stosować dawki azotu w granicach 120–160 kg N/ha.

LITERATURA

- Cacak-Pietrzak G, Ceglińska A, Haber T. 1999. Wartość technologiczna wybranych odmian pszenicy ozimej w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 118: 45 — 56.
- Fotyma E. 1999. Pobranie i wykorzystanie azotu przez pszenice ozimą i jara. *Pam. Puł.* 118: 143 — 152.
- Gooding M J, Smith G P. 1998. The potential to use climate, variety and nitrogen relationship to optimise wheat quality. *Short communications Fifth Congress ESA vol. 1*: 227 — 229.
- Kaczyński L. 1999. Odmiany pszenicy odpowiednie na cele młynarsko-piekarskie, *PZM*, 7: 2 — 5.
- Kościelniak Wł. 1999. Uprawa pszenicy ozimej przy małej ilości wysiewu. *Pam. Puł.* 118 :207 — 215.
- Kościelniak Wł. 2000. Nowoczesna uprawa pszenicy ozimej i jarej. *WODR Łosów*
- Mazurek J, Jaśkiewicz B, Klupczyński Z. 1999. Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od techniki nawożenia azotem. *Pam. Puł.* 118: 263 — 270.
- Podolska G. 1997: Reakcja odmian i rodów pszenicy ozimej na wybrane czynniki agrotechniczne. Cz. III Wpływ nawożenia azotem na plon i strukturę plonu nowych odmian i rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR* 203: 169 — 172.
- Podolska G, Kaczyński L. 2000. Charakterystyka i technologia uprawy odmian pszenicy ozimej. *IHAR, Radzików*
- Ruszkowski M. 1981. Metody badań nad określeniem zmian w produktywności odmian zbóż ozimych i jarych pod wpływem zróżnicowanych warunków glebowych i agrotechnicznych. *Post. Nauk. Rol.* 5: 81 — 95.
- Wójcikiewicz M., Błażej J., Rząsa B. 1995. Produkcyjność pszenicy ozimej przy zróżnicowanym nawożeniu azotowym. *Zesz. Nauk. AR, Kraków* 32: 125 — 131.
- Wróbel E., Szempliński Wł. 1999. Plonowanie i wartość technologiczna ziarna pszenicy ozimej nawożonej zróżnicowanymi dawkami azotu. *Pam. Puł.* 118: 464 — 469.

CZESŁAW ZAMORSKI
BOGDAN NOWICKI
WOJCIECH WAKULIŃSKI
MAŁGORZATA SCHOLLENBERGER

Katedra Fitopatologii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Źródła odporności na rdzę żółtą, rdzę brunatną i rdzę żdźbłową w polskich materiałach hodowlanych pszenicy

The sources of yellow rust, leaf rust and stem rust resistance in the Polish wheat breeding materials

Podatność pszenicy na porażenie przez *Puccinia striiformis*, *Puccinia graminis* i *Puccinia recondita* badano w doświadczeniach polowych. Ocenie poddano materiały hodowlane z 10 ośrodków hodowli pszenicy ozimej i z 4 pszenicy jarej. Spośród przeszło 500 badanych genotypów pszenicy ozimej prawie wszystkie okazały się odporne na porażenie rdzą żółtą (*Puccinia striiformis*), zaś w obrębie genotypów pszenicy jarej dominowały rody podatne. Porażeniu rdzą żdźbłową (*Puccinia graminis*) uległy niemalże wszystkie testowane genotypy. Podobnie wysoką podatnością na porażenie przez *Puccinia recondita* (rdza brunatna) charakteryzowały się prawie wszystkie genotypy pszenicy ozimej i jarej. Do wyjątków należały genotypy odporne na każdą z obu rdzy.

Słowa kluczowe: odporność, pszenica, rdza brunatna, rdza żdźbłowa, rdza żółta

Reaction of wheat to infection by *Puccinia striiformis*, *Puccinia graminis* and *Puccinia recondita* has been studied under field conditions. Spring and winter genotypes originated from 4 and 10 breeding stations, respectively. Almost all out of 500 winter cultivars and breeding lines were resistant to yellow rust. On the contrary, among spring wheats predominated the susceptible ones. The examined plant population indicated high level of susceptibility to infection by *Puccinia graminis* and *Puccinia recondita*. Two lines LAD 497 and CWW 97/43 were found to be resistant to all the assayed rust fungi.

Key words: leaf rust, resistance, stem rust, wheat, yellow rust

WSTĘP

Pszenica porażana jest przez trzy gatunki grzybów z rodzaju *Puccinia* należących do rzędu *Uredinales*. Sprawcą rdzy żdźbłowej jest grzyb *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, rdzę żółtą powoduje *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, zaś czynnikiem etiologicznym rdzy brunatnej jest grzyb *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Epidemiczne występowanie każdej z

tych rdzy może prowadzić do znacznego obniżenia plonów. Zmniejszenie strat powodowanych przez rdze było od dawna motorem poszukiwań skutecznych metod zwalczania tych chorób. Jedną z dróg było poszukiwanie form pszenicy odpornych na rdze. Pierwsze opracowania naukowe nad naturą odporności na rdze pochodzą z początku XX wieku (Aamodt, 1922, 1923; Mains i in., 1926). Wynikiem tych prac było wprowadzenie do uprawy odmian o mniejszej podatności lub całkowicie odpornych na poszczególne rdze. Rozpoznanie uwarunkowań epidemiologicznych rozwoju rdzy oraz rozwój fitofarmacji stworzyły możliwości skutecznego ograniczania masowego rozwoju rdzy. Ostatnie ćwierćwiecze XX wieku charakteryzujące się dążeniem do ograniczenia chemicznych metod ochrony, wymusiło poszukiwania alternatywnych dróg zmniejszających zagrożenia roślin przez choroby. Bez wątpienia uprawa odmian odpornych spełnia takie wymagania. Klęska rdzy, która w 1932 roku dotknęła uprawy pszenicy również w Polsce (Garbowski, 1932; Ralski, 1934), stała się bodźcem do podjęcia szerszych badań nad epidemiologicznymi uwarunkowaniami rozwoju rdzy w naszym kraju (Garbowski, 1936, 1939; Ralski, 1939). Po drugiej wojnie światowej badania nad rdzami pszenicy prowadzono w Krakowie (Ralski, 1959; Muszyńska, 1960; Ralski, Muszyńska, 1968; Ralski, Góra, 1973) oraz w Puławach (Ruszkowski, 1963). Krakowskie badania z lat 60., 70. i 80. koncentrowały się głównie na poznaniu zróżnicowania populacji grzyba *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* sprawcy najpowszechniejszej w kraju rdzy pszenicy (Muszyńska, Rysz, 1974, 1975, 1977; Rysz-Białota, 1980). Wynikiem tych prac jest rozpoznanie ras sprawcy rdzy brunatnej pszenicy występujących w naszym kraju. Mniej wiemy o genetycznym podłożu podatności czy odporności polskich odmian i rodów pszenicy znajdujących się obecnie w uprawie i w hodowli. Z badań przeprowadzonych przez Warzechę (1992) wynika, że spośród 40 genotypów pszenicy, 26 miało pojedyncze geny odporności na rdzę brunatną, w 12 przypadkach był to gen *Lr 26*, w 11 gen *Lr 3a* i w 3 gen *Lr 16*. Genotypy z genem *Lr 26* miały również gen *Sr 31*, warunkujący odporność na *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, sprawcę rdzy żółtobłowej pszenicy.

Celem badań była ocena podatności nowych rodów pszenicy ozimej i jarej na porażenie przez *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* i *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*. Próbowano również rozpoznać ewentualne źródła odporności na testowane patogeny wśród materiałów hodowlanych, w zasobach poszczególnych ośrodków hodowli pszenicy.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia nad podatnością genotypów pszenicy na porażenie przez *Puccinia striiformis*, *Puccinia recondita* i *Puccinia graminis* prowadzono na polstkach Katedry Fitopatologii Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie w sezonie 1999–2000. Materiał roślinny stanowiły rody i odmiany pszenicy ozimej otrzymane z 10, a pszenicy jarej z 4 polskich hodowli z różnych rejonów kraju. Pierwotnymi źródłami *Puccinia striiformis* i *Puccinia graminis* były porażone rośliny pszenicy (dla *Puccinia striiformis* odmiana Michigan Amber, a dla *Puccinia graminis* odmiana Gama). Wiosną doniczki z silnie porażonymi roślinami pszenicy, pochodzące ze szklarni, umieszczono na

poletkach porównawczych, obsianych odpowiednio odmianą Michigan Amber i odmianą Gama. Inokulacja roślin poletek porównawczych przebiegała samoistnie. Źródłem *Puccinia recondita* było środowisko. W doświadczeniach z rdzą żdźbłąwą i rdzą brunatną połowa roślin w stadium kłoszenia utajonego została skoszona do wysokości 10–15 cm nad ziemią, umożliwiło to rozwój dodatkowych (wtórnych) pędów. W trakcie trwania doświadczeń zapewniono optymalną wilgotność dla przebiegu infekcji roślin. Ocenę porażenia przez *Puccinia striiformis* przeprowadzono w połowie czerwca, a przez *Puccinia recondita* i *Puccinia graminis* w drugiej połowie lipca i w końcu lipca (na pędach wtórnych). Przy ocenie posługiwano się 6-stopniową skalą wyrażającą wzrastające porażenie (0 — rośliny zdrowe, ... 5 — rośliny z objawami maksymalnego porażenia).

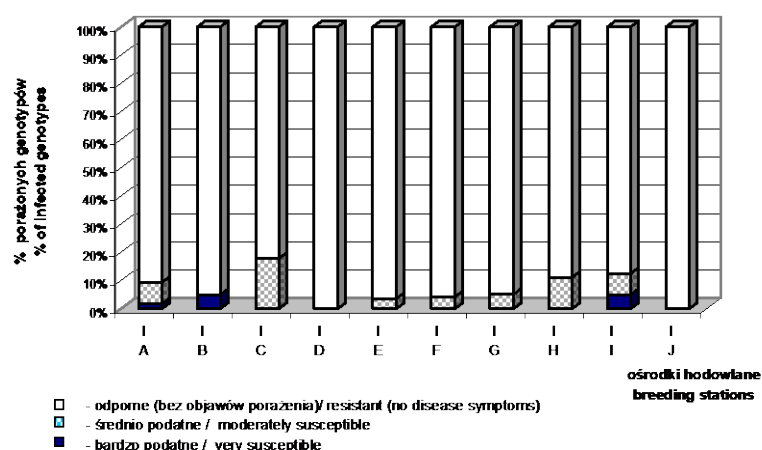
WYNIKI

Warunki przebiegu doświadczeń umożliwiły pełny rozwój rdzy. W doświadczeniach z rdzą żółtą maksymalnemu porażeniu uległy rośliny kombinacji porównawczej (odmiana Michigan Amber) już w pierwszej dekadzie czerwca. W doświadczeniach z rdzą żdźbłąwą maksymalne porażenie roślin odmiany Gama odnotowano w połowie lipca. Przebieg rozwoju rdzy brunatnej w roku 2000 był nieco inny niż w latach poprzednich. Pierwsze objawy pojawiły się już w połowie maja i od tego czasu obserwowano stopniowe nasilanie się choroby. Do maksymalnego porażenia roślin przez *Puccinia recondita* doszło już w pierwszej dekadzie lipca.

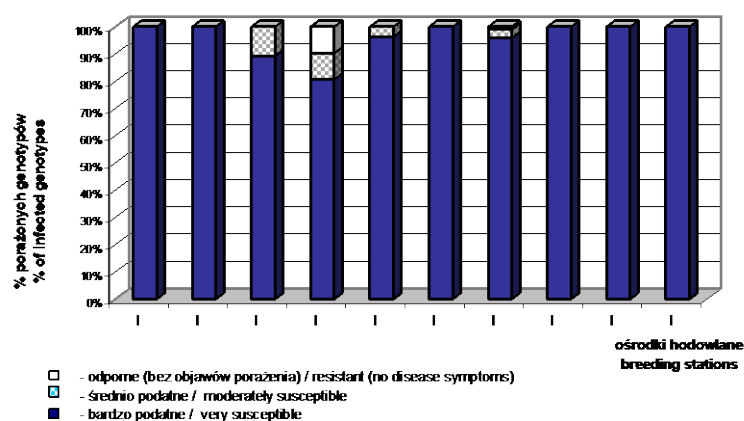
Rdza żółta

Analiza materiałów pszenicy ozimej z 10 polskich ośrodków hodowlanych (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J) wskazuje na wyraźną przewagę genotypów nie ulegających porażeniu przez *Puccinia striiformis*. Wśród badanych 119 genotypów hodowli A, symptomy rdzy żółtej obserwowano na roślinach 11 rodów (rys. 1).

Wśród analizowanych 60 rodów z hodowli B, objawy rdzy żółtej obserwowano na roślinach 3 rodów. W materiałach z hodowli C, liczącej 28 rodów, rdzę żółtą stwierdzono na roślinach 5 rodów. Rośliny wszystkich 31 genotypów z hodowli D były wolne od objawów rdzy żółtej. Podobnie wyglądały rośliny 28 rodów hodowli E. Wśród 24 rodów z hodowli F, na roślinach jednego genotypu odnotowano objawy porażenia przez *Puccinia striiformis*. Wśród 98 rodów z hodowli G, rdzy żółtej uległy rośliny 5 linii hodowlanych. Spośród 45 genotypów hodowli H, rośliny 5 linii uległy chorobie. W materiałach hodowli I, wśród 40 genotypów objawy rdzy żółtej odnotowano na roślinach 5 rodów. Rośliny wszystkich 13 genotypów hodowli J były wolne od rdzy żółtej. Brak porażenia rdzą żółtą większości genotypów pszenicy ozimej, przy równoczesnym maksymalnym porażeniem sąsiadujących z nimi roślin kombinacji porównawczych, upoważnia do przyjęcia poglądu, że brak objawów świadczy o odporności badanych materiałów na grzyb *Puccinia striiformis*.



Rys. 1. Reakcje genotypów pszenicy ozimej na porażenie rdzą żółtą
Fig. 1. Reaction of winter wheat genotypes infected by yellow rust



Rys. 2. Reakcje genotypów pszenicy ozimej na porażenie rdzą brunatną
Fig. 2. Reaction of winter wheat genotypes infected by leaf rust

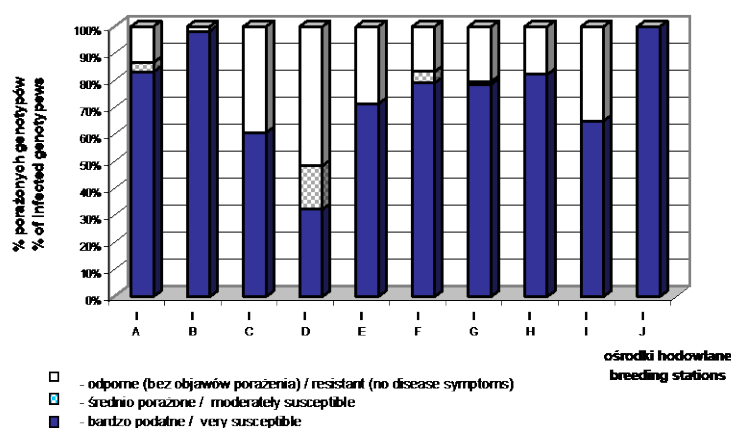
Z analizy materiałów pszenicy jarej pochodzących z czterech polskich ośrodków hodowli (A, B, C, K) wynika, że dominującą grupę stanowiły rody porażane przez *Puccinia striiformis* (rys. 4). Wśród materiałów hodowli A, liczących 10 rodów tylko na roślinach jednego nie stwierdzono objawów rdzy żółtej. Spośród 22 rodów hodowli B, wolnych od

rdzy żółtej było 7 genotypów. Wśród 20 linii z hodowli C, na roślinach 8 rodów nie stwierdzono objawów porażenia. Wśród dostarczonych 8 rodów z hodowli K, objawy porażenia przez *Puccinia striiformis* odnotowano na roślinach 5 genotypów.

Rdza żółta

Materiały dziesięciu ośrodków hodowli charakteryzowały się w większości wysoką podatnością na porażenie przez *Puccinia graminis* (rys. 3). Tylko nieliczne rody nie uległy porażeniu. Wśród materiałów hodowli A liczących 119 genotypów, wolnych od rdzy żółtej było 16 rodów. W materiałach hodowli B rośliny tylko jednego rodu spośród 60 nie uległy porażeniu. Wśród 28 genotypów hodowli C, rośliny 11 pozostały zdrowe, a spośród 31 rodów hodowli D, na roślinach 16 linii nie znaleziono objawów rdzy żółtej. Wśród 28 genotypów hodowli E, rośliny 8 linii nie uległy porażeniu, a spośród 24 genotypy hodowli F, na 4 odnotowano objawy choroby. Wśród licznie reprezentowanej hodowli G, obejmującej 98 linii, na roślinach 20 rodów nie stwierdzono objawów rdzy żółtej. Wśród 45 genotypów hodowli H, wolnych od rdzy pozostało 8 rodów, a spośród 40 linii hodowli I, porażeniu nie uległy rośliny 14 rodów. Na roślinach wszystkich 13 badanych genotypów hodowli J, obserwowano objawy rdzy żółtej.

Analiza materiałów pszenicy jarej pochodzących z 4 ośrodków hodowli (A, B, C, K) wskazuje na wysoką podatność testowanych rodów (rys. 6). Wśród 10 rodów z hodowli A, rośliny jednego rodu nie uległy porażeniu, i jednego rodu spośród 20 rodów z hodowli C. Wszystkie testowane genotypy pozostałych hodowli (B i K) uległy silnemu porażeniu przez *Puccinia graminis*.

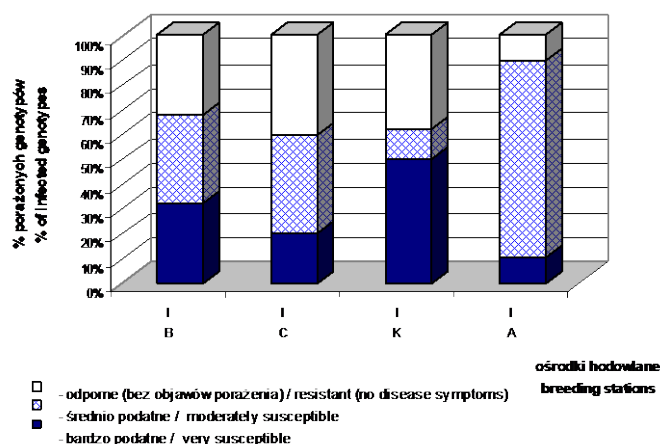


Rys. 3. Reakcje genotypów pszenicy ozimej na porażenie rdzą żółtą
Fig. 3. Reaction of winter wheat genotypes infected by stem rust

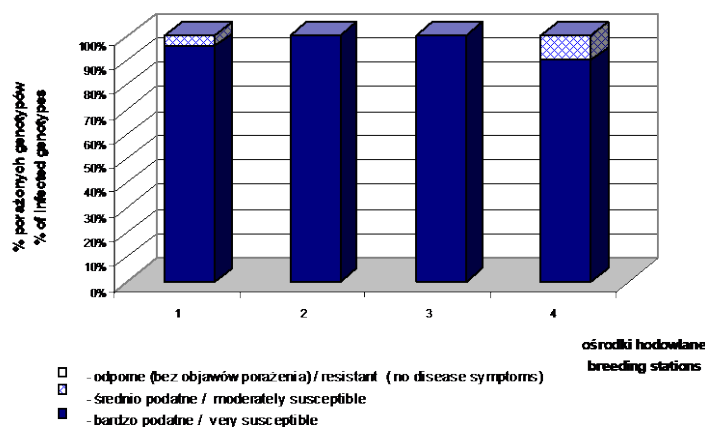
Rdza brunatna

Badając podatność genotypów pszenicy ozimej na porażenie przez *Puccinia recondita* stwierdzono, na roślinach niemalże wszystkich genotypów, 10 krajowych hodowli, objawy rdzy brunatnej (rys. 2). Porażeniu oparły się pojedyncze rody, 3 spośród 28 z hodowli D i jeden spośród 98 z hodowli G. Wszystkie rody pszenicy jarej z 4 krajowych ośrodków hodowli (A, B, C, K) uległy porażeniu przez *Puccinia recondita* (rys. 6).

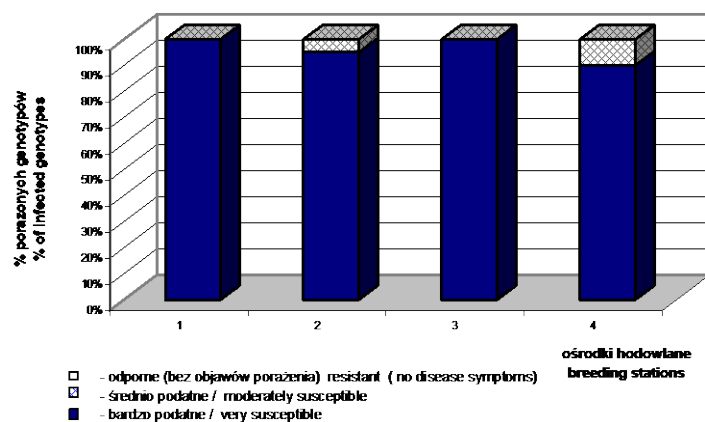
Rośliny 2 rodów (LAD 497 i CWW 97/43) nie zostały porażone przez żaden z trzech testowanych grzybów rdzawnikowych (*Puccinia striiformis*, *Puccinia graminis* i *Puccinia recondita*).



Rys. 4. Reakcje genotypów pszenicy jarej na porażenie rdzą żółtą
Fig. 4. Reaction of spring wheat genotypes infected by yellow rust



Rys. 5. Reakcje genotypów pszenicy jarej na porażenie rdzą brunatną
Fig. 5. Reaction of spring wheat genotypes infected by leaf rust



Rys. 6. Reakcje genotypów pszenicy jarej na porażenie rdzą żółtą
Fig. 6. Reaction of spring wheat genotypes infected by stem rust

DYSKUSJA

Obraz podatności materiałów hodowlanych pszenicy na porażenie przez trzy grzyby rdzawnikowe staje się coraz wyraźniejszy. Wyniki doświadczeń z sezonu 1999–2000 dokumentują reakcje genotypów pszenicy na rdzę żółtą, rdzę brunatną i rdzę żółtą.

Wśród materiałów hodowlanych wszystkich ośrodków zdecydowanie dominują genotypy pszenicy ozimej odporne na porażenie przez *Puccinia striiformis* (rys. 1). Obecność tej bardzo korzystnej cechy nie powinna stanowić zachęty do rezygnacji z testowania materiałów hodowlanych pszenicy na rdzę żółtą. Wśród materiałów nawet wysoko zaawansowanych w procesie hodowli, były pojedyncze rody bardzo podatne na porażenie przez *Puccinia striiformis*. Podstawą eliminowania rodów o tej niekorzystnej właściwości winno być stałe testowanie materiałów hodowlanych pszenicy.

Podatność rodów pszenicy jarej, na porażenie przez *Puccinia striiformis*, była zdecydowanie wyższa niż pszenicy ozimej. Wśród badanych materiałów hodowlanych pszenicy jarej dominowały rody podatne. Genotypy całkowicie odporne stanowiły wyraźną mniejszość (rys. 4). W przypadku pszenicy jarej pierwszym krokiem w hodowli odpornościowej będzie wybór nielicznych rodów odpornych, spośród większości podatnych, na porażenie przez *Puccinia striiformis*. Atestacja materiałów pszenicy jarej na rdzę żółtą winna stać się stałym elementem procesu hodowli nowych odmian.

Cechą charakterystyczną materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej, wysoko zaawansowanych w procesie hodowli, jest duża podatność na rdzę brunatną. Wśród materiałów pochodzących ze wszystkich ośrodków hodowli pszenicy ozimej do wyjątków należały genotypy nie porażone przez *Puccinia recondita*, nieliczne były też genotypy słabo porażone (rys. 2). Wśród testowanych rodów i odmian pszenicy jarej nie znaleziono

form odpornych (rys. 5). Podobne wnioski wypływały z wcześniejszych prac Zakładu Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie (Strzembicka, 1993; ZRZ-IHAR, 1996). Poszukiwania genotypów odpornych winny uwzględnić szerszy materiał, w tym młodsze materiały własne czy genotypy z innych źródeł o rozpoznanej odporności. Z przeprowadzanych od kilku lat ocen zdrowotności kolekcji ośrodków hodowli wynika, że znajdują się w nich zarówno rody własne hodowców jak i pochodzenia obcego, nie ulegające porażeniu przez *Puccinia recondita* (dane nie publikowane). Do masowego testowania materiałów własnych w każdym z ośrodków hodowli nadaje się metoda pędów wtórnych (Woś, 1995), umożliwiającą wyselekcjonowanie, bez większych nakładów, form nie ulegających porażeniu przez populację grzyba *Puccinia recondita*.

Zainteresowanie problematyką rdzy żółtobłowej w uprawach pszenicy wzrasta zwykle po latach jej epidemicznego występowania (Ralski, Góra, 1973). Duże straty w plonach pszenicy, wynikające z masowego porażenia pszenicy przez *Puccinia graminis*, uzasadniają podejmowanie badań również nad podatnością pszenicy na rdzę żółtobłą. Uzyskane własne wyniki wskazują na dość wysoką podatność materiałów hodowlanych pszenicy ozimej na porażenie przez *Puccinia graminis*. W większości ośrodków hodowli, obok przewagi rodów silnie porażonych, były obecne formy wolne od objawów rdzy żółtobłowej (rys. 3.). Materiały hodowlane pszenicy jarej w większości uległy bardzo silnemu porażeniu, wśród testowanych rodów nie było genotypów odpornych na porażenie przez *Puccinia graminis* (rys. 6). Podobne zależności obserwowano wcześniej wśród nieco innego zestawu genotypów pszenicy jarej (Zamorski, Nowicki, 1999).

Analiza wyników doświadczeń wskazuje na obecność w większości ośrodków hodowli genotypów pszenicy ozimej odpornych na porażenie przez *Puccinia graminis*. Udział form odpornych wśród materiałów hodowlanych wahał się od 0–50% genotypów. Masowe występowanie rdzy żółtobłowej pszenicy w kilku czy w kilkunastoletnich odstępach sprawia, że niemożliwa jest ocena podatności materiałów hodowlanych na porażenie przez *Puccinia graminis* w normalnych doświadczeniach hodowlanych. Dla takiej oceny potrzebne jest zapewnienie we właściwym czasie inokulum grzyba. Zważywszy na bardzo destrukcyjny wpływ rdzy żółtobłowej na rozwój roślin i ich plonowanie, hodowcy winni mieć możliwość atestacji swoich materiałów hodowlanych na porażenie przez *Puccinia graminis*.

Stworzone prowokacyjne warunki dla epidemicznego rozwoju wszystkich trzech rdzy umożliwiły pełną ekspresję cechy podatności badanych genotypów pszenicy. Maksymalne porażenie roślin kombinacji porównawczej w doświadczeniach z rdzą żółtą, rdzą brunatną i z rdzą żółtobłą pozwala na przyjęcie hipotezy, że różnice w stopniu porażenia testowanych genotypów wynikały z ich indywidualnych właściwości, w tym przypadku podatności.

WNIOSKI

1. Zdecydowana większość genotypów pszenicy okazała się odporna na porażenie przez *Puccinia striiformis*.
2. Wśród genotypów pszenicy jarej dominowały rody podatne na rdzę żółtą.

3. Odmiany irody pszenicy ozimej i jarej odznaczały się wysoką podatnością na porażenie przez *Puccinia graminis*, Świadczy to o potencjalnym, wysokim zagrożeniu pszenicy rdzą żółtą w naszym kraju.
4. Potwierdzono wysoką podatność materiałów hodowlanych pszenicy ozimej i jarej na rdzę brunatną.

LITERATURA

- Aamodt O. S. 1922. The inheritance of resistance to several biologic forms of *Puccinia graminis tritici* in a cross between Kanred and Marquis wheats. *Phytopathol.* 12: 32.
- Aamodt O. S. 1923. The inheritance of growth habit and resistance to stem rust in a cross between two varieties of common wheat. *J. Agr. Res.* 24: 457 — 470.
- Garbowski L. 1928. Wrażliwość uprawianych w Polsce odmian żyta na rdzę żółtą. *Roczniki Nauk Rol. i Leśn.* 19: 195 — 240.
- Garbowski L. 1932. Współczesny stan badań nad rdzami zbożowymi. *Prace Wydz. Chorób Roślin P.I.N.G.W. w Bydgoszczy* 12: 25 — 88.
- Garbowski L. 1939. Studia nad pszeniczną rdzą żółtą *Puccinia graminis tritici* (Pers.) Er. et Henn. w Polsce w okresie 1933–1937. *Prace Wydz. Chorób i Szkodników Roślin P.I.N.G.W. w Bydgoszczy* 18: 1 — 76.
- Mains E. B., Leighty C. E., Johnston C. O. 1926. Inheritance of resistance to leaf rust *Puccinia triticina* Erikss., in crosses of common wheat, *Triticum vulgare* Vill. *J. Agr. Res.* 32: 931 — 972.
- Muszyńska K., Rysz M. 1974. Reakcje form pszenicy na rasy fizjologiczne rdzy brunatnej wyodrębnione w latach 1971–1972. *Biul. IHAR* 118/119: 69 — 73.
- Muszyńska-Gierat K., Rysz M. 1975. Ocena wrażliwości odmian i mieszańców pszenicy ozimej na rasy fizjologiczne rdzy brunatnej (*P. recondita* Rob. Desm. f. sp. *tritici* Erikss. (Carleton) w latach 1973/74. *Komunikat. Biul. IHAR.* 124/125: 57 — 63.
- Muszyńska-Gierat K., Rysz M. 1977. Źródła odporności specyficznej na rdzę brunatną pszenicy (*P. recondita* Rob. Desm. F. sp. *tritici* Erikss. (Carleton) *Komunikat Biul. IHAR* 131: 131 — 136.
- Ralski E. 1934. Z badań nad klęską rdzy na pszenicy w roku 1932. *PAU. Prace Rolniczo-Leśne. Kraków.* 14: 1 — 27.
- Ralski E. 1936. Rozpowszechnienie i rasy biologiczne rdzy brunatnej pszenicy *Puccinia triticina* Erikss. w Polsce. *Roczniki Nauk Rol. i Leśn.* 38: 111 — 133.
- Ralski E. 1939. Wrażliwość pszenic na rdzę brunatną *Puccinia triticina* Erikss. *PAU. Prace Rolniczo-Leśne, Kraków,* 33: 1 — 49.
- Ralski E., Góra E. 1973. Studia nad epidemiologią rdzy żółtowej (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.) w Polsce. *Biul. IOR* 56: 181 — 194.
- Ralski E., Muszyńska K. 1968. Studia nad rdzami zbożowymi. *Hod. Rośl. Aklim.* 12: 619 — 644.
- Ruszkowski M. 1962. Studia nad rdzami zbożowymi. Cz. I. Badania nad wirulencją rdzy żółtowej *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* w różnych warunkach środowiska. *Rocz. Nauk Rol.* 85-A: 4.
- Ruszkowski M. 1963. Studia nad rdzami zbożowymi. Cz. II. Obserwacje nad rdzą żółtą (*Puccinia graminis*). *Pamiętnik Puławski — Prace IUNG* 10: 95 — 110.
- Rysz-Białota M. 1980. Zróżnicowanie populacji rdzy brunatnej pszenicy (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) w Polsce w latach 1975 i 1976. *Biul. IHAR* 141: 11 — 17.
- Strzembicka A. 1993. Synteza wyników obserwacji kolekcji pszenicy jarej za lata 1980–1983 i 1986–1990, *ZRZ-IHAR, Kraków.*
- Warzecha R. 1992. Genes for leaf rust resistance in Polish wheats. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 24: 216 — 217.
- Zakład Roślin Zbożowych IHAR. 1996. Zestawienie wyników kolekcji roboczej pszenicy jarej 1995. *IHAR, Kraków.*
- Zamorski C., Nowicki B. 1999. Wstępne badania nad podatnością odmian i rodów pszenicy jarej na porażenie przez *Puccinia graminis*. *Biul. IHAR* 211: 113 — 119.

WOJCIECH WAKULIŃSKI
CZESŁAW ZAMORSKI
BOGDAN NOWICKI
MAŁGORZATA SCHOLLENBERGER

Katedra Fitopatologii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Podatność pszenicy i pszenżyta na porażenie przez *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler

Komunikat

Susceptibility of wheat and tritcale to infection by *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler

Short communication

Badano podatność odmian i rodów hodowlanych pszenicy i pszenżyta na porażenie przez *Pyrenophora tritici-repentis*. Doświadczenie prowadzono w warunkach prowokowanej epifitozy w polu. Ogółem przebadano 251 genotypów pszenicy oraz 328 pszenżyta. W testowanej populacji nie stwierdzono występowania form odpornych. Infekcji uległy wszystkie materiały, przy czym istotnie słabszemu porażeniu ulegało pszenżyto niż pszenica. Zarówno w przypadku pszenicy, jak i pszenżyta dominowały genotypy silnie i bardzo silnie porażane. Cechy słabego porażenia wykazywały jedynie trzy odmiany pszenicy jarej (Alkora, Ismena, Opatka), dwie pszenżyta jarego (Kargo i Leguan) i sześć rodów pszenżyta ozimego (SZD 535, SZD 539, SZD 555, SZD 599, DED 1153/96, LAD 940/96).

Słowa kluczowe: podatność, pszenica, pszenżyto, *Pyrenophora tritici-repentis*

Susceptibility of wheat and tritcale to infection by *Pyrenophora tritici-repentis* has been studied in condition of provoked epiphytosis in field. No complete resistance was found among the tested 251 wheat and 328 tritcale genotypes. Although mean degree of tritcale infection was significantly lower than that of wheat, the middle and heavily infected cultivars predominated in wheat as well as in tritcale. Low level of disease severity indicated only three cultivars of spring wheat (Alkora, Ismena, Opatka), two spring tritcale cultivars (Kargo, Leguan) and six breeding lines of winter tritcale (SZD 535, SZD 539, SZD 555, SZD 599, DED 1153/96, LAD 940/96).

Key words: *Pyrenophora tritici-repentis*, susceptibility, tritcale, wheat

WSTĘP

Brunatna plamistość liści to choroba do niedawna występująca głównie w uprawie pszenicy na terenie Ameryki Północnej i Australii. Od połowy lat osiemdziesiątych obserwowana jest coraz częściej w Europie. W Polsce choroba po raz pierwszy została opisana w roku 1932 przez Garbowskiego, jednak przez szereg lat jej występowanie na obszarze kraju nie było dokumentowane. Na istotne znaczenie choroby zwracali uwagę dopiero doniesienia minionej dekady (Pokacka, 1990, 1991; Zamorski i Schollenberger, 1994).

Czynnikiem sprawczym brunatnej plamistości jest *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechsler, stadium konidialne *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Drechsler. Grzyb ten jest polifagiem poraża liczne gatunki z rodziny *Gramineae* w tym także pszenicę i pszenżyto (Krupinsky, 1992; Wiese, 1987). W uprawie wymienionych zbóż choroba występuje corocznie, powszechnie i stanowi istotny element kompleksu chorób o objawach typu plamistości. Pszenica jak też pszenżyto ulegają infekcji we wszystkich fazach rozwojowych. Porażane są nie tylko liście jak można sądzić biorąc pod uwagę nazwę choroby — brunatna plamistość liści (Borecki, 1996), ale także źdźbła, kłosa i ziarniaki. Infekcja tych części roślin ma przede wszystkim znaczenie epidemiologiczne. Zainfekowane ziarniaki, jak też źdźbła stanowią zasadnicze źródła infekcji pierwotnej w kolejnym sezonie wegetacyjnym.

W opracowaniach z zakresu hodowli odpornościowej jest prezentowany dość spójny pogląd, że przeważająca część współcześnie uprawianych odmian, jak też materiałów hodowlanych pszenicy jest wrażliwa lub bardzo wrażliwa na brunatną plamistość liści. W Australii spośród komercyjnie uprawianych odmian żadna nie jest formą odporną, a 75% z nich jest uważana za bardzo wrażliwe (Ress i in., 1988). Co więcej, jak podają wspomniani autorzy pełnej odporności na *P. tritici-repentis* nie stwierdzono wśród 1400 przetestowanych genotypów o różnorodnym rodowodzie (Ress i Platz, 1990). W Kanadzie na 695 linii testowanych przez Lamari i wsp. (1989) reakcja typu odporności wystąpiła u 5% badanego materiału. Odsetek genotypów odpornych był statystycznie identyczny u pszenic di, tetra, hekso i oktaploidalnych. Na terenie Niemiec na 61 powszechnie uprawianych odmian tylko trzy Sperber, Herzog i Niklas są odmianami odpornymi (Wolf, 1995).

Zagadnienie tła genetycznej odporności jest przedmiotem szeregu prac. Jedne z pierwszych opracowań, donoszą o występowaniu odporności wielogenowej oraz typowo ilościowym jej charakterze u niektórych odmian (Elias i in., 1989), jak również o kontrolowaniu procesu przez pojedyncze geny dominujące (Frohberg, 1981), jak też recesywne (Lee i Gough, 1984). Jednocześnie Shabeer i wsp. (1991) przytaczają dowody na występowanie odporności warunkowanej cytoplazmatycznie.

Brak informacji dotyczących wrażliwości polskich odmian i materiałów hodowlanych pszenicy, a tym bardziej pszenżyta na porażenie przez *P. tritici-repentis* był powodem podjęcia prac w tym kierunku. Zamysłem autorów było wskazanie na genotypy, które potencjalnie mogłyby być źródłem odporności na *P. tritici-repentis*.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w sezonie wegetacyjnym 1999–2000 na terenie pól doświadczalnych Katedry Fitopatologii SGGW. Doświadczeniem objęto 251 genotypów pszenicy (13 jarej i 238 ozimej) oraz 328 genotypów pszenżyta (17 jarego i 311 ozimego). Badane materiały pszenicy ozimej, pszenicy jarej oraz pszenżyta ozimego i jarego pochodziły odpowiednio z 15, 2, 10 i 4 polskich ośrodków hodowlanych. W doświadczeniu jako formy referencyjne uwzględniono genotypy pszenicy i pszenżyta charakteryzujące się skrajnie odmienną podatnością na porażenie przez *P. tritici-repentis*. Ziemiaki wysiewano na polećka doświadczalne, z których każde obejmowało dwa rzędy jednometrowego zagonu. Przyjęto standardową metodę wprowadzania inokulum przy testowaniu materiałów hodowlanych na porażenie przez *P. tritici-repentis* w warunkach polowych (Rees i Platz, 1990; Zamorski i in., 1997). Źródłem inokulum była rozścielona bezpośrednio po wysiewach słoma, pochodząca z roślin porażonych w minionym sezonie przez *P. tritici-repentis*, na której w okresie jesienno-zimowym tworzyły się liczne pseudotecja grzyba. W celu stworzenia optymalnych warunków rozwoju epidemii w dni pozbawione opadów, a takie w omawianym sezonie wegetacyjnym dominowały, polećka zamgławiano wodą. Ocenę stopnia porażenia przeprowadzono w fazie dojrzałości młeczej roślin w oparciu o zmodyfikowaną 6-stopniową skalę Reesa (Rees i in., 1988) (tab. 1).

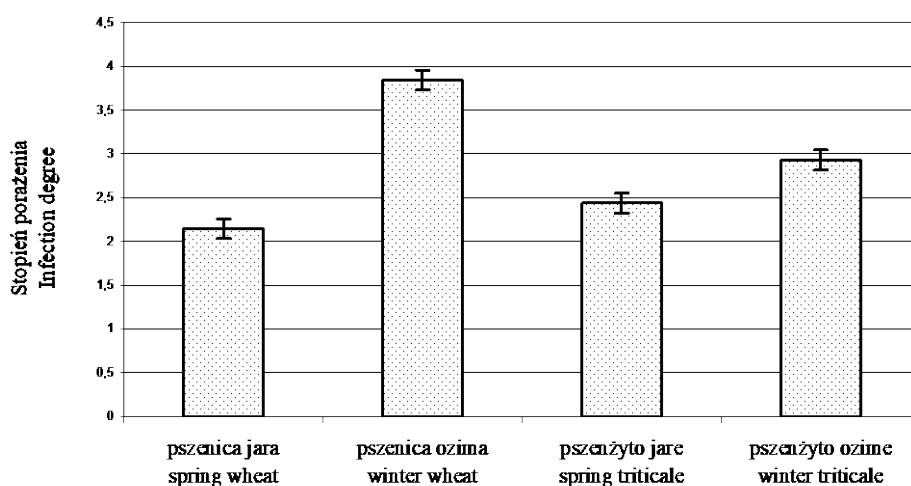
Tabela. 1

Skala porażenia roślin Rating scale to describe infection degree		
Stopień porażenia Infection degree	% powierzchni liści z objawami choroby % of leaf area with disease symptoms	Typ obserwowanych zmian Type of disease symptoms
0	0	Brak porażenia Lack of infection
1	0 — 1	Drobne punktowe nekrozy Small point necroses
2	1 — 10	Nekrozy nieco większe do 1 mm, sporadycznie występująca chlorotyczna otoczka Necroses up to 1 mm of size, occasionally with chlorotic framing
3	10 — 40	Drobne nekrotyczne plamki do 2 mm długości z wyraźną chlorotyczną otoczką Necrotic spots up to 2 mm of length, with conspicuous chlorotic framing
4	40 — 70	Rozległe nekrotyczne ciemno-brunatne plamy z przylegającymi fragmentami tkanki ulegającymi chlorozie Extensive dark-brown necrotic spots with chlorotic fragments of adjacent tissue
5	Powyżej 70%	Plamy o charakterze rozległych zlewających się nekroz Necroses in the shape of extensive, fused spots

Ocenie poddawano wszystkie niezaschnięte liście losowo wybranych pięciu roślin, a stopień porażenia dla powtórzenia określano w oparciu o średnią. Rośliny o stopniu porażenia 1 i 2, 3, 4 i 5 klasyfikowano odpowiednio jako słabo, średnio i silnie porażone.

WYNIKI

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia infekcji uległy rośliny wszystkich 579 testowanych genotypów. Istotnie najslabiej porażone były formy jare pszenicy i pszenżyta (rys. 1). Średni stopień porażenia tych zbóż wynosił odpowiednio 2,14 i 2,43 punktu w przyjętej sześciostopniowej skali. Istotnie silniej reagowało pszenżyto ozime — 2,93, a najsilniej pszenica ozima — 3,84.



Rys. 1. Stopień porażenia pszenicy i pszenżyta przez *P. tritici-repentis*
Fig. 1. Infection degree of wheat and triticale by *P. tritici-repentis*

W populacji testowanych genotypów pszenicy i pszenżyta form zarówno jarych, jak i ozimych licznie najmniejszą grupę stanowiły genotypy słabo porażone (tab. 2). Wśród pszenic jarych były trzy takie odmiany: Alkora, Ismena, Opatka, dwie pszenżyta jarego: Kargo i Leguan oraz sześć genotypów pszenżyta ozimego: SZD535, SZD539, SZD555, SZD599, DED1153/96, LAD940/96. Nie stwierdzono ani jednego genotypu charakteryzującego się słabym stopniem porażenia w grupie pszenic ozimych. W przypadku tego zboża zdecydowana większość, bo aż 97% przebadanych genotypów była porażona w stopniu silnym, co oznacza, że zmiany o charakterze chloroz i nekroz na powierzchni blaszek liściowych obejmowały ponad 40% ich powierzchni.

Proporcjonalny udział genotypów słabo, średnio i silnie porażanych, pochodzących z poszczególnych ośrodków hodowlanych był zbliżony (tab. 3, 4). Na ogół hodowle dysponują silnie porażanymi liniami i rodami pszenicy oraz średnio i silnie porażanymi rodami pszenżyta. Pojedyncze, najslabiej porażane w warunkach testu prowokowanej epifitozy genotypy, pochodziły z 6 ośrodków hodowlanych.

Tabela 2

Udział genotypów pszenicy i pszenżyta słabo, średnio i silnie porażonych przez *Pyrenophora tritici-repentis*
Frequency of wheat and tritcale genotypes weekly, middle and heavily infected by *Pyrenophora tritici-repentis*

Gatunek Species	Ogólna liczba testowanych genotypów Number of tested genotypes	Stopień porażenia genotypów Infection degree of genotypes					
		słaby low		średni middle		silny high	
		liczba number	%	liczba number	%	liczba number	%
Pszenica jara Spring wheat	13	3	23	6	46	5	38
Pszenica ozima Winter wheat	238	0	0	7	3	231	97
Pszenżyto jare Spring tritcale	17	2	12	12	70	3	18
Pszenżyto ozime Winter tritcale	311	6	2	151	49	154	49

Tabela 3

Udział genotypów pszenicy porażonych w stopniu słabym, średnim i silnym przez *Pyrenophora tritici-repentis*, pochodzących z różnych ośrodków hodowlanych
Origin of wheat genotypes infected by *Pyrenophora tritici-repentis* to low, middle and high degree

	Pochodzenie Origin	Liczba/% genotypów o stopniu porażenia Number/% of genotypes with infection degree			Ogółem liczba przebadanych genotypów Number of tested genotypes
		słabym low	średnim middle	silnym high	
Pszenica ozima Winter wheat	A			17\100	17
	B		2\9	20\100	22
	C			27\100	27
	D			30\100	30
	E			36\100	36
	F			7\100	7
	G			2\100	2
	H			2\100	2
	I			6\100	6
	J		2\13	13\87	15
	K		2\5	40\95	42
	L			2\100	2
	Ł			10\100	10
	M		1\8	12\92	13
	N			7\100	7
Pszenica jara Spring wheat	A		2\100		2
	E	3\43	3\43	1\14	7

Tabela 4

Udział genotypów pszenżyta porażonych w stopniu słabym, średnim i silnym przez *Pyrenophora tritici-repentis*, pochodzących z różnych ośrodków hodowlanych

Origin of triticales genotypes infected by *Pyrenophora tritici-repentis* in week, middle and strong degree

	Pochodzenie Origin	Liczba\% genotypów o stopniu porażenia Number\% of genotypes with infection degree			Ogółem liczba przebadanych genotypów Number of tested genotypes
		słabym low	średnim middle	silnym high	
Pszenżyto ozime Winter triticales	A		1\33	2\67	3
	B	1\4	8\30	18\66	27
	C		6\66	3\34	9
	D	1\1	24\34	46\65	71
	O			2\100	2
	P		8\53	7\47	15
	R		2\67	1\33	3
	S		35\70	15\30	50
	L		3\100		3
Pszenżyto jare Spring triticales	I	4\3	64\50	60\47	128
	A		6\100		6
	P	1\12	5\63	2\25	8
	T			1\100	1
	N	1\50	1\50		2

DYSKUSJA

Brunatna plamistość liści z uwagi na szkodliwość polegającą na przedwczesnym zasychaniu liści, słabym wykształcaniu systemu korzeniowego, gorszym wypełnieniu kłosa i spadkiem masy 1000 ziaren jest jedną z najważniejszych chorób w kompleksie chorób pszenicy i pszenżyta o charakterze nekrotycznych plamistości. O randze choroby decyduje także powszechne jej występowanie, gwałtowna dynamika rozwoju epifity oraz duża podatność odmian i materiałów hodowlanych. Duża dynamika rozwoju brunatnej plamistości umożliwiła wprowadzanie inokulum według opisanej metody. Metoda ta była niezawodna, prosta, łatwa w zastosowaniu, zapewniała inokulum o dużej zmienności patogena, a jednocześnie pozwoliła na testowanie dużej populacji roślin w warunkach polowych, przy silnej presji selekcyjnej czynnika etiologicznego. Wymienione cechy stanowią o dużej zaletach metody, której nie mają testy laboratoryjne prowadzone na odciętych liściach czy roślinach w fazie dwóch liści. Testy laboratoryjne są jednak chętnie stosowane, o tym decydują głównie dwa czynniki. Po pierwsze umożliwiają ograniczenie materiału roślinnego i infekcyjnego do niezbędnego minimum. Ma to kardynalne znaczenie, zwłaszcza w przypadku inokulum *Pyrenophora tritici-repentis*, którego uzyskanie w warunkach *in vitro* nie jest procedurą rutynową. (Evans i in., 1993). Wnioskowanie w wielu pracach jest oparte o wyniki testów z zastosowaniem pojedynczych izolatów, zwykle określanych jako silnie patogenicznych. Po drugie, wyniki przeprowadzonych testów uzyskuje się stosunkowo szybko, zwykle w przeciągu dwóch tygodni. Jednak to testy polowe uważane są za ostateczne kryterium weryfikujące.

W stworzonych warunkach prowokowanej epifity dużą podatnością na porażenie odznaczała się zwłaszcza pszenica, w mniejszym stopniu pszenżyto. Na tę cechę wskazują

także poprzednie doniesienia (Wakuliński i in., 2000) W uprawie pszenżyta wolniej rozwija się epifitoza brunatnej plamistości. Ponadto na ogół jakościowo inna jest reakcja większości odmian. Obserwowane na liściach pszenżyta zmiany mają głównie postać czarnych drobnych nekrotycznych plamek, wyraźnie odgraniczonych od tkanki zdrowej. U mało podatnych odmian pszenżyta ich powierzchnia powiększała się bardzo powoli i w konsekwencji nie obserwowano zamierania całych blaszek liściowych.

W uprawach pszenicy, zwłaszcza ozimej, na obrazie brunatnej plamistości ważą dwa czynniki. Jest to brak odmian, rodów i linii odpornych na *Pyrenophora tritici-repentis*. Drugim czynnikiem jest przeciętnie wysoki stopień porażenia pszenic, i co się z tym wiąże dominacja genotypów podatnych i bardzo podatnych, zarówno wśród odmian, o czym donoszono wcześniej (Zamorski i in., 1997), ale także linii i rodów hodowlanych. Przewaga form podatnych na *Pyrenophora tritici-repentis* w materiałach hodowlanych jest zjawiskiem powszechnie obserwowanym. Według Wolfa (1995) w obrębie gatunku *Triticum aestivum* nie występuje odporność typu pełnego, określana jako immunia. Poszukując źródeł odporności należy skupić się na formach tolerancyjnych bądź mniej podatnych. W materiałach testowanych pszenic ozimych w sezonie wegetacyjnym 1999–2000 nie stwierdzono genotypów mało podatnych. Słabemu porażeniu ulegała jedynie odmiana Michigan Amber, traktowana w doświadczeniu jako wzorzec niskiej podatności.

LITERATURA

- Borecki Z. 1996. Polskie nazwy chorób roślin uprawnych. Polskie Towarzystwo Fitopatologiczne, Poznań, ss.148.
- Elias E., Cantrel R.G., Hosford R.M. 1989. Heritability of resistance to tan spot in durum wheat and its association with other agronomic traits. *Crop Sci.* 29, 2: 299 — 304.
- Evans C.K., Hunger R.M., Sigerist W.C. 1993. Enhanced production of *Pyrenophora tritici-repentis* conidial suspension. *Plant Dis.* 77: 981 — 984.
- Frohberg R.C. 1981. Breeding hard red spring wheat for resistance to tan spot. In: Tan-spot of Wheat and Related Diseases Workshop. North Dakota State University, Fargo. pp 48.
- Krupinsky J.M. 1992. Grass hosts of *Pyrenophora tritici-repentis*. *Plant Dis.* 76: 92 — 95.
- Lamari L., Barnier C. 1989. Evaluation of wheat lines and cultivars to tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) based on lesion type. *Can. J. Plant Pathol.* 11, 1: 49 — 56.
- Lee T.S., Gough F.J. 1984. Inheritance septoria leaf blotch (*S.tritici*) and *Pyrenophora* tan-spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) resistance in *Triticum aestivum* cv. Carifan 12. *Plant Dis.* 68, 10: 848 — 851.
- Pokacka Z. 1990. Brunatna plamistość pszenicy i pszenżyta wywoływana przez grzyb *Pyrenophora tritici-repentis*. *Ochr. Rośl.* 6: 3 — 5.
- Pokacka Z. 1991. Choroby liści pszenżyta. *Ochr. Rośl.* 5/6: 11 — 13.
- Rees R.G., Platz G.J., Mayer R.J. 1988. Susceptibility of Australian wheats to *Pyrenophora tritici-repentis*. *Aust. J. Agric. Res.* 39: 141 — 151.
- Rees R.G., Platz G.J. 1990. Sources of resistance to *Pyrenophora tritici — repens* in bread wheats. *Euphytica* 45: 56 — 69.
- Shabeer A., Bockus W.W., Norman B.L. 1991. Evidence for cytoplasmic determinants in the reaction of wheat cultivars to tan — spot. *Sarhad J. Agriculture* 7, 1: 101 — 104.
- Wakuliński W., Zamorski Cz., Nowicki B., Schollenberger M. 2000. Podatność odmian i rodów pszenżyta na porażenie przez *Pyrenophora tritici-repentis*. *Folia Univ.Agric. Stetin* 206. *Agricultura* (82):299 — 302.
- Wiese H. V. 1987. Compendium of wheat diseases. APS Press, St. Paul, pp. 112.
- Wolf P. F. J. 1995. Quantitative Resistenz von Weizensorten gegen *Drechslera tritici-repentis* und Pathogenität verschiedener Erregerisolate. *Zeit. Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 102, 5: 478 — 492.

Zamorski Cz., Schollenberger M., 1994. The occurrence of tan spot on wheat and tritcale in Poland. Genet. Pol. Ser. B, 35: 375 — 378.

Zamorski Cz., Schollenberger M., Nowicki B., Białoskórska Z., Białoskórski J. 1997. Reaction of winter wheat cultivars to infection by *Pyrenophora tritici-repentis*. Phytopathol. Pol. 12: 111 — 118.

SŁAWOMIR STANKOWSKI¹**GRAŻYNA PODOLSKA**²**GRZEGORZ STYPUŁA**²¹Katedra Biometrii i Doświadczalnictwa, Akademia Rolnicza, Szczecin²Zakład Uprawy Roślin Zbożowych, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Wpływ wybranych sposobów ochrony roślin na plon i jakość ziarna odmian pszenicy ozimej

Komunikat

The effect of some plant protection systems on yield and grain quality of winter wheat cultivars

Short communication

Materiał do analiz jakościowych stanowiły próby ziarna pszenicy z doświadczenia przeprowadzonego w roku 1999 w Stacji Doświadczalnej Osiny. Badanymi czynnikami były: 3 odmiany pszenicy ozimej (Kobra, Mikon, Sakwa) i sposoby ochrony roślin (konwencjonalny, zintegrowany, zintegrowany ze stymulatorem Bion) oraz kontrola. Zastosowanie trzech sposobów ochrony roślin pszenicy w porównaniu z wariantem kontrolnym spowodowało bardzo silny wzrost plonu ziarna i masy 1000 ziaren, a równocześnie zmniejszenie zawartości białka w ziarnie i pogorszenie większości parametrów jakościowych. Różne sposoby ochrony zasadniczo nie różnicowały cech jakościowych ziarna pszenicy. Zaobserwowano zmiany tylko w przypadku masy 1000 ziaren i gęstości ziarna w stanie zsypanym. Reakcja odmian na stosowanie badanych sposobów ochrony roślin była zbliżona. Nie stwierdzono większych różnic w jakości ziarna badanych odmian.

Słowa kluczowe: ochrona roślin, odmiana, jakość ziarna, pszenica ozima

Grain samples of wheat obtained from a field experiment conducted in 1999 in Experimental Station Osiny constitute the material for quality analyses. The investigated factors were following: 3 cultivars of winter wheat (Kobra, Mikon, Sakwa) and methods of plant protection (control, conventional, integrated, integrated with the stimulator Bion). Application of the 3 plant protection methods, in comparison to the control, caused high increase of grain yield and 1000-grain weight, and simultaneous decrease of grain protein content and other quality parameters. Different plant protection methods did not cause significant differentiation of quality traits of wheat grain. The only changes were observed in 1000-grain weight and test weight. Reaction of the cultivars to the investigated plant protection methods was similar. No remarkable differences in grain quality between cultivars were observed.

Key words: plant protection, cultivar, grain quality, winter wheat

WSTĘP

Ochrona roślin stanowi ważny element w technologii produkcji zbóż. Stosowanie herbicydów przyczynia się do zwiększenia plonu ziarna poprzez ograniczenie konkurencji pomiędzy roślinami uprawnymi a chwastami i zmniejsza wyleganie (Brzozowski i in., 1996). Również chemiczna ochrona przed chorobami stanowi ważny element w uprawie zbóż. Silne porażenie roślin przez patogeny powoduje zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej i niekorzystnie oddziałuje na procesy fotosyntetyczne. Stosowanie fungicydów wpływa na zwiększenie plonu, masy 1000 nasion oraz celności nasion. (Kuś i Jończyk, 1997). O ile wpływ środków chemicznej ochrony na plonowanie jest generalnie pozytywny, o tyle zmiany w zawartości i jakości białka są dość zróżnicowane (od wzrostu poprzez brak różnic do jego pogorszenia). (Brzozowska i in., 1997; Pecio i in., 2000 a, 2000 b). W uprawie pszenic jakościowych uzyskanie ziarna o dobrej jakości jest najważniejsze, ale wysokość plonu jest również ważnym elementem decydującym o opłacalności uprawy.

Celem niniejszej pracy jest ocena wpływu różnych sposobów ochrony roślin pszenicy ozimej na kształtowanie się cech jakościowych ziarna i mąki.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do analiz jakościowych stanowiło ziarno pszenicy z doświadczenia przeprowadzonego w roku 1999 w Stacji Doświadczalnej Osiny. Badanymi czynnikami były: trzy odmiany pszenicy ozimej (Kobra, Mikon, Sakwa) i sposoby ochrony zasiewów (konwencjonalny, zintegrowany, zintegrowany ze stymulatorem naturalnej odporności Bion) i kontrola. Dokładną charakterystykę sposobów ochrony przedstawiono w tabeli. 1.

Tabela 1

Sposoby ochrony roślin pszenicy ozimej w doświadczeniu Protection methods of winter wheat plants in the experiment				
Sposób ochrony Protection methods	Zabieg Treatment	Preparat	Dawka Dose	Data stosowania Date of application
Kontrola — Control	A bez zabiegów — without treatments	—	—	—
Konwencjonalny Conventional	B herbicyd — herbicide	Chisel + Trend	60 g + 0,05%	2.04.1999
		Alto Combi	0,5 l/ha	27.04.1999
		Tango	0,8 l/ha	25.05.1999
		Amistar	1,0 l/ha	19.06.1999
Zintegrowany Integrated	C bronowanie — harrowing	—	—	31.03.1999
		Chisel + Trend	60 g + 0,05%	9.04.1999
		Alto Combi	0,5 l/ha	27.04.1999
		Tango	0,8 l/ha	25.05.1999
Zintegrowany ze stymulatorem Bion Integrated with stimulator Bion	D bronowanie — harrowing	—	—	31.03.1999
		Chisel + Trend	60 g + 0,05%	2.04.1999
		stymulator — stimulator	Bion 60 g/ha	9.04.1999

Doświadczenie przeprowadzono na glebie kompleksu żytanego bardzo dobrego po przedplonie zbożowym. Ilość wysiewu 4,5 mln ziaren/ha, nawożenie azotem 80 kg N/ha

(40 + 20 + 20) stosowano na początku wegetacji wiosną, w fazie strzelania w źdźbło i w fazie kłoszenia. Na próbach ziarna wykonano następujące oznaczenia: masa 1 000 nasion, gęstość ziarna w stanie zsypanym, zawartość azotu ogólnego metodą Dumasa przeliczając wyniki na białko ($N \times 5,7$), liczba opadania metodą Hagberga-Pertena, zawartość glutenu w mące i jego rozpuszczalność, sedimentacja mąki według metody Zeleny'ego oraz cechy farinograficzne mąki. Wszystkie oznaczenia wykonano w dwóch powtórzeniach. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy zastosowaniu analizy wariancji w układzie kompletnej randomizacji. Do testowania przyjęto jako błąd średni kwadrat interakcji odmiany razy sposoby ochrony. Wartości najmniejszej istotnej różnicy NIR na poziomie istotności 0,05 wyliczono przy zastosowaniu testu Tukeya.

WYNIKI

Zastosowanie wybranych sposobów ochrony roślin spowodowało, że plon ziarna był od dwóch do trzech razy wyższy niż dla wariantu kontrolnego (tab. 2).

Tabela 2

**Wpływ sposobów ochrony roślin na cechy jakościowe, plon ziarna i plon białka pszenicy
(średnia z 3 odmian)**

**The effect of plant protection methods on quality traits, grain yield and protein yield of wheat
(mean from 3 cultivars)**

Cecha Trait	A	B	C	D	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains	26,3	42,7	39,4	32,8	2,17
Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg/hl) Test weight	69,1	79,8	78,0	74,0	2,94
Liczba opadania (s) Falling number	274	240	260	242	r.n.
Zawartość białka (%) Protein content	15,3	12,7	12,7	13,1	–
Zawartość glutenu (%) Gluten content	38,6	30,5	31,0	31,6	2,58
Rozpuszczalność glutenu (mm) Weakening of gluten	3,1	2,5	2,5	2,7	r.n.
Wskaźnik sedimentacji (cm ³) Sedimentation index	31,4	26,8	27,2	25,8	2,6
Farinogram					
Wodochłonność mąki (%) Water absorption	71,8	66,7	67,2	67,5	1,34
Rezystencja ciasta (min) Dough resistance	7,51	7,18	7,08	6,80	r.n.
Rozmięczenie ciasta (j Br) Dough weakening	18	34	28	35	r.n.
Wartość walorymetryczna (ju) Valorimetric value	68,0	64,8	65,2	63,5	2,64
Plon ziarna (t/ha) Grain yield	2,74	7,73	6,86	5,64	–
Plon białka (kg/ha) Protein yield	419	982	871	739	–

Tabela 3

**Porównanie cech jakościowych, plonu ziarna i plonu białka odmian pszenicy
(średnia ze sposobów ochrony)**
**Comparison of quality traits, grain yield and protein yield of wheat cultivars
(mean from protection methods)**

Cecha Trait	A	B	C	D	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains	26,3	42,7	39,4	32,8	2,17
Gęstość ziarna w stanie zsypanym (kg/hl) Test weight	69,1	79,8	78,0	74,0	2,94
Liczba opadania (s) Falling number	274	240	260	242	r.n.
Zawartość białka (%) Protein content	15,3	12,7	12,7	13,1	—
Zawartość glutenu (%) Gluten content	38,6	30,5	31,0	31,6	2,58
Rozpływalność glutenu (mm) Weakening of gluten	3,1	2,5	2,5	2,7	r.n.
Wskaźnik sedymentacji (cm ⁵) Sedimentation index	31,4	26,8	27,2	25,8	2,6
Farinogram					
Wodochłonność mąki (%) Water absorption	71,8	66,7	67,2	67,5	1,34
Rezystencja ciasta (min) Dough resistance	7,51	7,18	7,08	6,80	r.n.
Rozmiękczenie ciasta (j Br) Dough weakening	18	34	28	35	r.n.
Wartość walorymetryczna (ju) Valorimetric value	68,0	64,8	65,2	63,5	2,64
Plon ziarna (t/ha) Grain yield	2,74	7,73	6,86	5,64	—
Plon białka (kg/ha) Protein yield	419	982	871	739	—

Podobne relacje jak dla plonu zaobserwowano w przypadku masy 1000 ziaren. W wariancie kontrolnym wynosiła ona zaledwie 26,3 g, w pozostałych kształtowała się na poziomie od 32,8 do 42,7g. Słabe wykształcenie ziarna mogło być jedną z przyczyn bardzo wysokiej zawartości białka w ziarnie — średnio 15,3%. Spowodowane jest to faktem, że w słabo wykształconym ziarnie udział warstwy aleuronowej bogatej w związki białkowe jest bardzo duży. Również i inne cechy jakościowe, takie jak zawartość glutenu, wskaźnik sedymentacji mąki, wodochłonność mąki, czy wartość walorymetryczna kształtowały się na niższym poziomie dla wariantów z ochroną niż bez ochrony. Trudno jednak zakładać, żeby wariant kontrolny był możliwy do realizacji w praktyce ze względu na niskie plony. Jeśli porównano wyniki uzyskane dla trzech sposobów ochrony zasiewów to nie zaobserwowano większych różnic, z wyjątkiem masy 1000 ziaren, gęstości ziarna w stanie zsypanym. Na brak wyraźnego wpływu stosowania fungicydów wskazują także wyniki uzyskane przez Stankowskiego i wsp. (1999). W tej sytuacji w wyborze technologii ochrony można kierować się względami ekonomicznymi (wysokość plonu w odniesieniu

do poniesionych nakładów), czy ekologicznymi (zastosowanie stymulatora naturalnej odporności roślin Bion).

Porównując jakość ziarna badanych odmian (tab. 3) można stwierdzić, że Kobra i Sakwa charakteryzowały się wyższą masą 1000 ziaren i większą gęstością ziarna w stanie usypowym niż Mikon. Pod względem zawartości białka i glutenu najkorzystniej prezentowała się odmiana Sakwa, lecz równocześnie rozpływalność glutenu była u niej największa, co wskazuje na gorszą jego jakość. Wartość wskaźnika sedymentacji Zeleny'ego oraz wartość walorymetryczna była również niższa niż dwóch pozostałych odmian. Inne cechy jakościowe kształtowały się na zbliżonym poziomie niezależnie od odmiany. Biorąc pod uwagę określane parametry można zakwalifikować je wszystkie do grupy pszenic chlebowych (B), co w przypadku Mikon i Sakwy jest zgodne z wynikami COBORU. Na uwagę zasługuje relatywnie lepsza jakość Kobry, która bywa z reguły klasyfikowana jako pszenica paszowa.(C).

WNIOSKI

1. Zastosowanie trzech sposobów ochrony zasiewów pszenicy w porównaniu z wariantem kontrolnym przyczyniło się do bardzo silnego zwiększenia plonu ziarna i masy 1000 ziaren, a równocześnie do zmniejszenia zawartości białka w ziarnie i innych cech jakościowych. Stosowanie różnych sposobów ochrony nie spowodowało zasadniczo zróżnicowania cech jakościowych ziarna pszenicy. Zaobserwowano zmiany tylko w przypadku masy 1000 ziaren i gęstości ziarna w stanie zsypanym.
2. Reakcja odmian na stosowanie badanych sposobów ochrony roślin była zbliżona.

LITERATURA

- Brzozowska I., Brzozowski J., Jastrzębska M. 1997. Wpływ zabiegów ochronnych i ochronno-nawozowych na plonowanie, zawartość i jakość białka ziarna pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 2: 32 — 39.
- Brzozowski J., Brzozowska I., Sarnowski J. 1996. Efektywność zabiegów ochronnych i łączonych ochronno-nawozowych w uprawie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 4: 59 — 67.
- Kuś J., Jończyk K. 1997. Oddziaływanie wybranych elementów agrotechniki na plonowanie pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 3: 4 — 16.
- Pecio A., Bichoński A., Kozłowska-Ptaszyńska Z. 2000 a. Wpływ chemicznej ochrony roślin przed chorobami oraz gęstości siewu na wartość browarną jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 3: 42 — 52.
- Pecio A., Pawłowska J., Bichoński A. 2000 b. Plonowanie i wartość browarna ziarna odmian jęczmienia jarego na tle zróżnicowanych sposobów ochrony zasiewów. *Fragm. Agron.* 2: 45 — 61.
- Stankowski S., Piech M., Podolska G., Mazurek J. 1999. Wpływ różnych sposobów nawożenia azotem na jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 118: 405 — 414.

ROMAN PRAŻAKInstytut Nauk Rolniczych w Zamościu
Akademia Rolnicza w Lublinie

Ocena tolerancyjności siewek mieszańców *Aegilops ventricosa* Tausch. i *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. z *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L. na toksyczne stężenie jonów glinu

Evaluation of seedling tolerance to toxic concentrations of aluminium ions in hybrids of *Aegilops ventricosa* Tausch. and *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. with *Triticum durum* Desf. and *Triticum aestivum* L.

Badano wpływ jonów glinu w koncentracjach 0 (kontrola), 5, 10, 20, 30, 40 mg dm⁻³, w środowisku zakwaszonym (pH 4,2), na kiełkowanie nasion i wzrost korzeni siewek ośmiu rodów mieszańcowych *Aegilops juvenalis* i *Aegilops ventricosa* z *Triticum durum* Desf. cv. Grandur i *Triticum aestivum* L. (cvs. Arda, Begra, Panda, linia CZR). Reakcję na glin wybranych rodów mieszańcowych porównywano z reakcją ich komponentów rodzicielskich i pszenicy Atlas 66. Nasiona kiełkowano na bibule, w szalkach Petriego uzupełnionych roztworem wodnym glinu. Określono procent skielkowanych nasion oraz maksymalną długość systemu korzeniowego. Na podstawie pomiarów długości systemu korzeniowego wyznaczono indeks tolerancji glinu (I_T) według zmodyfikowanego testu Wilkina (1978). W środowisku zakwaszonym wysokie koncentracje jonów glinu istotnie ograniczały wzrost systemu korzeniowego u wszystkich badanych form. Jony glinu nie wpływały na energię i zdolność kiełkowania nasion. Najwyższą tolerancyjnością na toksyczne stężenia jonów glinu charakteryzowała się pszenica Atlas 66 i *Aegilops ventricosa*. Mieszańce cechowała pośrednia tolerancyjność na glin. Najmniej tolerancyjne na glin okazały się siewki *Aegilops juvenalis* oraz pszenic Grandur i Begra.

Słowa kluczowe: *Aegilops*, glin, rody mieszańcowe, tolerancyjność siewek, *Triticum*

The effect of Al ions at concentrations of 0 (control), 5, 10, 20, 30, 40 mg dm⁻³, in acid environment (pH 4.2), on the seed germination and seedling roots growth was analyzed for eight hybrid strains obtained by crossing *Aegilops juvenalis* and *Aegilops ventricosa* with *Triticum durum* Desf. cv. Grandur and *Triticum aestivum* L. cvs. Arda, Begra, Panda, CZR line (1B/1R), as well as for the parental forms and wheat Atlas 66. The samples of seeds were germinated on filter paper, in Petri dishes moistened with water solution with Al ions. Percentage of germinated seeds and maximal length of roots were determined. Index of tolerance was calculated by means of modified Wilkin's test (1978). The root length of the seedlings was limited radically with increase of Al ions concentration. Al ions did not influence the seed germination. The seedlings of Atlas wheat and *Aegilops ventricosa* showed the highest tolerance of aluminium ions. The hybrids strains were characterised with the middle reaction.

The most susceptible to this metal were *Aegilops juvenalis*, *Triticum durum* Desf. cv. Grandur and *Triticum aestivum* L. cv. Begra.

Key words: *Aegilops*, aluminium, hybrids, strains, seedling tolerance, *Triticum*

WSTĘP

Działalność hodowlana człowieka, ograniczyła znacznie zmienność roślin uprawnych, przyczyniając się do eliminacji wielu właściwości korzystnych dla przetrwania gatunku w warunkach naturalnych. Krzyżowania oddalone stanowią istotny etap w poszerzaniu tej zmienności i przenoszeniu pożądanych cech z form dzikich do uprawnych (Pilch i Głowacz, 1997). Gatunki z rodzaju *Aegilops* (kozieniec) są obiektem zainteresowania od szeregu lat, gdyż przedstawiają bogactwo wielu genów, które mogą być przydatne w hodowli pszenicy, m.in. genów tolerancyjności na toksyczne stężenia jonów glinu (Berzonsky i Kimber, 1989; Miller i in., 1993). Odmiany pszenicy o znacznej tolerancyjności na glin to prawie wyłącznie formy jare. Wyjątkiem jest ozima odmiana Atlas 66 wywodząca się z jarych form brazylijskich. Ze względu na jej pochodzenie, zimotrwałość tej odmiany jest niewystarczająca w naszych warunkach klimatycznych (Anioł, 1985). Natomiast zimotrwałość niektórych gatunków *Aegilops* dorównuje rodzimym odmianom pszenicy ozimej (Prażak, 1998).

Celem przeprowadzonych badań była ocena tolerancyjności na glin mieszańców *Ae. ventricosa* i *Ae. juvenalis* z *Triticum durum* Desf. i *Triticum aestivum* L.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę tolerancyjności na glin mieszańców *Aegilops* z *Triticum* przeprowadzono w latach 1999–2000. Obiektem badań było osiem rodów mieszańcowych generacji F₃, otrzymanych w wyniku krzyżowania *Ae. ventricosa* Tausch. (genomy *UnUnDD*) i *Ae. juvenalis* (Thell.) Eig. (*DDMMUU*) z *T. durum* Desf. (*AABB*) odmiany Grandur, *T. aestivum* L. (*AABBDD*) odmian Arda, Begra, Panda oraz linią CZR 1406 pszenicy heksaploidalnej (Stefanowska, 1995; Prażak, 1997). Linia CZR 1406 o translokowanym chromosomie *1BL/1RS* została wytworzona przez Tarkowskiego w wyniku krzyżowania (*Lanca* × *S. cereale* L. 506) × *Lanca* (Tarkowski i in., 1994). Analizowano również wszystkie komponenty rodzicielskie biorące udział w powstaniu mieszańców i odmianę wzorcową Atlas 66. Pszenicę Atlas 66 uzyskano z Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych w Radzikowie. Skład genomowy podano za Kimber i Feldman (1987).

Nasiona badanych form kielkowano na bibule Whatmanna nr 10, w szalkach Petriego (10 nasion na szalkę) uzupełnionych roztworem wodnym glinu (w formie $\text{AlCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$) w koncentracjach: 0 (kontrola), 5, 10, 20, 30, 40 mg dm⁻³ (Chakravarty i Srivastava, 1992; Szymańska i Molas, 1996). Odczyn roztworów ustalono na poziomie pH 4,2. Od momentu wysiewu do 10 dniowej siewki, kultury prowadzono w termostacie, w temperaturze 25°C. W każdej kombinacji wykonano po pięć powtórzeń. Po 2 i 5 dniach zbadano wpływ glinu na energię i zdolność kiełkowania nasion. Na podstawie pomiarów długości systemu

korzeniowego 10 dniowych siewek wyznaczono indeks tolerancji glinu (I_T) według zmodyfikowanego testu Wilkinsa (1978):

$$I_T = \frac{\text{średnia długość korzeni roślin traktowanych Al}}{\text{średnia długość korzeni roślin kontrolnych}} \times 100\%$$

Wyniki opracowano statystycznie i przedstawiono w tabeli 1 i na rysunku 1. Istotność różnic oceniono za pomocą testu Tukeya przy $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania nie wykazały istotnego wpływu jonów glinu na energię i zdolność kiełkowania nasion. W środowisku zakwaszonym obecność glinu silnie ogranicza rozwój systemu korzeniowego (Foy i in., 1978; Kabata-Pendias i Pendias, 1999). Ocenę tolerancyjności oparto na pomiarze relatywnego zahamowania wzrostu siewek pod wpływem glinu względem kontroli. Wykonane po 10 dniach inkubacji pomiary wykazały, że korzenie siewek w kombinacjach z wysokimi koncentracjami glinu były istotnie krótsze od kontroli (tab. 1). Zahamowanie rozwoju systemu korzeniowego przez jony glinu powodowało indukcję korzeni przybyszowych i rozgałęzień bocznych. Pod wpływem wysokich stężeń glinu wierzchołki korzeni brunatniały i przestawały rosnąć, ulegając przy tym skróceniu, pogrubieniu i nekrozie. Spośród badanych form najwyższymi wartościami indeksu tolerancji glinu charakteryzowały się pszenica wzorcowa Atlas 66 i *Ae. ventricosa* (tab. 1, nr 16, 9). Mieszańce cechowała pośrednia tolerancyjność na jony glinu, wyższa od pszenicznych komponentów rodzicielskich i kozieńca *Ae. juvenalis*, ale niższa od *Ae. ventricosa* i pszenicy wzorcowej. Wśród nich wyróżniły się dwa mieszańce z *Ae. ventricosa* (tab. 1, nr 1, 3) oraz dwa mieszańce z *Ae. juvenalis* (tab. 1, nr 7, 8). Spośród form rodzicielskich jedynie linia pszenicy heksaploidalnej CZR 1406 (tab. 1, nr 14) przewyższała mniej tolerancyjne rody mieszańcowe (tab. 1, nr 2, 4, 5, 6). Prawdopodobnie większa tolerancyjność na glin mieszańca {[*Ae. juvenalis* × CZR 1406] × CZR 1406} × Panda × CZR 1406 (tab. 1, nr 8) w porównaniu do mieszańców (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra (tab. 1, nr 5–7) wynikała ze zwiększonego udziału genów linii CZR 1406 w jego genotypie. Tym bardziej, że komponent mateczny *Ae. juvenalis* okazał się najwrażliwszy na glin ze wszystkich badanych form (rys.1). Wysoki poziom tolerancyjności na glin u linii CZR 1406 stwierdzili również Tarkowski i wsp. (1994). Martin i Carrillo (1999) donoszą, że u linii *1BL/1RS* geny żytnie znajdujące się na ramieniu *1RS* mają większą wartość niż utracone geny pszenicy. Anioł i Gustafson (1984) zaobserwowali wzrost tolerancyjności na niskie poziomy glinu u wrażliwych odmian pszenicy z substytucją *1BL/1RS*. Chrzastek i wsp. (1995) nie stwierdzili żadnej tolerancyjności na glin u disomicznych linii addycyjnych *1R* Grana — Dańkowskie Złote. Autorzy lokalizują geny tolerancyjności na glin na chromosomie *3R* żyta i sugerują, że tolerancyjność obserwowana w liniach *1BL/1RS* pochodzi od genomu pszenicy.

Tabela 1

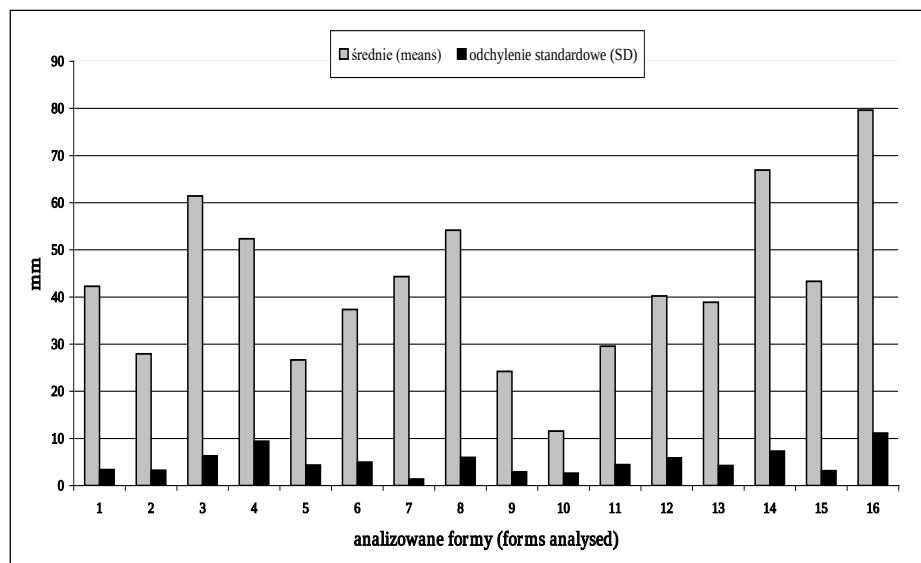
Reakcja systemu korzeniowego 10 dniowych siewek mieszańców *Aegilops* z *Triticum* oraz ich form rodzicielskich i pszenicy Atlas 66 na jony glinu w środowisku zakwaszonym (p H 4,2)
Reaction of 10-day seedlings root system of *Aegilops* and *Triticum* hybrids and their paternal forms and wheat Atlas 66 to aluminium ions in acid environment (p H 4.2)

Analizowane formy Strains analysed	Długość korzeni (mm) Length of roots (mm)						Indeks tolerancji (%) Tolerance index (%)					
	Al (mg/dm ³)						Al (mg/dm ³)					
	0	5	10	20	30	40	0	5	10	20	30	40
1. {[<i>(Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Grandur × Panda] × Arda} × Arda	124,16	120,26	97,49	70,79	42,31*	30,25*	100,00	96,86	78,52	57,02	34,08	24,36
2. {[<i>(Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda	119,18	101,54	72,29	56,24	28,00*	22,91*	100,00	85,20	60,66	47,19	23,49	19,22
3. {[<i>(Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda	126,12	118,00	99,16	65,57	61,12*	28,46*	100,00	93,56	78,62	51,99	48,46	22,57
4. [<i>(Ae. ventricosa</i> × Grandur) × Panda] × Panda	169,81	155,42	117,12	98,14	50,84*	29,95*	100,00	91,53	68,97	57,79	29,94	17,64
5. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	118,64	109,50	85,81	42,84	26,38*	21,32*	100,00	92,30	72,33	36,11	22,24	17,97
6. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	136,18	106,12	80,43	62,81	37,56*	26,71*	100,00	77,93	59,06	46,13	27,58	19,61
7. (<i>Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × Begra	147,75	122,24	100,16	59,98*	44,35*	31,63*	100,00	82,73	67,79	40,60	30,02	21,41
8. {[<i>(Ae. juvenalis</i> × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406	165,27	156,14	110,25	81,71*	54,57*	38,56*	100,00	94,48	66,71	49,44	33,02	23,33
9. <i>Ae. ventricosa</i>	58,56	51,12	49,46	32,51	24,18*	16,91*	100,00	87,35	84,46	55,52	41,29	28,87
10. <i>Ae. juvenalis</i>	68,25	68,00	63,00	21,50*	11,50*	5,98*	100,00	99,63	92,31	31,50	16,85	8,76
11. Grandur	156,44	155,16	86,16	44,60*	29,60*	18,70*	100,00	99,18	55,08	28,51	18,92	11,95
12. Arda	179,00	161,75	136,18	84,33*	40,51*	30,41*	100,00	90,36	76,08	47,11	22,63	16,99
13. Begra	169,99	142,77	105,71	63,71*	39,38*	24,08*	100,00	83,99	73,95	37,48	23,17	14,16
14. CZR1406	200,00	149,00	119,90	99,44	66,67*	42,14*	100,00	74,50	59,95	49,72	33,34	21,07
15. Panda	174,00	164,26	118,16	76,47*	43,48*	29,83*	100,00	94,40	67,91	43,95	24,99	17,14
16. Atlas 66	165,16	158,29	134,81	109,48	78,85*	52,84*	100,00	95,84	81,62	66,28	47,74	31,99

* — Wynik istotnie różny od kontroli (0 mg dm⁻³ Al)

* — Result significantly different in relation to the control (0 mg dm⁻³ Al)

Anioł (2000) donosi, że badania przeprowadzone na czterech zestawach linii addycyjnych poszczególnych chromosomów żyta do pszenicy oraz dwóch zestawach linii substytucyjnych typu *D/R* u pszenżyta jednoznacznie wykazały, że gen (geny) warunkujące tolerancję na glin u żyta są zlokalizowane na chromosomie 3R. Prawdopodobnie wyższa tolerancja na glin linii *1BL/1RS* jest wynikiem mikrotranslokacji lub rekombinacji, które zaszły pomiędzy chromosomami pszenicy i żyta. Tolerancja na glin u pszenicy dziedziczy się jako cecha dominująca, uwarunkowana dwoma parami genów. Najważniejsze geny kontrolujące tę cechę u pszenicy heksaploidalnej są zlokalizowane na chromosomie 4D (Anioł, 2000).



Rys.1. Wpływ jonów glinu w stężeniu 30 mg/dm³ na długość korzeni siewek mieszańców *Aegilops* z *Triticum* (nr 1–8), *Aegilops ventricosa* (nr 9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), pszenicznych komponentów rodzicielskich (nr 11–15) oraz pszenicy Atlas 66 (nr 16). Przedstawiono wartości średnie i odchylenia standardowe międzygrupowe z 5 powtórzeń

Fig.1. Influence of aluminium ions in concentration 30 mg/dm³ on seedling root length of *Aegilops* × *Triticum* hybrids (nr 1–8), *Aegilops ventricosa* (nr 9), *Aegilops juvenalis* (nr 10), wheat parental components (nr 11–15) and wheat Atlas 66 (nr 16). Means and SD of 5 replications are shown

W rodzaju *Aegilops* cecha tolerancji na glin jest uwarunkowana monogenicznie, a gen tolerancji na glin zlokalizowany jest na 3 chromosomie genomu *Un* (Berzonsky i Kimber, 1989; Millera i in., 1993). Stąd, prawdopodobnie, wyższa tolerancja na glin *Ae. ventricosa* niż *Ae. juvenalis*, u którego brak jest tego genomu. Zróżnicowana reakcja mieszańców *Ae. ventricosa* z *Triticum* wynika, według Berzonskyego i Kimbera (1989), z heterogeniczności pod względem tolerancji na glin, występującej u *Ae. ventricosa*. Zauważyli oni zróżnicowanie poziomu tolerancji na ten metal u otrzymanych przez siebie amfiploidów *Ae. ventricosa* z *T. turgidum* i *T. timopheevi*.

Niską tolerancją na toksyczne stężenia jonów glinu, oprócz *Ae. juvenalis*, charakteryzowały się również pszenice Grandur i Begra.

WNIOSKI

1. W środowisku zakwaszonym wysokie koncentracje jonów glinu silnie ograniczały wzrost systemu korzeniowego siewek u wszystkich badanych form. Natomiast nie zaobserwowano istotnego negatywnego wpływu glinu na kiełkowanie nasion.
2. Wśród analizowanych form nie znaleziono źródła tolerancji na glin lepszego od pszenicy Atlas 66. Kozieniec *Ae. ventricosa* charakteryzował się wprawdzie wyższą tolerancją na glin od form mieszańcowych i innego kozieńca *Ae. juvenalis*, ale nie dorównywał jednak pszenicy referencyjnej.
3. Rody mieszańcowe cechowała pośrednia tolerancja na glin. Wśród nich wyróżniły się mieszańce nr 1 i 3 — {[*(Ae. ventricosa* × Grandur) × Panda] × Arda} × Arda, nr 7 — (*Ae. juvenalis* × CZR 1406) × Begra oraz nr 8 {[*(Ae. juvenalis* × CZR 1406) × CZR 1406] × Panda} × CZR 1406.
4. Prawdopodobnie na większą tolerancję na glin mieszańców powstałych z udziałem *Ae. ventricosa* miały wpływ geny kozieńca, natomiast na większą tolerancję mieszańców powstałych z udziałem *Ae. juvenalis* wpływały geny żytnie wniesione przez linię CZR 1406.

LITERATURA

- Anioł A. 1985. Podstawy hodowli roślin odpornych na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR 156: 185 — 194.
- Anioł A. 2000. Genetyczne uwarunkowanie tolerancji zbóż na toksyczne działanie jonów glinu. III Krajowa Konferencja, pt. „Genetyczno-fizjologiczne i hodowlane aspekty reakcji roślin uprawnych na stresy wodno-mineralne”, 26 październik 2000, Poznań: 5.
- Anioł A., Gustafson J.P., 1984. Chromosome location of genes controlling aluminium tolerance in wheat, rye and triticale. Can. J. Genet. Cytol. 26: 701 — 705.
- Berzonsky W. A., Kimber G. 1989. The tolerance to aluminium of triticum *N*-genome amphiploides. Plant Breeding 103: 37 — 42.
- Chakravarty B., Srivastava S. 1992. Toxicity of some heavy metals *in vivo* and *in vitro* in *Helianthus annuus*. Mutation Research, 283: 287 — 294.
- Chrzastek M., Masłowski J., Miazga D. 1995. Lokalizacja genów kontrolujących tolerancję na jony glinu u żyta. Biul. IHAR 195/196: 313 — 316.
- Foy C. D., Chaney R. L., White M. C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 29: 511 — 566.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1999. Biogeochemia pierwiastków śladowych. PWN, Warszawa.
- Kimber G., Feldman M. 1987. Wild wheat: an introduction. College of Agriculture, University of Missouri, Columbia, Special Report 353: 1 — 146.
- Martin P., Carrillo J.M. 1999. Cumulative and interaction effects of prolamin allelic variation and of *1BL/1RS* translocation on flour quality in bread wheat. Euphytica 108: 29 — 39.
- Miller T. E., Reader S. M., Mahmood A., Purdie K. A., King J. P. 1993. Chromosome 3 *N* of *Aegilops uniaristata* a source of tolerance to high levels of aluminium for wheat. VIII International Wheat Genetics Symposium, 20–25 July, Beijing, China. Abstracts: 14.
- Pilch J., Głowacz E. 1997. Międzygatunkowe i międzyrodzajowe krzyżowania jako sposób ulepszania cech kłosa w hodowli pszenicy heksaploidalnej *Triticum aestivum* L. Biul. IHAR 204: 15 — 31.

- Prażak R. 1997. Zastosowanie kultur *in vitro* niedojrzałych zarodków w otrzymywaniu mieszańców międzyrodzajowych *Triticum* z *Aegilops*. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 318 (50): 47 — 53.
- Prażak R. 1998. Zimotrwałość gatunków rodzaju *Aegilops* i *Triticum aestivum* L. w warunkach klimatycznych Polski wschodniej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 463: 445 — 450.
- Stefanowska G. 1995. Charakterystyka niektórych cech morfologicznych i plonotwórczych mieszańców *Triticum aestivum* L. z *Aegilops juvenalis* (Thell.) Eig. i z *Aegilops ventricosa* Tausch. Biul. IHAR, 194: 35 — 43.
- Szymańska M., Molas J. 1996. The effect of aluminium on early development stages of *Cucumis sativus* L. Folia Hort., 8 (1): 73 — 83.
- Tarkowski Cz., Masłowski J., Gruszecka D. 1994. The influence of wheat chromosome *1BL/1RS* on toxic activity of aluminium ions. First Intern. Sem. „Cereals-Pathogen and Stress Factors Interaction”. Poznań 1994: 80.
- Wilkins D. A. 1978. The measurement of tolerance to edaphic factors by means of root growth. New Phytol. 80: 623 — 633.

MARIUSZ WIEWIÓRA

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Tolerancyjność polskich odmian pszenicy ozimej na toksyczne działanie glinu

Aluminium tolerance of the Polish varieties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.)

Badaniom tolerancji na toksyczne działanie glinu poddanych zostało 25 odmian i 28 rodów pszenicy ozimej. Do testów zastosowano metodę kultur wodnych dla roślin zbożowych. Sześć z badanych odmian (Elena, Izolda, Gama, Kobra, Sakwa i Mikon) oraz dziesięć rodów (MOB 595, STH 796, LAD 594, MIB 496, AND 1796, CHD 996, MIB 697, STH 1096, STH 996, MIB 597) toleruje stężenie glinu w pożywce wynoszące 4 ppm (148 μ M). Nie stwierdzono tolerancji na stężenie 8 ppm Al (296 μ M) u żadnego z badanych obiektów. Wszystkie polskie odmiany pszenicy ozimej są bardzo wrażliwe lub wrażliwe na toksyczne działanie glinu.

Słowa kluczowe: glin, odmiana, pszenica ozima, tolerancyjność, *Triticum aestivum*

Twenty five winter wheat varieties and twenty eight breeding strains were tested in order to determine their tolerance to aluminum toxicity. The nutrient solution screening test for cereals was used. Six varieties (Elena, Izolda, Gama, Kobra, Sakwa and Mikon) and ten breeding strains (MOB 595, STH 796, LAD 594, MIB 496, AND 1796, CHD 996, MIB 697, STH 1096, STH 996, MIB 597) were tolerant to 4 ppm (148 μ M) aluminum concentration in nutrient solution. No variety or strain tolerant to 8 ppm (296 μ M) Al in nutrient solution was found. All the Polish winter wheat varieties are very sensitive or sensitive to aluminum toxicity.

Key words: aluminium, spring wheat, tolerance, *Triticum aestivum*, variety

WSTĘP

Pszenica ozima jest najważniejszym z gospodarczego punktu widzenia uprawianym w Polsce zbożem. Powierzchnia uprawy tego gatunku osiągnęła w 1998 roku 1884 tys. ha (1655 tys. ha w roku 1990), co stanowi około 21% ogólnej powierzchni zasiewów zbóż (Rocznik Statystyczny, 1999). W 1999 roku na „Liście Odmian Roślin Rolniczych” publikowanej przez COBORU znajdowało się 29 odmian.

Pszenica ozima pomimo dużego znaczenia gospodarczego jest jednak rośliną o najwyższych spośród zbóż wymaganiach glebowych. Jednym z czynników obniżających przydatność gleby pod uprawę pszenicy jest jej zakwaszenie. W Polsce gleby kwaśne (pH w 1 M KCl < 5,5) stanowią ponad 60% gruntów ornych (Boguszewski, 1980). W Polsce

centralnej i środkowo-wschodniej oraz na terenie byłych województw jeleniogórskiego, nowosądeckiego i rzeszowskiego gleby kwaśne stanowią ponad 70% (Obojski, Strączyński, 1995). Do czynników zakwaszających można zaliczyć wymywanie z gleby kationów, kwaśne deszcze powstające na skutek reakcji wody i zanieczyszczeń przemysłowych (głównie CO₂, SO₂ i tlenków azotu), mineralizację substancji organicznej, pobieranie wapnia z gleby wraz ze zbieranym plonem i stosowanie nawozów fizjologicznie kwaśnych (Czuba, 1996).

Jednym z głównych czynników limitujących produktywność gleb kwaśnych jest toksyczność glinu, metalu o najwyższym udziale w budowie skorupy ziemskiej.

W roztworze glebowym, w zależności od pH i składu podłoża, glin może występować w różnych formach. W warunkach naturalnych trudne jest określenie toksyczności każdej z osobna, ponieważ w roztworze glebowym występuje jednocześnie wiele form glinu i jest to układ dynamiczny. Kinraide (1991) stosując metody hydroponiczne z precyzyjnie określonym składem pożywki, utrzymując cały układ w chemicznej równowadze stwierdził, że toksyczne dla roślin są jony Al(H₂O)₆³⁺ (potocznie nazywany Al³⁺) oraz AlO₄Al₁₂(OH)₂₄(H₂O)₁₂⁺⁷ (potocznie nazywany Al₁₃). Formy mononuklearne takie jak AlOH²⁺, Al(OH)₂⁺ i Al(OH)₃⁰ są prawdopodobnie toksyczne dla roślin dwuliściennych. Do nietoksycznych zaliczył Al(OH)₄⁻, mononuklearne związki z SO₄²⁻ i F⁻ oraz związki organiczne.

Różne gatunki wykazują różny stopień tolerancji na toksyczne działanie glinu. W obrębie gatunku także stwierdzono znaczne zróżnicowanie tolerancji między genotypami. Badania linii wsobnych żyta wykazały istnienie linii skrajnie różniących się pod względem tej cechy (Anioł i in., 1980). Wśród zbóż najbardziej wrażliwe są jęczmień i pszenica, nieco bardziej tolerancyjne pszenżyto i wykazujące najwyższą tolerancję żyto (Ślaski, 1993).

Tolerancyjność na glin jest cechą dziedziczną. Slootmaker (1974) opisał ułożenie tolerancji u pszenicy w obrębie genomów. Stwierdził on, że genotypy heksaploidalne (AABBDD) wykazują najwyższy stopień tolerancji. Poprzez spadek tolerancji na skutek usunięcia genomu D z heksaploidalnej odmiany „Canthatch” i jej wzrost po ponownym jego wprowadzeniu wykazał dominującą rolę genomu D w dziedziczeniu tolerancji na glin.

W celu redukcji negatywnych efektów związanych z zakwaszeniem gleby stosuje się zabiegi mające na celu podniesienie pH. Poprzez wprowadzenie wapnia do gleby uzyskujemy pozytywny efekt tylko w warstwie powierzchniowej, gdyż wapń jest pierwiastkiem mało ruchliwym. Głębsze warstwy gleby pozostają nadal kwaśne, co uniemożliwia korzeniom głębszą penetrację. Konieczne są badania mające za zadanie określenie sposobu dziedziczenia tolerancyjności na glin oraz zastosowanie uzyskanych wyników w praktyce poprzez próby przeniesienia genów odporności do odmian wrażliwych.

Celem niniejszej pracy było określenie poziomu tolerancji na glin polskich odmian i rodów pszenicy ozimej oraz skonfrontowanie uzyskanych wyników z wynikami wcześniejszych badań, dotyczącymi tolerancji polskich odmian pszenicy jarej (Wiewióra, 1999).

() — Rok rejestracji odmiany
() — Year of variety release

Badania prowadzono w dwóch stężeniach glinu w pożywce, kolejno 4 i 8 ppm (148 μM i 296 μM). W każdym stężeniu ocenę prowadzono w trzech powtórzeniach. Podczas testu utrzymywane było pH pożywki na poziomie 4,5 i stała temperatura wynosząca 25°C.

WYNIKI I DYSKUSJA

Toksyczność glinu objawia się w sposób specyficzny na korzeniach roślin. Ulegają one skróceniu i zgrubieniu, czego efektem końcowym może być całkowite zahamowanie wzrostu. Objawy na częściach nadziemnych nie są tak łatwe do identyfikacji i upodabniają się do niedoboru azotu (N), fosforu (P), wapnia (Ca), magnezu (Mg) lub objawów suszy.

Zhang i Taylor (1988) stwierdzili, że liście pszenicy zawierają poniżej 10% pobranego przez roślinę glinu, co wskazuje na umiejscowienie toksyczności działania głównie w korzeniach.

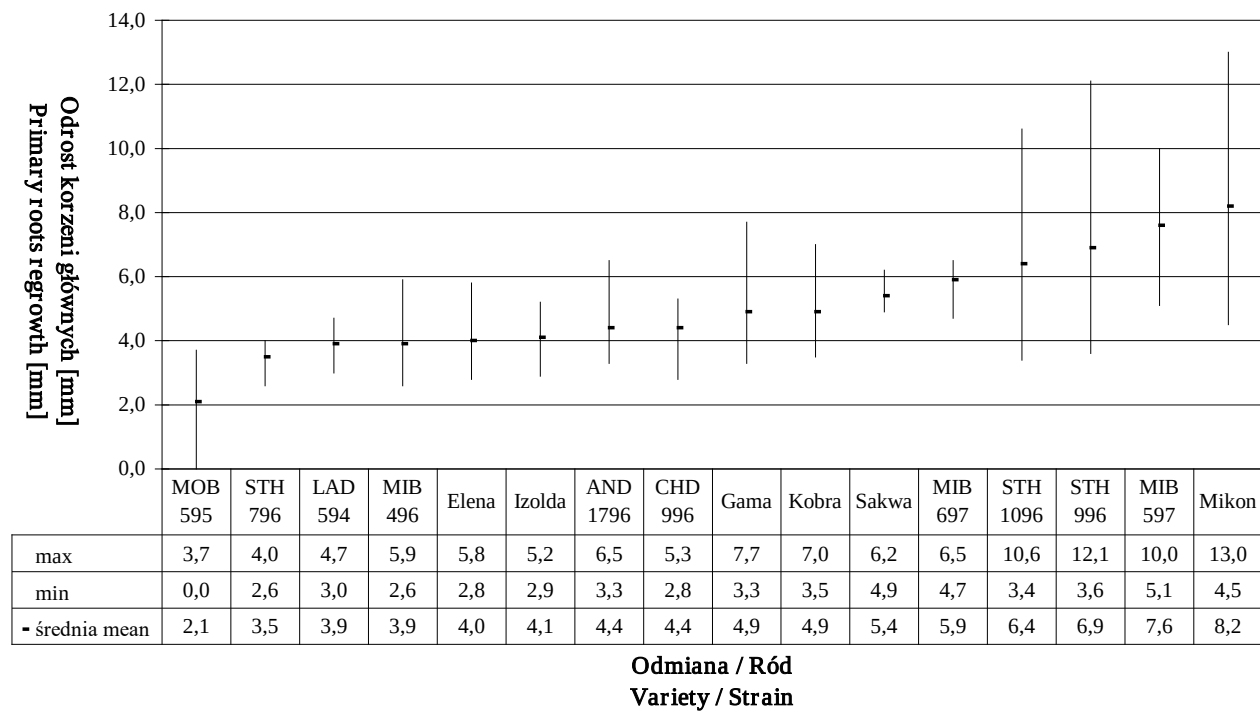
Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono wysoką wrażliwość na toksyczne działanie glinu u wszystkich badanych odmian i rodów. Zaledwie ok. 30% badanych materiałów tolerowało stężenie glinu w pożywce wynoszące 4 ppm (148 μM). Należało do nich sześć odmian (Elena, Izolda, Gama, Kobra, Sakwa, Mikon) i dziesięć rodów (MOB 595, STH 796, LAD 594, MIB 496, AND 1796, CHD 996, MIB 697, STH 1096, STH 996, MIB 597). Dla porównania we wcześniejszych badaniach polskich odmian i rodów pszenicy jarej (Wiewióra, 1999) stwierdzono tolerancję na to stężenie u 68% badanych materiałów.

Średni odrost korzeni głównych wahał się w granicach od 2,1 mm dla rodu MOB 595 do 8,2 mm dla odmiany Mikon (rys. 1). Przeprowadzona analiza wariancji oraz podział na grupy jednorodne testem Tukeya wykazały istotnie większy odrost korzenia odmiany Mikon w porównaniu z rodami MOB 595 i STH 796. Długość odrostu nie różniła się istotnie w obrębie odmian. Ród MIB 597 wykazał istotnie większy odrost korzenia w porównaniu z rodem MOB 595. Pomiędzy pozostałymi rodami nie stwierdzono istotności różnic (tab. 2).

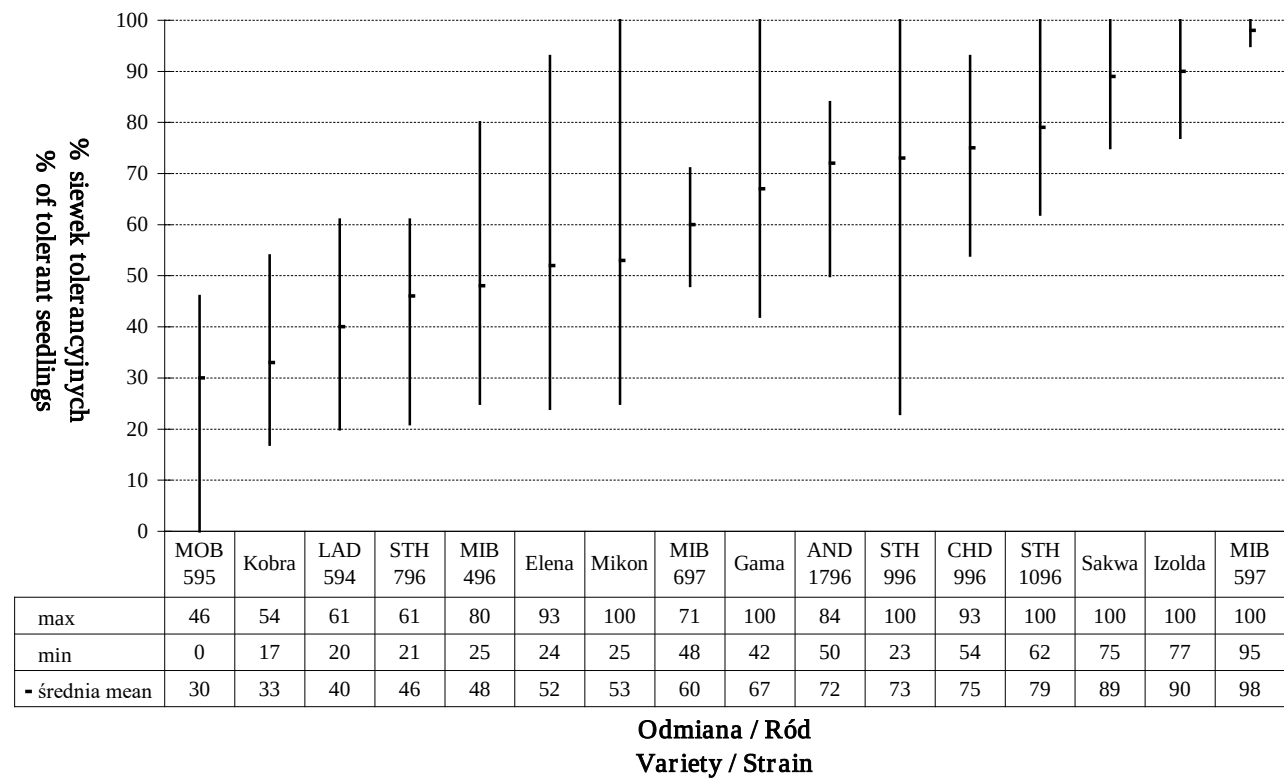
Średni procent siewek tolerancyjnych po 24 godzinnym stresie glinowym w stężeniu glinu wynoszącym 4 ppm (148 μM) wahał się w granicach od 30% dla rodu MOB 595 do 98% dla rodu MIB 597 (rys. 2). Na podstawie analizy statystycznej i podziału na grupy jednorodne stwierdzono istotnie większy procent siewek tolerancyjnych na zadane stężenie glinu u rodu MIB 597 w porównaniu z odmianą Kobra oraz rodami MOB 595, MIB 496, LAD 594 i STH 796. Istotnie większy procent siewek tolerancyjnych w porównaniu do odmiany Kobra wykazywały Sakwa i Izolda (tab. 3).

Nie stwierdzono tolerancji żadnego z badanych materiałów na stężenie glinu w pożywce wynoszące 8 ppm (296 μM). Porównując do przytoczonych wyżej wyników badań pszenicy jarej 25% rodów i odmian jarych tolerowało to stężenie glinu.

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie tolerancji pszenicy ozimej Mikon, wykazującej największy odrost korzenia głównego w stężeniu Al 4 ppm (148 μM) z najbardziej tolerancyjnym rodem pszenicy jarej HEC 694 (Wiewióra, 1999) oraz brazylijskim wzorcem tolerancji odmianą pszenicy jarej BH 1146.



Rys. 1. Odrost korzeni głównych odmian i rodów pszenicy ozimej w stężeniu glinu 4 ppm w pożywce
Fig. 1. Regrowth of winter wheat varieties and strains primary roots at 4 ppm aluminium concentration



Rys. 2. Procentowy udział siewek tolerancyjnych na toksyczne działanie glinu wśród odmian i rodów pszenicy ozimej w stężeniu glinu 4 ppm w pożywce

Fig. 2. Percentage of winter wheat varieties and strains tolerant seedlings at 4 ppm aluminium concentration

Tabela 2

Podział na grupy jednorodne (test Tukeya) odmian i rodów pszenicy ozimej tolerujących stężenie 4 ppm Al w pożywce w zależności od wielkości odrostu korzeni głównych
The homogeneous groups (Tukey test) of winter wheat varieties and strains, which tolerated 4 ppm Al concentration, based on primary root regrowth

Odmiana / Ród Variety / Strain	Grupy jednorodności Homogeneous groups			
MOB 595	D	C		
STH 796	D	C	B	
LAD 594	D	C	B	A
MIB 496	D	C	B	A
Elena	D	C	B	A
Izolda	D	C	B	A
CHD 996		C	B	A
AND 1796		C	B	A
Kobra		C	B	A
Gama		C	B	A
Sakwa		C	B	A
MIB 697		C	B	A
STH 1096		C	B	A
STH 996			B	A
MIB 597			B	A
Mikon				A

Tabela 3

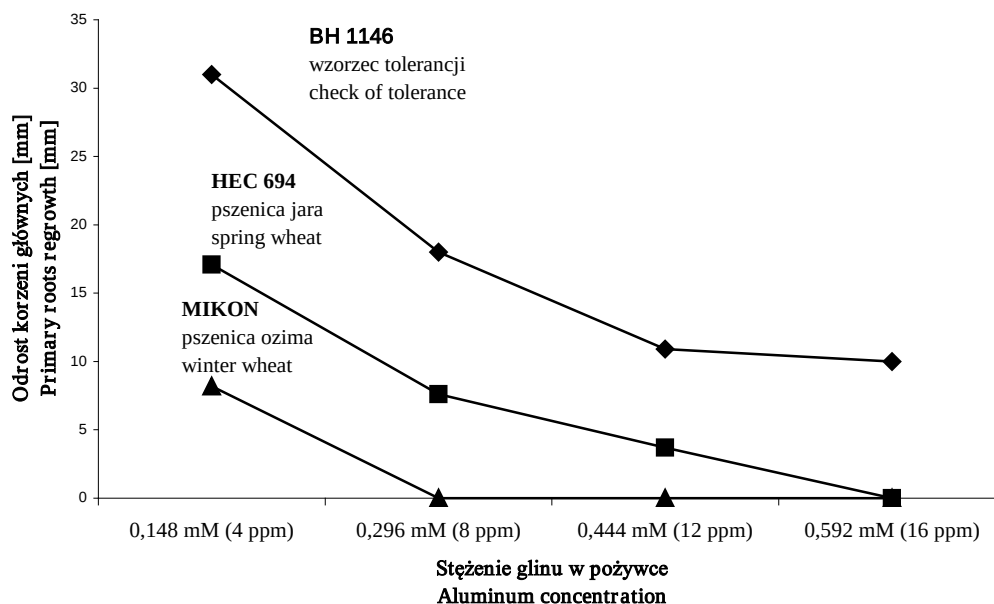
Podział na grupy jednorodne (test Tukeya) odmian i rodów pszenicy ozimej tolerujących stężenie 4 ppm Al w pożywce w zależności od % siewek tolerancyjnych
The homogeneous groups (Tukey test) of winter wheat varieties and strains, which tolerated 4 ppm Al concentration, based on tolerant seedlings percentage.

Odmiana / Ród Variety / Strain	Grupy jednorodności Homogeneous groups				
MOB 595	E	D			
Kobra	E	D	C		
LAD 594	E	D	C		
STH 796	E	D	C	B	
MIB 496		D	C	B	
Elena		D	C	B	A
Mikon		D	C	B	A
MIB 697		D	C	B	A
Gama		D	C	B	A
AND 1796		D	C	B	A
STH 996		D	C	B	A
CHD 996		D	C	B	A
STH 1096			C	B	A
Sakwa				B	A
Izolda				B	A
MIB 597					A

Autor nie dysponuje publikowanymi wynikami podobnych badań i dlatego brakuje porównań z wynikami innych autorów.

Dziedziczenie tolerancji jest procesem złożonym, szczególnie w przypadku *Triticum aestivum*, która jest heksaploidem. Wrażliwość na glin jest natomiast dziedziczona prosto,

więc selekcja negatywna w kierunku wrażliwości jest metodą skuteczniejszą. W Zakładzie Genetyki i Hodowli Roślin prowadzone są prace, mające na celu znalezienie nowych źródeł tolerancji, które mogłyby być wykorzystane w polskich programach hodowlanych (Wiewióra, 1998).



Rys. 3. Porównanie dwóch najbardziej tolerancyjnych na stres glinowy polskich odmian pszenicy jarej i ozimej

Fig. 3. Comparison of two Polish varieties of spring and winter wheat most tolerant to aluminium stress

WNIOSKI

1. Polskie odmiany oraz rody pszenicy ozimej mają bardzo niską tolerancję na toksyczne działanie glinu. Znaczny odsetek gleb kwaśnych w Polsce ogranicza możliwość rozszerzenia areалу uprawy pszenicy ozimej.
2. Konieczne jest poprawienie tolerancji na toksyczność glinu poprzez określenie i wprowadzenie genów odporności do wartościowych gospodarczo odmian pszenicy ozimej.
3. Na stanowiskach słabszych pod względem odczynu można uprawiać niektóre odmiany pszenicy jarej o wyższej niż odmiany ozime tolerancji na toksyczność glinu.

LITERATURA

- Anioł A. 1981. Metody określania tolerancyjności zbóż na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR, 143: 3 — 14.
- Anioł A. 1985. Podstawy hodowli roślin odpornych na toksyczne działanie jonów glinu. Biul. IHAR, 156: 185 — 194.
- Anioł A. 1995. Odporność roślin uprawnych na stres mineralny. Materiały 2-giego Krajowego Sympozjum: Odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające warunki środowiska, 12-14 września 1995, IHAR, Radzików: 53 — 60.
- Anioł A., Hill R. D., Larter E. N. 1980, Aluminum tolerance of spring rye inbred lines. Crop Sci. 20: 205 — 208.
- Boguszewski W. 1980. Wapnowanie gleb. PWRiL, Warszawa
- Czuba R. (red.). 1996. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Zakłady Chemiczne Praca zbiorowa. „POLICE” S.A.: 26 — 28.
- Fisher J. A., Scott B. J. 1983. Breeding wheats for tolerance to acid soils. Proc. Austr. Breeding Conf. Adelaide: 333.
- Kinraide T. B. 1991. Identity of the rhizotoxic aluminium species. Plant and Soil, 134: 167 — 178.
- Lista odmian roślin rolniczych. 1997. COBORU. Słupia Wielka
- Lista odmian roślin rolniczych. 1999. COBORU. Słupia Wielka
- Obojski J., Strączyński S. 1995. Odczyn i zasobność gleb Polski w makro- i mikroelementy. IUNG Puławy Rocznik statystyczny. 1999. Zakł Wydawn. Statystycznych, Warszawa
- Slootmaker L. A. 1974. Tolerance to high soil acidity in wheat related species, rye and triticale. Euphytica, 23: 505 — 513.
- Ślaski J. 1993. Genetyczne aspekty hodowli zbóż tolerancyjnych na glin. Biul. IHAR 187: 29 — 35.
- Wiewióra M. 1998. Tolerancyjność form pszenicy jarej z kolekcji Banku Genów Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin na toksyczne działanie jonów glinu. Komunikat. Biul. IHAR, 208: 61 — 66.
- Wiewióra M. 1999. Tolerancyjność polskich odmian i rodów pszenicy jarej na toksyczne działanie glinu. Biul. IHAR 212: 59 — 64.
- Zhang G., Taylor G. J. 1988. Effect of aluminum on growth and distribution of aluminum in tolerant and sensitive cultivars of *Triticum aestivum* L. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 19: 1195 — 1205.

ALICJA CEGLIŃSKA**GRAŻYNA CACAK-PIETRZAK****TADEUSZ HABER****ZYGMUNT NITA¹**

Zakład Technologii Zbóż

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

¹Hodowla Roślin, Strzelce

Właściwości przemiałowe i wypiekowe wybranych odmian pszenicy ozimej

The milling and baking properties of some varieties of winter wheat

Oceniano ziarno pięciu odmian pszenicy ozimej z Hodowli Roślin Strzelce: Elena, Symfonia, Sakwa, Soraja i Zyta ze zbiorów w latach 1998 i 1999. Określono właściwości ziarna, takie jak: masa 1000 ziaren, gęstość w stanie usypowym i twardość. Ziarno przemiałano w laboratoryjnym młynie MLU-202 firmy Bühler. Dla mąk ogółem określono cechy fizykochemiczne: zawartość popiołu, białko ogółem, gluten, wskaźnik sedymentacji SDS, liczbę opadania i granulację. Właściwości reologiczne ciast zbadano przy użyciu farinografu, a do wypieku pieczywa zastosowano metodę jednofazową. Ziarno badanych odmian charakteryzowało się dobrą wartością przemiałową, na co wskazywała wydajność uzyskanych mąk powyżej 70%. Istotne różnice (20,7–27,0%) w ilości mąk z pasażu śrutowych nie wpłynęły na znaczące zróżnicowanie wskaźników efektywności przemiału (112–122). Wartość wypiekowa odmian była bardziej zróżnicowana. Najwyższą jakość mąki, ciasta i pieczywa wykazała odmiana Zyta. Wyróżniała się ona najwyższą zawartością białka (12,2%), glutenu (40,4%), wartością testu SDS (78 cm³) oraz długim czasem stałości ciasta (5,8 min), niewielkim jego rozmiękczeniem (29 jB) i najwyższą objętością chleba (315 cm³). Najniższą jakość miała odmiana Elena. Ocena odmian: Symfonia, Sakwa, Soraja wahała się od średniej do dobrej.

Słowa kluczowe: odmiany, pszenica ozima, wartość przemiałowa, wartość wypiekowa

The milling and baking properties of 5 winter wheat varieties (Elena, Symfonia, Sakwa, Soraja, Zyta) were compared at Plant Breeding Strzelce, in the growing seasons of 1998 and 1999. The following parameters of grain were evaluated: weight of 1000 grains, test weight and hardness. Flours were prepared from the wheat grain on an experimental Bühler mill. Physicochemical analysis of the flour were determined: ash, protein content, gluten quality and content, sedimentation test SDS, falling number and granulation. The rheological properties of dough were evaluated using a farinograph. The direct method was applied in the baking process. The obtained results were subjected to analysis of variance. The grains of wheat were characterized by good milling properties. The flour yields from all varieties were over 70%. Although the grains of wheat varieties were markedly differed in yield of break flour (20,7–27,0%), their milling efficiency factors were similar (112–122). The varieties of wheat differed in baking properties. Zyta showed very good traits of flour, dough and bread. The flour from Zyta was characterized by the highest values of protein content (12,2%), gluten content (40,4%) and the SDS test (78 cm³). The dough had a long stability time (5,8 min) and small softening (29 uB). The bread volume was the highest (315 cm³). The variety Elena indicated a

weak-baking quality. The quality traits of flours from Symfonia, Sakwa and Soraja ranged from medium to good.

Key words: baking properties, milling properties, varieties, winter wheat

WSTĘP

Ocena wartości technologicznej zbóż pozwala określić jego wartość handlową i przemysłową. W handlu ziarnem stosowane są różne wymagania jakościowe definiowane przez samych zainteresowanych. Dobór stosowanych wyróżników jakości jest uzależniony od celu, jaki ma być osiągnięty na danym etapie obrotu ziarnem. W handlu ziarnem od 1997 roku w Polsce, podobnie jak w krajach Unii Europejskiej, istnieje dowolność w zakresie stosowania wyróżników jakości oraz poziomu wymagań dla nich (Górniak, Rothkaehl, 1999).

Wzorując się na klasyfikacji niemieckiej, COBORU wprowadziło podział odmian pszenicy na pięć klas jakościowych, uwzględniających ich przydatność na cele młynarskie i piekarskie (Klockiewicz-Kamińska, Brzeziński, 1998). Na podstawie przyjętych wyróżników jakości utworzono schemat służący corocznie do oceny jakości nowych odmian. Centralne Laboratorium TPiPZ zaproponowało określać przydatność technologiczną pszenicy w oparciu o wyróżniki takie, jak: zawartość białka i wskaźnik sedymentacyjny lub ilość i rozpułwalność glutenu oraz liczbę opadania. Według tej klasyfikacji pszenice można podzielić na cztery klasy (Górniak, Rothkaehl, 1999).

Corocznie do Rejestru Odmian trafiają rody z firm hodowlanych, które po ocenie w kolejnych latach zbioru i punktach doświadczalnych mogą być zakwalifikowane do określonej klasy przydatności technologicznej. Obecnie jest zarejestrowanych 28 odmian pszenicy ozimej, ale tylko trzecia ich część jest przydatna do użytku młynarsko-piekarskiego (Kaczyński, 1999). Warunki klimatyczne i agrotechniczne wywierają duży wpływ na jakość ziarna, dlatego powinno być kontrolowane w każdym sezonie.

Celem pracy jest określenie wartości technologicznej ziarna wybranych odmian pszenicy ozimej, wyhodowanych w Hodowli Roślin Strzelce.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań było ziarno pięciu odmian pszenicy ozimej: Elena, Symfonia, Sakwa, Soraja i Zyta ze zbiorów w latach 1998–1999.

Oznaczono podstawowe właściwości fizyczne ziarna, takie jak: masa 1000 ziaren, gęstość w stanie usypowym i twardość (przystawka do farinografu Brabendera). Następnie ziarno przemielano w laboratoryjnym młynie MLU-202 firmy Bühler. Mąki uzyskane z pasażu śrutowych i wymiałowych połączono w mąki ogółem, dla których określono cechy fizykochemiczne, jak: granulacja, zawartość popiołu i białko ogółem (Jakubczyk, Haber, 1983). Oznaczenie ilości glutenu i liczbę opadania przeprowadzono zgodnie z normami PN-93/A-74042/02 i PN-ISO 3093:1996, a wskaźnik sedymentacji SDS wg Axfora, 1987. Właściwości reologiczne ciast zbadano przy użyciu farinografu (komputerowy odczyt danych Brabender/ICC). Do wypieku pieczywa zastosowano metodę jednofazową (Jakubczyk, Haber, 1983). Do obliczeń i interpretacji wyników wykorzystano analizy wariancji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Właściwości organoleptyczne ziarna: zapach, smak i wygląd zewnętrzny były charakterystyczne dla badanego gatunku zboża. Ziarniaki odznaczały się dużą dorodnością. Ich masa 1000 ziaren zawierała się w przedziale od 45,8 g dla odmiany Elena do 52,0 g dla odmiany Sakwa (tab. 1). Nie były to jednak wartości istotnie zróżnicowane. Nieznacznie niższe masy 1000 ziaren i mieszczące się w węższym zakresie uzyskano w COBORU (Kaczyński, 1998). Wysoka wartość tej cechy wskazuje również na dobre wypełnienie ziarna. Gęstość usypowa ziarna badanych odmian (powyżej 80 kg/hl) świadczy o dobrym stopniu ich wypełnienia. Na takim samym poziomie kształtowała się gęstość usypowa ziarna odmian we wcześniejszych badaniach (Kaczyński, 1999). Struktura bielma oraz związanie jego z okrywą może mieć znaczenie w przetwórstwie, zwłaszcza w młynarstwie. Od tych właściwości zależy m.in. proces rozdrabniania ziarna — wymielania kaszek oraz granulacja otrzymanych produktów (Jankowski, 1967). Ziarniaki lepiej wypełnione, o zwartym bielmie zawierają więcej substancji decydujących o ich twardości. Odmiany charakteryzowały się średnio twardym ziałem, wynoszącym około 500 jB, ale bez większego zróżnicowania między odmianami. Ziało odmiany Elena, o najmniejszej masie 1000 ziaren, było mniej twarde niż odmian: Sakwa, Symfonia i Zyta mających wyższe wartości dla tej cechy.

Tabela 1

Charakterystyka cech jakości ziarna pszenicy
Quality characteristics of wheat grain

Odmiana Variety	Masa 1000 ziaren (g) Weight of 1000 grains	Gęstość usypowa (kg/hl) Test weight	Twardość jB Hardness uB
Elena	45,8	80,5	475
Symfonia	49,7	80,7	535
Sakwa	52,1	81,7	540
Soraja	50,3	80,9	510
Zyta	51,6	82,0	555

Różnice nieistotne przy $\alpha = 0,05$

Differences not significant at $\alpha = 0,05$

W wyniku przemiału ziarna otrzymano ponad dwukrotnie więcej mąk z pasaży wymiałowych niż z pasaży śrutowych (tab. 2). Między odmianami występowało istotne zróżnicowanie w ilości mąk z pasaży śrutowych. Najwięcej tej mąki uzyskano z odmiany Elena, charakteryzującej się najmniejszą masą 1000 ziaren i twardością. Ilości mąk z pasaży śrutowych dla odmian: Sakwa, Symfonia i Zyta kształtowały się na tym samym poziomie. Odmiany nieznacznie różniły się ilością mąk z pasaży wymiałowych. Ilości te były porównywalne z wynikami uzyskanymi przez COBORU dla odmian: Soraja, Sakwa, Symfonia i Zyta. Zróżnicowanie odmian pod względem ilości mąk z pasaży śrutowych wpłynęło również na znaczące różnice (74,9–80,0%) w wydajności mąk ogółem, które były wyższe niż przedstawione przez COBORU (Kaczyński, 1998). Duże różnice obserwowano również w uzyskanej ilości otrąb drobnych. Z ziałem odmiany Zyta otrzymano mąkę ogółem o najniższej wydajności i o dużym udziale otrąb drobnych. Z wyższą wydajnością mąk ogółem wiązała się również wyższa ich popiołowość niż powyższych badaniach. Uwzględniając wydajność mąk

ogółem oraz ich popiołowość obliczono wskaźniki efektywności przemiału K (Sitkowski, 1998). Pomimo różnic w wydajności mąk ogółem wskaźniki efektywności przemiału K dla odmian wykazywały niewielkie zróżnicowanie. Prawdopodobnie wpłynęły na to mało różniące się wartości cech fizycznych badanego ziarna. Odmiany Elena i Sakwa charakteryzowały się najlepszymi właściwościami przemiałowymi w badaniach Sitkowskiego, 1999. Również granulacja ocenianych mąk nie wykazywała istotnego zróżnicowania. Została zachowana tendencja, którą przedstawiono na rysunku 1. We wszystkich odmianach największy udział w mące ogółem stanowiła frakcja o najmniejszej wielkości cząstek, przechodzących przez sito o prześwicie oczek 95 μ .

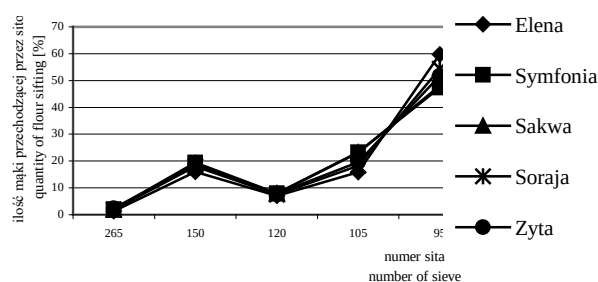
Tabela 2

Bilans przemiału ziarna pszenicy
Milling result of wheat grain

Odmiana Variety	*Mąka śrutowa Break flour %	Mąka wymiałowa Reduction flour %	*Wydajność mąki Yield of flour %	*Otręby grube Bran %	Otręby drobne Shorts %	Popiół Ash %	Wskaźnik efektywności przemiału K Milling efficiency factor K
Elena	27,0	53,0	80,0	12,5	7,6	0,66	122
Symfonia	20,9	54,8	75,7	12,8	11,5	0,67	115
Sakwa	21,1	57,1	78,1	11,8	10,2	0,67	117
Soraja	23,3	55,1	78,4	10,4	11,2	0,69	115
Zyta	20,7	54,3	74,9	12,3	12,9	0,67	112

* — Różnice istotne przy $\alpha = 0,05$

* — Differences significant at $\alpha = 0,05$



Rys. 1. Granulacja mąki pszennej

Fig. 1. Granulation of wheat flour

W porównaniu z badaniami COBORU (Kaczyński, 1998) mąki odmian: Soraja, Sakwa, Symfonia i Zyta charakteryzowały się niższymi zawartościami białka ogółem (tab. 3). Podobnie jak w badaniach Kaczyńskiego (1999) największą zawartość białka ogółem miała mąka z odmiany Zyta, a najmniejszą z odmiany Elena. Również najwięcej glutenu wymyto z mąki odmiany Zyta, wyróżniając się najwyższymi wartościami białka ogółem, jak również testu sedymentacyjnego SDS. Odmiana Symfonia, pomimo dużej zawartości glutenu o słabszej

jakości (rozpływalność 14 mm) dała niższe wyniki testu sedymentacyjnego SDS, podobnie jak Sakwa. Uzyskane wartości potwierdzają badania innych autorów (Kaczyński, 1999; Sitkowski, 1999). Aktywność amylolityczna mąki, wyrażona liczbą opadania, była niska. Wartości uzyskane w naszych badaniach były porównywalne z wynikami innych autorów (Kaczyński, 1998, 1999; Sitkowski, 1999). Spośród odmian wyższą aktywność niż pozostałe miała odmiana Soraja.

Tabela 3

Charakterystyka cech jakości mąki pszennej
Quality characteristics of wheat flour

Odmiana Variety	Białko ogółem Protein total %	Gluten mokry Wet gluten %	Rozpływalność glutenu Flowness of gluten mm	Test sedymentacji SDS SDS Test cm ³	*Liczba opadania Falling number s
Elena	9,5	27,6	15	46	319
Symfonia	11,5	38,1	14	64	341
Sakwa	10,7	35,4	13	70	333
Soraja	10,3	28,4	11	72	244
Zyta	12,2	40,4	11	78	347

* — Różnice istotne przy $\alpha = 0,05$

* — Differences significant at $\alpha = 0,05$

Wszystkie mąki charakteryzowały się wysoką wodochłonnością (tab. 4). Dużą zdolność do chłonięcia wody, zapewnia równie dużą wydajność ciasta (Ambroziak, 1998). Niższą wodochłonność miały mąki badane przez Sitkowskiego, 1999. Odmiana Zyta wyróżniała się najwyższą zdolnością do chłonięcia wody, podobnie jak w innych badaniach (Kaczyński, 1998). O dużej wodochłonności mąki z tej odmiany mogły zdecydować wartości takich wyróżników jakości jak: białko ogółem i gluten o dobrej jakości. One również wpłynęły korzystnie na reologiczne cechy ciasta, a więc na długi czas stałości i niewielkie rozmiękczenie.

Tabela 4

Analiza farinograficzna mąki pszennej
Farinograph analysis of wheat flour

Odmiana Variety	Wodochłonność mąki Water absorption %	Rozwój ciasta Dough development min	*Stalość ciasta Dough stability min	Rozmiękczenie ciasta Dough softening uB
Elena	60,6	2,1	1,9	102
Symfonia	66,1	3,8	2,5	75
Sakwa	65,3	3,1	3,1	59
Soraja	62,8	1,9	2,5	82
Zyta	70,1	4,1	5,8	29

* — Różnice istotne przy $\alpha = 0,05$

* — Differences significant at $\alpha = 0,05$

Michniewicz i wsp. (2000) wykazali, że objętość pieczywa jest wysoko skorelowana z wartościami parametrów związanych z ilością i jakością białek oraz rozmiękczeniem ciasta. Potwierdzeniem tego są wyniki uzyskane dla odmiany Zyta. Z mąki tej odmiany otrzymano pieczywo o największej objętości (tab. 5). Jednak struktura mięksamca była niższej oceniona niż

pieczywa z mąki odmiany Sakwa. Pieczywo z niej nie wyróżniało się jednak tak wysoką objętością. Wydajność pieczywa, pomimo różnic w jego objętości, nie wykazywała istotnego zróżnicowania.

Tabela 5

Analiza pieczywa pszennego
Analysis of wheat bread

Odmiana Variety	Wydajność pieczywa Yield of bread %	*Objętość chleba ze 100 g mąki Bread volume from 100g of flour (cm ³)	*Porowatość miękkiszu wg Dallmana Porosity of crumb
Elena	137	309	2,5
Symfonia	135	259	5,0
Sakwa	135	301	7,5
Soraja	136	285	6,5
Zyta	134	315	6,5

* — Różnice istotne przy $\alpha = 0,05$

* — Differences significant at $\alpha = 0,05$

WNIOSKI

1. Ziarno badanych odmian charakteryzowało się dobrymi właściwościami przemiałowymi (wydajność mąki powyżej 70% o zawartości popiołu poniżej 0,70%). Pomimo istotnych różnic w ilościach otrzymywanej mąki śrutowej i wydajności mąki ogółem nie uzyskano większego zróżnicowania wskaźników efektywności przemiału K.
2. Uzyskane wartości dla wyróżników jakości mąki, ciasta i pieczywa wskazują na zróżnicowanie wartości wypiekowej badanych odmian. Ze względu na korzystne cechy mąki z odmiany Zyta (wysoka zawartość białka i glutenu dobrej jakości), ciasta (długi czas stałości i małe rozmiękczenie) oraz pieczywa (największa objętość) zaliczono ją do najwyższej klasy. Najniższą jakość wykazała odmiana Elena. Odmiany Soraja, Sakwa i Symfonia można określić jako średnie do dobrych, gdyż nie spełniały one wymaganego poziomu w stosunku do co najmniej dwóch lub więcej badanych cech.

LITERATURA

- Ambroziak Z. 1998. Produkcja piekarsko-ciastkarska. Cz. 1. Wydaw. Szk. i Pedagog. Warszawa: 57 — 63
- Axford D. W. E., Mc Dermontt E. E., Redman D. G. 1978. Small-scale tests of breadmaking quality. Reprinted from Milling Feed and Fertiliser
- Górnjak W., Rothkaehl J. 1999. Wymagania jakościowe dla ziarna pszenicy. Przegl. Zboż.-Młyn. 43, 2: 22 — 23.
- Jakubczyk T., Haber T. 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wydawn. SGGW-AR, Warszawa
- Jankowski S. 1967. Zarys technologii zbóż i strączkowych jadalnych. PWN, Poznań: 67 — 72.
- Kaczyński L. 1998. Pszenica ozima. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. Zboża ozime. 1139: 7 — 33.
- Kaczyński L. 1999. Odmiany pszenicy odpowiednie na cele młynarsko-piekarskie. Przegl. Zboż.-Młyn. 43, 7: 2 — 5.
- Klockiewicz-Kamińska E., Brzeziński W. J. 1998. Metoda oceny i klasyfikacji jakościowej odmian pszenicy. Przegl. Zboż.-Młyn. 42, 1: 2 — 6
- Michniewicz J., Klockiewicz-Kamińska E., Kołodziejczyk P. 2000. Przydatność parametrów jakościowych do oceny wartości technologicznej ziarna pszenicy w piekarstwie. Przegl. Zboż.-Młyn. 44, 3: 23 — 26.
- Sitkowski T. 1998. Jakie ziarno do przemiału. Przegl. Zboż.-Młyn. 42, 5: 8 — 11.
- Sitkowski T. 1999. Ocena wartości przemiałowej i wypiekowej ziarna pszenicy ze zbiorów 1998 roku. Przegl. Zboż.-Młyn. 43, 12: 33 — 34.

MARIAN GÓRSKI

Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Reakcja odmian pszenicy ozimej na długoterminowe przechowywanie w banku genów

Reaction of winter wheat cultivars to long-term storage in gene bank

W 1981 roku do długoterminowego przechowywania wprowadzono 1251 odmian pszenicy ozimej. Obecnie w długoterminowym przechowywaniu w Krajowym Centrum Roślinnych Zasobów Genowych jest 5262 obiektów. W latach 1996 i 1998 wykonano kontrolne badania zdolności kiełkowania. Na podstawie uzyskanych wyników określono reakcję 68 odmian pszenicy zwyczajnej na warunki długoterminowego przechowywania. Po 17 latach przechowywania dla 68 odmian nastąpił średni spadek zdolności kiełkowania o 5,7 procent. Najwyższą zdolność kiełkowania 93% stwierdzono u odmiany Weibulls Banco. Wzrost zdolności kiełkowania stwierdzono u 26 odmian. Stabilne w przechowywaniu były 42 odmiany. Odmiana Welke Giersleben ST 4 przez 17 lat zachowała zdolność kiełkowania 90%.

Słowa kluczowe: indeks wartości przechowalniczej, odmiany, długoterminowe przechowywanie, pszenica ozima, żywotność

The number of 1251 winter wheat varieties were introduced into a long-term storage in 1981. At present, 5262 varieties of winter wheat are preserved in this storage at the National Centre for Plant Genetic Resources in IHAR-Radzików. Seed viability was determined in germination tests in 1981, 1996 and 1998. Basing on the results, the reaction to long-term storage conditions was determined for 68 varieties. After 17 years of storage seed germination capacity decreased, on an average, by 5.7 percentage points. The highest germination capacity of 93% was recorded for the variety Weibulls Banco. In the long term storage 42 varieties preserved their seed viability on the same level. An increase of the seed germination ability was noticed in 26 varieties. The Welke Giersleben ST4 variety maintained the 90% seed germination capacity for 17 years.

Key words: cultivars, long-term storage, seed viability, winter wheat

WSTĘP

Podstawą osiągnięć hodowlanych jest istnienie zmienności genetycznej. Prowadzone kolekcje form roślin uprawnych stanowią cenne źródło materiałów wyjściowych do hodowli; ze względu na znajdujące się w nich właściwości genetyczne i noszą nazwę

„banku genów” (Ruebenbauer i Muller, 1985). Jedną z metod zachowania zasobów genowych roślin uprawnych i ich dzikich krewniaków jest długoterminowe przechowywanie w bankach genów (Góral, 1988). Problem długoterminowego przechowywania interesuje badaczy już od ponad 100 lat, ale właściwy międzynarodowy rozwój przechowywania długookresowego rozpoczął się dopiero w latach 60. dwudziestego wieku (Kulpa, 1994). Ochrona roślinnych zasobów genowych oraz badania prowadzące do zachowania jak najdłużej wysokiej żywotności materiałów biologicznych, to podstawowe zadanie banku genów (Hawkes, 1978; Góral, 1988).

Zjawisko żywotności określane jest terminem długowieczności (Dorywalski i in., 1956), lub jako długość życia nasion (Grzesiuk, 1967). Długość życia nasion zależy, zarówno od właściwości genetycznych, jak i od wpływu czynników środowiskowych (Desai i in., 1997). Do podstawowych czynników kształtujących żywotność nasion należą: zawartość wody w nasionach oraz czynniki środowiska, takie jak: wilgotność powietrza, temperatura i ciśnienie parcjale tlenu (Górecki i in., 1998), a poza tym istotne są skład chemiczny atmosfery, stopień zakażenia nasion mikroflorą i fauną oraz uszkodzenia mechaniczne nasion (Zalewski i in., 1997). Wpływ warunków przechowywania na zdolność kiełkowania ziarna roślin zbożowych dla potrzeb praktyki rolniczej badali między innymi: Lityński (1978), Lonc (1984), Narkiewicz-Jodko (1990), Gabińska (1991). Korzystny wpływ zmniejszonej zawartości wody w ziarniakach pszenicy ozimej i jarej, żyta ozimego, jęczmienia ozimego, pszenżyta ozimego w nasionach lnu oraz w orzeszkach gryki, jak również wpływ obniżonej temperatury przechowywania na długotrwałość przechowywanych nasion stwierdził Górski (1993, 1995, 1998, 1999, 1999 a, 1999 b, 2000, 2000 a). Długość życia przechowywanych nasion zależy także w dużym stopniu od wyjściowych wskaźników zdolności kiełkowania (Wiłkojć, 1978).

W nasieniu jako żywym organie rośliny, a nie martwej strukturze w okresie przechowywania, zachodzą zmiany fizjologiczne, których makroskopowym objawem jest stan żywotności nasion określany poprzez zdolność i energię kiełkowania oraz wigor nasion. Na podstawie wyników zdolności kiełkowania różnych odmian w długoterminowym przechowywaniu możemy obserwować ich zróżnicowanie oraz kierunek zmian zdolności kiełkowania.

Celem poniższej pracy jest porównanie reakcji 68 odmian pszenicy ozimej na warunki długoterminowego przechowywania poprzez określenie zachowania zdolności kiełkowania oraz kierunków zmian zdolności kiełkowania po 15 i 17 latach.

MATERIAŁ I METODY

Obecnie w przechowalni Krajowego Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR w Radzikowie są 5262 obiekty pszenicy ozimej, pochodzące z krajowych i zagranicznych ośrodków hodowli roślin. Pierwsze obiekty (1251) przekazano do przechowalni w 1981 roku. Ziarniaki do długoterminowego przechowywania wsypywano do woreczków z rzadkiego płótna i dosuszano do około 7% zawartości wody w strumieniu odwodnionego powietrza, o temperaturze 30°C. Po zbadaniu zdolności kiełkowania ziarniaki wsypywano do pojemników szklanych typu „twist”, które zamknięto przy pomocy pompy próżniowej.

Tak przygotowane pojemniki z ziarnem pszenicy ozimej umieszczono w komorze, w temperaturze około 3°C, służącej do wieloletniego przechowywania. Zdolność kiełkowania oznaczono, zgodnie z przepisami ISTA (1985) i PN-79/R-65950 (1979), w Laboratorium Technologicznym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Sandomierzu.

Zmiany zachodzące w ziarniakach dotyczące zdolności kiełkowania po 15 i 17 latach przechowywania u wybranych losowo 68 odmian pszenicy zwyczajnej określono za pomocą indeksu wartości przechowalniczej. Indeks wartości przechowalniczej dla każdej odmiany wyznaczono z ilorazu wartości zdolności kiełkowania po 15 i 17 latach przechowywania i wyjściowej zdolności kiełkowania, a następnie pomnożono go przez 100. Indeks wartości przechowalniczej o wartości 100 wskazuje na zachowanie zdolności kiełkowania na tym samym poziomie podczas przechowywania. Indeks wartości przechowalniczej poniżej 100 świadczy o obniżonej zdolności kiełkowania, a powyżej 100 o wzroście zdolności kiełkowania po latach przechowywania. Na podstawie współczynnika zmienności V (Brewbaker, 1970) badane odmiany podzielono na trzy grupy: stabilne, (V od 1 do 10%), labilne (V od 10,1 do 20%) i bardzo labilne gdzie V jest powyżej 20%.

U badanych odmian według Indeksu wartości przechowalniczej określono kierunek zmian w zdolności kiełkowania. Kiełkowanie zachowane na poziomie wyjściowym przy indeksie wartości przechowalniczej 100 oznaczono jako 0.

Wartość indeksu poniżej 100 oznaczono znakiem minus, a powyżej 100 znakiem plus.

WYNIKI

Zmiany zdolności kiełkowania przechowywanych próbek nasion są zjawiskiem biologicznie bardzo złożonym i dlatego występują ogromne trudności ujęcia tego zjawiska w odpowiednie wzory matematyczne.

Wyjściowa zdolność kiełkowania w 1981 roku dla 68 analizowanych odmian wahała się od 46% u odmiany Sturmweizen do 98% u odmian Schindlers N. Z., Spaldings Prolific, Svaloefts Sonnet II, przy średniej 81,8% i współczynnika zmienności $V = 13\%$ (tab. 1). Po 15 latach przechowywania dla tej samej grupy odmian zdolność kiełkowania wahała się od 36% u odmiany Red Velvet Chaff do 97% u odmiany Szekacs przy średniej 81,3% i współczynnika zmienności $V = 13\%$.

W roku 1998, czyli po 17 latach przechowywania dla tej samej grupy odmian zdolność kiełkowania wynosiła od 12% u odmiany Red Velvet Chaff do 93% u odmiany Verbesserter St. Johanner przy średniej 76,1% i $V = 20\%$. Średnia zdolność kiełkowania po 17 latach przechowywania wynosiła od 40,7% u odmiany Red Velvet Chaff do 93,7% u odmiany Svaloefts Sonnet II. Wyliczone dla poszczególnych odmian współczynniki zmienności wahały się od 0% u odmian Siegfried i Zara do 76% u odmiany Red Velvet Chaff. Odmiana Siegfried przez okres przechowywania miała stałą zdolność kiełkowania 87%, a odmiana Zara 76%. Natomiast odmiana Red Velvet Chaff miała zdolność kiełkowania w roku 1981 — 74%, w 1996 — 36%, a w 1998 — 12%.

Tabela 1

Zdolność kielkowania odmian pszenicy ozimej i ich podział na grupy według współczynnika zmienności w latach 1981–1998

Seed germination capacity of winter wheat varieties and their grouping according to variability coefficient (V) in the years 1981–1998

PL	Odmiana Variety	Lata Years			X	V %	Stopień stabilności Stability degree
		1981	1996	1998			
00635	Red Velvet Chaff	74	36	12	40,7	76	BL
00644	Reininghaus WZ.DK.5	89	71	51	70,3	27	BL
00645	Rene Leblond	78	73	43	64,7	29	BL
00656	Rimpau Bastard II	84	79	36	66,3	39	BL
00663	Rode Ris	98	90	92	93,3	4	S
00677	Rubis	70	83	68	73,7	11	L
00678	Ruda	78	84	67	76,3	11	L
00680	Rudest	94	78	65	79,0	18	L
00681	Rudy	80	75	28	61,0	47	BL
00696	Russischer Korsch 278	92	71	49	70,6	30	BL
00704	Sadorka	90	45	69	68,0	33	BL
00722	Saumur d Automne	90	84	73	82,3	10	S
00726	Schindlers N.Z.	98	87	79	88,0	10	S
00727	Schlanstedter Dickkopf	76	94	80	83,3	11	L
00737	Seh-Ming	88	84	64	78,7	16	L
00741	Selecty Bastard	92	85	61	79,3	20	L
00742	Selm M 65-3157	88	80	66	78,0	14	L
00743	Selection 101	66	80	68	71,3	10	S
00754	Siegfried	86	87	87	86,6	0	S
00779	Słoneczna ze Svaloef	78	95	88	87,0	9	S
00787	Sophiehof x	84	89	74	82,3	9	S
00788	Spaldings Prolific	98	90	81	89,7	9	S
00792	Sperlings Sinslebener N.Z.	92	91	85	98,3	4	S
00794	Splendeur-Vilmorin	90	82	84	85,3	4	S
00814	Steadfast	72	85	85	80,7	9	S
00825	Stieglers Protos	92	82	88	87,3	5	S
00827	Stojkiste	92	79	85	85,3	7	S
00834	Strubes Kreuzung	32	81	82	65,0	43	BL
00835	Strubes Kreuzung 210 Begrannt	76	87	82	81,7	6	S
00836	Stumpenweizen	84	86	83	84,3	1	S
00838	Sturmweizen	46	91	91	76,0	34	BL
00855	Svaloefs Bore II	70	69	89	76,0	14	L
00856	Svaloefs Brigitta	78	87	85	83,3	5	S
00868	Svaloefs Skandia III	92	96	92	93,3	2	S
00870	Svaloefs Skandlavete	86	81	91	86,0	5	S
00872	Svaloefs Sonnet II	98	91	92	93,7	4	S
00885	Szekacs 1510	72	97	86	85,0	14	L
00898	Tartanowska	80	90	91	87,0	6	S
00899	Tascosa	94	72	55	73,7	26	BL
00907	Tenor	70	82	66	72,7	11	L
00935	Trigo Primavera	80	77	64	73,7	11	L
00938	Tritus	86	78	79	81,0	5	S
00943	Tschermaks Non Plus Ultra	86	80	79	81,7	4	S
00964	Ulyanovka	72	66	32	56,7	38	BL
00971	Utracan MA	88	90	76	84,7	8	S
00988	Victor II	74	70	74	72,7	3	S
00993	Vilmorin	76	81	90	82,3	8	S

c.d Tabela 1

PL	Odmiana Variety	Lata Years			X	V	Stopień stabilności Stability degree
		1981	1996	1998			
00995	Vilmorin Ble de Are Sor	76	87	90	84,3	8	S
01000	Vilmorin-Sud	78	88	83	83,0	6	S
01009	Vogels Agaer Braunweizen	88	86	87	87,0	1	S
01025	Weibulls Ankar II	92	91	82	88,3	6	S
01026	Weibuls Banco	90	75	97	87,3	12	L
01029	Weibuls Eroika	84	80	92	85,3	7	S
01032	Weibuls Jarl I	94	89	93	92,0	2	S
01034	Weibuls Saxo	76	81	92	83,0	9	S
01040	Weiselburger Standard	78	72	79	76,3	4	S
01043	Welke Giersleben St 4	90	90	90	90,0	0	S
01044	Welkes B 422	76	81	90	82,3	8	S
01048	Wetterauer Fuchs	78	90	82	83,3	7	S
01049	White Odessa	78	62	70	70,0	11	L
01056	Willem I	84	89	84	85,7	3	S
01065	Wysokolitewka Antonińska	72	81	81	78,0	6	S
01080	Zara	76	76	75	75,7	0	S
01105	02411	80	94	92	88,7	8	S
01106	02453	74	89	75	79,3	10	S
01115	184-1822	92	66	83	80,3	16	L
01227	Red	76	63	58	65,7	14	L
01250	Vebesserter St.Johanner	83	86	93	87,3	5	L
Średnia Mean		81,8	81,3	76,1			
Współczynnik zmienności V % Variability coefficient		13	13	20			
S — Stabilne		L — Labilne		BL — Bardzo labilne			
S — Stable		L — Labile		BL — Much labile			

Wyliczone indeksy wartości przechowalniczej pozwalają na porównanie tej cechy u nasion o różnej zdolności kiełkowania na początku i w trakcie przechowywania (tab. 2). Po 15 latach przechowywania najwyższy indeks wartości przechowalniczej 253 stwierdzono u odmiany Strubes Kreuzung, u której nastąpił wzrost zdolności kiełkowania z 32% w 1981 do 81% w 1996 roku. Wartość indeksu powyżej 100 stwierdzono u 28 odmian, a poniżej 100 u 38 odmian. U odmian Welke Giersleben ST 4 i Zara wartość indeksu była 0, czyli zachowana była wyjściowa zdolność kiełkowania.

Po 17 latach przechowywania najwyższy indeks wartości przechowalniczej 256 stwierdzono u odmiany Strubes Kreuzung 210 Begrannt. Wyjściowa zdolność kiełkowania w roku 1981 dla tej odmiany wynosiła 32%, a po 17 latach przechowywania, to jest w roku 1998, wynosiła 82%. Wartość indeksu powyżej 100 stwierdzono u 26 odmian, co świadczy, że nastąpiła u nich poprawa zdolności kiełkowania po 17 latach przechowywania. Zdolność kiełkowania na poziomie wyjściowym zachowały cztery odmiany, a mianowicie odmiana Svaloefts Skandia, pochodząca ze Szwecji, odmiana Victor II z Wielkiej Brytanii, Welke Giersleben ST 4 i odmiana Willem I z Holandii.

Tabela 2

Indeksy wartości przechowalniczej i kierunki zmian zdolności kielkowania odmian pszenicy ozimej w długoterminowym przechowywaniu

The preservation value index and the direction of changes in germination capacity of winter wheat varieties in long-term storage

PL	Odmiana Variety	Pochodzenie Origin	Lata przechowywania Years of preservation			
			15		17	
			Indeks Index	Kierunek Trend	Indeks Index	Kierunek Trend
00635	Red Velvet Chaff		48	-	16	-
00644	Reininghaus WZ.DK.5		79	-	57	-
00645	Rene Leblond	FRA	93	-	55	-
00656	Rimpau Bastard II	DDR	94	-	42	-
00663	Rode Ris	NLD	91	-	93	-
00677	Rubis	SWE	118	+	97	-
00678	Ruda		107	+	85	-
00680	Rudest	FRA	82	-	69	-
00681	Rudy	USA	93	-	35	-
00696	Russischer Korschow 278		77	-	53	-
00704	Sadorka		50	-	76	-
00722	Aumur d Automne	FRA	93	-	81	-
00726	Schindlers N.Z.	DEU	88	-	80	-
00727	Schlansdter Dickkopf	DEU	123	+	105	+
00737	Sah-Ming		95	-	72	-
00741	Selecty Bastard	CSK	92	-	66	-
00742	Selm M 65-3157		90	-	75	-
00743	Selection 101		121	+	103	+
00754	Siegfried	DEU	101	+	101	+
00779	Słoneczna ze Svaloef		121	+	112	+
00787	Sophiehof X		105	+	88	-
00788	Spaldings Prolifc	GBR	91	-	82	-
00792	Sperlings Sinslebener N.Z.		98	-	92	-
00794	Splendeur-Vilmorin		91	-	93	-
00814	Steadfast	GBR	118	+	118	+
00825	Stieglers Protos		89	-	95	-
00827	Stojkiste		85	-	92	-
00834	Strubes Kreuzung	DEU	253	+	256	+
00835	Strubes Kreuzung 210 Begr.	DEU	114	+	101	+
00836	Stumpenweizen		102	+	98	-
00838	Sturmweizen		197	+	197	+
00855	Svaloefs Bore II	SWE	98	-	127	+
00856	Svaloefs Brigitta	SWE	111	+	108	+
00868	Svaloefs Skandia III	SWE	104	+	100	0
00870	Svaloefs Skandiavete II	SWE	94	-	105	+
00872	Svaloefs Sonnet II	SWE	92	-	93	-
00885	Szekacs 1510	HUN	134	+	119	+
00898	Tartanowska		112	+	113	+
00899	Tascona	USA	76	-	58	-
00907	Tenor	DEU	117	+	94	-
00935	Trigo Primavera	ESP	96	-	80	-
00938	Tritus	DEU	90	-	91	-
00943	Tschemaks Non Plus Ultra	AUT	93	-	91	-
00964	Ulyanovka	SUN	91	-	44	-
00971	Utracan MA	ARG	102	+	86	-

c.d. Tabela 2

PL	Odmiana Variety	Pochodzenie Origin	Lata przechowywania Years of preservation			
			15		17	
			Indeks Index	Kierunek Trend	Indeks Index	Kierunek Trend
00988	Victor II	GBR	94	-	100	0
00993	Vilmorin	FRA	106	+	118	+
00995	Vilmorin Ble de Are Sor	FRA	114	+	118	+
01000	Vilmorin-Sud	FRA	112	+	106	+
01009	Vogels Agaer Braunweizen	DEU	97	-	98	-
01025	Weibulls Ankar II	SWE	98	-	89	-
01026	Weibulls Banco	SWE	83	-	107	+
01029	Weibulls Eroika	SWE	95	-	109	+
01032	Weibulls Jarl I	SWE	94	-	98	-
01034	Weibulls Saxo	SWE	106	+	121	+
01040	Weiselburger Standard		92	-	101	+
01043	Welke Giersleben ST 4		100	0	100	0
01044	Welkes B 422		106	+	118	+
01048	Wetterauer Fuchs	DEU	115	+	105	+
01049	White Odessa	USA	79	-	89	-
01056	Willem I	NLD	105	+	100	0
01065	Wysokolitewka Antonińska	POL	112	0	112	0
01080	Zara		100	0	98	-
01105	02411		117	+	115	+
01106	02453		120	+	101	+
01115	184-1822		71	-	90	-
01227	Red	USA	82	-	76	-
01250	Verbesserter St. Johanner	AUT	103	+	112	+

Kierunek zmian — trend of changes

- Malejący
- Decreasing
- 0 Stały
- 0 Stable
- + Wzrastający
- + Increasing

Indeks wartości przechowalniczej poniżej 100 po 17 latach przechowywania stwierdzono u 38 odmian.

Poziom zdolności kiełkowania w ciągu 17 lat przechowywania zachowały 42 odmiany, które odznaczały się stabilnym charakterem przechowywania przy współczynniku zmienności V (poniżej 10%). Labilny charakter przechowywania przy V od 10,1% do 20% wykazało 15 odmian. Natomiast bardzo labilny charakter przechowywania od V 20,1% do 76% stwierdzono u 11 odmian.

Różna reakcja odmian na warunki przechowywania wyrażała się również tendencją w kierunku spadku lub wzrostu zdolności kiełkowania. Po 15 latach przechowywania stwierdzono spadek zdolności kiełkowania u 37 odmian, zachowanie zdolności kiełkowania na tym samym poziomie u dwóch i wzrost u 29 odmian. Natomiast po 17 latach przechowywania stwierdzono spadek zdolności kiełkowania u 38 odmian, zachowanie na tym samym poziomie u 4 odmian i wzrost u 26 odmian. Autor stwierdził podobne zjawisko zachowania zdolności kiełkowania u odmian pszenżyta ozimego po 12

latach przechowywania (Górski 2000) i jęczmienia ozimego po 8 i 15 latach przechowywania (2000 a).

WNIOSKI

1. Średnia zdolność przechowywania po 15 latach była na poziomie wyjściowej zdolności kiełkowania, natomiast po 17 latach stwierdzono spadek zdolności kiełkowania w stosunku do wyjściowej o 5,7 punktu procentowego.
2. Po 17 latach przechowywania najwyższą zdolność kiełkowania 93% stwierdzono u odmiany Weibuls Banco
3. Najniższą zdolność kiełkowania 12% po 17 latach przechowywania stwierdzono u odmiany Red Velvet Chaff.
4. Po 17 latach u 30% przechowywanych odmian stwierdzono wzrost zdolności kiełkowania. Dla tej grupy odmian indeks wartości przechowalniczej jest wyższy od 100.
5. Stabilne w przechowywaniu były 42 odmiany, dla których współczynnik zmienności V był mniejszy od 10%.
6. Zdolność kiełkowania na poziomie wyjściowym po 15 latach przechowywania zachowały odmiany Welke Giesleben ST 4 i Zara, a po 17 latach odmiany Svaloefts Skandia III, Victor II, Welke Giersleben ST4, Willem I
7. Odmiana Welke Giersleben ST 4 przez 17 lat przechowywania zachowała zdolność kiełkowania na poziomie 90%.
8. Zastosowany indeks wartości przechowalniczej, bez względu na różnice w wyjściowej i końcowej zdolności kiełkowania, wskazuje porównywalny kierunek zmian w zachowaniu żywotności ziarniaków.

LITERATURA

- Brewbaker J.L. 1970. Genetyka rolnicza. P W R i L Warszawa: 20 — 23.
- Dorywalski J., Gorzyński A., Rożnowska L., Tucholska H., Wojciechowicz M. 1956. Nasionoznawstwo roślin uprawnych. PWR i L, Warszawa
- Desai B.B., Kotecha P.M., Salunkhe D.K. 1997. Seeds. Handbook. Marcel Dekker, Inc., New York
- Gabińska K., Narkiewicz-Jodko M., Schneider K. 1991. Wpływ wieloletniego przechowywania na wartość siewną pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 180: 43 — 52
- Grzebiuk St. 1967. Fizjologia nasion. P W R i L, Warszawa
- Górecki R., Kulka K., Puchalski J. 1998. Mechanizm starzenia się nasion w aspekcie długiego przechowywania. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 463: 191 — 209
- Góral St. 1988. Gromadzenie i opracowywanie zasobów genowych dla hodowli roślin w Polsce. Zesz. Probl. IHAR: 7 — 15.
- Górski M. 1993. Zdolność kiełkowania ziarniaków pszenicy jarej w długoterminowym przechowywaniu. Biul. IHAR 188: 255 — 260.
- Górski M. 1995. Żywotność ziarniaków pszenicy ozimej w długoterminowym przechowywaniu. Biul. IHAR 193: 95 — 101.
- Górski M. 1998. Zdolność kiełkowania ziarniaków pszenicy ozimej w długoterminowym przechowywaniu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 463: 245 — 254.
- Górski M. 1999. Żywotność nasion lnu w długoterminowym przechowywaniu. Biul. IHAR 210: 189 — 192.

- Górski M. 1999 a. Zdolność kiełkowania ziarniaków żyta ozimego w długoterminowym przechowywaniu. Biul. IHAR 212: 109 — 114.
- Górski M. 1999 b. Żywotność orzeszków gryki w długoterminowym przechowywaniu. Biul. Nauk. ART. Olsztyn 4:101 —106.
- Górski M. 2000. Zdolność kiełkowania różnych odmian i rodów pszenżyta ozimego po długoterminowym przechowywaniu. Zesz. Nauk. AR Szczecin 206: 79 — 82.
- Górski M. 2000 a. Żywotność ziarniaków jęczmienia ozimego w długoterminowym przechowywaniu. Biul. IHAR 215: 195 — 199.
- Hawkes J.G. 1978. Zachowanie i wykorzystanie roślinnych zasobów genowych. Biul. IHAR 133: 139 – 145.
- International Seed Testing Association 1985. International Rules for Seed Testing. Seed Sci. Technol. 132 : 299 — 355
- Kulpa D. 1994. Ocena zdolności kiełkowania i wigoru przechowywanego ziarna pszenżyta. Biul. IHAR 190: 53 — 59
- Lityński M. 1978. Badania nad przechowywaniem nasion w latach 1951-1975. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 202: 7 — 50.
- Lonc W. 1984. Wpływ warunków przechowywania ziarna siewnego pszenicy ozimej, żyta i jęczmienia jarego na zdolność kiełkowania i plony. Biul. IHAR. 153: 165 — 184.
- Narkiewicz-Jodko M., Schneider J., 1990. Wpływ warunków przechowywania na wartość siewną i zdrowotną ziarna pszenżyta ozimego. Hod. Rośl. Aklim. 32, 5/6: 1 — 23.
- Polska Norma-79/R-65950. 1979. Metody Badania Nasion. Wyd. Norm., Warszawa
- Ruebenbauer T., Muller H. 1985. Ogólna hodowla roślin PWN, Warszawa: 21.
- Zalewski K., Górecki R., Górski M., Witkowski J. 1997. Metabolizm starych nasion. Zmiany fizjologiczne w nasionach roślin strączkowych podczas przechowywania. Biul. IHAR 201. 199 — 210.
- Wiłkojć A. 1978. Uwagi na temat opracowywania prognozy okresu przechowywania nasion. Biul. IHAR 133: 229 — 236.

TADEUSZ DRZAZGA**LUDWIK SPISS**¹

Hodowla Roślin Rolniczych — Nasiona Kobierzyc

¹Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Akademia Rolnicza w Krakowie

Postęp genetyczny w plonowaniu pszenicy jarej w Polsce

Genetic progress in yields of spring wheat in Poland

W latach 1997–1999 przeprowadzono dwa rodzaje doświadczeń (bez ochrony i z ochroną przy użyciu fungicydów i retardanta) z odmianami pszenicy jarej wprowadzonymi do uprawy w latach 1925–1997. Przy zastosowaniu ochrony postęp genetyczny w plonowaniu oszacowano na 25,4 kg/ha/rok. Otrzymana wartość charakteryzuje zmiany w potencjale plonowania odmian pszenicy jarej wprowadzanych w różnych latach. W doświadczeniach bez ochrony oszacowanie postępu było wyższe (33,2 kg/ha/rok), do czego przyczynił się postęp w odporności na wyłęganie i na choroby. Wzrostowi plonów ziarna towarzyszył wzrost plonu biomasy u nowszych odmian.

Słowa kluczowe: biomasa, postęp genetyczny, pszenica jara, plon ziarna

In 1997–1999 two types of experiments were conducted (without protection and with protection against lodging and diseases) on Polish spring wheat cultivars released from 1925 to 1997. In experiments with protection the genetic progress in grain yields was rated as 25,4 kg/ha/year. This value shows the gains in yield potential. In experiments without protection the progress in resistance to lodging and diseases contributed to the total gains, which amounted to 33,2 kg/ha/year. The progress in grain yield was associated with biomass gains.

Key words: biomass, genetic progress, grain yield, spring wheat

WSTĘP

Dążenie do wzrostu plonowania w procesie hodowlanym, wywarło ogromny wpływ na szereg cech, które warunkują wysoki potencjał plonowania. Wzrost wartości tych cech roślin uprawnych, reprezentowanych przez nowe odmiany, stanowi ocenę postępu genetycznego. Podstawą do oszacowania tego postępu mogą być wyniki doświadczeń odmianowych, wykorzystywane do wnioskowania o rejestracji i rejonizacji odmian (Feyerherm i Paulsen, 1984; Silvey, 1986; Krzymuski, 1989).

Bardziej miarodajne są metody, w których bezpośrednio porównuje się odmiany pochodzące z różnych okresów, stosując współczesną technologię uprawy i umożliwiając

badanym odmianom ujawnienie potencjalnego plonowania. Tego rodzaju analizy postępu genetycznego dla pszenicy ozimej i jarej, spotkamy w wielu pracach zagranicznych (Austin i in., 1980; Cox i in., 1988; Sayre i in., 1997), natomiast w Polsce brakuje podobnych opracowań.

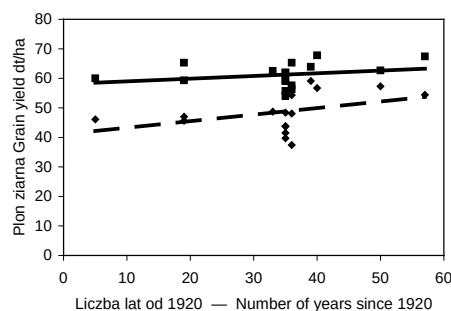
MATERIAŁ I METODY

W latach 1997–1999 w Zakładzie Hodowli Pszenicy Pustków Żurawski koło Wrocławia przeprowadzono doświadczenia z odmianami wprowadzonymi do uprawy w Polsce w okresie od 1925 do 1997 roku. Wskutek konieczności rozmnożenia próbek niektórych starszych odmian (otrzymano je z banku Genów IHAR w Radzikowie), nie brały one udziału w doświadczeniu założonym w 1997 roku. W niniejszym opracowaniu podano informacje odnoszące się wyłącznie do 27 odmian wyhodowanych w Polsce. Doświadczenia założono w dwóch wariantach, to jest bez ochrony i z ochroną, przy pomocy fungicydów i reterdanta. Gęstość siewu wynosiła 450 ziaren/m². Zastosowano układ kraty kwadratowej częściowo zrównoważonej, w 3 powtórzeniach. Zbiór ziarna przeprowadzono z poletek o powierzchni 5 m². W celu określenia plonu biomasy i słomy z każdego poletka zebrano po dwa rządki o długości 1 m (powierzchnia 0,25 m²).

Wyniki poddano analizie wariancji, a dla zaobserwowania trendów zmian poszczególnych cech w odmianach z różnych okresów posłużono się regresją liniową średnich dla odmian względem roku wprowadzenia odmiany do uprawy. Po stwierdzeniu istniejącego efektu liniowego otrzymany współczynnik regresji charakteryzuje relatywną zmienność plonu odmian w zależności od roku wyhodowania, stanowiąc ocenę postępu genetycznego. Istotność zróżnicowania odmian i efektów regresji sprawdzono testem F. Dodatkowo badany okres podzielono na 2 podokresy, tj. lata 1925–1977 i 1986–1997. Podstawą podziału był rok rejestracji odmiany Eta (1986), nadal utrzymującej wysoki poziom plonowania i znaczący udział w zasiewach kwalifikacyjnych (4,8% w skali kraju w 2000 roku).

WYNIKI I DYSKUSJA

Zależność plonu ziarna odmian od roku wprowadzenia ich do uprawy była istotna dla obu wariantów doświadczeń. W warunkach ochrony, gdzie wszystkie odmiany, także te o słabszej odporności na wyleganie i na choroby, powinny mieć możliwość ekspresji swego potencjału plonowania, otrzymane oszacowanie postępu genetycznego wynosiło 25,4 kg/ha/rok (tab. 1). Oparto je na doświadczeniach z lat 1998–1999, przeprowadzonych z udziałem wszystkich odmian. Podobne oszacowanie z doświadczenia w 1997 roku niewiele się różniło (28,4 kg/ha/rok). Te wartości charakteryzują zmiany w potencjale plonowania polskich odmian pszenicy jarej w latach 1925–1997. Zastosowanie fungicydów i retardanta miało znaczący wpływ na wyleganie oraz wystąpienie chorób u odmian najstarszych (tab. 1), wpłynęło w większym stopniu na plonowanie tych odmian niż odmian nowszych. To przyczyniło się do braku różnic w plonowaniu między odmianami wprowadzonymi do uprawy w latach 1925–1977 (rys. 1).



$$y = 0,2244x + 40,992$$

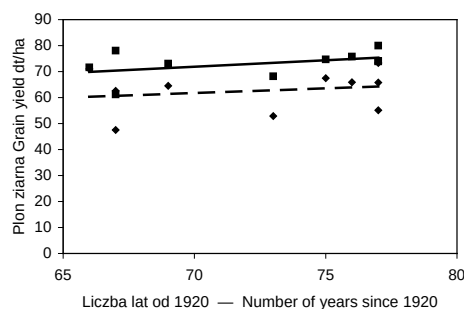
$$R^2 = 0,16 \text{ (bez ochrony, without protection)}$$

$$y = 0,0911x + 58,081$$

$$R^2 = 0,16 \text{ (z ochroną, with protection)}$$

Rys. 1. Regresja plonów ziarna odmian pszenicy jarej względem roku ich wprowadzenia do uprawy w doświadczeniach bez ochrony (linia przerywana) i z ochroną (linia ciągła), analizowany okres — 1925–1977

Fig. 1. Regression of grain yields of spring wheat cultivars to the year of cultivar release from experiments without protection (dotted line) and with protection (continuous line), the analysed period — 1925–1977



$$y = 0,3578x + 36,704$$

$$R^2 = 0,04 \text{ (bez ochrony, without protection)}$$

$$y = 0,5032x + 36,639$$

$$R^2 = 0,19 \text{ (z ochroną, with protection)}$$

Rys. 2. Regresja plonów ziarna odmian pszenicy jarej względem roku ich wprowadzenia do uprawy w doświadczeniach bez ochrony (linia przerywana) i z ochroną (linia ciągła), analizowany okres — 1986–1997

Fig. 2. Regression of grain yields of spring wheat cultivars to the year of cultivar release from experiments without protection (dotted line) and with protection (continuous line), the analysed period — 1986–1997

W grupie odmian nowszych wystąpiła tendencja do wzrostu (rys. 2). Zwiększenie plonu wynika ze zwiększonej akumulacji asymilatów w ziarnie przy redukcji wysokości i zmianach w strukturze łanu (Austin i in., 1980; Sinha i in., 1981; Siddique i in., 1989). Badania nad zdolnością asymilacji CO₂ starych i nowych odmian wykazały brak różnic między tymi grupami (Gent i Kiyomoto, 1985).

Postęp w plonowaniu ziarna w doświadczeniach przy braku ochrony oszacowany na 33,2 kg/ha/rok (tab. 1), jest wyrazem prac hodowlanych zmierzających do uzyskania wyższego plonu ziarna połączonego z wyselekcjonowaniem genotypów o lepszej odporności na wyleganie i choroby grzybowe. Zwłaszcza w odporności na wyleganie dają się zaobserwować w doświadczeniach bez ochrony znaczne różnice między odmianami starymi i nowymi

Tabela 1

Plony i inne cechy odmian pszenicy jarej rejestrowanych w różnych latach w doświadczeniach bez ochrony (a) i z ochroną (b)
Yields and other traits of spring wheat cultivars released in various years in experiments without protection (a) and with protection (b)

Odmiana Cultivar	Rok Year	Plon ziarna Grain yield dt/ha				Plon biomasy Biological yield dt/ha	
		1997	1997	1998–1999	1998–1999	1997	1998–1999
		a	b	a	b	a	b
Jedyna	1925	33,5	42,7	46,1	60,0	126,3	124,5
Ostka Chłopicka	1939			45,6	65,3		120,9
Złotnicka	1939	31,5	38,1	47,0	59,3	124,2	139,6
Ostka Kleszczewska	1953	44,5	45,5	48,7	62,5	148,7	138,4
Malborska	1955	34,0	46,6	39,7	59,5	132,9	121,8
Nadgoplanka	1955			43,7	55,7		158,4
Nagradowicka	1955			48,4	61,9		136,5
Opolska	1955	38,8	44,2	55,2	62,0	116,1	153,0
Rokicka	1955			41,5	59,0		136,7
Rusałka	1955			43,8	54,0		132,7
Bajka	1956	39,2	46,5	54,3	65,3	138,0	153,9
Gorzowska Wczesna	1956	34,2	42,9	48,1	56,3	132,0	153,3
Podkowianka	1956	34,2	46,6	37,4	57,6	135,6	136,8
Gorzowska Szttywna	1959	38,9	40,5	59,1	63,9	137,7	155,8
Ostka Popularna	1960			56,7	67,8		139,2
Urbanka	1970	36,3	41,8	57,3	62,7	130,5	129,3
Alfa	1977	39,9	44,5	54,4	67,4	144,6	138,8
Eta	1986	47,5	53,0	71,0	71,6	147,3	151,9
Henika	1987	47,2	58,0	62,6	78,1	146,1	135,9
Sigma	1987	45,5	51,3	47,5	61,2	139,4	130,2
Broma	1989	55,2	61,2	64,5	73,1	155,4	152,2
Igna	1993	54,1	60,1	52,9	68,2	141,2	119,9
Ismena	1995	47,8	52,2	67,5	74,7	144,3	182,3
Torka	1996	44,3	47,1	65,9	75,8	151,5	164,9
Helia	1997	61,0	61,0	55,1	74,1	146,0	137,2
Hena	1997	56,2	57,9	73,3	73,9	157,5	187,5
Hezja	1997	55,2	64,3	65,8	80,0	158,9	167,1
Postęp genetyczny kg/ha/rok Genetic gain kg/ha/year		33,9**	28,4**	33,2**	25,4**	39,0**	38,0*

c.d.Tabela 1

Odmiana Cultivar	Rok Year	Plon słomy Straw yield dt/ha		Wyleganie skala. 9° Lodging 9° scale		Choroby liści skala 9° Leaf diseases 9° scale	
		1997	1998–1999	1997–1999		1997–1999	
		a	b	a	b	a	b
Jedyna	1925	94,5	88,9	3,1	5,4	4,3	7,0
Ostka Chłopicka	1939		86,9	4,4	6,3	5,3	7,1
Złotnicka	1939	97,8	97,7	3,7	5,7	5,6	7,4
Ostka Kleszczewska	1953	112,3	100,5	3,8	5,2	5,6	7,6
Malborska	1955	98,2	86,0	5,5	7,5	5,7	7,9
Nadgoplanka	1955		111,1	3,3	4,4	5,8	6,9
Nagradowicka	1955		97,2	5,0	5,6	3,9	5,9
Opolska	1955	83,2	106,6	6,3	7,8	4,7	6,9
Rokicka	1955		94,3	4,9	5,0	3,3	5,1
Rusałka	1955		87,4	4,9	5,4	5,4	6,4
Bajka	1956	93,9	109,1	3,6	4,9	4,1	5,8
Gorzowska Wczesna	1956	98,9	109,8	3,4	4,7	4,2	7,2
Podkowianka	1956	102,6	96,0	4,0	5,3	4,4	6,9
Gorzowska Sztynwna	1959	99,8	109,0	6,2	7,5	5,8	7,3
Ostka Popularna	1960		96,9	4,1	6,8	6,3	7,3
Urbanka	1970	99,0	85,3	4,5	6,3	5,1	6,9
Alfa	1977	102,5	91,9	7,3	8,6	5,6	7,1
Eta	1986	98,3	93,9	8,7	8,8	5,8	7,4
Henika	1987	97,0	84,4	8,1	8,4	6,1	7,0
Sigma	1987	95,4	87,2	8,4	8,7	5,4	7,1
Broma	1989	97,3	98,0	8,7	8,8	6,7	7,7
Igna	1993	84,4	77,7	8,8	8,8	5,1	6,8
Ismena	1995	95,5	117,2	8,1	8,8	6,5	7,4
Torka	1996	106,4	106,3	7,5	8,5	6,2	7,4
Helia	1997	94,4	87,6	8,1	8,2	5,6	7,1
Hena	1997	106,0	117,0	8,4	8,8	6,3	7,6
Hezja	1997	101,3	105,1	7,8	8,7	5,0	7,3
Postęp genetyczny kg/ha/rok Genetic gain kg/ha/year		1,1	4,30	0,052**	0,06**	0,02**	0,008

O związku wylegania z plonowaniem świadczy wysoki i istotny współczynnik korelacji między tymi cechami ($r = 0,684^*$). Niestety pomimo zastosowania fungicydów i retardantów w doświadczeniach obserwowano wyleganie i choroby. Otrzymane plony odmian, które w warunkach ochrony wyległy i zostały porażone patogenami nie są równe ich potencjałowi plonotwórczemu. Pełne zabezpieczenie przed wyleganiem można by osiągnąć przez zastosowanie siatek podtrzymujących, podobnie jak zrobili to na przykład Austin wsp. (1980) i Ledent i Stoy (1988). Brak pełnej ochrony spowodował, że oszacowanie postępu genetycznego odnoszącego się wyłącznie do potencjału plonowania (25,4 kg/ha/rok) jest prawdopodobnie nieco zawyżone. Przyjmując za Byerlee i Moya (1995), że na postęp genetyczny składa się wzrost potencjału plonowania oraz odporności na wyleganie i choroby, w ślad za tymi autorami można wyliczyć oszacowanie postępu wynikającego z poprawy odporności na podstawie różnicy oszacowań postępu z doświadczeń bez ochrony i z ochroną. Otrzymana wartość 7,8 kg/ha/rok ($33,2 - 25,4 = 7,8$) wskazuje, że udział postępu wynikającego z poprawy odporności w postępie ogólnym wyniósł 23%. W

Meksyku i Pakistanie w latach 1965–1985 otrzymano oszacowania tego udziału wynoszące odpowiednio 74 i 53% (Byerlee i Moya, 1995). Niewątpliwie wystąpienie wylegania i porażenia chorobami w naszych doświadczeniach z ochroną przyczyniło się do zawyżonej oceny udziału postępu w wyniku zwiększonego potencjału plonowania i zaniżonej oceny udziału postępu w wyniku podwyższonej odporności.

U odmian nowych stwierdzono większą produktywność biomasy w stosunku do odmian starych, a postęp roczny wynosił 38 kg/rok. Plon słomy wzrastał tylko nieznacznie. Przyrost biomasy był głównie wynikiem wzrostu plonu ziarna. Z postępem plonu biomasy u odmian nowszych można się spotkać w literaturze (Waddington i in., 1986; Peltonen-Sainio i Peltonen, 1994; Avcin i Avci, 1996), choć są liczne doniesienia o braku różnic między odmianami starszymi i nowymi pod względem tej cechy (Cox i in., 1988; Sayre i in., 1997).

WNIOSKI

1. Roczny postęp w plonowaniu odmian pszenicy jarej oszacowano na 33,2 kg/ha.
2. W doświadczeniach z zastosowaniem ochrony przy pomocy retardanta i fungicydów postęp w wyniku zwiększonego potencjału plonowania oceniono na 25,4 kg/ha/rok.
3. Odmiany pszenicy wprowadzone do produkcji w latach 1925–1977 wykazały zbliżony potencjał plonowania, a postęp w plonowaniu tych odmian wynikał ze zwiększonej odporności na wyleganie i na choroby.
4. Wzrost plonów ziarna odmian pszenicy był powiązany ze wzrostem biomasy.

LITERATURA

- Avcin A., Avci M. 1996. Yield improvement of bread wheat cultivars released for Central Anatolia. 5th International Wheat Conference. Ankara, Turkey: 6.
- Austin R., Bingham J., Blackwell R., Evans L., Ford M., Morgan C., Taylor M. 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 94: 675 — 89.
- Byerlee D., Moya P. 1995. Impacts of international wheat breeding research in the developing world, 1966–1990. „Acrobat” Woblink Plug — In Version 1.0 Copyright 1995: Adobe Systems Incorporated
- Cox T.S., Shroyer J. P., Ben-Hui Liu, Sears R.G., Martin T.J. 1988. Genetic improvement in agronomic traits of hard red winter wheat cultivars from 1919 to 1987. *Crop Sci.* 28: 756 — 760.
- Feil B. 1992. Breeding progress in small grain cereals — a comparison of old and modern cultivars. *Plant Breeding*, 108: 1 — 11.
- Feyerherm A., Paulsen G., Sebaugh J. 1984. Contribution of genetic improvement to recent wheat yield increases in the USA. *Agron. J.* 76: 985 — 990.
- Gent M. P. N., Kiyomoto K. R. 1985. Comparison of canopy and flag leaf net carbon dioxide exchange of 1920 and 1977. New York winter wheats. *Crop Sci.* 25: 81 — 86.
- Krzymuski J. 1989. Potencjalna i rzeczywista efektywność postępu biologicznego w produkcji zbóż w Polsce. *Biul. IHAR*: 171 — 72.
- Krzymuski J. 1989. Potencjalna i rzeczywista efektywność postępu biologicznego w produkcji zbóż w Polsce. *Biul. IHAR*: 171 — 72.
- Peltonen-Sainio P., Peltonen J. 1994. Progress since the 1930s in breeding for yield, its components, and quality traits of spring wheat in Finland. *Plant Breeding*, 113: 177 — 186.
- Sayre K.D., Rajaram S., Fischer R.A. 1997. Yield potential progress in short bread wheats in Northwest Mexico. *Crop Sci.* 37: 36 — 42

- Siddique K. H. M., Belford K. R., Perry W. M., Tennant D. 1989. Growth, development and light interception of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean — type environment. *Aust. J. Agric. Res.* 40: 473 — 487.
- Sinha S.K., Aggarwal K. P., Chaturvedi S. G., Koundal R. K., Khanna-Chopra R., 1981. A comparison of physiological and yield characters in old and new wheat varieties. *J. Agric. Sci, Cambridge* 97: 233 — 236.
- Waddington S., Ransom J., Osmanzai M. i Saunders D. 1986. Improvement in the yield potential of bread wheat adapted to Northwest Mexico. *Crop Sci.* 26: 698 — 703.

STANISŁAW JEDYŃSKIKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza, Wrocław

Odziedziczalność i analiza ścieżkowa komponentów plonu pszenicy jarej

Heritability and path coefficient analysis of yield components in spring wheat

Masa tysiąca ziaren charakteryzowała się dość wysokimi wartościami odziedziczalności. Dla liczby ziaren z kłosa oszacowano średnie, a dla liczby kłosów produktywnych niskie wskaźniki odziedziczalności, zwłaszcza w przypadku mieszańca Dollar × Henika. Masa ziarna z rośliny była determinowana głównie przez liczbę kłosów. Wpływ liczby ziaren był znacznie mniejszy, ale istotny. Nie stwierdzono natomiast istotnej współzależności między masą tysiąca ziaren a masą ziarna z rośliny. Korelacje między komponentami plonu były niskie i jedynie u mieszańca Dollar × Henika obliczono bliską istotności ujemną zależność między liczbą kłosów a masą tysiąca ziaren. Wydaje się, że plenność pojedynków będzie można zwiększyć prowadząc selekcję na liczbę ziaren z kłosa i utrzymując masę tysiąca ziaren na określonym poziomie.

Słowa kluczowe: analiza ścieżkowa, komponenty plonu, odziedziczalność, pszenica jara

In a study of two spring wheat hybrids heritability estimates were very high for plant height, high for 1000 grain weight, intermediate for no. of grains/ear and very low for no. of ears/plant and grain yield/plant. No. of ears/plant had the highest positive correlation with grain yield/plant. Association of no. grains/ear with plant yield was much lower but significant. There was no significant relationship between 1000-grain weight and grain yield/plant. Correlations between yield components were very low. Negative correlation, which did not reach significance, was found between no. of ears/plant and 1000 grain weight in one cross. The results of this study indicated that no. of grains/ear was the most important character in selection for high grain yield.

Key words: heritability, path coefficient analysis, spring wheat, yield components

WSTĘP

Podstawowym celem prac hodowlanych jest uzyskanie odmian wysokoplennych. Niestety plon jest cechą warunkowaną przez dużą liczbę genów i jak wykazano w wielu badaniach, charakteryzuje się niską odziedziczalnością (Fonseca i Patterson, 1968; Ketata i in., 1976 a; Sidwell i in., 1976). Dlatego też, niektórzy hodowcy zaproponowali, aby selekcję prowadzić w kierunku uzyskania korzystnych komponentów plonu, które na ogół odznaczają się wyższą odziedziczalnością we wczesnych pokoleniach mieszańcowych (McNeal i in., 1978). Komponenty plonu jednakże mogą być skorelowane ujemnie i wobec

tę ważne jest poznanie współzależności między nimi w celu określenia optymalnej presji selekcyjnej. Chociaż literatura na temat korelacji jest dość bogata, to jednak nie wszystkie zawarte tam informacje można wykorzystać w selekcji. W niektórych pracach oszacowano współczynniki korelacji na podstawie pomiarów roślin w obrębie tej samej linii homozygotycznej lub tego samego mieszańca F_1 , co sprawia, że tak uzyskane wyniki mogą mieć zastosowanie przede wszystkim w uprawie roślin w celu określenia optymalnych zabiegów uprawowych (Hadjichristodoulou, 1989; Kadłubiec i in., 1989). W innych pracach korelacje oszacowano na podstawie średnich odmianowych lub populacji homogenicznych (Nass, 1973; McNeal i in., 1974; Ledent, 1977; Briggs i Aytenfisu, 1980; Hucl i Baker, 1988; Ehdaie i Wains, 1989). Takie korelacje mają odniesienie do pracy selekcyjnej, jeżeli próba badanych odmian odznaczała się dużą różnorodnością genetyczną.

Stosunkowo mało jest badań dotyczących korelacji we wczesnych pokoleniach mieszańcowych, w których rozpoczyna się selekcję. Dlatego też celem niniejszej pracy było poznanie odziedziczalności oraz współzależności między plonem ziarna z rośliny a jego komponentami w pokoleniu F_2 dwóch mieszańców pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły pokolenia F_2 i F_3 dwóch mieszańców pszenicy jarej: Dollar $\times$ Henika i UH-19 $\times$ Henika. Doświadczenia przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Nasiona wysiano punktowo w rozstawie 20 x 20 cm. Z każdego mieszańca wybrano losowo po 40 roślin, na których określono następujące cechy ilościowe: wysokość roślin, liczbę kłosów z rośliny, liczbę ziaren z kłosa, masę tysiąca ziaren (MTZ), masę ziarna z rośliny (MZR), masę ziarna z kłosa i masę ziarna z kłosa głównego. Linie F_3 wysiano w rozstawie 20 x 20 cm na poletkach jednorządkowych. Ocenę biometryczną każdej linii F_3 przeprowadzono na pięciu losowo wybranych roślinach. Odziedziczalność obliczono według Freya i Hornera (1957). Analizę ścieżkową komponentów plonu wykonano za pomocą metody ścieżek Wrighta, którą podali Dewey i Lu (1959).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wartości wskaźników odziedziczalności przedstawiono w tabeli 1. Najwyższą odziedziczalnością charakteryzowała się wysokość roślin, zwłaszcza u mieszańca Dollar $\times$ Henika. Spośród komponentów plonu dość wysokie wartości wskaźnika uzyskano dla masy tysiąca ziaren, a nieco niższe dla liczby ziaren z kłosa. Liczba kłosów z rośliny i masa ziarna z rośliny miały bardzo niską odziedziczalność. Dla masy ziarna z kłosa i masy ziarna z kłosa głównego obliczono niskie wartości. Zbliżone wskaźniki odziedziczalności dla masy ziarna z rośliny i masy tysiąca ziaren uzyskali Ketata i wsp. (1976 a) oraz Sidwell i wsp. (1976). Węgrzyn i Pochaba (1981) stosując wzór Warnera oszacowali dość wysokie wartości odziedziczalności dla średniego plonu ziarna z kłosa i plonu ziarna z kłosa głównego.

Tabela 1

Wartości współczynników odziedziczalności kilku cech użytkowych pszenicy jarej
Heritabilities for several agronomic characters in spring wheat

Mieszaniec Hybrid	Cecha Character						
	Wysokość roślin Plant height	Liczba kłosów z rośliny No. of ears / plant	Liczba ziaren z kłosa No. of grains / ear	MTZ 1000 grain weight	Masa ziarna z rośliny Plant yield	Masa ziarna z kłosa Weight of grains / ear	Masa ziarna z kłosa głównego Weight of grains / main ear
Dolar × Henika	0,91	0,08	0,37	0,59	0,11	0,34	0,38
UH-19 × Henika	0,77	0,22	0,47	0,57	0,19	0,25	0,27

Współzależności między badanymi cechami przedstawia tabela 2. Głównym komponentem plonu ziarna z rośliny była liczba kłosów. Wpływ liczby ziaren był znacznie mniejszy, ale istotny. Nie stwierdzono natomiast istotnej korelacji między masą tysiąca ziaren a masą ziarna z rośliny. Masa ziarna z kłosa i masa ziarna z kłosa głównego były istotnie skorelowane z masą ziarna z rośliny u mieszańca UH-19 × Henika, natomiast u mieszańca Dollar × Henika istotna współzależność wystąpiła tylko w przypadku masy ziarna z kłosa głównego. Korelacje między komponentami plonu były bardzo niskie i jedynie u mieszańca Dollar × Henika obliczono bliską istotności współzależność między liczbą kłosów a masą tysiąca ziaren. U obydwu mieszańców wysokość roślin nie wpływała na masę ziarna z rośliny, była jednakże pozytywnie i istotnie związana z masą tysiąca ziaren, a w przypadku mieszańca Dollar × Henika również z masą ziarna z kłosa. Masa ziarna z kłosa głównego wykazywała wyższą korelację z masą ziarna z rośliny niż masa ziarna z kłosa.

W analizie ścieżkowej jako cechę główną przyjęto masę ziarna z rośliny, natomiast liczbę kłosów, liczbę ziaren z kłosa i masę 1000 ziaren potraktowano jako przyczyny (tab. 3). U mieszańca UH-19 × Henika efekty bezpośrednie były zbliżone do współczynników korelacji fenotypowej, natomiast u mieszańca Dollar × Henika bezpośredni wpływ liczby ziaren z kłosa na masę ziarna z rośliny był dwukrotnie niższy od współczynnika korelacji między tymi cechami. Z kolei bezpośredni wpływ masy tysiąca ziaren na masę ziarna z rośliny był prawie dwukrotnie wyższy od współczynnika korelacji fenotypowej, co było spowodowane ujemną korelacją między masą tysiąca ziaren a liczbą kłosów. Inni badacze, którzy określali współczynniki korelacji w pokoleniu F_2 uzyskali dużą różnorodność wyników. Ujemne korelacje między masą tysiąca ziaren a liczbą kłosów oszacowali Hsu i Walton (1971), Ketata i wsp. (1976b) oraz Sidwell i wsp. (1976), Virk i wsp. (1977) zaś nie stwierdzili istotnie ujemnych korelacji między komponentami plonu. Fonseca i wsp. (1968) wykazali ujemną korelację między liczbą kłosów a liczbą ziaren z kłosa. We wszystkich badaniach liczba kłosów była najważniejszym komponentem plonu ziarna z rośliny. Jeśli chodzi o pozostałe komponenty to w badaniach Ketaty i wsp. (1976) oraz Sidwella i wsp. (1976) masa tysiąca ziaren wywierała większy wpływ na masę ziarna z rośliny niż liczba ziaren z kłosa. Virk i wsp. (1977) zaś wykazali większy wpływ liczby ziaren z kłosa na masę ziarna z rośliny. Chociaż wysokość roślin nie jest bezpośrednim

komponentem plonu, to jednak jest ona uwzględniana w programach hodowlanych. Wysokie współczynniki korelacji między wysokością a plonem ziarna w pokoleniach F_2 – F_5 obliczyli Law i wsp. (1978).

Tabela 2

Współczynniki korelacji między cechami użytkowymi mieszańców F_2 pszenicy jarej
Phenotypic correlations between agronomic characters in F_2 hybrids of spring wheat

Mieszaniec Hybrid	Cecha Character	Liczba kłosów z rośliny No. of ears / plant	Liczba ziaren z kłosa No. of grains / ear	MTZ 1000 grain weight	Masa ziarna z kłosa Weight of grains / ear	Wysokość roślin Plant height	Masa ziarna z kłosa głównego Weight of grains / main ear
Dollar × Henika	MZR Plant yield	0,693*	0,456*	0,199	0,237	0,086	0,421*
	Liczba kłosów z rośliny No. of ears / plant		0,186	-0,306	-0,480*	-0,236	-0,060
	Liczba ziaren z kłosa No. of grains / ear			0,237	0,382*	0,150	0,826*
	MTZ 1000 grain weight				0,666*	0,527*	0,738*
	Masa ziarna z kłosa Weight of grains / ear					0,403*	0,647*
	Wysokość rośliny Plant height						0,400*
	MZR Plant yield	0,732*	0,370*	0,266	0,373*	0,107	0,462*
	Liczba kłosów z rośliny No. of ears / plant		-0,030	0,013	-0,320*	0,016	-0,001
UH-19 × Henika	Liczba ziaren z kłosa No. of grains / ear			-0,065	0,564*	0,043	0,683*
	MTZ 1000 grain weight				0,401*	0,450*	0,676*
	Masa ziarna z kłosa Weight of grains / ear					0,147	0,700*
	Wysokość rośliny Plant height						0,367*

* — Wartość istotna przy $P = 0,05$

* — Significant at $P = 0,05$

MZR — Masa ziarna z rośliny — Plant yield

W hodowli zbóż ważne są również informacje o korelacji między plonem ziarna z rośliny rosnącej w szerokiej rozstawie a plonem z poletka, gdzie stosuje się siew zwarty. Zagadnieniu temu poświęcono mało uwagi, a uzyskane wyniki nie pozwalają na uogólnienia, ponieważ oparte są na niewielkiej próbie odmian. Wysoką korelację między plonem ziarna z rośliny (siew punktowy 20 x 10 cm) a plonem z ha stwierdzili Borojevic i

Cupina (1968) w doświadczeniach z 9 odmianami pszenicy. Nass (1973) na podstawie dwuletnich badań z 22 odmianami pszenicy jarej wykazał, że masa ziarna z kłosa i liczba ziaren z kłosa były wysoce skorelowane z plonem z poletka. Podobnie Briggs i Aytenfisu (1980) badając 7 odmian i 6 gęstości siewu stwierdzili dodatnią korelację między liczbą ziaren z kłosa i masą ziarna z rośliny a plonem z poletka. W doświadczeniach Nassa i Briggsa pojedynki nie rosły jednakże w szerokiej rozstawie, a pochodziły z tych samych poletków, na których określono plon z poletka.

Tabela 3

**Analiza ścieżkowa czynników wpływających na masę ziarna z rośliny dwóch mieszańców F₂
pszenicy jarej**
Path coefficient analysis of direct and indirect effects on plant yield in two F₂ hybrids of spring wheat

Efekt Effect	Mieszaniec Hybrid	
	Dollar × Henika	UH-19 × Henika
Liczba kłosów i MZR No. of ears vs. plant yield	r = 0,693*	r = 0,732*
Efekt bezpośredni Direct effect	0,772	0,742
Efekt pośredni poprzez liczbę ziaren Indirect effect via no. of grains / ear	0,040	-0,012
Efekt pośredni poprzez MTZ Indirect effect via 1000 grain weight	-0,118	0,004
Liczba ziaren i MZR No. of grains / ear vs. plant yield	r = 0,456*	r = 0,370*
Efekt bezpośredni Direct effect	0,217	0,412
Efekt pośredni poprzez liczbę kłosów Indirect effect via no. of ears	0,144	-0,022
Efekt pośredni poprzez MTZ Indirect effect via 1000 grain weight	0,091	-0,020
MTZ i MZR 1000 grain weight vs. plant yield	r = 0,199	r = 0,270
Efekt bezpośredni Direct effect	0,386	0,302
Efekt pośredni poprzez liczbę kłosów Indirect effect via no. of ears	-0,236	0,009
Efekt pośredni poprzez liczbę ziaren Indirect effect via no. of grains / ear	0,051	-0,027
Efekt resztkowy Residual effect	0,54	0,49
Determinacja MZR przez analizowane cechy Determination of plant yield by the components	71%	76%

* — Wartość istotna przy P= 0,05

* — Significant at P= 0,05

MTZ — masa tysiąca ziaren — 1000 grain weight

MZR — masa ziarna z rośliny — grain yield per plant

Na podstawie wskaźników odziedziczalności i korelacji można wyciągnąć wniosek, że plenność pojedynków będzie łatwiej zwiększyć prowadząc selekcję raczej na liczbę ziaren z kłosa niż masę tysiąca ziaren. Wydaje się, że wniosek ten potwierdzają rezultaty praktycznej hodowli. Wyższe plonowanie nowych odmian jest związane przede wszystkim

z ich zdolnością do produkowania większej liczby ziaren na jednostce powierzchni (Slafer i Anderade, 1991; Calderini i in., 1995; McCaig i De Pauw, 1995). Skuteczność selekcji w badanych populacjach mieszańcowych zostanie przedstawiona w następnej pracy, gdzie wyselekcjonowane linie F₁₂ zostaną porównane z formami rodzicielskimi.

LITERATURA

- Briggs K. G., Aytenfisu A. 1980. Relationships between morphological characters above the flag leaf node and grain yield in spring wheats. *Crop.Sci.* 20: 350 — 354.
- Borojevic S., Cupina T. 1968. Phenotypic expression of different vulgare wheat genotypes under the same environment. *Proceedings of the Third International Wheat Genetics Symposium*. Butterworths: 388 — 396.
- Calderini D. F., Dreccer M. F., Slafer G. A. 1995. Genetic improvement in wheat yield and associated traits. A re-examination of previous results and the latest trends. *Plant Breeding*. 114: 108 — 112.
- Dewey D. R., Lu K. H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51: 515 — 518.
- Ehdaie B., Waines J. G. 1989. Genetic variation, heritability and path-analysis in landraces of bread wheat from southwestern Iran. *Euphytica* 41: 183 — 190.
- Fonseca S., Patterson F. L. 1968. Yield component heritabilities and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop. Sci.* 8: 614 — 617.
- Frey K. J., Horner T. 1957. Heritability in standard units. *Agron. J.* 49: 59 — 62.
- Hadjichristodoulou A. 1989. Environmental correlations among grain yield and other important traits of wheat in drylands. *Euphytica* 44: 143 — 150.
- Hucl P., Baker R. J. 1988. An evaluation of common spring wheat germplasm for tillering. *Can. J. Plant Sci.* 68: 1119 — 1123.
- Hsu P., Walton P. D. 1971. Relationships between yield and its components and structure above the flag leaf node in spring wheat. *Crop. Sci.* 11: 190 — 193.
- Kadłubiec W., Jedyński S., Lonc W., Strugała J. 1989. Analiza ścieżek Wrighta komponentów plonu linii i mieszańców F₁, pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Nauk Rol.* 382: 127 — 132.
- Ketata H., Edwards L. H., Smith E. L. 1976 a. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. *Crop. Sci.* 16: 19 — 22.
- Ketata H., Edwards L. H., Smith E. L. 1976 b. Character association in a Centurk × Bezostaia 1 winter wheat cross. *Cereal Res. Commun.* 4: 23 — 32.
- Law C. N., Snape J. W., Worland A. J. 1978. The genetical relationships between height and yield in wheat. *Heredity* 40: 133 — 151.
- Ledent J. F. 1977. Relationships between culm yield and morphological characters in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Cereal Res. Commun.* 5: 89 — 99.
- McCaig T. N., De Pauw R. M. 1995. Breeding hard red spring wheat in western Canada: Historical trends in yield and related variables. *Can. J. Plant Sci.* 75: 387 — 393.
- McNeal F. H., Smith E. P., Berg M. A. 1974. Plant height, grain yield, and yield component relationships in spring wheat. *Agron. J.* 66: 575 — 578.
- McNeal F. H., Qualset C. O., Baldrige D. E., Stewart V. R. 1978. Selection for yield and yield components in wheat. *Crop Sci.* 18: 795 — 799.
- Nass H. G. 1973. Determination of characters for yield selection in spring wheat. *Can. J. Plant Sci.* 53: 755 — 762.
- Sidwell R. J., Smith E. L., McNew R. W. 1976. Inheritance and interrelationships of grain, yield and selected yield — related traits in a hard red winter wheat cross. *Crop Sci.* 16: 650 — 654.
- Slafer G. A., Andrade F. H. 1991. Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world. A review. *Euphytica* 58: 37 — 49.

- Virk D. S., Aulakh H. S., Pooni H. S. 1977. A path coefficient analysis of grain yield in three wheat crosses. *Cereal Res. Commun.* 5: 31 — 39.
- Węgrzyn S., Pochaba L. 1981. Sposoby działania genów i odziedziczalność niektórych cech pszenicy ozimej. *Hod. Rośl. Aklim.* 25: 111 — 120.

STANISŁAW JEDYŃSKIKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza, Wrocław

Wpływ ościstości na wielkość ziarniaków pszenicy jarej

Influence of awns on seed size in spring wheat

W pracy porównano ościste i bezostne linie wyprowadzone z trzech mieszańców pszenicy jarej. Linie nie różniły się pod względem wysokości roślin, liczby kłosów i liczby ziaren z kłosa, natomiast istotne różnice wystąpiły w masie tysiąca ziaren, co wskazuje na związek między ościstością a wielkością ziarniaków. Potwierdzenie tej zależności wykazano również w doświadczeniu polowym z czterema liniami prawie izogenicznymi (F_9). Masa tysiąca ziaren form ościstych była około 6% wyższa.

Słowa kluczowe: linie izogeniczne, ości, pszenica jara, wielkość ziarniaków

Awned and awnless F_{10} and F_{11} lines derived from three spring wheat hybrids were evaluated in two field experiments. There were no significant differences between the awned and awnless lines for plant height, no. of ears/plant and no. of grains/ear but the awned lines had higher 1000 grain weight which indicated an association of seed size with awns. This was further confirmed in an experiment with 4 pairs of awned and awnless isogenic lines. The grains of awned lines were about 6% heavier.

Key words: awns, isogenic lines, seed size, spring wheat

WSTĘP

Woda jest głównym czynnikiem wpływającym na stopień wykorzystania energii słonecznej w produkcji roślinnej. W latach niedoboru jak i nadmiaru wody plony roślin ulegają znacznemu obniżeniu. Hodowla odmian odpornych na stres wodny jest bardzo trudna ze względu na konieczność stosowania kosztownych i długotrwałych testów fizjologicznych, które często prowadzą do zniszczenia rośliny i wobec tego są mało przydatne w trakcie selekcji we wczesnych pokoleniach mieszańcowych. Ponadto złożony sposób dziedziczenia wielu cech fizjologicznych, warunkujących odporność na suszę, hamuje postęp genetyczny.

Ościstość jest przykładem cechy morfologicznej związanej z odpornością na suszę i bardzo łatwej do selekcji. Ości kłosa są aktywnymi organami fotosyntetycznymi, które dostarczają znacznej ilości asymilatów do ziarniaków (Grundbacher, 1963; Johnson i in., 1975). Ich korzystny wpływ na plonowanie pszenicy zaznacza się szczególnie w okresach

suszy (Atkins i Norris, 1955; Suneson i Ramage, 1962) i u odmian półkarłowych (Vogel i in., 1963). Stwierdzono również pozytywną rolę ości w hamowaniu rozwoju mszyc, np. *Sitobion avenae* (Acreman i Dixon, 1986). Ościste odmiany, jako szybciej wysychające, polecane są do uprawy w rejonach o dużej wilgotności (Pool i Patterson, 1958).

Oprócz prac podkreślających pozytywną rolę ości są również i takie badania, w których nie stwierdzono istotnych różnic między formami ościstymi i bezostnymi (Dyck i Baker, 1975; Olugbemi i in., 1976 a, b; Weyhrich i in., 1994, 1995). W niektórych pracach wykazano nawet niekorzystny wpływ ości na plonowanie pszenicy (Patterson i in., 1962; McKenzie, 1972). Mimo, że rola ości nie została w pełni wyjaśniona, w niektórych krajach, np. USA, w rejonach gdzie występują niedobory wody uprawia się prawie wyłącznie odmiany ościste (Weyhrich i in., 1995). W Polsce również występują okresy suszy, powodujące znaczną obniżkę plonów, szczególnie u zbóż jarych. Niestety, wśród zarejestrowanych odmian pszenicy jarej jest tylko jedna forma oścista.

Wydaje się, że celowe byłoby przeprowadzenie badań dotyczących roli ości w plonowaniu pszenicy jarej w warunkach glebowo-klimatycznych Polski. Autorowi nie są znane polskie prace w tym zakresie. Niniejsza praca jest pierwszą próbą określenia wpływu ości na masę ziarniaków pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Swojcu, należącym do Akademii Rolniczej we Wrocławiu, w latach 1998–2000. Materiał badawczy stanowiły bezostne i ościste linie F_{10} i F_{11} otrzymane z mieszańców: Dollar $\times$ Henika, UH-19 $\times$ Henika i Kalayansona $\times$ Henika. Z każdej populacji mieszańców wyprowadzono po 40 linii. Stosując selekcję roślin heterozygotycznych uzyskano również cztery pary ościstych i bezostnych linii izogenicznych. Linie F_{10} i F_{11} wysiano na poletkach jednorządkowych. Do oceny biometrycznej każdej linii wybrano losowo pięć pojedynców, mających pełne sąsiedztwo. Określono następujące cechy: wysokość roślin, liczbę kłosów z rośliny, liczbę ziaren z kłosa i masę 1000 ziaren. Linie izogeniczne oceniono w doświadczeniu polowym, założonym metodą podbloków w trzech powtórzeniach. Pomiar wykonano na 15 roślinach losowo wybranych z każdego dwurządkowego poletka. We wszystkich doświadczeniach stosowano rozstaw 20 x 10 cm. Średnie porównano za pomocą testu t Studenta.

WYNIKI I DYSKUSJA

Średnie wartości cech dla ościstych i bezostnych linii trzech mieszańców w pszenicy jarej przedstawiono w tabeli 1. W obydwu latach badań linie ościste nie różniły się od bezostnych pod względem wysokości roślin, liczby kłosów z rośliny i liczby ziaren z kłosa, natomiast, masa 1000 ziaren form ościstych była istotnie wyższa. Jedynie linie mieszańca Dollar $\times$ Henika nie różniły się istotnie pod względem tej cechy w 2000 roku. Różnice między liniami ościstymi a bezostnymi były większe w 1999 roku, który był mniej

korzystny dla rozwoju roślin, głównie z powodu bardzo wysokich temperatur w lipcu, znacznie wyższych od średniej dla wielolecia.

Tabela 1

Średnie wartości cech użytkowych ościstych i bezostnych linii wyprowadzonych z trzech mieszańców pszenicy jarej

Means for agronomic characters of awned and awnless lines derived from three spring wheat hybrids

Pokolenie Generation Rok Year	Cecha Character	Mieszaniec Hybrid					
		Dollar × Henika		UH-19 × Henika		Kalayansona × Henika	
		linie ościste awned lines	linie bezostne awnless lines	linie ościste awned lines	linie bezostne awnless lines	linie ościste awned lines	linie bezostne awnless lines
F ₁₀ 1999	Wysokość roślin Plant height	84,2	83,8	86,0	86,1	92,9	88,0
	Liczba kłosów z rośliny No. of ears/ plant	7,1	6,9	6,1	5,8	6,1	6,2
	Liczba ziaren z kłosa No. of grains/ ear	51,0	53,5	57,5	56,8	55,9	59,0
	MTZ 1000 grain weight	41,3*	38,4	41,4*	38,1	40,2*	36,9
	Różnica (g) Difference	2,9*		3,3*		3,3*	
F ₁₁ 2000	Wysokość roślin Plant height	78,4	78,2	83,2	84,1	90,4	85,8
	Liczba kłosów z rośliny No. of ears/ plant	8,4	8,8	8,1	7,9	8,0	7,9
	Liczba ziaren z kłosa No. of grains/ ear	53,6	52,7	56,9	55,6	55,1	56,5
	MTZ 1000 grain weight	43,4	42,0	45,8*	42,9	46,0*	43,1
	Różnica (g) Difference	1,4		2,9*		2,9*	

Różnica istotna przy P = 0,05
Significantly different at P = 0,05
MTZ — masa tysiąca ziaren,
MTZ — 1000-grain weight

W obrębie linii izogenicznych różnice wystąpiły tylko w masie 1000 ziaren, z wyjątkiem linii 16-UH, której forma oścista miała również istotnie mniejszą liczbę ziaren z kłosa (tab.2). Prawdopodobnie ta para linii nie jest jeszcze w pełni izogeniczna. Formy ościste miały od 5% do 6,8% wyższą masę 1000 ziaren. Schmalz i Khadir (1992) porównując linie

izogeniczne pszenicy ozimej stwierdzili, że formy ościste miały o 3,4% wyższą masę 1000 ziarniaków. W badaniach Acharya i wsp. (1991) masa ziarniaków linii ościstych była wyższa nawet o 10% w stosunku do linii bezostnych. Badania przeprowadzone w Wielkiej Brytanii, gdzie są bardziej sprzyjające warunki do uprawy pszenicy, nie wykazały korzystnego wpływu ości na plony (Olugbemi i in., 1976 a, b). Wydaje się jednak, że w warunkach glebowo-klimatycznych Polski ości mogą przyczynić się do wzrostu plonowania szczególnie w latach występowania stresu wodnego. Należałoby przeprowadzić dalsze badania w celu porównania plonowania ościstych i bezostnych form w siewie gęstym na dużych poletkach.

Tabela 2

Średnie wartości cech użytkowych czterech par linii izogenicznych (F₉) pszenicy jarej
Means for several agronomic characters of four isogenic lines (F₉) of spring wheat

Cecha Character	Linia Line							
	13 DH		26 DH		16 UH		16 KH	
	oścista awned	bezostna awnless	oścista awned	bezostna awnless	oścista awned	bezostna awnless	oścista awned	bezostna awnless
Wysokość roślin Plant height	62,9	63,0	75,1	76,4	76,3	76,3	60,6	61,6
Liczba kłosów z rośliny No. of ears/plant	5,7	5,6	6,3	6,1	5,9	6,2	3,7	3,8
Długość kłosa Ear length	10,0	9,9	10,4	10,3	9,7	9,5	9,1	9,1
Liczba ziaren z kłosa No. of grains/main ear	46,6	46,7	52,6	52,0	57,9*	60,9	48,4	49,2
MTZ 1000-grain weight	51,5*	48,2	49,9*	47,5	45,6*	43,1	41,9*	39,5
Różnica (g) Difference	3,3*		2,4*		2,5*		2,4*	

Różnica istotna przy P = 0,05

Significantly different at P = 0,05

MTZ — masa tysiąca ziaren

MTZ — 1000-grain weight

LITERATURA

- Acharya S., Srivastava R.D., Sethi S.K. 1991. Impact of awns on grain yield and its components in spring wheat under rain fed conditions. *Rachis* 10, 1: 5 — 6.
- Acreman T.M., Dixon A.F.G. 1986. The role of awns in the resistance of cereals to the grain aphid, *Sitobion avenae*. *Ann. Appl. Biol.* 109, 2: 375 — 381.
- Atkins I. M., Norris M. J. 1955. The influence of awns on yield and certain morphological characters of wheat. *Agron. J.* 47: 218 — 220.
- Dyck P. L., Baker R. J. 1975. Variation and covariation of agronomic and quality traits in two spring wheat populations. *Crop. Sci.* 15: 161 — 165.
- Grundbacher F. J. 1963. The physiologic function of the cereal awn. *Bot. Rev.* 29: 366 — 381.
- Johnson R. R., Willmer C. M., Moss D. N. 1975. Role of awns in photosynthesis, respiration, and transpiration of barley spikes. *Crop. Sci.* 15: 217 — 221.
- McKenzie H. 1972. Adverse influence of awns on yield of wheat. *Can. J. Plant Sci.* 52: 81 — 87.

- Olugbemi L.B., Bingham J., Austin R.B. 1976 a. Ear and flag leaf photosynthesis of awned and awnless *Triticum species*. Ann. Appl. Biol. 84: 231 — 240.
- Olugbemi L.B., Austin R.B., Bingham J. 1976 b. Effects of awns on the photosynthesis and yield of wheat, *Triticum aestivum*. Ann. Appl. Biol. 84: 241 — 250.
- Patterson F. L., Compton L. E., Caldwell R. M., Schafer J. F. 1962. Effects of awns on yield, test weight and kernel weight of soft red winter wheats. Crop. Sci. 2:199 — 200.
- Pool M., Patterson F. L., 1958. Moisture relations in soft red winter wheats. II. Awned versus awnless and waxy versus nonwaxy glumes. Agron. J. 50: 158 — 160.
- Schmalz H., Khadir K. 1992. Untersuchungen über die Bedeutung der Grannen des Winterweizens für die Ertragsbildung mit Hilfe von isogenen Lienienpaaren. Bericht über die Arbeitstagung 1992 der "Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter" im Rahmen der "Vereinigung Österreichischer Pflanzenzüchter": 171 — 179.
- Sunson C. A., Ramage R. T. 1962. Competition between near-isogenic genotypes. Crop Sci. 2: 249 — 250.
- Vogel O. A., Allan R. E., Peterson C. J. 1963. Plant and performance characteristics of semidwarf winter wheats producing most efficiently in Eastern Washington. Agron. J. 55:397 — 398.
- Weyhrich R. A., Carver B. F., Smith E. L. 1994. Effects of awn suppression on grain yield and agronomic traits in hard red winter wheat. Crop Sci. 34: 965 — 969.
- Weyhrich R. A., Carver B. F., Martin B. C. 1995. Photosynthesis and water-use efficiency of awned and awnleted near-isogenic lines of hard red winter wheat. Crop Sci. 35:172 — 176.

SZYMON DZIAMBA

IZABELLA JACKOWSKA¹

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

¹ Katedra Chemii

Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ niektórych czynników na skład chemiczny ziarna pszenicy jarej

Komunikat

Effect of some factors on chemical composition of spring wheat grain

Short communication

W ziarnie pszenicy jarej oznaczono techniką atomowej spektrometrii absorpcyjnej ASA: Ca, Mg, K, Mn, Fe, Pb, Zn, Ni, Cu, Co, Cd. Czynniki doświadczenia były odmiany (Banti, Torka, Kontesa), dawki nawożenia azotowego (50, 100, 150 kg N · ha⁻¹) i przedsiewna biostymulacja nasion światłem (nasiona naświetlane i nie naświetlane). Z badań wynika, że nawożenie azotem powoduje największe zróżnicowanie w zawartości potasu i magnezu. Większe zróżnicowanie w poziomie zawartości w ziarnie Mg, Mn, Pb i Cu uzyskano poprzez nawożenie niż stosowanie odmian. Przedsiewne naświetlanie nasion pszenicy prowadzi do uzyskania większych zawartości w ziarnie Mg, Ca, Co, Mn i Ni oraz większej zawartości suchej masy.

Słowa kluczowe: nawożenie, naświetlanie, odmiany, pszenica jara, skład chemiczny, ziarno

The following elements contents were determined using the AAS technique in spring wheat grain: calcium, magnesium, potassium, manganese, iron, lead, zinc, nickel, copper, cobalt and cadmium. The experimental factors were: wheat varieties (Banti, Torka, Kontesa), nitrogen fertilization rates (50, 100, 150 kg N · ha⁻¹) and pre-sowing grain biostimulation using light (non-treated and treated grain). The studies revealed that the nitrogen fertilization caused the highest differentiation of the potassium and magnesium contents. Higher differences of Mg, Mn, Pb and Cu levels in grain were achieved due to the nitrogen fertilization than to the varieties applied. The pre-sowing light irradiation of wheat grain led to higher contents of Mg, Ca, Co, Mn and Ni as well as to larger amounts of dry matter.

Key words: chemical composition, fertilization, grain, pre-sowing, spring wheat, variety

WSTĘP

Skład chemiczny roślin jest ważnym wskaźnikiem jakości plonów. Nadal bada się zmiany stanu zaopatrzenia roślin w pierwiastki w warunkach wysokiego plonowania.

Wysokim plonom mogą towarzyszyć zmiany składu chemicznego roślin, co ma duże znaczenie w ocenie ich wartości biologicznej. Jednym z czynników wpływających na skład roślin może być nawożenie mineralne (Bobrzecka, 1995; Stanisławska-Głubiak, 1996; Ruszkowska, 1996).

Celem podjętych badań było określenie wpływu nawożenia azotem różnych odmian pszenicy i naświetlania nasion (Dziamba, 1999) na skład chemiczny otrzymanego plonu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno pszenicy jarej, pochodzące z doświadczenia prowadzonego w Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie w 1999 roku. Doświadczenie obejmowało następujące czynniki: zróżnicowane nawożenie, różne odmiany pszenicy, przedśiewną biostymulację nasion. Zastosowano trzy dawki nawożenia azotem: 50, 100 i 150 kg N · ha⁻¹. Badania przeprowadzono na odmianach pszenicy: Banti, Torka i Kontesa. Wykonano również badania na pszenicy, której nasiona przed siewem zostały naświetlane światłem.

W ziarnie pszenicy wykonano oznaczenia chemiczne. Ziarno pszenicy po wysuszeniu zmielono i zmineralizowano w piecu muflowym w temperaturze 450°C. Uzyskane popioły zalano roztworem HCl (1:1) i rozcieńczono 0,1 mol · dm⁻³ HCl. W roztworach oznaczono zawartość metali posługując się techniką atomowej spektrometrii absorpcyjnej. Oznaczono zawartość: Mg, Ca, K, Mn, Fe, Zn, Pb, Co, Cu, Cd.

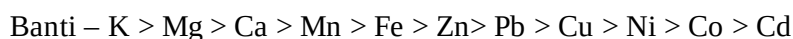
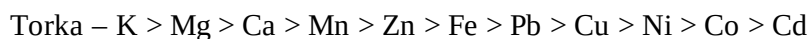
WYNIKI I DYSKUSJA

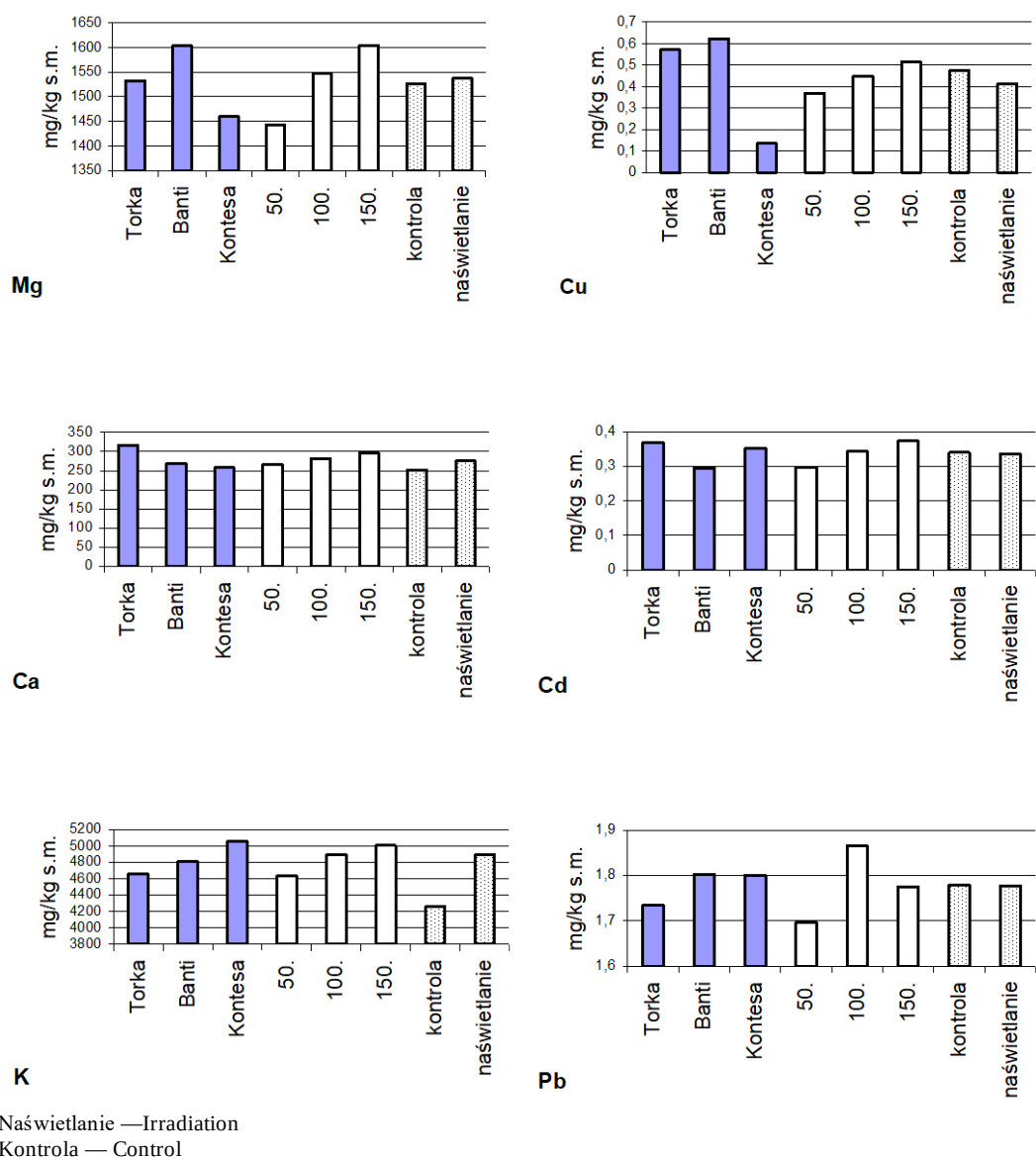
W ziarnie różnych odmian pszenicy największe zróżnicowanie było w zawartości potasu (394,4 mg/kg s.m.) i magnezu (143,4 mg/kg s.m.) (rys. 1.). Duże różnice były też w zawartości wapnia (59 mg/kg s.m.) i żelaza (21 mg/kg s.m.) oraz cynku (6,85 mg/kg s.m.) i manganu (2,92 mg/kg s.m.). Natomiast różnice w zawartości miedzi i kobaltu były małe, odpowiednio 0,489 i 0,296 mg/kg s.m., a dla kadmu, ołowiu i niklu były nieznaczne (rys. 2).

Szereg metali pod względem zróżnicowania zawartości w ziarnie pszenicy różnych odmian przedstawia się:

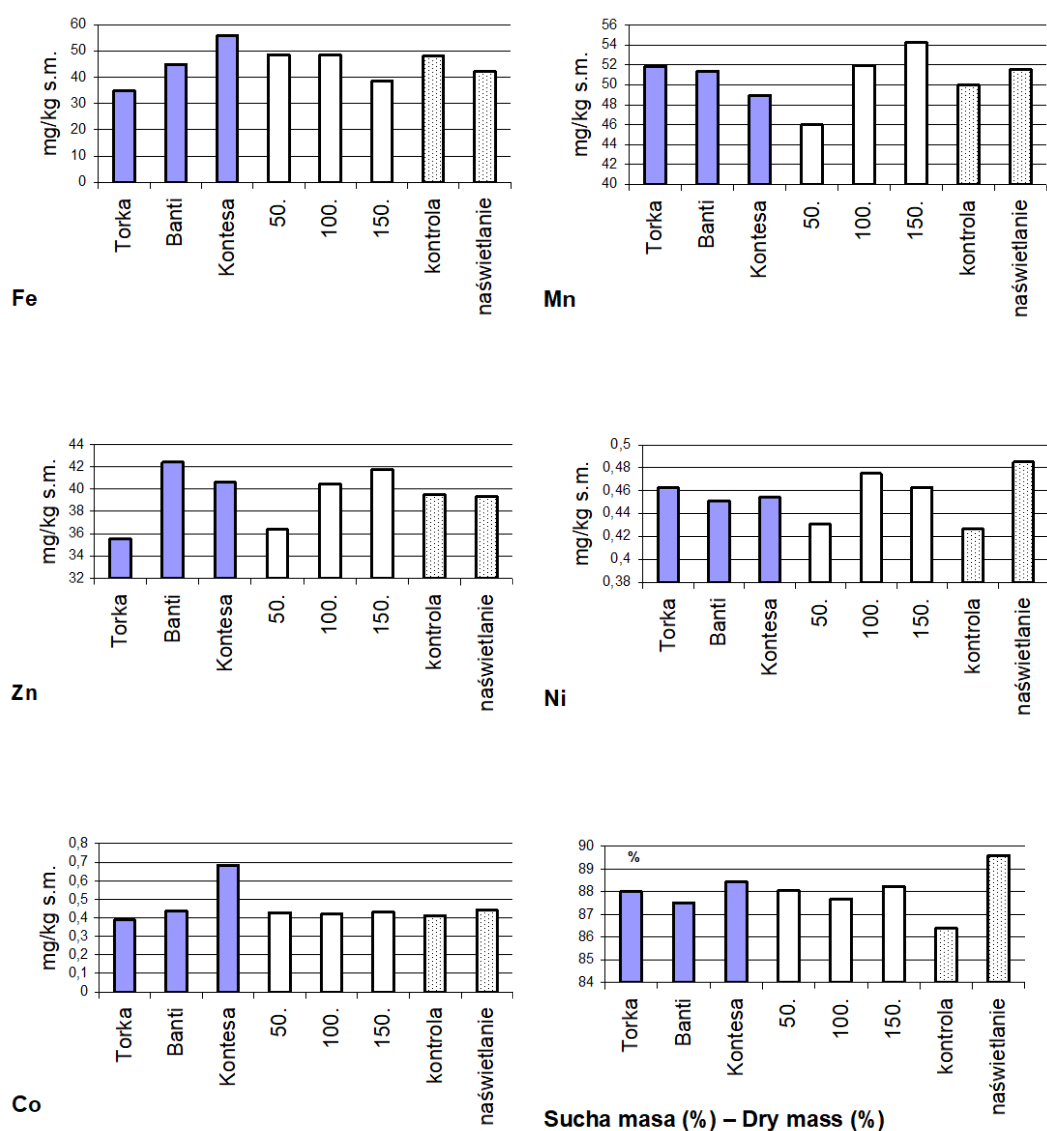


Różnica w zawartości suchej masy pomiędzy odmianami pszenicy wynosiła 0,47%. Szeregi zawartości metali w ziarnie pszenicy różnych odmian:





Rys. 1. Zawartość metali w ziarnie pszenicy
Fig. 1. Content of metals in spring wheat grain



Naświetlanie — Irradiation
Kontrola — Control

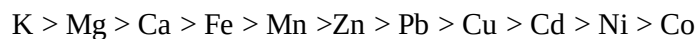
Rys. 2. Zawartość metali i suchej masy w ziarnie pszenicy
Fig. 2. Content of metals and dry mass in spring wheat grain

Różne dawki nawozów spowodowały największe zróżnicowanie w ziarnie pszenicy zawartości potasu i magnezu (376,2 i 161 mg/kg s.m.). Duże różnice były też w zawartości

220

wapnia i żelaza (30,2 i 10,1 mg/kg s.m.) oraz manganu i cynku (8,27 i 5,35 mg/kg s.m.). Różnice w poziomie zawartości ołowiu i miedzi były małe (0,169 i 0,145 mg/kg s.m.). Pozostałe metale: kadm, nikiel i kobalt wystąpiły w niemal identycznych ilościach.

Szereg zróżnicowanej zawartości metali w pszenicy pod wpływem różnych dawek nawozów przedstawia się następująco:



Wraz ze wzrostem dawki nawozów azotowych wzrasta w ziarnie pszenicy poziom zawartości magnezu, wapnia, potasu, miedzi, cynku, manganu i kadmu; natomiast kobaltu i niklu nie zmienia się. Nawożenie powoduje zmianę suchej masy o 0,52% (największa ilość suchej masy jest przy dawce nawozu 150 kg N · ha⁻¹) (rys. 2).

Większe zróżnicowanie zawartości wapnia, potasu, kobaltu, miedzi, żelaza i cynku występuje pomiędzy różnymi odmianami pszenicy, niż w pszenicy nawożonej różnymi dawkami nawozów. Nawożenie powoduje większe zróżnicowanie zawartości magnezu, manganu, ołowiu i miedzi niż odmiany.

W ziarnie pszenicy naświetlanej jest więcej magnezu, wapnia, potasu, kobaltu, manganu i niklu niż w pszenicy nie naświetlanej. Zawartość cynku nie zmienia się. Mniej jest miedzi i żelaza oraz kadmu i ołowiu. Różnica w zawartości potasu wynosi 631,5 mg/kg s.m., wapnia 23,4 mg/kg s.m., magnezu 11,1 mg/kg s.m., żelaza 5,66 mg/kg s.m. i manganu 1,45 mg/kg s.m. Różnice w zawartości pozostałych metali są poniżej 0,21 mg/kg s.m.

Szereg zróżnicowania zawartości metali w pszenicy naświetlanej i nie naświetlanej :



Większa zawartość suchej masy jest w pszenicy naświetlanej — o 3,22%.

W ziarnie pszenicy naświetlanej poziomy zawartości magnezu, potasu, manganu i kadmu są zbliżone do poziomu zawartości ich w pszenicy nawożonej dawką nawozu 100 kg N · ha⁻¹. Zawartość wapnia, miedzi i cynku jest taka, jak podczas nawożenia dawką nawozu 50–100 kg N · ha⁻¹. Ilość kobaltu jest większa niż przy dawce 150 kg N · ha⁻¹, żelaza tyle, co w pszenicy nawożonej dawką 100–150 kg N · ha⁻¹. Natomiast ilość ołowiu i niklu jest prawie taka sama.

WNIOSKI

1. Nawożenie azotem powoduje największe zróżnicowanie w zawartości potasu i magnezu w ziarnie pszenicy.
2. Większe zróżnicowanie w poziomie zawartości magnezu, manganu, ołowiu i miedzi powoduje wielkość nawożenia pszenicy, niż różne odmiany.
3. Naświetlanie przedsiwne pszenicy prowadzi do uzyskania większych zawartości magnezu, wapnia, potasu, kobaltu, manganu i niklu w ziarnie pszenicy.

LITERATURA

- Bobrzecka D., Krauze A. 1995. Badania nad optymalizacją dolistnego żywienia pszenicy ozimej azotem i miedzią. *Acta. Acad. Agric. Tech. Olst. Agricultura*, 61: 75 — 83.
- Dziamba Sz., Cebula M., 1999. Wpływ przedsiewnej biostymulacji nasion światłem na plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej. *Mat. Konf. „Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości płodów rolnych”*. SGGW, Warszawa, 37 — 41.
- Stanisławska-Głubiak E., Strączyński S., Sienkiewicz-Cholewa U. 1996. Wpływ zróżnicowanego poziomu plonów na zawartość mikroelementów w ziarnie pszenicy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 77 — 81.
- Ruszkowska M., Sykut S., Kusio M. 1996. Stan zaopatrzenia roślin w mikroelementy w warunkach zróżnicowanego nawożenia w wieloletnim doświadczeniu lizymetrycznym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 434: 43 — 47.

SZYMON DZIAMBA¹**MICHAŁ DZIAMBA****JOANNA DZIAMBA**¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Akademia Rolnicza w Lublinie

Wpływ przedsiewnej biostymulacji nasion światłem w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego na plonowanie i właściwości technologiczne ziarna pszenicy jarej

Komunikat

Influence of pre-sowing light bio-stimulation of seed under conditions of various nitrogen fertilization levels on yielding and seed quality parameters of spring wheat

Short communication

Czynnikami doświadczenia były: odmiany (Banti, Torka, Kontesa), dawki nawożenia azotowego (50, 100, 150 kg N/ha) i przedsiewna biostymulacja nasion światłem (nasiona nie naświetlane i naświetlane. Oceniano plony ziarna i wyróżniki oceny technologicznej ziarna (białko ogółem, zawartość glutenu mokrego, wskaźnik sedymentacji, indeks glutenu, liczbę opadania zawartość popiołu). Przedsiewna biostymulacja nasion światłem miała istotny wpływ na wielkość plonów ziarna. Pod wpływem tego zabiegu w zależności od obiektu plon ziarna był wyższy w granicach od 0,44 do 1,18 t/ha. Naświetlanie miało istotny wpływ jedynie na wielkość współczynnika sedymentacji.

Słowa kluczowe: plony ziarna, wyróżniki jakościowe ziarna

The experimental factors were following: varieties (Banti, Torka, Kontesa), nitrogen fertilization rates (50, 100, 150 kg per hectare) and pre-sowing light irradiation of seed (non-treated, treated). Grain yield and bread-making value indices (total protein, wet gluten content, gluten index, falling number, ash content) were estimated. The pre-sowing light treatment of seed significantly affected grain yield. Due to the operation, the yield was higher by 0.44–1.18 t per hectare, depending on an object. The irradiation exerted also a significant effect on the falling number value.

Key word: seed quality parameters, yield of grain

WSTĘP

Nowoczesne rolnictwo stawia wysokie wymagania jakości materiału siewnego roślin uprawnych. Stosując różne sposoby uszlachetniania nasion można w znaczny sposób poprawić ich wartość siewną. Z najnowszych metod na uwagę zasługuje naświetlanie nasion promieniami lasera (Injuszyn, 1977; Dziamba i Koper, 1992; Wójcik, 1993; Drozd, 1994; Dobrowolski i in. 1995; Golcz i in. 1996; Podleśny, 1997). Działanie promieniowania laserowego uzewnętrznia się w wyższej zdolności kiełkowania nasion, w lepszym zimowaniu roślin, wcześniejszym zakwitaniu i dojrzewaniu, ponadto wzrasta plon oraz poprawia się jego jakość.

Innym sposobem biostymulacji jest naświetlanie nasion światłem, przy pomocy generatora fal elektromagnetycznych (Dziamba i Zarębski, 1993). Efekty stosowania tej metody są podobne do działania promieni lasera (Dziamba i in. 1996, 1997, 1998, 1999 a i b) i zależą od okresu wegetacji, rodzaju rośliny i odmiany.

W literaturze przedmiotu brak jest doniesień odnośnie wpływu naświetlania nasion światłem w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego na plon i jego jakość. Dlatego podjęcie badań tego tematu należy uznać za celowe i w pełni uzasadnione.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w Gospodarstwie Doświadczalnym Felin Akademii Rolniczej w Lublinie w 1999 roku, na glebie wytworzonej z lekkiej gliny pylastej zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego.

Czynnikami doświadczenia były odmiany: Banti, Torka i Kontesa, dawki nawożenia azotowego: 50, 100 i 150 kg/ha czystego składnika oraz przedsiewna biostymulacja nasion światłem: kontrola (nasiona nie naświetlane) i naświetlane przy pomocy generatora fal elektromagnetycznych. Doświadczenie zakładano metodą split-plot w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 20 m². Pszenicę wysiano w stanowiskupo ziemniaku. Przed siewem wniesiono nawozy mineralne w ilości 50 kg N/ha, 100 kg P₂O₅/ha i 120 kg K₂O/ha. Pozostałą część azotu wnoszono w dwóch równych dawkach w fazie krzewienia i strzelania w źdźbło. Zabiegi uprawowe i pielęgnacyjne wykonano zgodnie z zaleceniami uprawy pszenicy jarej

Bezpośrednio przed siewem nasiona poddano przedsiewnej biostymulacji przy użyciu generatora fal elektromagnetycznych. Sposób biostymulacji polegał na naświetleniu płaskiej strugi nasion z obu stron światłem o gęstości strumienia przypadającej na jedną stronę strugi równej 110-130 W/m² dla fal o długości 650–670 nm.

Po zbiorze doświadczenia określono plon ziarna oraz pobrano próby ziarna do oceny wartości technologicznych. Oznaczenia wartości technologicznej wykonano w Centralnym Laboratorium Technologii Przetwórstwa i Przechowywania Zboż w Warszawie.

WYNIKI

Plon ziarna

Istotne różnice w plonie ziarna wystąpiły pod wpływem zróżnicowanego nawożenia azotowego. Niezależnie od odmiany najwyższy plon ziarna otrzymano przy nawożeniu azotem w ilości 100 kg/ha. Dalsze zwiększenie nawożenia do poziomu 150 kg/ha nie powodowało istotnego wzrostu plonu. Badane w doświadczeniu odmiany plonowały na tym samym poziomie (różnica nieistotna).

Pod wpływem zabiegu naświetlania nasion otrzymano istotny wzrost plonu ziarna u wszystkich odmian. W zależności od odmiany (niezależnie od nawożenia) różnica w plonie ziarna na korzyść przedsewnej biostymulacji nasion światłem wynosiła od 0,44 do 1,18 t/ha. Odmiana Banti najwyższy przyrost plonu w wyniku przedsewnego naświetlania nasion wydała przy nawożeniu 50 kg N/ha. U pozostałych odmian większe zwwyżki plonu ziarna odnotowano przy nawożeniu 150 kg N/ha.

Zawartość białka ogółem

Zawartość tego składnika w ziarnie w zależności od obiektu wahała się w granicach od 12,5 do 15,7%. Różnica w zawartości białka pomiędzy odmianami okazała się nieistotna. Podobnie wpływ przedsewnej biostymulacji nasion światłem na zawartość tego składnika w ziarnie okazał się nieistotny.

Istotny wpływ na zawartość białka w ziarnie miało nawożenie azotowe. Niezależnie od odmiany i zabiegu naświetlania, wraz ze wzrostem dawek nawożenia azotem, zawartość białka w ziarnie wzrastała.

Zawartość glutenu mokrego

Zawartość glutenu mokrego w ziarnie pszenicy w warunkach doświadczenia w zależności od obiektu wahała się od 27,0 do 35,0%. Istotne różnice w zawartości glutenu wystąpiły pomiędzy odmianami. Najwyższą zawartość glutenu stwierdzono w ziarnie odmiany Banti, a najniższą u Torki. W miarę zwiększania dawek nawożenia azotowego zawartość glutenu wzrastała i była istotnie najwyższa w ziarnie pochodzącym z pszenicy nawożonej dawką azotu 150 kg/ha.

Wpływ przedsewnej biostymulacji nasion na zawartość glutenu mokrego okazał się nieistotny.

Indeks glutenu

Istotne zróżnicowanie w wartościach tego wyróżnika wystąpiło pomiędzy odmianami. Najwyższy indeks glutenu osiągnęła Torka, a najniższy Kontesa. Wraz ze wzrostem dawek nawożenia azotowego indeks glutenu przyjmował coraz to niższe wartości (różnica nieistotna).

Przedsewna biostymulacja nasion światłem nie miała istotnego wpływu na indeks glutenu.

Wskaźnik sedymentacyjny SDS

Na wartości wskaźnika sedymentacyjnego istotny wpływ miały wszystkie czynniki doświadczenia. Najwyższą wartością tego wyróżnika cechowała się odmiana Torka, a najniższą Kontesa. Istotnie wyższym wskaźnikiem sedymentacyjnym cechowało się ziarno pochodzące z obiektów nawożonych dawkami 100 i 150 kg N/ha. Niezależnie od odmiany

i poziomu nawożenia azotem, niższe wartości tego wskaźnika oznaczono w ziarnie pochodzącym z obiektów, na których wysiewano nasiona poddawane zabiegowi naświetlania.

Zawartość popiołu

Niezależnie od odmiany, dawki nawożenia azotem i naświetlania nasion, zawartość popiołu wykazywała zakres zmienności od 2,01 do 2,35% i wynosiła średnio 2,15%. Istotny wpływ na zawartość popiołu w ziarnie miała odmiana i nawożenie azotem. Najwyższą zawartością popiołu w ziarnie cechowała się odmiana Kontesa. Wraz ze wzrostem dawek nawożenia azotem wzrastała zawartość popiołu w ziarnie. Istotne różnice w zawartości popiołu wystąpiły tylko pomiędzy skrajnymi nawożeniami (50 i 150 kg N/ha).

Tabela 1

Plony (t/ha) i wartości niektórych wyróżników jakościowych ziarna pszenicy jarej
Yield and values of seeds quality parameters of spring wheat

Obiekt Object	Plon ziarna Seed yield t/ha	Białko ogółem Total protein %	Gluten mokry Wet gluten %	Indeks glutenu Gluten index %	Wskaźnik sedymentacji Index of sedimentation SDS	Liczba opadania Falling number (s)	Zawartość popiołu Content ash %
Odmiana Variety							
Banti	8,92	14,03	32,67	63,33	57,00	160,0	2,09
Torka	8,51	13,77	28,50	93,50	70,33	380,5	2,13
Kontesa	8,61	14,32	30,33	50,00	47,67	376,0	2,23
NIR —LSD (p = 0,05)	r.n.	r.n.	2,26	9,50	2,54	195,57	0,11
N — kg/ha							
50	8,27	12,88	27,50	72,00	55,50	309,17	2,09
100	8,90	13,97	29,33	69,17	58,83	313,50	2,13
150	8,87	15,27	34,67	65,67	60,67	293,83	2,23
NIR — LSD (p = 0,05)	0,54	0,79	2,26	r.n.	2,54	r.n.	0,11
Naświetlanie Irradiation							
Nie naświetlane Control	8,32	14,18	30,56	69,44	59,78	306,67	2,15
Naświetlane Irradiated	9,04	13,90	30,44	68,44	56,89	304,33	2,15
NIR — LSD (p = 0,05)	0,44	r.n.	r.n.	r.n.	2,08	r.n.	r.n.

WNIOSKI

1. Pod wpływem przedsiewnej biostymulacji nasion światłem otrzymano istotny wzrost plonów ziarna. W zależności od odmiany w wyniku naświetlania nasion światłem odnotowano wzrost plonów w granicach od 0,44 do 1,18 t/ha.
2. Niezależnie od naświetlania i odmiany najwyższy plon ziarna otrzymano przy nawożeniu 100 kg N/ha.

3. Badane odmiany w warunkach doświadczenia plonowały na tym samym poziomie.
4. Spośród ocenianych wyróżników oceny technologicznej ziarna przedsewna biostymulacja nasion wpłynęła jedynie na wielkość wskaźnika sedimentacji, który ulegał istotnemu obniżeniu.
5. Dawki nawożenia azotowego nie miały istotnego wpływu na wielkość liczby opadania i indeks glutenu. Pozostałe wyróżniki jakościowe wraz ze wzrostem nawożenia przyjmowały coraz to wyższe wartości.
6. Oceniane odmiany nie różniły się tylko zawartością białka. Wartości pozostałych wyróżników oceny technologicznej ziarna w istotny sposób zależały od odmiany.

LITERATURA

- Dobrowolski J. W. Rózanowski B. Zielińska A. Budzyński M. Walczak P. 1995. Próby zastosowania biostymulacji laserowej w celu przyspieszenia wzrostu niektórych gatunków roślin i rekultywacji terenów silnie skażonych. II Krajowa Konferencja Naukowa Las-Drewno-Ekologia, Poznań, 20–22 czerwca: 25 — 29.
- Drozd D. 1994. Wpływ przedsewnego napromieniowania laserem ziarniaków na elementy struktury plonu pszenicy jarej. Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu, Rolnictwo, LXII, 254: 63 — 69.
- Dziamba Sz. Koper R. 1992. Wpływ naświetlania laserem nasion na plon ziarna pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 1, 33: 88 — 93.
- Dziamba Sz. Zarębski Z. 1993. Sposób przedsewnnej obróbki ziarna i urządzenia do przedsewnnej obróbki ziarna, Patent Nr. P.299454RP.
- Dziamba Sz. Dziamba M. Zarębski Z. Rachoń L. 1996. Wpływ przedsewnnej obróbki nasion odmian pszenżyta światłem na plonowanie. Materiały konferencyjne. Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta. Międzyzdroje 1–4 września: 27.
- Dziamba Sz. Dziamba M. Rachoń L. Maj L. Wielgo B. 1997. Wpływ przedsewnnej biostymulacji nasion jęczmienia jarego światłem długofalowym na plonowanie. Seminarium Naukowe „Agrotechnika i wykorzystanie jęczmienia”, Puławy 23–24 października: 39.
- Dziamba Sz. Maj L. Wielgo B. Cebula M. 1998. Wpływ terminu przedsewnnej biostymulacji nasion światłem na plonowanie i elementy struktury plonu pszenicy odmiany Omega. Ogólnopolska konferencja naukowa. Biologia plonowania, agrotechnika i wykorzystanie ziarna pszenicy. Puławy, 21–23 październik: 82.
- Dziamba Sz. Wielgo B. Maj L. Cebula M. 1999 a. Wpływ przedsewnnej biostymulacji nasion odmian owsa na plonowanie i elementy struktury plonu. *Żywność*, 1, 18: 112 — 118.
- Dziamba Sz. Cebula M. 1999 b. Wpływ przedsewnnej biostymulacji nasion światłem na plonowanie i jakość ziarna pszenicy jarej. *Mat. konfer. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania jakości produktów rolnych*. SGGW, Warszawa: 37 — 41.
- Golcz A. Komosa A. Dobrowolski J. W. Rózanowski B. 1996. Wpływ biostymulacji laserowej nasion na plonowanie papryki słodkiej. II Ogólnopolskie Sympozjum na temat: Nowe rośliny i technologie w ogrodnictwie, T. 2. Poznań, 17–19 września: 153 — 157.
- Injuszyn W. 1977. Technika laserowa w służbie rolnictwa. *Nowe Rolnictwo*, 21/22: 21 — 26.
- Podleśny J. 1997. Wpływ przedsewnego traktowania nasion światłem na kształtowanie cech morfologicznych i plonowanie bobiku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 446: 435 — 439.
- Wójcik S. 1993. Effects of laser exposure of seeds on the yield and chemical composition of sugar beet roots, Intern. Conf. Physical Properties Agricult. Materials. September 6–8, Bonn.

HANNA SZAJSNER**DANUTA DROZD**Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza, Wrocław

Ocena efektu biostymulacji laserowej genotypów pszenicy jarej w doświadczeniach polowych

Biostimulation effect estimation for spring wheat genotypes in field experiments

W doświadczeniach polowych prowadzonych w latach 1992–1998 z odmianami pszenicy jarej (Alkora, Banti, Eta, Helia, Henika, Hera, Igna, Ismena, Jasna, Jota, Opatka, Omega i Sigma) oceniano wpływ przedsewnej biostymulacji ziarna promieniami lasera na cechy morfologiczne decydujące o plonie rośliny zbożowej: wysokość roślin, krzewistość ogólną i produktywną, długość i zbitość kłosa, liczbę kłosków w kłosie, plon z rośliny i kłosa (masa i ilość ziaren) oraz masę 1000 ziaren. Do napromieniowania nasion używano kolejno lasera rubinowego, helowo-neonowego oraz półprzewodnikowego. Otrzymane z bezpośrednich pomiarów wyniki dla roślin kontrolnych i wyrosłych z naświetlanych nasion zróżnicowanymi dawkami energii światła lasera opracowano statystycznie zgodnie z metodyką dla doświadczenia dwuczynnikowego założonego metodą bloków losowanych. Stwierdzono, że efekt biostymulacji zależał przede wszystkim od badanego genotypu oraz roku, w którym przeprowadzono doświadczenie polowe.

Słowa kluczowe: cechy morfologiczne, laser, odmiany, pszenica jara

The influence of laser biostimulation on morphological characters decisive on grain yield (plant height, general and productive tillering, ear length, density and number of spikelets per ear, grain number and grain weight per plant, grain number and grain weight per ear and 1000-grain weight) was evaluated in field experiments conducted with spring wheat cultivars (Alkora, Banti, Eta, Helia, Henika, Hera, Igna, Ismena, Jasna, Jota, Opatka, Omega and Sigma) in the years 1992–1998. Three different kinds of laser were applied (ruby, helium-neon and semi-conducting). The results were analysed statistically with the method for two-factor experiment with randomized blocks. It was found, that the pre-sowing laser biostimulation effect depended on a wheat genotype and on a year of the research.

Key words: cultivars, laser, morphological characters, spring wheat

WSTĘP

W latach osiemdziesiątych areal uprawy pszenicy jarej w Polsce wynosił około 300 tys. ha, w latach następnych systematycznie wzrastał i od 1997 roku utrzymuje się na poziomie 720–820 tys. ha. Formę pszenicy jarej reprezentują odmiany o wyższej wartości wypiekowej niż genotypy pszenicy ozimej. Mąka uzyskana z pszenicy jarej może służyć

do poprawy gorszej jakościowo mąki uzyskanej z formy ozimej. Pszenica jara ma przewagę nad ozimą, ponieważ uprawia się ją po przedplonach później zbieranych, które nie pozwalają na zasiew pszenicy ozimej.

U form jarych pszenicy na wysokość plonu ma istotny wpływ przestrzeganie wczesnego terminu siewu. Dotychczas przyspieszenie wzrostu roślin we wczesnych fazach osiągnąć stosując wysokie dawki nawożenia mineralnego, zwłaszcza w przypadku opóźnienia terminu siewu.

Jedną z dróg stworzenia bardziej optymalnych warunków do wzrostu i rozwoju genotypów pszenicy jarej może być zastosowanie przedsiewnej biostymulacji laserowej nasion. Promieniowanie lasera może powodować zmiany na poziomie komórki (Szajsner, 1999 a) oraz modyfikacje cech wpływających na rozwój i plon roślin (Szajsner, 1999 b). Istota tej metody polega na zwiększeniu potencjału energetycznego nasion, poprzez dostarczenie dodatkowej dawki energii drogą przedsiewnego naświetlania promieniami lasera.

Dotychczas w niewielkim zakresie prowadzono badania nad wpływem przedsiewnego naświetlania nasion promieniami lasera na wzrost i rozwój pszenicy jarej, stąd w 1992 roku w Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu podjęto próby zastosowania lasera do napromieniowania ziarniaków różnych odmian tego gatunku.

Celem prezentowanych badań była ocena efektu przedsiewnej biostymulacji laserowej u kilkunastu genotypów pszenicy jarej, w warunkach polowych w latach 1992–1999.

MATERIAŁ I METODY

Początkowo do przedsiewnej biostymulacji używano lasera rubinowego (w latach 1992–1993) następnie w latach 1994–1996 lasera helowo-neonowego, a od roku 1997 stosowany jest laser półprzewodnikowy. Badania prowadzono w warunkach polowych zgodnie z metodyką przyjętą dla doświadczenia dwuczynnikowego, dla roślin uzyskanych z ziaren napromieniowanych i kontrolnych. Siew w zależności od przebiegu pogody wykonywano w ostatniej dekadzie marca lub pierwszej dekadzie kwietnia, punktowo w rozstawie 20 x 10 cm, na poletkach o wielkości 2 m², na madzie wytworzonej z piasku gliniastego. W czasie wegetacji nie stosowano środków chemicznych, chwasty usuwano z poletek ręcznie. W każdym roku badań oceniano 11 cech morfologicznych decydujących o plonie rośliny zbożowej (długość źdźbła, krzewistość ogólną i produktywną, długość osadki kłosowej, ilość kłosków w kłosie, zbitość kłosa, plon ziarna z rośliny i z kłosa: masa i ilość ziaren oraz MTZ). Uzyskane wyniki z poszczególnych poletek przedstawiono jako średnie i opracowano statystycznie. W przypadku istotności różnic zastosowano test Duncana w celu wyodrębnienia grup jednorodnych.

W latach 1992–1993 badania prowadzono na pięciu odmianach pszenicy jarej: Alkora, Eta, Hera, Omega i Sigma. Ziarno wymienionych odmian napromieniowano światłem lasera rubinowego o długości fali 632,8 nm w następujących dawkach: I — $9,72 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$, II — $97,2 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$, III — $388,8 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$.

Materiałem do badań w latach 1994–1996 było 10 odmian pszenicy jarej: Alkora, Banti, Eta, Henika, Hera, Igna, Jota, KOC 2391 (Ismena), Omega i Sigma. Do naświetlania użyto

lasera He-Ne o mocy 15 mW i długości fali 638,2 nm. W pierwszym wariancie zastosowano urządzenie do przedsewnej laserowej biostymulacji nasion metodą nastawnych dawek energii — metoda D (Koper, 1996) oraz w drugim urządzenie do przedsewnej obróbki nasion — metoda R (Koper, Dygdała, 1993). Dawka D_1 — 4×10^{-3} J/cm², D_2 dwukrotność dawki D_1 , D_3 — trzykrotność D_1 . W metodzie R gęstość energii wynosiła 4×10^{-5} J/cm², R_1 jednokrotne naświetlenie, R_2 — dwukrotne, R_3 — trzykrotne naświetlenie.

W roku 1997 zastosowano laser półprzewodnikowy o mocy 200 mW, długości fali 670 nm, stosując dawki: I — 5×10^{-4} J/cm², II — 1×10^{-3} J/cm², III — 2×10^{-3} J/cm², IV — 5×10^{-2} J/cm². W następnym roku badań ograniczono się do zastosowania trzech dawek: I — 2×10^{-3} J/cm², II — 5×10^{-2} J/cm², III — $2,5 \times 10^{-1}$ J/cm². W 1999 roku zastosowano dawki: I — $2,5 \times 10^{-1}$ J/cm², II — dwukrotność dawki I, III — trzykrotność dawki I. Materiałem do badań w latach 1997 i 1998 były odmiany: Alkora, Banti, Eta, Henika, Hera, Igna, Ismena, Jota, Omega i Sigma; natomiast w 1999 roku Eta, Helia, Ismena, Jasna i Opatka. W każdym z doświadczeń polowych ziarno pszenicy wysiewane było w drugiej dobie po napromieniowaniu światłem lasera, na poletkach kontrolnych znajdowały się nasiona bez przedsewnej biostymulacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

W pierwszym etapie badań po napromieniowaniu światłem lasera rubinowego, stwierdzono jego istotny wpływ na podwyższenie liczby kłosek w kłosie tylko u odmian Hera i Omega spośród 10 badanych genotypów (tab. 1).

Tabela 1

Średnie wartości i grupy jednorodne (a, b) dla ilości kłosek w kłosie (Hera 1992) i ilości ziaren z kłosa (Omega 1997)
Middle values and homogeneous groups (a, b) for number of spikelets (Hera 1992) and number of grain per ear (Omega 1997)

Dawki Doses	Ilość kłosek w kłosie — Hera Number of spikelets — Hera	Ilość ziaren z kłosa — Omega Number of grain per ear — Omega
Kontrola Control	17,7 b	31,3 b
Dawka I Dose I	19,5 a	33,5 a, b
Dawka II Dose II	19,4 a	31,7 b
Dawka III Dose III	19,5 a	30,5 b
Dawka IV Dose IV	—	38,1 a
NIR _{(0,05)0}	1,3	5,2
LSD _(0,05)		

Następnym, zastosowanym do przedsewnego naświetlania nasion był laser helowo-neonowy. Efekt jego działania w doświadczeniu polowym założonym w 1995 roku wyrażał się istotnym obniżeniem zbitości kłosa u wszystkich badanych odmian. W 1996 roku

cechami, które uległy zmianie po napromieniowaniu były: długość i zbitość kłosa, przy czym charakter zmian zależał od zastosowanej metody naświetlania. Istotne podwyższenie długości kłosa po zastosowaniu metody D obserwowano u odmian: Alkora, Henika, Igna, Ismena, Jota, Omega i Sigma (tab. 2), natomiast u odmian Eta, Henika, Hera, Igna, Ismena, Jota, Omega i Sigma stwierdzono obniżenie zbitości kłosa. Metoda R spowodowała natomiast skrócenie osadki kłosa u Alkory, Banti, Ety, Hery i Sigmy, a zwiększenie zbitości kłosa u odmian Alkora, Banti, Eta, Hera i Sigma (tab. 3).

Tabela 2

Średnie wartości i grupy jednorodne (a, b, c) dla długości kłosa (cm) —1996
Middle values and homogeneous groups (a, b, c) for ear length (cm) —1996

Dawki Doses	Odmiany — Cultivars						
	Alkora	Henika	Igna	Jota	Ismena	Omega	Sigma
Kontrola Control	11,4 b	11,1 c	9,5 b	8,9 c	8,2 b	8,9 b	10,5 c
Dawka I Dose I	11,2 b	12,7 a, b	10,8 a	11,1 a	9,2 a	10,6 a	12,1 a
Dawka II Dose II	11,6 b	12,3 b	10,9 a	10,5 b	9,5 a	10,3 a	11,4 b
Dawka III Dose III	12,7 a	13,1 a	10,6 a	10,1 b	9,8 a	10,3 a	11,4 b

NIR_(0,05) — LSD_(0,05) = 0,9

Po zastosowaniu światła lasera półprzewodnikowego do przedsięwziętej obróbki nasion w roku 1997 obserwowano istotną stymulację krzewistości produktywnej u odmian: Alkora, Banti, Eta, Henika, Hera (tab. 4). U odmiany Omega stwierdzono skrócenie długości źdźbła, natomiast liczba ziaren z kłosa uległa istotnemu podwyższeniu (tab. 1). W następnym roku badań stwierdzono istotny wzrost krzewistości ogólnej u odmiany Ismena po zastosowaniu biostymulacji laserowej (tab. 4). U odmian Alkora, Banti, Eta, Henika, Hera wystąpiło istotne skrócenie długości źdźbła, zmniejszenie zbitości kłosa oraz obniżenie masy ziarna z rośliny.

Tabela 3

Średnie wartości i grupy jednorodne (a, b) dla zbitości kłosa (1996)
Middle values and homogeneous groups (a, b) for ear density (1996)

Dawki Doses	Odmiany — Cultivars				
	Alkora	Banti	Eta	Hera	Sigma
Kontrola Control	13,7 b	15,5 b	16,0 b	15,7 b	15,8 b
Dawka I Dose I	18,0 a	20,0 a	18,9 b	19,1 a	17,0 a, b
Dawka II Dose II	17,3 a	20,6 a	20,0 a	19,8 a	17,0 a, b
Dawka III Dose III	17,3 a	18,3 a	20,0 a	18,3 a	17,6 a

NIR_(0,05) — LSD_(0,05) = 1,3

Przeprowadzone doświadczenia w warunkach polowych wykazały wpływ warunków pogodowych w poszczególnych latach badań na ujawnienie się efektów zastosowanej

biostymulacji laserowej. U pszenicy jarej w doświadczeniu jednorocznym Dziamba i Koper (1992) wykazali zwiększenie plonu o 4–17% oraz wzrost masy 1000 ziaren od 4 do 9% po zastosowaniu światła lasera helowo-neonowego. W warunkach laboratoryjnych uzyskano istotną poprawę energii i zdolności kiełkowania oraz długości koleoptyla u 10 odmian pszenicy jarej po przedśiewnym napromieniowaniu nasion światłem lasera helowo-neonowego (Drozd i in., 1999). Podobnie ziarno odmiany Henika pochodzące z różnych lat zbioru po zastosowaniu biostymulacji charakteryzowało się podwyższonymi parametrami wartości siewnej oraz przyspieszonym wzrostem siewek we wczesnych fazach rozwoju (Drozd i in., 1996). Ponadto wcześniejsze badania potwierdziły przypuszczenia, że światło lasera jest jednym z czynników przerywających spoczynek bezwzględny nasion. Stwierdzono, że pod wpływem promieni lasera energia kiełkowania wzrosła średnio o 27%, zdolność kiełkowania o 5%, a długość koleoptyla o 28%, co może mieć istotne znaczenie w hodowli i nasiennictwie roślin zbożowych (Drozd, Szajsner, 1997).

Tabela 4

Średnie wartości i grupy jednorodne (a, b) dla krzewistości ogólnej i produktywnej
Middle values and homogeneous groups (a, b) for total and productive tillering

Dawki Doses	Krzewistość ogólna — Ismena (1998) Total tillering — Ismena (1998)	Krzewistość produktywna — odmiany (1997) Productive tillering — cultivars (1997)
Kontrola Control	5,9 b	8,6 b
Dawka I Dose I.	8,1 a	9,6 a
Dawka II Dose II	6,2 b	8,8 a b
Dawka III Dose III	4,9 b	8,7 a b
Dawka IV Dose IV	—	9,5 a
$NIR_{(0,05)}$ $LSD_{(0,05)}$	1,4	0,8

WNIOSKI

1. Efekt przedśiewnej biostymulacji wyrażający się zmianą cech morfologicznych, decydujących o plonie rośliny zbożowej, zależał w dużej mierze od badanego genotypu, warunków pogodowych w okresie wegetacji oraz typu zastosowanego lasera.
2. Przedśiewna obróbka ziarna badanych odmian pszenicy jarej wpłynęła stymulująco na: krzewistość ogólną i produktywną, długość kłosa, liczbę kłosków w kłosie, zbiór kłosa i liczbę ziaren z kłosa, wyrosłych z niego roślin.
3. Naświetlenie promieniami lasera półprzewodnikowego powodowało najwięcej zmian cech morfologicznych u odmian pszenicy jarej.

LITERATURA

- Drozd D., Szajsner H., Bielawska A. 1996 Wpływ przedsiewnej biostymulacji laserowej na wartość użytkową nasion pszenicy jarej ze zbiorów w latach 1992–1995. Biul. IHAR 200: 287 — 290.
- Drozd D., Szajsner H. 1997. Laboratoryjna ocena wczesnych faz rozwojowych pszenicy jarej poddanej działaniu promieniowania laserowego. Biul. IHAR 204: 187 — 190.
- Drozd D., Szajsner H., Laszkiewicz E. 1999. Wykorzystanie biostymulacji laserowej w uprawie pszenicy jarej. Biul. IHAR 211: 85 — 90.
- Dziamba S., Koper R. 1992. Wpływ naświetlania laserem na plon pszenicy jarej. *Fragm. Agron.* 1 (33): 89 — 93.
- Koper R., Dygdała Z. 1993. Urządzenie do obróbki przedsiewnej nasion promieniowaniem laserowym. Patent nr. 162598.
- Koper R. 1996. Urządzenie do przedsiewnej laserowej biostymulacji nasion metodą ich naświetlania nastawnymi dawkami energii. Patent nr 169380.
- Szajsner H. 1999 a. Reakcja genotypów pszenicy jarej na stresowe oddziaływanie promieniowania laserowego. Cz. I. Badania cytogenetyczne. *Zesz. Naukowe AR Wroc.* 367: 45 — 65.
- Szajsner H. 1999 b. Reakcja genotypów pszenicy jarej na stresowe oddziaływanie promieniowania laserowego. Cz. II. Badania polowe. *Zesz. Naukowe AR Wroc.* 367: 67 — 82.

DANUTA DROZD**HANNA SZAJSNER**Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza, Wrocław

Efekt biostymulacji laserowej u roślin zbożowych

Laser biostimulation effect in cereal crops

Celem pracy była ocena efektu biostymulacji laserowej u 10 odmian pszenicy jarej (Alkora, Banti, Eta, Henika, Hera, Igna, Ismena, Jota, Omega i Sigma), 5 odmian pszenicy twardej (Ambral, Cosmodur, Duriac, Epidur, Exodur) i 4 odmian pszenżyta (Bogo, Migo, Presto i Tornado). W warunkach laboratoryjnych oceniano wartość siewną (energię i zdolność kiełkowania) oraz cechy morfologiczne: długość korzeni zarodkowych, koleoptyli i nadziemnej części siewki. Badania prowadzono na nasionach kontrolnych i naświetlonych trzema dawkami energii promieniowania lasera. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie. Stwierdzono zróżnicowaną reakcję genotypów zbóż na biostymulację laserową. Największy efekt biostymulacji obserwowano u pszenżyta, gdzie stwierdzono istotne podwyższenie parametrów wartości siewnej oraz stymulację cech siewek.

Słowa kluczowe: laser, pszenica jara, pszenica twarda, pszenżyto, wartość siewna

The aim of investigation was laser biostimulation effect estimation in 10 spring wheat cultivars (Alkora, Banti, Eta, Henika, Hera, Igna, Ismena, Jota, Omega i Sigma), 5 durum wheat cultivars (Ambral, Cosmodur, Duriac, Epidur, Exodur) and 4 triticale cultivars (Bogo, Migo, Presto i Tornado). The following characters were estimated in laboratory conditions sowing value (germination energy and germination capacity), length of primary roots, coleoptile length and first leaf length. The investigation was conducted on control seeds and seeds irradiated by three doses of laser light. The results of the experiment were analysed statistically. Different reaction of cereal genotypes to the laser biostimulation was found. The highest biostimulation effect was observed in triticale, as significantly increased sowing value parameters and seedling characters stimulation.

Key words: durum wheat, laser, sowing value, spring wheat, triticale

WSTĘP

Nowoczesne rolnictwo stawia wysokie wymagania dotyczące jakości materiału siewnego roślin uprawnych. Nasiona są podstawowym środkiem produkcji rolniczej oraz jej celem. Stanowią one główne źródło żywności człowieka i zwierząt, poza tym mają istotne znaczenie w przemyśle chemicznym, farmaceutycznym, włókienniczym itp.

Dotychczasowe standardowe metody uszlachetniania materiałów nasiennych zostały poszerzone o czynniki chemiczne i fizyczne (Podlaski, 1994). Uważa się, że czynniki fizyczne, takie jak: promienie jonizujące, światło widzialne, fale radiowe, promieniowanie beta, działanie elektronów i neutronów oraz światło lasera, w przeciwieństwie do zabiegów chemicznych modyfikują jedynie przebieg procesów biochemicznych i fizjologicznych w nasionach, nie powodując niekorzystnych zmian w środowisku (Pietruszewski, 1993).

Metoda biostymulacji laserowej wykorzystuje zjawisko fizyczne polegające na zdolności pochłaniania i magazynowania energii świetlnej przez nasiona, które mogą przekształcać ją w energię chemiczną, magazynować i wykorzystywać w późniejszym wzroście. Dostarczenie dodatkowej dawki energii wskutek przedświecania promieniami lasera zwiększa potencjał energetyczny nasion.

Celem badań było określenie wpływu przedświecania laserowej nasion: pszenicy zwyczajnej i twardej oraz pszenżyta na parametry wartości siewnej i cechy siewek we wczesnych fazach rozwoju roślin zbożowych.

MATERIAŁ I METODY

Pszenica jara (1997 rok)

Obiektem badań było 10 genotypów pszenicy jarej: Alkora, Banti, Eta, Henika, Hera, Igna, Ismena, Jota, Omega i Sigma. Nasiona poddano biostymulacji stosując trzy zróżnicowane dawki lasera He-Ne (I — $4 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$, dawka II — dwukrotność dawki I, dawka III — trzykrotność dawki I). W warunkach laboratoryjnych oceniano energię i zdolność kiełkowania zgodnie z przyjętą metodyką (Dorywalski i in., 1964). Badania przeprowadzano na materiale naświetlanym i na nasionach kontrolnych (nie poddanych biostymulacji). Test wzrostu korzenia, koleoptyla i nadziemnej części siewki wykonano na wążkach Künzla.

Pszenica twarda (2000 rok)

W doświadczeniu badano 5 odmian pszenicy twardej Ambral, Cosmodur, Duriac, Epidur, Exodur. Nasiona wymienionych odmian napromieniowano trzema zróżnicowanymi dawkami światła lasera: dawka I — $2,5 \times 10^{-1} \text{ J/cm}^2$, dawka II była dwukrotnością dawki I, zaś dawka III stanowiła trzykrotność dawki I. Doświadczenie laboratoryjne założono w drugiej dobie od napromieniowania. Zgodnie z przyjętą metodyką badano energię i zdolność kiełkowania w czwartej i ósmej dobie oraz wykonano pomiary długości korzonków, koleoptylów i nadziemnej części siewki w ósmej dobie od założenia doświadczenia.

Pszenżyto (2000 rok)

W doświadczeniu badano 3 odmiany pszenżyta ozimego Bogo, Presto i Tornado oraz Migo (pszenżyto jare). Ziarno wymienionych odmian pszenżyta poddano działaniu trzech różnych krotności światła lasera (dawka I — $2,5 \times 10^{-1} \text{ J/cm}^2$, dawka II była dwukrotnością dawki I, zaś dawka III stanowiła trzykrotność dawki I). Doświadczenie prowadzono w warunkach laboratoryjnych, założono je w drugiej dobie po napromieniowaniu. Pomiarów energii dokonano w czwartej dobie, natomiast zdolność kiełkowania oceniano w ósmej dobie od założenia doświadczenia. Dla losowo wybranych roślin z każdego powtórzenia

określano następujące cechy morfologiczne: długość korzeni zarodkowych, długość koleoptyla oraz długość nadziemnej części siewki. Do pszenicy twardej i pszenżyta zastosowano laser półprzewodnikowy.

Dla wszystkich wymienionych gatunków wartości cech zostały otrzymane bezpośrednio z pomiarów i przedstawione jako średnie. Przeprowadzono analizę wariancji właściwą dla doświadczenia dwuczynnikowego założonego metodą serii niezależnych. W przypadku stwierdzenia istotności różnic zastosowano test Duncana w celu wyodrębnienia grup jednorodnych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wysoka wartość energii i zdolności kiełkowania materiału kontrolnego nie pozwoliła na wykazanie efektu przedsewnej biostymulacji laserowej u badanych genotypów pszenic. W przypadku odmiany Henika ze zbiorów 1992–1995 o niskich wartościach energii kiełkowania, po napromieniowaniu światłem lasera stwierdzono istotny wpływ biostymulacji wyrażający się podwyższeniem energii kiełkowania o 11% w stosunku do kontroli (Drozd i in., 1996 a). Na długość korzenia zarodkowego istotnie wpłynęła dawka I — powodując jego wzrost o 2,3 cm w stosunku do kontroli (tab. 1). Najbardziej stymulująco na przyrost długości koleoptyla wpłynęła III i II dawka energii światła laserowego (tab. 1). U trzech odmian spośród 10 badanych — Banti, Hera, Omega stwierdzono wydłużenie nadziemnej części siewki po zastosowaniu naświetlania laserem. Podobne wyniki otrzymano w prowadzonych wcześniej badaniach (Drozd i in., 1996 b, Drozd i in., 1997)

Tabela 1

Grupy jednorodne dla dawek promieniowania
Homogeneous groups for radiation doses

Dawki Doses	Długość korzenia (cm)* Length of root	Długość koleoptyla (cm)** Length of coleoptile
Kontrola Control	10,29 B,C	3,95 B
I	12,60 A	3,99 B
II	10,89 B	4,11 A,B
III	9,54 C	4,24 A

NIR_(0,05) = 0,99* — LSD_(0,05) = 0,99*
 NIR_(0,05) = 0,21** — LSD_(0,05) = 0,21**

Dla badanych genotypów pszenicy twardej nie obserwowano wpływu promieniowania laserowego na energię i zdolność kiełkowania. U odmiany Ambral stwierdzono istotny wzrost wartości wszystkich cech morfologicznych pod wpływem biostymulacji laserowej (tab. 2), natomiast u odmiany Duriac stymulacji uległa długość koleoptyla i nadziemnej części siewki. Przedsewna biostymulacja laserowa nasion odmian pszenżyta spowodowała istotny wzrost parametrów ich wartości siewnej (tab. 3). Dla cechy długości korzonków zarodkowych, koleoptyli i nadziemnej części siewki analiza wariancji pozwoliła stwierdzić istotne ich wydłużenie po zastosowaniu promieni lasera.

Próby zastosowania przedsiewnego naświetlania u pszenicy (Drozd i in., 1996 a, 1996 b; Drozd, Szajsner, 1997) dały pozytywne wyniki w postaci poprawy wartości siewnej oraz przyspieszenia rozwoju roślin. Dotychczas w literaturze nie spotkano prac dotyczących zastosowania biostymulacji laserowej u pszenżyta — gatunku łączącego zalety dwóch podstawowych zbóż i dlatego celowe jest podjęcie prób wykorzystania światła lasera do badań nad tą rośliną.

Tabela 2

Średnie wartości (cm) i grupy jednorodne dla odmian pszenicy twardej
Middle values (cm) and homogeneous groups for the *Triticum durum* cultivars

Dawki Doses	Ambral	Duriac	
	Długość korzenia* Length of root (cm)	Długość koleoptyla** Length of coleoptile (cm)	Długość nadziemnej części siewki*** Length of first leaf (cm)
Kontrola Control	6,0 B	2,8 B	3,3 B
I	6,8 A	2,4 B	3,1 B
II	6,0 B	3,8 A	4,9 A
III	5,6 B	2,3 B	3,1 B

NIR_(0,05) = 0,6* — LSD_(0,05) = 0,6*

NIR_(0,05) = 0,7** — LSD_(0,05) = 0,7**

NIR_(0,05) = 0,9*** — LSD_(0,05) = 0,9***

Tabela 3

Średnie wartości (%) i grupy jednorodne dla energii i zdolności kiełkowania
Middle values (%) and homogeneous groups for energy and germination capacity of germination

Dawki Doses	Energia kiełkowania* Germination energy (%)	Zdolność kiełkowania** Germination capacity (%)
Kontrola Control	86,0 B	92,4 B
I	90,5 A	94,1 A
II	91,7 A	93,8 A
III	90,6 A	94,4 A

NIR_(0,05) = 2,0* — LSD_(0,05) = 2,0*

NIR_(0,05) = 1,3** — LSD_(0,05) = 1,3**

WNIOSKI

1. Reakcja badanych genotypów zbóż na zastosowane dawki promieniowania laserowego była zróżnicowana.
2. Przedsiewna biostymulacja laserowa ziarniaków badanych odmian pszenżyta spowodowała istotny wzrost parametrów ich wartości siewnej.
3. Dla długości korzonków zarodkowych istotny efekt biostymulacji obserwowano u odmian pszenicy jarej po zastosowaniu dawki I, zaś u pszenżyta po zastosowaniu dawki II.

4. Stwierdzono istotną stymulację długości koleoptyla u odmian pszenicy jarej po zastosowaniu dawek II i III, u odmiany Duriac (pszenica twarda) — II, zaś u odmian pszenżyta dawki I.
5. Odmiany pszenicy jarej Banti, Hera i Omega, pszenica twarda Duriac oraz wszystkie odmiany pszenżyta reagowały istotnym wzrostem długości nadziemnych części siewek, które wyrosły z nasion poddanych biostymulacji światłem lasera.
6. Spowodowany światłem lasera szybszy rozwój korzeni zarodkowych, koleoptyli i nadziemnej części siewki może mieć zastosowanie w przypadku opóźnionych siewów i spowodowanych tym problemów ze słabym krzewieniem się roślin.

LITERATURA

- Dorywalski R., Wojciechowicz M., Bartz J. 1964. Metodyka oceny nasion. PWRiL, Warszawa.
- Drozd D., Szajsner H., Bielawska A. 1996 a. Wpływ przedsiewnej biostymulacji laserowej na wartość użytkową nasion pszenicy jarej ze zbiorów 1992–95. Biul. IHAR 200: 287 — 290.
- Drozd D., Szajsner H., Koper R. 1996 b. Wpływ przedsiewnego naświetlania laserem nasion pszenicy jarej na zdolność kiełkowania i długość koleoptyla. *Fragm. Agron.* 1 (49): 44 — 51.
- Drozd D., Szajsner H. 1997. Laboratoryjna ocena wczesnych faz rozwojowych pszenicy jarej poddanej działaniu promieniowania laserowego. Biul. IHAR 204: 187 — 190.
- Pietruszewski S. 1993. Effect of magnetic seed treatment on yield of wheat. *Seed Sci. Technol.* 21, 2: 621 — 626.
- Podlaski S. 1994. Uszlachetnianie materiałów nasiennych roślin rolniczych. *Mat. Konf. Nauk. „Uszlachetnianie Materiałów Nasiennych” ART*, Olsztyn: 25 — 30.

STANISŁAW WĘGRZYN**HELENA GRZESIK**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Zdolność kombinacyjna i efekt heterozji elementów struktury plonu kilku odmian pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Witt.)

Combining ability and heterosis effect of yield structure traits of some winter triticales varieties

Oszacowano zdolność kombinacyjną oraz efekt heterozji kilku cech pszenżyta ozimego w mieszańcach uzyskanych z krzyżowania w układzie czynnikowym trzech form matecznych z pięcioma formami ojcowskimi. Doświadczenie polowe obejmujące 15 mieszańców i 8 form rodzicielskich założono metodą bloków niekompletnych w czterech powtórzeniach. Poletka były 5-rzędkowe o szerokości 1 m; ziarniaki wysiewano w rozstawie 5 x 25 cm. Analizowano 5 cech: długość źdźbła, długość kłosa, liczbę i masę ziaren z kłosa oraz masę 1000 ziaren. Na podstawie wykonanej analizy zmienności pokolenia F_1 i form rodzicielskich stwierdzono, że ogólna zdolność kombinacyjna badanych form ojcowskich pszenżyta była istotna w przypadku wszystkich analizowanych cech, a w odniesieniu do form matecznych była ona nieistotna jedynie dla długości kłosa. Swoista zdolność kombinacyjna była istotna tylko w przypadku długości źdźbła oraz liczby ziaren z kłosa. W odniesieniu do pozostałych cech swoista zdolność kombinacyjna nie została statystycznie udowodniona. Efekt heterozji długości źdźbła i długości kłosa był niewielki, znaczny natomiast w przypadku masy ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren.

Słowa kluczowe: heterozja, pszenżyto, wartość kombinacyjna

Combining ability and heterosis effect is reported for some traits of winter triticales, basing on the factorial mating design of three maternal and five paternal forms. The analysis of variance of the F_1 generation and parental forms has shown a significant general combining ability for all traits under study except ear length in case of females. The specific combining ability was significant for culm length and grain number per ear. For ear length, grain weight per ear and 1000-grain weight the specific combining ability was statistically non significant. Heterosis effect was negligible for culm length and ear length, but considerably higher for grain weight per ear and 1000-grain weight.

Key words: combining ability, heterosis, triticales

WSTĘP

Postęp hodowlany zależy w dużej mierze od właściwego doboru komponentów do krzyżowań. Skutecznym kryterium tego doboru jest zdolność kombinacyjna, czyli zdolność odmiany do tworzenia wartościowego potomstwa. Poznanie zdolności kombinacyjnej wskazuje również na możliwość wykorzystania efektu heterozji w hodowli.

Celem niniejszej pracy było oszacowanie ogólnej (GCA) i swoistej (SCA) zdolności kombinacyjnej oraz efektu heterozji niektórych cech kilku odmian pszenżyta ozimego.

MATERIAŁ I METODA

Jako materiał do badań posłużyło osiem odmian pszenżyta ozimego oraz ich mieszańce w pokoleniu F_1 . Mieszańce uzyskano z krzyżowania w układzie czynnikowym trzech form matecznych Pinokio, Tewo i Presto z pięcioma formami ojcowskimi: LAD 794, Marko, Prado, MAH 2296 i Tornado. Obiekty te były wysiane w doświadczeniu czteropowtórzeniowym założonym metodą bloków niekompletnych w Zakładzie Roślin Zbożowych w Krakowie. Ziarniaki wysiewano na poletkach pięciorzędkowych; szerokość pasa 1 m, rozstawa 5 x 25 cm. Po zbiorach wykonano pomiary biometryczne po 50 roślin ze środkowych rzędów każdego poletka, odrzucając rośliny brzeżne. Analizowano pięć cech: długość źdźbła, długość kłosa, liczbę i masę ziaren z kłosa oraz masę 1000 ziaren. Wykonano analizę wariancji, oszacowano efekty ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej, a także obliczono efekt heterozji w stosunku do średniej wartości rodziców (SR) oraz do lepszego rodzica (LR).

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie analizy wariancji (tab. 1) stwierdzono istotne zróżnicowanie badanych obiektów, zarówno rodziców (ojców oraz matek, z wyjątkiem masy ziaren z kłosa) jak i mieszańców, pod względem wszystkich analizowanych cech. Również zmienność "rodzice a mieszańce" była istotna, a wysokie wartości średniego kwadratu w przypadku masy ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren świadczą o wystąpieniu heterozji tych cech. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania pomiędzy formami ojcowskimi a matecznymi w przypadku dwóch cech — długości kłosa i masy 1000 ziaren.

Ogólna zdolność kombinacyjna badanych odmian tak ojców jak i matek była istotna w przypadku wszystkich analizowanych cech (z wyjątkiem długości kłosa matek), co świadczy o addytywnym działaniu genów w dziedziczeniu tych cech. Swoista zdolność kombinacyjna była istotna tylko w przypadku długości źdźbła i liczby ziaren z kłosa (tab. 1), co wskazuje że również nieaddytywne efekty działania genów odgrywają rolę w warunkowaniu tych cech. Jednakże znacznie wyższe wartości ogólnej zdolności kombinacyjnej wskazują na przewagę addytywnego działania genów. Wyniki te są na ogół zgodne z wynikami innych autorów (Barker i Varughese, 1992; Cybulska-Augustyniak i Rogalska, 1992; Węgrzyn i in., 1995, 1996; Węgrzyn i Grzesik, 1996; Grzesik i Węgrzyn, 1998), którzy w przypadku pszenżyta stwierdzili przewagę addytywnego lub jednakową rolę addytywnego i nieaddytywnego działania genów w determinowaniu plonu i jego

elementów. Natomiast Carillo i wsp. (1983), a także Gill (1985) donoszą o przewadze nieaddytywnego działania genów w dziedziczeniu plonu i cech jego struktury.

Tabela 1

Analiza wariancji (średnie kwadraty) komponentów plonu ziarna kilku odmian i rodów pszenżyta
Analysis of variance (mean squares) of yield components of some triticale varieties and strains

Źródło zmienności Source of variation	Średnie kwadraty Mean squares					
	Stopnie swobody Degrees of freedom	Długość źdźbła Culm length	Długość kłosa Ear length	Liczba ziaren z kłosa Grain number per ear	Masa ziaren z kłosa Grain weight per ear	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
Obiekty Entries	22	219,53**	0,89**	51,60**	0,15**	63,42**
Rodzice a mieszańce Parents vs hybrids	1	7,25*	1,32*	34,49*	0,41**	292,51**
Rodzice Parents	7	218,87**	1,28**	58,76**	0,17**	46,69**
Matki Females	2	379,82**	1,53*	7,28*	0,04	59,94**
Ojcowie Males	4	176,10**	1,47*	61,10**	0,18**	51,72**
Matki a ojcowie Females vs males	1	68,02**	0,01	152,39**	0,36**	0,05
Mieszańce Hybrids	14	235,03**	0,67**	49,24**	0,12**	55,43**
OWK — matki GCA — females	2	1160,06**	0,20	56,63*	0,33**	296,97**
OWK — ojcowie GCA — males	4	274,61*	1,53*	160,51**	0,22**	87,94**
SWK SCA	7	116,67**	0,74	19,25*	0,06	4,22
Błąd Error	46	5,61	0,38	7,19	0,03	2,49

*, ** — Istotne odpowiednio na poziomie 0,05 i 0,01

*, ** — Significant at P = 0.05 and 0.01, respectively

Obliczone efekty ogólnej wartości kombinacyjnej dla matek i ojców wskazują, że odmiany wykazujące istotne dodatnie efekty będą zwiększały w potomstwie wartości tych cech, natomiast te, które wykazują istotne ujemne efekty będą wpływały na obniżenie wartości danych cech w potomstwie (tab. 2). Odmiany Presto, Prado i Tornado będą przekazywały cechę długiego źdźbła, a odmiany Pinokio i LAD 794 mogą być dobrymi komponentami do krzyżowań w celu skrócenia źdźbła. Odmiana Marko będzie wpływała na zwiększenie długości kłosa, a odmiana LAD 794 — na skrócenie kłosa. Dużą liczbę ziaren z kłosa będą przekazywały odmiany Marko, Prado i Tewo, natomiast odmiany LAD 794, Tornado i Presto będą wpływały na zmniejszenie tej cechy w potomstwie. Istotne dodatnie efekty ogólnej wartości kombinacyjnej w przypadku masy ziaren z kłosa zaobserwowano u odmian Pinokio i Marko, a ujemne — u odmian Tewo, Presto, LAD 794 i Tornado. W odniesieniu do masy 1000 ziaren istotne dodatnie efekty wartości kombinacyjnej stwierdzono w przypadku odmian Pinokio, LAD 794 oraz MAH 2296, ujemne zaś, w przypadku odmian Tewo, Presto, Marko i Prado.

Istotne efekty swoistej wartości kombinacyjnej, które wystąpiły w przypadku długości źdźbła w dziewięciu kombinacjach krzyżowań oraz w przypadku liczby ziaren z kłosa – w dwóch (tab. 3), świadczą o udziale nieaddytywnego działania genów. Wskazuje to na trudności uzyskania homozygotycznych genotypów pod względem tych cech we wczesnych pokoleniach mieszańcowych. O występowaniu istotnych efektów swoistej wartości kombinacyjnej w odniesieniu do pszenżyta donoszą między innymi Węgrzyn i Grzesik (1994, 1995) oraz Węgrzyn i wsp. (1994).

Tabela 2

Efekty ogólnej wartości kombinacyjnej
Effects of general combining ability

Odmiana, ród Variety, strain	Długość źdźbła Culm length	Długość kłosa Ear length	Liczba ziaren z kłosa Grain number per ear	Masa ziaren z kłosa Grain weight per ear	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
Pinokio	-9,26**	0,06	-0,99	0,18**	5,16**
Tewo	0,08	-0,11	1,92**	-0,07*	-3,04**
Presto	7,33**	0,07	-1,12*	-0,07*	-1,08**
LAD 794	-6,95**	-0,50**	-5,19**	-0,12*	3,17**
Marko	0,93	0,44*	4,27**	0,16**	-1,27**
Prado	2,90**	-0,16	2,62**	-0,05	-3,27**
MAH 2296	1,23	0,21	-0,49	0,08	1,58**
Tornado	2,83**	0,02	-1,81*	-0,11*	-0,33

*, ** — Istotne odpowiednio przy $P = 0,05$ i $0,01$

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

Tabela 3

Efekty swoistej wartości kombinacyjnej
Effects of specific combining ability

	LAD 794	Marko	Prado	MAH 2296	Tornado
Długość źdźbła Culm length					
Pinokio	9,59**	-2,11*	-2,01*	-5,47**	—
Tewo	-3,36**	-0,23	1,04	3,19**	-0,65
Presto	-6,23**	2,34*	0,96	2,28*	0,65
Liczba ziaren z kłosa Grain number per ear					
Pinokio	-0,23	0,23	1,55	-1,55	—
Tewo	3,09**	-1,83	-1,60	1,09	-0,76
Presto	-2,86**	1,60	0,05	0,46	0,76

Obliczony efekt heterozji w stosunku do średniej rodziców, a także do lepszego rodzica w przypadku długości źdźbła i długości kłosa był niewielki (tab. 4). Jest to zjawisko korzystne z punktu widzenia hodowli, bowiem długie źdźbło zwiększa podatność na wyleganie. Niewielki efekt heterozji liczby ziaren z kłosa wystąpił tylko w stosunku do średniej wartości rodziców. Największy efekt heterozji zaobserwowano w odniesieniu do masy ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren (tab. 5).

Tabela 4

**Wystąpienie efektu heterozji długości źdźbła, długości kłosa i liczby ziaren z kłosa w stosunku do średniej rodziców (ŚR)
i do lepszego rodzica (LR)**

Manifestation of heterosis of culm length, ear length and grain number per ear in relation to mid-parent (MP) and to better parent (BP)

Mieszaniec Hybrid	Długość źdźbła Culm length					Długość kłosa Ear length					Liczba ziaren z kłosa Grain number per ear				
	Matka Female	Ojciec Male	F ₁	% SR % MP	% LR % BP	Matka Female	Ojciec Male	F ₁	% SR % MP	% LR % BP	Matka Female	Ojciec Male	F ₁	% SR % MP	% LR % BP
Pinokio × LAD 794	77,47	76,28	82,76	107,6	106,8	10,66	9,50	10,02	99,4	94,0	47,36	47,14	46,79	99,0	98,8
Pinokio × Marko		93,06	77,18	90,5	82,9		10,47	10,95	103,6	102,7		58,78	54,76	103,2	93,2
Pinokio × Prado		94,62	79,87	92,8	84,4		9,79	10,18	99,5	95,5		57,72	53,97	102,7	93,5
Pinokio × MAH 2296		96,34	75,00	86,3	77,8		10,90	10,27	95,3	94,2		54,72	51,24	100,4	93,6
Tewo × LAD 794	86,02	76,28	78,57	96,8	91,3	9,30	9,50	10,09	107,3	106,2	51,79	47,14	50,22	101,5	97,0
Tewo × Marko		93,06	90,68	101,3	97,4		10,47	10,25	103,6	97,9		58,78	56,91	102,9	96,8
Tewo × Prado		94,62	92,89	102,8	98,2		9,79	10,07	105,4	102,9		57,72	54,83	100,1	95,0
Tewo × MAH 2296		96,34	93,87	102,9	97,4		10,90	10,75	106,4	98,6		54,72	54,62	102,5	99,8
Tewo × Tornado		90,43	92,01	104,3	101,7		9,14	10,08	109,3	108,4		55,00	50,81	95,1	92,4
Presto × LAD 794	99,99	76,28	82,66	93,8	82,7	10,34	9,50	9,58	96,6	92,6	49,89	47,14	43,82	90,3	87,8
Presto × Marko		93,06	99,03	102,6	99,0		10,47	10,83	104,0	103,4		58,78	56,39	103,8	95,9
Presto × Prado		94,62	100,37	103,1	100,4		9,79	10,17	101,0	98,4		57,72	53,85	100,1	93,3
Presto × MAH 2296		96,34	101,06	102,9	101,1		10,90	11,10	104,5	101,8		54,72	52,84	101,0	96,6
Presto × Tornado		90,43	100,54	105,6	100,5		9,14	10,81	111,0	104,5		55,00	49,95	95,2	90,8

Osiem mieszańców wykazywało większą masę ziaren z kłosa od lepszego rodzica, a dwa z nich Pinokio × LAD 794 oraz Pinokio × Prado przewyższało lepszego rodzica o ponad 10%.

Pod względem masy 1000 ziaren dziewięć mieszańców przewyższało lepszego rodzica w tym trzy o ponad 10%. Były to mieszańce Pinokio × LAD 794, Pinokio × MAH 2296 oraz Presto × Tornado. Jako najlepsze spośród przebadanych mieszańców należałoby uznać Pinokio × LAD 794 oraz Pinokio × MAH 2296, bowiem przewyższają one znacznie lepszego rodzica pod względem obu tych cech. Wskazywałoby to na możliwość wykorzystania tych mieszańców w hodowli heterozyjnej pszenżyta.

Tabela 5

Wystąpienie efektu heterozji masy ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren w stosunku do średniej rodziców (ŚR) i do lepszego rodzica (LR)
Manifestation of heterosis of grain weight per ear and 1000 grain weight in relation to mid-parent (MP) and to better parent (BP)

Mieszaniec Hybrid	Masa ziaren z kłosa Grain weight per ear					Masa 1000 ziaren 1000 grain weight				
	Matka Female	Ojciec Male	F ₁	% ŚR % MP	% LR % BP	Matka Female	Ojciec Male	F ₁	% ŚR % MP	% LR % BP
Pinokio × LAD 794	2,38	2,33	2,74	116,1	115,1	50,28	49,80	58,53	117,0	116,4
Pinokio × Marko		2,74	2,77	108,2	101,1		46,66	53,67	110,7	106,7
Pinokio × Prado		2,36	2,73	115,2	114,7		40,91	50,67	111,1	100,8
Pinokio × MAH 2296		2,66	2,90	115,1	109,0		48,65	56,50	114,2	112,4
Tewo × LAD 794	2,25	2,33	2,50	109,2	107,3	43,39	49,80	49,73	106,7	99,9
Tewo × Marko		2,74	2,64	105,6	96,3		46,66	46,30	102,8	99,2
Tewo × Prado		2,36	2,44	105,6	103,4		40,91	44,48	105,5	102,5
Tewo × MAH 2296		2,66	2,58	104,9	97,0		48,65	47,22	102,6	97,1
Tewo × Tornado		2,36	2,35	101,7	99,6		42,83	46,28	107,3	106,7
Presto × LAD 794	2,14	2,33	2,22	99,1	95,3	42,84	49,80	50,75	109,6	101,9
Presto × Marko		2,74	2,64	108,2	96,3		46,66	46,77	104,5	100,2
Presto × Prado		2,36	2,48	110,2	105,1		40,91	46,05	110,0	107,5
Presto × MAH 2296		2,66	2,62	109,2	98,5		48,65	49,50	108,2	101,7
Presto × Tornado		2,36	2,39	106,2	101,3		42,83	47,87	111,7	111,7

Niewielki efekt heterozji długości źdźbła i długości kłosa, znaczny zaś w odniesieniu do plonu oraz elementów struktury plonu w mieszańcach pszenżyta, opisali między innymi Grzesik (1991, 1995), Spis i Góral (1992) oraz Węgrzyn i Grzesik (1994, 1995). Wyniki prac wyżej cytowanych autorów są na ogół zgodne z wynikami uzyskanymi w tej pracy.

WNIOSKI

1. Badane cechy warunkowane są addytywnym bądź przewagą addytywnego nad nieaddytywnym działaniem genów.
2. Ogólna zdolność kombinacyjna badanych odmian pszenżyta była istotna w przypadku wszystkich analizowanych cech, z wyjątkiem długości kłosa matek.
3. Swoista zdolność kombinacyjna była istotna tylko w przypadku długości źdźbła oraz liczby ziaren z kłosa.

4. Efekt heterozji długości źdźbła i długości kłosa był niewielki, znaczny natomiast w odniesieniu do masy ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren.

LITERATURA

- Barker T. C., Varughese G. 1992. Combining ability and heterosis among eight complete spring hexaploid triticale lines. *Crop Sci.* 32: 340 — 344.
- Carillo J.M., Monteagudo A., Sanchez-Monge E. 1983. Inheritance of yield components and their relationship to plant height in hexaploid triticale. *Z. Pflanzenzüchtung.* 90: 155 — 165
- Cybulska-Augustyniak J., Rogalska S. 1992. Badanie zdolności kombinacyjnych form heksaploidalnego ozimego pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack). *Hod. Rośl. i Nasien. Biul. Branż.* 3: 1 — 4.
- Gill K. S. 1986. Current status and future prospects of breeding triticale. *Triticale Int. Symposium*, Sydney 1986: 84 — 104.
- Grzesik H. 1991. The results of studies carried out on dwarf mutants of winter hexaploid triticale. *Cereal. Res. Commun.* 19, 1/2: 91 — 99.
- Grzesik H. 1995. Efekt heterozji w mieszańcach F₁ pszenżyta ozimego. *Hod. Rośl. Aklim.* 39,3: 21 — 39.
- Grzesik H., Węgrzyn S. 1998. Heterosis and combining ability in some varieties of triticale. *Proceedings of 4th Int. Triticale Symposium*, Red Deer, Alberta, Canada, 1998: 129 — 133.
- Spiss L., Góral H. 1992. Efekt heterozji u pszenżyta. *Zesz. Probl. IHAR. Hodowla Zbóż. Prace Badawcze Grup Problemowych.* Rok 1990: 41 — 48.
- Węgrzyn S., Góral H., Spiss L. 1994. Oszacowanie zdolności kombinacyjnej odmian i rodów pszenżyta ozimego. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie*, nr 162, *Rolnictwo LVIII*: 261 — 265.
- Węgrzyn S., Góral H., Spiss L. 1995. Zdolność kombinacyjna pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR*, 195/196: 5 — 11.
- Węgrzyn S., Góral H., Spiss L. 1996. Odziedziczalność plonu ziarna i cech struktury plonu pszenżyta ozimego, *Biul. IHAR*, 200: 139 — 143.
- Węgrzyn S., Grzesik H. 1994. Heterozja i zdolność kombinacyjna pszenżyta. *Zesz. Nauk. AR w Szczecinie*, nr 162, *Rolnictwo LVIII*: 267 — 272.
- Węgrzyn S., Grzesik H. 1995. Zdolność kombinacyjna i heterozja cech użytkowych kilku odmian pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR*, 195/196: 13 — 19.
- Węgrzyn S., Grzesik H. 1996. The combining ability in some varieties and strains of winter triticale (X *Triticosecale* Witt.). *Plant Breed. Seed Sci.* 40: 3 — 4.

ELŻBIETA MAŁUSZYŃSKA**JERZY DRZEWIECKI****BOGUSŁAW ŁAPIŃSKI**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Tożsamość nietypowych roślin pszenżyta na podstawie analizy elektroforetycznej i cytogenetycznej ziarniaków *

Identity of triticale off-type plants on the basis of electrophoretic and cytogenetic analysis of kernels

W latach 1998–2000, w trzech punktach badawczych prowadzono reprodukcję 2, 3 i 4 generacji superelity pszenżyta ozimego odmian Bogo i Presto. W każdym punkcie badawczym prowadzono obserwacje roślin na 8 poletkach o wielkości 1m². Wybierano rośliny nietypowe — nie odpowiadające opisowi odmiany według metodyki OWT. Ziarniaki losowo wybranych, płodnych roślin poddano analizie cytogenetycznej i elektroforetycznej. Liczbę chromosomów oznaczono w 53 wykiełkowanych ziarniakach i wykryto jedynie 7 aneuploidów. Elektroforeza prolamin wykazała obecność dodatkowych prążków białka u większości badanych ziarniaków. Aneuploidalność nie stanowiła głównej przyczyny pojawiania się nietypowych roślin pszenżyta. Występowanie takich roślin mogło być spowodowane innymi czynnikami, jak: przekrzyżowania, zanieczyszczenia mechaniczne i błędy agrotechniczne.

Słowa kluczowe: aneuploidy, elektroforeza, prolaminy, pszenżyto, roślina nietypowa

The 2nd, 3rd and 4th multiplications of pre-basic seed of winter triticale varieties Bogo and Presto were conducted in three locations during 3 years (1998–2000). In each location plants were observed on 8 field plots of 1m² size. Off-type plants were selected which did not fit description of a variety, according to the DUS requirements. Kernels of the randomly selected plants were subjected to cytogenetic and electrophoretic examinations. Chromosome number was determined in seedling roots of 53 germinated kernels and only 7 aneuploids were detected. The occurrence of additional bands in prolamin electrophoregrams was revealed for most of the examined kernels. It suggests that aneuploidy is not the main cause of occurrence of non-typical triticale plants. It could be attributed rather to other factors like cross-pollination or contamination with other varieties' seed.

Key words: aneuploids, electrophoresis, triticale, prolamins, off-type plant

* Praca wykonana w ramach projektu badawczego nr 5P06B04915 finansowanego przez KBN

WSTĘP

Odmiana jest wyrównana, gdy rośliny są do siebie w wymaganym stopniu podobne charakterystycznymi dla niej właściwościami, przy uwzględnieniu sposobu rozmnażania odpowiedniego dla tej odmiany (Borys, 1997). Ocena wyrównania polega na obserwacji wszystkich cech objętych metodyką OWT i oznaczeniu liczby roślin nietypowych, tj. różniących się fenotypowo w całej próbie. W analizie OWT przyjmuje się dla pszenżyta, gatunku zasadniczo samopylnego, dopuszczalną liczbę roślin nietypowych dwa razy większą niż dla gatunków w pełni samopylnych.

Niewyrównanie morfologiczne roślin w odmianie jest jednym z głównych problemów w hodowli pszenżyta (Maćkowiak i in., 1993; Wolski, 1993). W ostatnich latach nawet do 47% rodów było z tego powodu odrzuconych w badaniach rejestrowych (Grzesiek, inf. ustna, 2001).

Pszenżyto jest w zasadzie rośliną samopylną, ale w mniejszym lub większym stopniu podlega obcozapyleniu (Pickett, 1988; Tarkowski, 1989). Zapylenie obcym pyłkiem w doświadczeniach polowych może dochodzić do 10%. U odmiany Presto stwierdzono obcozapylenie na poziomie 4% (Sowa, Krysiak, 1994). Wszystkie odmiany pszenżyta wykazują obecność aneuploidów, które powstają w wyniku niestabilności cytogenetycznej tego gatunku (Tarkowski, 1989; Rogalska i in., 1991). Heksaploidalne pszenżyto składa się z trzech genomów i podobnie jak w przypadku heksaploidalnej pszenicy utrata pojedynczego chromosomu jest dobrze tolerowana. Towarzyszący temu efekt fenotypowy ogranicza wyrównanie odmian. Pojawianie się roślin aneuploidalnych i zjawisko spontanicznego przekrzyżowania są głównymi przyczynami zróżnicowania morfologicznego, czyli niewyrównania na plantacjach pszenżyta. Pozostałymi przyczynami mogą być zaburzenia rozwojowe roślin w wyniku stresu środowiskowego, porażenia przez choroby i szkodniki. W niektórych przypadkach mogą nastąpić przekrzyżowania wewnątrzodmianowe, powodujące zwiększenie zmienności w odmianie (Tarkowski, 1989).

Sposobem weryfikacji tożsamości roślin może być badanie obrazu elektroforetycznego białek zapasowych (prolamin) w nasionach. Nasiona z roślin nietypowych o identycznym elektroforegramie uważa się za zgodne z odmianą, lecz powstałe w innych warunkach agroekologicznych.

Celem badań było określenie tożsamości nietypowych roślin pszenżyta za pomocą analizy cytogenetycznej i elektroforetycznej ziarniaków zebranych z tych roślin.

MATERIAŁ I METODY

W latach 1998–2000 reprodukowano dwie odmiany pszenżyta ozimego (Bogo i Presto) w trzech punktach badawczych (Lublin, Olsztyn i Sandomierz). Analizowano materiał 2, 3 i 4 pokolenia z rozmnożenia superelity w 1996 roku. W każdym punkcie badawczym prowadzono obserwacje roślin na 8 poletkach 1 m². Zgodnie z metodyką badania OWT dla pszenżyta (COBORU, 1996) wyselekcjonowano rośliny nietypowe. Wydzielono rośliny wyróżniające się przynajmniej jedną z cech: wysokością, skręceniem

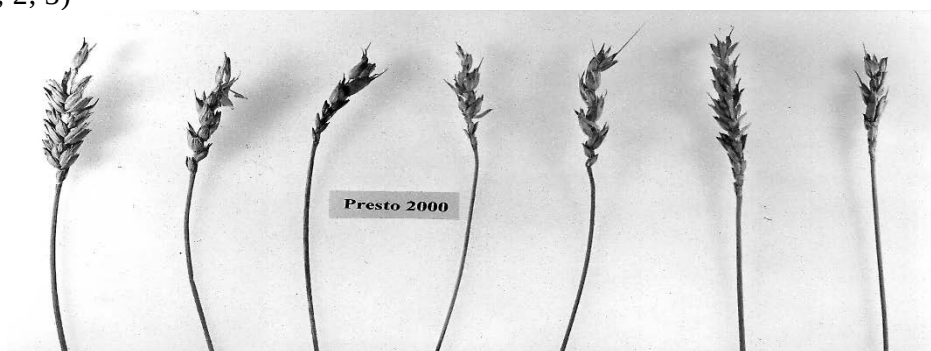
żdźbłą, brakiem ości, barwą kłosa lub jego kształtem (kłosa beczułkowate, karpiowate, szczyrbate), sztywnością i omszeniem dokłosa, owłosieniem zewnętrznej strony plewy dolnej i długością pierwszego ząbka plewy dolnej. Spośród nietypowych kłosów wydzielono kłosa płone.

W celu oznaczenia liczby chromosomów u form nietypowych wybrano losowo 10 roślin, które zawiązały przynajmniej 10 nasion, ze zbioru w 1999 roku w Sandomierzu (9 odmiany Bogo i 1 odmiany Presto). Z każdej rośliny pobrano do badań po 10 ziarniaków. Z wysoce sterylnej rośliny nr 4 (odmiana Presto) można było pobrać tylko 5 ziarniaków. Ziarniaki poddano kiełkowaniu w celu pobrania korzeni do badań cytogenetycznych. Preparaty cytogenetyczne wykonano standardową techniką rozgniatań merystemów wierzchołkowych korzeni z usuwaniem szkiełek przykrywkowych po zamrożeniu w ciekłym azocie. Barwienie wykonano metodą Giemsy w modyfikacji Łukaszewskiego i wsp. (1995).

Badania elektroforetyczne wykonano dla całych, pojedynczych ziarniaków form nietypowych obu odmian zebranych w 1999 roku w Sandomierzu i w roku 2000 w Olsztynie. Pobrano 50 ziarniaków z 5 kłosów (po 10 ziarniaków z kłosa). Wzorzec stanowiły nasiona superelity obu odmian przechowywane od 1996 roku. W badaniach elektroforetycznych białka rozdzielano w 7% żelu poliakrylamidowym, w systemie nieciągłej elektroforezy kwaśnej (A-PAGE), według metodyki Brzezińskiego i wsp. (1989). Proces prowadzono przy stałym napięciu 500 V. Żele z prążkami białek utrwalano i barwiono roztworem 0,002% Coomassie Blue R-250 z dodatkiem 5% TCA, odbarwiano 1% roztworem detergentu i suszono w folii celofanowej nasączonej roztworem 10% glikolu etylenu.

WYNIKI I DYSKUSJA

W 1998 roku w Sandomierzu, u odmiany Bogo znaleziono 94 rośliny nietypowe, a u Presto 89 roślin. W roku 1999 wytypowano u odmiany Bogo 86 roślin nietypowych, a u Presto 67. W roku 2000 stwierdzono ich więcej, u Bogo 210 roślin i Presto 107 roślin. Przykłady nietypowej budowy kłosa i nietypowego omszenia dokłosa prezentują zdjęcia (rys.1, 2, 3)



Rys. 1. Rośliny pszenżyta odmiany Presto o nietypowych kłosach
Fig. 1. The plants of triticale cv. Presto with non-typical ears



Rys. 2. Nietypowe rośliny Presto o różnym stopniu omszenia doklosia

Fig. 2. The stem necks with different level of hairness density of non-typical plants of triticale cv. Presto



Rys. 3. Kłosy nietypowych roślin odmiany Bogo

Fig. 3. The ears of non-typical plants of triticale cv. Bogo

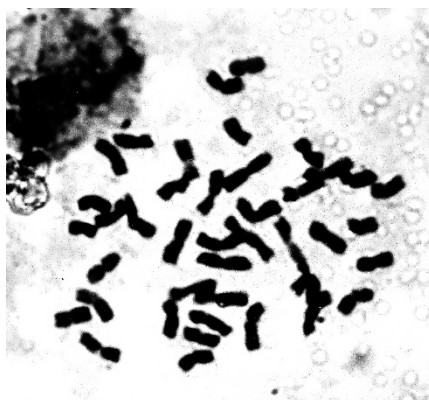
Większość roślin nietypowych miała kłosy pełne, co nie pozwalało na dalsze badania. Niewielkie liczebności roślin nietypowych stwierdzono na poletkach obu odmian w Olsztynie i Lublinie.

Badania cytogenetyczne

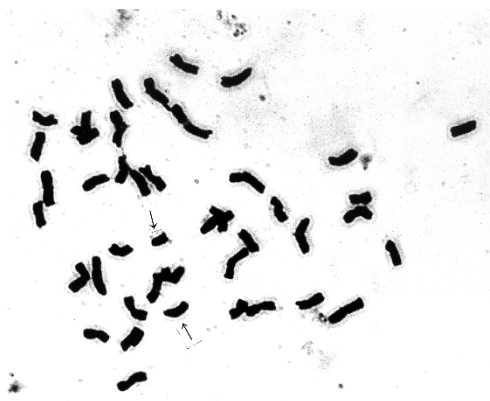
Z 95 ziarniaków wykiełkowało 78. Ze względu na słabą aktywność mitotyczną merystemów korzeni liczbę chromosomów udało się oznaczyć jedynie u 53 roślin. Zestawienie wyników dla poszczególnych potomstw nietypowych roślin zawiera tabela 1. Jedynie potomstwa nr 4 i nr 6 nasuwają podejrzenie, że mogą pochodzić od roślin aneuploidalnych. W przypadku rośliny nr 4 jest to najbardziej prawdopodobne, także

z powodu sterylności, pomarszczenia ziarna i jego słabego kiełkowania. Niestety, spowodowało to ograniczenie materiału badawczego do jednej rośliny. Podobnie dla potomstwa nr 6 udział 2 aneuploidów na 5 roślin nie pozwalał na stwierdzenie istotności odstępstwa od spodziewanej dla potomstw aneuploidów proporcji 1:1 (euploidów do aneuploidów).

Ogółem w zbadanej populacji wykryto tylko 7 aneuploidów, w tym 5 z obniżoną liczbą chromosomów (rys. 4) i 2 z podwyższoną (tab. 1). W dwóch przypadkach aneuploidalność była ograniczona do braku lub nadmiaru jednego ramienia chromosomu, w pozostałych aneuploidach były to całe chromosomy. W dwóch roślinach zaobserwowano poprzeczne pęknięcia centromerowe pojedynczych chromosomów (rys. 5).



Rys. 4. Chromosomy rośliny aneuploidalnej z brakiem jednego chromosomu
Fig. 4. Chromosomes of aneuploid plant with one chromosome lacking



Rys. 5. Chromosomy rośliny z poprzecznym pęknięciem centromerowym jednego chromosomu
(fragmenty zaznaczono strzałkami)
Fig. 5. Chromosomes of a plant with centromeric breakdown of a single chromosome (the resulting fragments marked with arrows)

Nie traktowano ich jako aneuploidy ze względu na niezmienną liczbę ramion chromosomów. Uzyskane wyniki badań cytogenetycznych nie pozwoliły na precyzyjną ocenę wpływu aneuploidalności na wystąpienie form nietypowych. Trudności w uzyskaniu miarodajnych danych do takiej oceny wynikały ze słabego kiełkowania i niskiej aktywności mitotycznej merystemów korzeni zwłaszcza w potomstwach roślin słabych, u których aneuploidalność była najbardziej prawdopodobna. Aneuploidalność nie była najważniejszym z czynników, które spowodowały zróżnicowanie wewnątrzodmianowe. Jeśli nawet przyjmujemy, że potomstwa nr 4 i nr 6 pochodziły z aneuploidów, stanowi to tylko 20% próby badanych form nietypowych. Pozostałe 8 potomstw zawierało jedynie 4 rośliny aneuploidalne, co stanowi 8,5% populacji. Wielkość ta mieści się w zakresie od 7,9 do 9,1%, jak podaje Rogalska i wsp. (1991), dla polskich odmian pszenżyta heksaploidalnego. Jest to także zbliżone z wynikami Guedes-Pinto i wsp. (1984) dla wysoko plonujących form pszenżyta (5,75–11,51%).

W badanym materiale zaobserwowano niewielką skłonność do poprzecznych pęknięć centromerowych w chromosomach żyta. Związek tych pęknięć z morfologią analizowanych roślin jest nieznany i nic nie wskazuje, żeby był istotny. Jednak w potomstwie takich roślin należy się spodziewać form nietypowych z ubytkami połówek chromosomów, jak to wykryto u roślin nr 7 i 10. Zatem pęknięcia centromerowe należy również uznać za potencjalne źródło niewyrównania odmiany.

Szanse na wykrycie aneuploidów metodą elektroforezy prolamin przy tak niewielkiej ich liczbie są niskie, ponieważ dopiero ubytek pary chromosomów homologicznych stwarza możliwość zniknięcia prążka białek.

Tabela 1

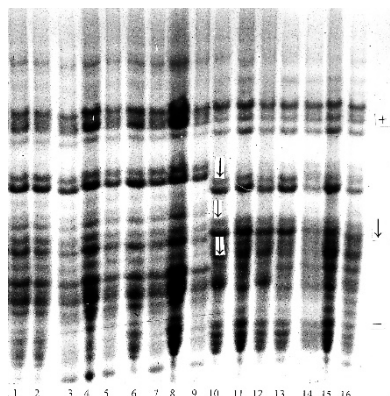
Stabilność kariotypowa w potomstwach uzyskanych z 10 nietypowych roślin pszenżyta ozimego ze zbioru 1999

Stability of karyotype in progeny of 10 off-type winter triticales plants collected in 1999

Nr rośliny No. of plant	Liczba połówek ziarniaków Number of kernels			Euploidy Euploids (2n=42)	Aneuploidy Aneuploids					Pęknięcia chromosomów Centromeric breaks
	wysianych sown	wykiełkowanych germinated	zbadanych analysed		(2n=40)	(2n=41)	(2n=41+ 1/2)	(2n=42+ 1/2)	(2n=43)	
1	10	6	3	3	—	—	—	—	—	—
2	10	5	3	3	—	—	—	—	—	—
3	10	8	4	4	—	—	—	—	—	—
4	5	2	1	—	—	—	—	—	1	—
5	10	9	9	7	1	—	—	—	—	1
6	10	9	5	3	1	1	—	—	—	—
7	10	9	8	6	—	—	—	1	—	1
8	10	10	8	8	—	—	—	—	—	—
9	10	10	6	6	—	—	—	—	—	—
10	10	10	6	4	—	1	1	—	—	—
Razem Total	95	78	53	44	2	2	1	1	1	2

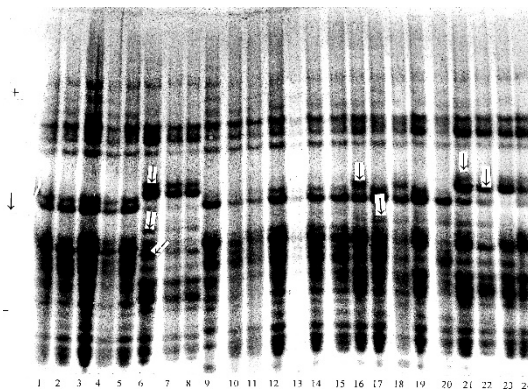
Badania elektroforetyczne

Wszystkie badane ziarniaki danej formy nietypowej charakteryzowały się identycznym obrazem białek. Elektroforegramy prolamin wyekstrahowanych z pojedynczych, całych ziarniaków form nietypowych cechowały się obecnością dodatkowych prążków (patrz strzałki na rys. 6, 7 i 8). Elektroforegramy prolamin ziarniaków Bogo o omszonym dokłosiu (rys. 6), białek ziarniaków Presto ze szczyrbatym kłosem (rys. 7), a także Presto o jaśniejszej barwie kłosa (rys. 8) wyraźnie różniły się od wzorca. U roślin Presto o nietypowym omszeniu dokłosia obok ziarniaków różniących się obrazem białek znaleziono także identyczne ze wzorcem (rys. 7).



Rys. 6. Elektroforegram prolamin ziarniaków wzorca odmiany Bogo (1–9) i ziarniaków roślin Bogo z nietypowym omszeniem dokłosia (10–16, dodatkowe prążki oznaczono strzałkami)

Fig. 6. The electrophoregram of kernel prolamins of cv. Bogo standard (1–9) and the Bogo plants with non-typical hairiness of stem neck (10–16, the additional bands marked with arrows)

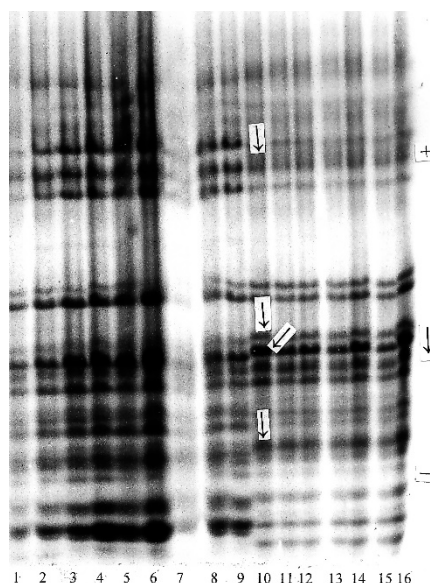


Rys. 7. Elektroforegram prolamin ziarniaków wzorca odmiany Presto (1–5), ziarniaków z roślin Presto o szczyrbatych kłosach (6–9) i ziarniaków z roślin Presto o nietypowym omszeniu dokłosia (ziarniaki 10–15 — identyczne z wzorcem, 16–24 — różne od wzorca, dodatkowe prążki oznaczone strzałkami)

Fig. 7. The electrophoregram of kernel prolamins of cv. Presto standard (1–5), kernels from low fertile plants (6–9) and kernels of plants with non-typical hairiness of stem neck (kernels 10–15 identical with the standard, 16–24 different from the standard, the additional bands marked with arrows)

W pewnych przypadkach wykrycie aneuploidów jest możliwe dzięki analizie elektroforetycznej, gdy utracona została para chromosomów homologicznych kodujących prolaminę i na elektroforegramie brak prążka lub prążków (Pickett, 1988). Zakładając aneuploidalną naturę form nietypowych o zmniejszonej liczbie chromosomów mogliśmy się spodziewać obrazów białek zubożonych o prążki, a jest odwrotnie, elektroforegramy form nietypowych mają więcej prążków.

Zakładano, że badane formy nietypowe nie powstały ze skrzyżowania roślin Presto i Bogo z innymi odmianami pszenżyta, gdyż zachowano 100 m izolacji przestrzennej. Jednak obecność dodatkowych prążków w elektroforegramie sugeruje wpływ obcego zapylenia lub błędy agrotechniczne. Przyczyną mogą być samosiewy pszenżyta, które nawet po kilku latach mogą pojawiać się na polu. Występowanie form nietypowych może być także rezultatem zanieczyszczenia mechanicznego.



Rys. 8. Elektroforegram prolamin ziarniaków wzorca odmiany Presto (1–9) i ziarniaków z roślin Presto o nietypowych, jasnych kłosach (10–16, dodatkowe prążki oznaczone strzałkami)

Fig. 8. The electrophoregram of kernel prolamins of cv. Presto — standard (1–9), and kernels from Presto plants with non-typical white ears (10–16, the additional bands marked with arrows)

Nie zawsze zmienność fenotypowa (na przykładzie nietypowego dla Presto braku omszenia dokłosa) musi przejawiać się w postaci innego obrazu elektroforetycznego prolamin. Stwierdziliśmy, że takie formy nietypowe są identyczne pod względem składu tej frakcji białek z wzorcem.

Liczba roślin nietypowych była największa w ostatnim roku badań, czyli w czwartej generacji pszenżyta. Trudno ocenić, czy był to efekt kolejnej reprodukcji i obcozapyleń, czy niekorzystnych warunków pogodowych wiosną 2000 roku i obcozapyleń itp. Większość kłosów tych roślin była sterylna.

WNIOSKI

1. Aneuploidalność nie stanowiła głównej przyczyny pojawiania się nietypowych roślin pszenżyta ozimego.
2. Pojawianie się form nietypowych mogło być rezultatem wielu czynników: przekrzyżowania, zanieczyszczenia mechanicznego, błędów płodozmianowych itp.
3. Odrębność fenotypowa większości badanych nietypowych roślin miała charakter dziedziczny, co przejawiało się odmiennością obrazu białek w nasionach tych roślin.
4. Zmienność fenotypowa nie zawsze ma związek z różnicami obrazu elektroforetycznego prolamin.

LITERATURA

- COBORU. 1996. Metodyka badania odrębności, wyrównania i trwałości (OWT) — pszenżyto (*X Triticosecale* Wittm.) COBORU, Słupia Wielka.
- Borys J. 1997. Zależność wielkości frakcji odmian nie spełniających kryterium wyrównania od parametrów testu statystycznego (dla wybranych gatunków roślin samopylnych). *Wiad. Odmian.* 65: 15 — 24.
- Brzeziński W., van Gelder W.M.J., Mendelewski P., Kolster P. 1989. Polyacrylamide gel electrophoresis of wheat gliadins: the use of a moving boundary for improved resolution. *Euphytica* 40: 207 — 212.
- Guedes-Pinto H., Rangel-Figueiredo T., Carnide O. 1984. Aneuploidy in high yielding 6x-triticales. *Cereal Res. Commun.* 12, 3/4: 229 — 235.
- Łukaszewski A. J., Xitang Xu. 1995. Screening large populations of wheat hybrids by C-banding. *Cereal Res. Commun.* 23: 9 — 13.
- Maćkowiak W., Paizert K., Mazurkiewicz L., Woś H. 1993. Osiągnięcia i problemy hodowli pszenżyta w Polsce. *Biul. IHAR* 187: 143 — 166.
- Pickett. A. A. 1988. Factors affecting seed production of triticales (*X Triticosecale* Wittm.) *Plant Varieties Seeds* 1: 63 — 74.
- Rogalska S., Cybulska-Augustyniak J., Kulawinek A. 1991. Aneuploidy in Polish cultivars of winter triticales. *Genet. Pol.* 32, 1/2: 11 — 16.
- Sowa Wł., Krysiak H. 1994. Ocena odmian pszenżyta pod względem skłonności do obcozapyłania. *Biul. IHAR* 192: 23 — 28.
- Tarkowski Cz. (red.). 1989. *Biologia pszenżyta*. PWN, Warszawa.
- Wolski T. 1993. Pszenżyto ozime hodowli Danko w Europie. *Biul. IHAR* 187: 139 — 142.

PAWEŁ MILCZARSKI
ANETA BANEK-TABOR
PIOTR MASOJC

Katedra Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza w Szczecinie

Wykorzystanie markerów RAPD do identyfikacji odmian pszenżyta

Application of RAPD markers for fingerprinting of triticales cultivars

Celem badań była ocena możliwości wykorzystania techniki losowej amplifikacji polimorficznego DNA (RAPD) do identyfikacji 16 krajowych odmian pszenżyta ozimego. Poszukiwano polimorficznych fragmentów DNA testując 50 starterów o losowych sekwencjach. Do właściwych badań wybrano 17 starterów w obecności, których amplifikacji uległy sekwencje charakteryzujące się polimorfizmem i dużą stabilnością. Otrzymano 30 polimorficznych fragmentów DNA, różniących wszystkie badane odmiany. Markery RAPD wykorzystano do konstrukcji dendrogramu przedstawiającego relacje podobieństwa genetycznego między odmianami.

Słowa kluczowe: fingerprinting, odmiany pszenżyta, podobieństwo genetyczne, markery RAPD

Random amplified polymorphic DNA (RAPD) was used to study fingerprints and genetic similarities among 16 Polish cultivars of winter triticales. Polymorphic DNA fragments were sought for by testing of 50 arbitrary primers. Final studies were carried out using 17 selected primers that allowed for amplification of the useful 30 RAPD markers. This set of markers produced fingerprints for all the studied triticales cultivars and constituted a basis for developing a dendrogram presenting genetic similarities among varieties.

Key words: fingerprinting, genetic similarities, RAPD markers, triticales cultivars

WSTĘP

Opracowanie i zastosowanie w praktyce systemu markerów molekularnych pozwalającego na rozróżnianie odmian roślin uprawnych w obrębie jednego gatunku może ograniczyć liczbę pomyłek lub nadużyć w obrocie materiałem siewnym. Ścisłe i precyzyjne metody identyfikacji genetycznej stają się nieodzowne przy wzroście liczby odmian uprawnych pochodzących zarówno z krajowych, jak i zagranicznych ośrodków hodowlanych. System markerów umożliwia ustalenie czystości i tożsamości odmianowej danej partii nasion, i tym samym może mieć znaczenie dla ochrony praw autorskich

hodowców. Znajduje on też zastosowanie w systematyzowaniu i gromadzeniu materiałów w bankach genów.

Identyfikację odmian można przeprowadzić dysponując zestawem loci białkowych, izoenzymatycznych lub markerów DNA (Wolko i Kruszka, 1997). Polimorfizm wykrywany na poziomie DNA stwarza możliwość objęcia analizą dużej liczby loci rozmieszczonych w różnych regionach chromosomów. Pozwala on na uzyskanie wieloprzążkowych obrazów świadczących o genetycznej odrębności odmian. Jedną z metod fingerprintingu jest analiza losowo amplifikowanego polimorficznego DNA (RAPD) (Williams i in., 1990). Przy użyciu tej metody oceniano zróżnicowanie odmian jęczmienia (Kuczyńska i in., 2001), ryżu (Mackill, 1995), żyta (Iqbal i Rayburn, 1994). Zestaw loci umożliwiający odróżnienie odmian może być także użyty do analizy podobieństwa genetycznego materiałów wyjściowych w hodowli dostarczając informacji niezbędnych dla podjęcia decyzji o optymalnym schemacie krzyżowań.

Celem pracy jest wykrycie systemu polimorficznych loci RAPD, służącego do identyfikacji krajowych odmian pszenżyta oraz do ustalenia ich podobieństwa genetycznego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań stanowiło 16 krajowych odmian pszenżyta, których nasiona w stopniu superelity otrzymano z Hodowli DANKO Sp. z o.o. i z Hodowli Roślin Strzelce Sp. z o.o. Ekstrakcję DNA z prób zbiorczych 20–25 młodych siewek każdej odmiany oraz amplifikację fragmentów DNA techniką RAPD przeprowadzono według metodyki opisaniej przez Thomson i Henry (1995) z modyfikacjami Myśków i wsp. (2001). W badaniach testowano 50 starterów o losowych sekwencjach zasad. Wykonano wstępną selekcję starterów wybierając tylko te, które generowały polimorficzne produkty amplifikacji o stabilnych wzorach i silnych sygnałach. Do fingerprintingu odmian i oceny podobieństwa wykorzystano wyłącznie polimorficzne produkty amplifikacji DNA. Profile genetyczne, ze względu na dominujący charakter markerów RAPD, zapisywano w układzie zero-jedynkowym, gdzie 1 oznacza obecność prążka, a 0 — fenotyp null. Podobieństwa genetyczne i dendrogram otrzymano przy użyciu współczynnika Jaccarda, z zastosowaniem hierarchicznego algorytmu analizy skupień (UPGMA), wykorzystując program „Molecular Analyst Fingerprinting” (Bio-Rad).

WYNIKI

Spośród 50 starterów użytych do analiz, które umożliwiły amplifikację łącznie 308 fragmentów DNA, po wstępnej weryfikacji wybrano 17, dających polimorficzne produkty różnicujące badane odmiany (tab. 1 i 2). Do rozróżnienia każdej z 16 odmian było wystarczające użycie dwóch starterów: tp15 i tp17, które generowały siedem polimorficznych prążków. Opracowany system identyfikacji bazuje na większej liczbie starterów, i z tego względu powinien być przydatny do charakterystyki większej liczby odmian pszenżyta, również tych nie ujętych w niniejszej pracy.

Tabela 1

Sekuencje starterów użytych do identyfikacji odmian pszenżyta Sequences of primers used for fingerprinting of triticale cultivars	
Starter Primer	Sekuencja 5' — 3' Sequence 5' — 3'
tp1	CACAGCGAAG
tp2	GGCGGTGTG
tp3	ACCTCAGCTA
tp4	ACCTCAGCTT
tp5	ACCTCAGCGT
tp6	ACCTCAGCGA
tp7	ACCTCAGCCT
tp8	ACGCTATCGA
tp9	GCAACTACGT
tp10	TGCCGCTAAG
tp11	GACTACGGGG
tp12	CTCACCGTCC
tp13	ATGCTGTACG
tp14	ACACACGCAG
tp15	CGGCCGATTT
tp16	GGGTTGCCGA
tp17	CACAGCTGGG

Zastosowane startery wykrywały unikatowy dla każdej odmiany skład alleli w obrębie 30 loci. Liczba polimorficznych prążków otrzymanych przy zastosowaniu poszczególnych starterów wahała się w granicach od 1 do 4 (tab. 2).

Tabela 2

Identyfikacja odmian pszenżyta przy użyciu polimorficznych markerów RAPD. (1) — obecność prążka, (0) — fenotyp null
Identification of triticale cultivars using polymorphic RAPD markers. (1) — presence of the band (0) — null phenotype

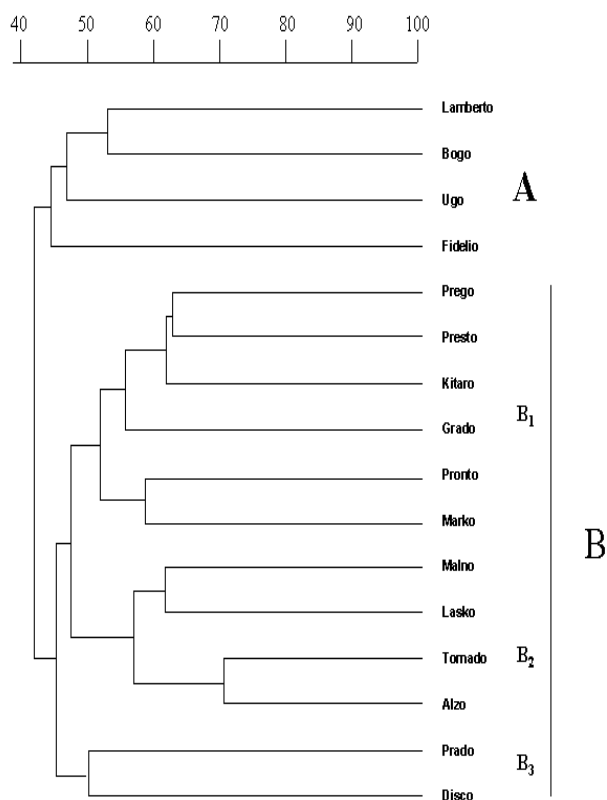
Odmiana Cultivars	Starter/długość fragmentu DNA (pz) Primer/length of fragment DNA (bp)									
	tp1	tp2		tp3	tp4	tp5	tp6	tp7	tp8	
	750	450	500	600	400	800	600	400	350	700
Alzo	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1
Bogo	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1
Disco	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
Fidelio	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Grado	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Kitaro	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0
Lamberto	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1
Lasko	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1
Malno	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
Marko	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0
Prado	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1
Presto	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
Pronto	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
Prego	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0
Tornado	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
Ugo	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0

c.d. Tabela 2

Odmiana Cultivars	Starter/długość fragmentu DNA (pz) Primer/length of fragment DNA (bp)									
	tp9	tp10			tp11			tp12		tp13
	750	300	700	800	550	700	950	650	800	600
Alzo	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0
Bogo	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
Disco	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Fidelio	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
Grado	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1
Kitaro	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
Lamberto	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1
Lasko	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1
Malno	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
Marko	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
Prado	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
Presto	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
Pronto	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0
Prego	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0
Tornado	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0
Ugo	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0

Odmiana Cultivars	Starter/długość fragmentu DNA (pz) Primer/length of fragment DNA (bp)									
	tp14		tp15				tp16	tp17		
	650	900	300	400	700	850	350	650	800	1000
Alzo	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
Bogo	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Disco	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
Fidelio	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Grado	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Kitaro	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Lamberto	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
Lasko	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0
Malno	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0
Marko	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0
Prado	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0
Presto	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0
Pronto	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
Prego	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
Tornado	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1
Ugo	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0

Zestaw 30 polimorficznych prążków RAPD umożliwił określenie relacji podobieństwa genetycznego badanych odmian (rys. 1). Dendrogram wskazuje na obecność dwóch głównych grup skupień (A i B). W skład grupy A wchodzi odmiany: Lamberto, Bogo, Ugo i Fidelio. Grupa B jest bardziej złożona, wykazując istnienie trzech podgrup (B_1 – B_3). Podgrupa B_1 obejmuje odmiany: Prego, Presto, Kitaro, Grado oraz nieco odrębnie skupione odmiany Pronto i Marko. W podgrupie B_2 skupiają się cztery odmiany, wśród których znajdują się blisko spokrewnione Alzo i Tornado. Podgrupę B_3 tworzą odmiany Prado i Disco, które są wyraźnie odrębne od pozostałych odmian grupy B.



Rys. 1. Dendrogram obrazujący relacje podobieństwa genetycznego między odmianami pszenżyta
Fig. 1. Dendrogram showing relationships of the genetic similarity among the triticale cultivars

DYSKUSJA

Technika RAPD jest jedną z prostszych metod oceny zróżnicowania genetycznego i z powodzeniem była wykorzystywana w badaniach linii, rodów i odmian roślin uprawnych (Caetano-Anolles, 1996; Iqbal i Rayburn, 1997; Myśków i in., 2001). Jako jedni z pierwszych zastosowali ją Hu i Quiros (1991) do fingerprintingu odmian brokuła i kalafiora. Autorzy ci stwierdzili użyteczność markerów RAPD w ocenie odrębności genetycznej i wewnętrznej jednorodności odmian. Przydatność markerów RAPD do profilowania genetycznego uzależniona jest od kilku czynników. Pierwszym z nich jest odpowiedni dobór starterów generujących stosunkowo dużą liczbę polimorficznych loci.

W niniejszej pracy zastosowanie dwóch spośród 17 wyróżnionych starterów pozwoliło na identyfikację wszystkich odmian pszenżyta. W podobnych badaniach Terzi (1998) użył siedmiu starterów RAPD do identyfikacji 12 odmian pszenżyta, a Masojć (2000), analizując 6 odmian każdego z trzech gatunków zbóż: pszenicy żyta i pszenżyta wykorzystał osiem starterów generujących łącznie 15 markerów. Pomimo licznych przykładów wykorzystania techniki RAPD do fingerprintingu wielu gatunków, metoda ta została uznana za mało przydatną do oceny polimorfizmu u pszenicy (Devos i Gale, 1992). Niski polimorfizm markerów RAPD u pszenicy zdaniem Koebnera (1995) może wynikać z istnienia sekwencji homologicznych w trzech genomach i znacznej ilości sekwencji powtarzalnych. Również i inni autorzy donoszą o niewielkiej zmienności wykrywanej metodą RAPD np. u odmian żyta (Iqbal i Rayburn, 1994). Myśków i wsp. (2001) opracowali system 18 loci rozmieszczonych na chromosomach 2R–7R, który wymaga zastosowania 16 starterów i pozwala na identyfikację i badanie podobieństwa genetycznego 40 linii wsobnych żyta. Zdaniem Iqbal i wsp. (1997) identyfikacja odmian metodą RAPD może wymagać użycia większej liczby starterów. Autorzy ci wykorzystali 49 starterów do odróżnienia 23 odmian bawełny. Poziompolimorfizmu fragmentów RAPD otrzymany w niniejszej pracy był porównywalny z doniesieniami innych autorów dając podstawę do stwierdzenia przydatności metody RAPD do szybkiej i wiarygodnej identyfikacji odmian pszenżyta.

Głównym problemem, na który natrafiają badacze pracujący techniką RAPD jest uzyskanie powtarzalności wyników amplifikacji. Trudności, stwierdzane także i w tej pracy, skłaniają wielu autorów (Iqbal i Rayburn, 1994; Mackill, 1995; Terzi, 1998) do wstępnej weryfikacji markerów i wyboru tylko takich, które wykazują stabilne obrazy elektroforetyczne w powtórzeniach. Zachodzi również konieczność rygorystycznego przestrzegania wcześniej dopracowanych metod amplifikacji DNA (Heun i Helentjaris, 1993). Z powodu wyżej wymienionych trudności liczba markerów analizowanych w niniejszej pracy została ograniczona do 30.

Analiza podobieństwa genetycznego badanych odmian pszenżyta doprowadziła do wyodrębnienia dwóch grup skupień, co wskazuje na odrębność genetyczną zawartych w nich odmian. Obserwowane na dendrogramie grupy na ogół nie odzwierciedlają hipotetycznych związków między odmianami, które wynikają z ich pochodzenia. Odmiany mające po jednym wspólnym komponencie rodzicielskim nie tworzyły ze sobą bezpośrednich skupień na dendrogramie, z wyjątkiem Lamberto i Fidelio. Wydaje się, iż nie wynikało to z charakteru markerów RAPD, które w przypadku badania zróżnicowania linii żyta potwierdziły zależności rodowodowe (Myśków i in., 2001). Należy raczej przypuszczać, że zastosowane markery były w większości zlokalizowane w regionach genomu pochodzących od komponentów rodzicielskich, różnicujących badane odmiany. Wskazuje to na potrzebę objęcia badaniami znacznie większej liczby loci RAPD, tak by zapewnić wykorzystanie polimorfizmu większości chromosomów pszenżyta w ocenie podobieństwa genetycznego.

WNIOSKI

1. Analiza polimorfizmu 30 markerów RAPD wyróżnionych z użyciem 17 starterów pozwala na identyfikację 16 krajowych odmian pszenżyta.
2. Otrzymany dendrogram rozdzielił badane odmiany na dwie główne grupy skupień. Uzyskany podział może stanowić wskazówkę przy doborze materiałów wyjściowych do hodowli nowych odmian pszenżyta.

LITERATURA.

- Caetano-Anolles G. 1996. Scanning of nucleic acids by in vitro amplification: new developments and applications. *Nature Biotechnology* 14: 1668 — 1674.
- Devos K.M., Gale M.D. 1992. The use of random amplified polymorphic DNA markers in wheat. *Theor. Appl. Genet.* 84: 567 — 572.
- Heun M., Helentjaris T. 1993. Inheritance of RAPDs in F₁ hybrids of corn. *Theor. Appl. Genet.* 85: 961 — 968.
- Hu J., Quiros C.F. 1991. Identification of broccoli and cauliflower cultivars with RAPD markers. *Plant Cell Rep.* 10: 505 — 511.
- Iqbal J.M., Aziz N., Saeed N.A., Zafar Y. 1997. Genetic diversity evaluation of some elite cotton varieties by RAPD analysis. *Theor. Appl. Genet.* 94: 139 — 144.
- Iqbal J.M., Rayburn L.A. 1994. Stability of RAPD markers for determining cultivar specific DNA profiles in rye (*Secale cereale* L.). *Euphytica* 75: 215 — 220.
- Koebner R.M.D. 1995. Predigestion of DNA template improves the level of polymorphism of random amplified polymorphic DNAs in wheat. *Genetic Analysis: Biomolecular Engineering* 12: 63 — 67.
- 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.
- Mackill D.J. 1995. Classifying japonica rice cultivars with RAPD markers. *Crop. Sci.* 35: 889 — 894.
- Masojć P. 2000. Identyfikacja odmian pszenżyta przy użyciu markerów RAPD. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 206 *Agricultura* (82): 179 — 184.
- Myśków B., Masojć P., Banek-Tabor A., Szolkowski A. 2001. Genetic diversity of inbred rye lines evaluated by RAPD analysis. *J. Appl. Genet.* 42, 1: 1 — 4.
- Terzi V. 1998. RAPD markers for fingerprinting barley, oat and triticale varieties. *J. Genet. Breed.* 51: 2, 115 — 120.
- Thomson D., Henry R. 1995. Single-step protocol for preparation of plant tissue for analysis by PCR. *Biotechniques* 19: 394 — 400.
- Williams J.G.K., Kubelik A.R., Livak K.J., Rafalski J.A., Tingey S.V. 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers. *Nucleic Acids Res.* 18: 6531 — 6535.
- Wolko B., Kruszka K. 1997. Molecular diagnostics in plant breeding. *Plant Breed. and Seed Science*, 41, 1: 17 — 39.

HELENA GRZESIK
MAGDALENA GUT
STANISŁAW WĘGRZYN
ANDRZEJ CYGANKIEWICZ

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Związek porastania z innymi cechami heksaploidalnego pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Witt.)

Preharvest sprouting and other traits of winter hexaploid triticale (*X Triticosecale* Witt.)

W latach 1996–1999 prowadzono badania, których celem było sprawdzenie czy odporność na porastanie pszenżyta wiąże się z innymi cechami, takimi jak: mrozoodporność, przezimowanie, wczesność, wysokość roślin oraz liczba opadania, liczba sedymencji i zawartość białka ogólnego. Obliczono współczynniki zmienności badanych cech oraz korelacje pomiędzy porastaniem a tymi cechami. Ze względu na zmienność porównywanych parametrów w latach badań współczynniki korelacji między odpornością na porastanie a pozostałymi cechami wyliczono oddzielnie dla każdego roku doświadczeń oraz na wartościach średnich, czyli po wyeliminowaniu zmienności. Tylko korelacje pomiędzy porastaniem a mrozoodpornością i pomiędzy porastaniem a przezimowaniem były statystycznie nie udowodnione. W odniesieniu do pozostałych cech współczynniki korelacji były istotne, a w przypadku długości źdźbła były one ujemne.

Słowa kluczowe: korelacje, porastanie, pszenżyto, współczynniki zmienności

The studies on relationships of preharvest sprouting in triticale with other traits (frost resistance, winterhardiness, earliness, plant height, falling number, sedimentation value and total protein content) were carried out in the years 1996–1999. Variation coefficients of the investigated traits and correlation coefficients between sprouting resistance and the other traits were computed. Considering the year-to-year variation of the analysed traits, the correlation coefficients were calculated separately for every year as well as jointly, after elimination of the variation in years. There were no significant relationships between the resistance to sprouting and frost resistance or winterhardiness. The correlation coefficients between the sprouting resistance and the remained traits were significant, being negative in case of plant height.

Key words: coefficients of variability, correlations, preharvest sprouting, triticale

WSTĘP

Odporność na porastanie jest jedną z bardzo ważnych cech pszenżyta, bowiem pszenżyto wykazuje skłonność do porastania, o czym donoszą również między innymi: Maćkowiak (1994), Wolski i wsp. (1994), Doliński (1995), Doliński i Kociuba (1999). Postęp w odporności na przedźniwne porastanie pszenżyta (Szeląg i in., 1995) jest ciągle niewystarczający (Maćkowiak i in., 1998; Wolski in., 1998).

Znaczne utrudnienie w hodowli nieporastających form pszenżyta może stanowić fakt, że rezultaty krzyżowań w przypadku tej cechy są nieprzewidywalne, a jak podają Tymieniecka i Wolski (1986) uzyskiwane formy odporne mogą być wynikiem przypadkowych transgresji. Selekcja pod względem odporności na porastanie jest jednak możliwa (Müntzing, 1979; Moś, 1994 i Grzesik, nie publikowane obserwacje własne).

Celem niniejszej pracy było sprawdzenie, czy odporność na porastanie wiąże się z odpornością na niekorzystne warunki zimowania (mrozoodporność, przezimowanie), wczesnością, wysokością roślin oraz cechami technologicznymi, takimi jak liczba opadania, liczba sedymentacji, i zawartość białka.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiło 51 form heksaploidalnego pszenżyta ozimego o normalnej wysokości roślin i 22 formy karłowe. Formy o normalnej wysokości roślin to 43 mieszańce karłowych linii z odmianami wysokimi uzyskane w Zakładzie Roślin Zbożowych Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie oraz 8 odmian. Formy karłowe to mutanty uzyskane w wyniku mutacji chemicznych (Grzesik, 1980), a także w wyniku segregacji mieszańców odmian wysokich z karłowymi mutantami (Lasko $\times$ Tm 1300 i Bolero $\times$ Tm 1300).

Materiały te rosły w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie w latach 1996–1999 na poletkach o powierzchni 1 m² w rozstawie 5 x 25 cm. Oceniano je pod względem odporności na porastanie, mrozoodporności, przezimowania, wczesności, wysokości roślin oraz cech technologicznych: liczby opadania, liczby sedymentacji, i zawartości białka. Odporność na porastanie, mrozoodporność, przezimowanie i wczesność oznaczano zgodnie z metodami opisanymi w pracy Węgrzyn i wsp. (1997).

Liczbę opadania oznaczano metodą Hagberga-Pertena wg normy International Cereal Chemists-Falling Number 1800 ICC Standard No 107 AACCC Standard No 58-81B, liczbę sedymentacji oznaczano metodą Zeleny'ego-Greenway'a (1960), a zawartość białka metodą NIR. Ocenę tych cech przeprowadzano w ciągu czterech kolejnych lat, z wyjątkiem mrozoodporności, którą analizowano za okres trzyletni. Obliczono współczynniki zmienności badanych cech oraz korelacje pomiędzy porastaniem a tymi cechami.

WYNIKI I DYSKUSJA

Jak wynika z danych zestawionych w tabeli 1 największe zróżnicowanie badanych obiektów zaobserwowano w przypadku liczby opadania, a następnie mrozoodporności oraz odporności na porastanie (zwłaszcza w 1999 roku), najmniejsze zaś, w odniesieniu do

przezimowania. Obserwowane zjawisko wydaje się zrozumiałe, gdyż wszystkie omawiane cechy są silnie modyfikowane przez warunki pogodowe.

Tabela 1

Średnie, zakresy i współczynniki zmienności badanych cech w latach 1996–1999
Mean values, ranges and coefficients of variability of the analyzed traits in years 1996–1999

Cechy Traits		Lata Years				Średnia Mean
		1996	1997	1998	1999	
Porastanie* (skala 9–1) Preharvest sprouting (score 9–1)	Srednia Mean	5,9	6,0	5,8	4,6	5,6
	Minimum	2,9	2,6	2,2	2,0	2,4
	Maximum	9,0	8,2	8,2	8,2	8,4
	CV (%)	29,52	26,92	29,29	44,61	32,6
Wysokość (cm) Plant height (cm)	Srednia Mean	90,22	93,81	98,81	93,30	94,0
	Minimum	46,70	51,50	47,70	53,00	49,7
	Maximum	125,50	126,00	148,10	132,70	133,1
	CV (%)	21,89	18,23	21,38	17,64	19,8
Wczesność (Liczba dni do kłoszenia) Earliness (day to heading)	Srednia Mean	26,15	25,12	21,44	22,32	23,8
	Minimum	20,00	19,00	14,00	14,00	16,8
	Maximum	36,00	36,00	33,00	29,00	33,5
	CV (%)	18,68	20,13	21,21	15,99	19,0
Mrozoodporność (%) Frost resistance (%)	Srednia Mean		38,76	45,97	55,74	46,8
	Minimum		0,10	21,30	15,60	12,3
	Maximum		82,30	86,20	88,10	85,5
	CV (%)		48,68	34,71	31,45	38,3
Przezimowanie** (skala 9–1) Winterhardiness (score 9–1)	Srednia Mean	8,67	8,5	8,0	8,4	8,4
	Minimum	7,0	7,0	3,4	7,3	6,2
	Maximum	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
	CV (%)	6,46	6,7	12,6	5,3	7,8
Liczba opadania Falling number	Srednia Mean	126,21	99,89	139,78	120,91	121,7
	Minimum	60	60	61	62	60,8
	Maximum	310	266	351	286	303,3
	CV (%)	58,83	53,17	59,28	60,10	57,8
Liczba sedimentacji Sedimentation value	Srednia Mean	18,37	20,56	18,23	19,21	19,1
	Minimum	12,00	14,00	10,00	13,00	12,3
	Maximum	32,00	30,00	30,00	29,00	30,3
	CV (%)	21,75	17,19	20,96	17,60	19,4
Białko (%) Protein content (%)	Srednia Mean	12,41	12,79	10,29	11,34	11,7
	Minimum	9,90	9,70	8,10	8,60	9,1
	Maximum	15,30	15,00	14,20	13,90	14,6
	CV (%)	10,92	8,15	17,32	9,03	11,4

*skala 9–1 9 — odporne 1 — porastające
 *score 9–1 9 — resistant 1 — sprouted
 **skala 9–1 9 — zimotrwałe 1 — nie zimotrwałe
 **score 9–1 9 — winterhardy 1 — non winterhardy

Ze względu na zmienność porównywanych parametrów w latach badań współczynniki korelacji między odpornością na porastanie a pozostałymi cechami wyliczono oddzielnie dla każdego roku doświadczeń oraz na wartościach średnich, czyli po wyeliminowaniu zmienności w poszczególnych latach (tab. 2). Tylko w przypadku mrozoodporności i przezimowania współczynniki korelacji były istotne. W odniesieniu do pozostałych cech były one istotne i to zarówno w poszczególnych latach badań, jak i po wyeliminowaniu zmienności, z wyjątkiem korelacji pomiędzy porastaniem a liczbą sedymentacji w roku 1997 oraz porastaniem a zawartością białka w 1996 roku (tab. 2).

Tabela 2

Współczynniki korelacji porastania z innymi badanymi cechami
Correlation coefficients of preharvest sprouting with other analyzed traits

Rok Year	Wysokość (cm) Plant height (cm)	Wczesność (dni do kłoszenia) Earliness (day to heading)	Mrozood- porność (%) Frost resistance (%)	Przezimo- wanie (skala 9-1) Winterhardi- ness (score 9-1)	Liczba opadania Falling number	Liczba sedymentacji Sedimentation value	Białko (%) Protein content (%)
1996	-0,522**	0,506**		0,061	0,474**	0,427**	0,222
1997	-0,455**	0,327**	0,072	-0,041	0,472**	0,228	0,285*
1998	-0,488**	0,399**	0,028	0,029	0,518**	0,263*	0,360**
1999	-0,689**	0,600**	-0,191	0,063	0,720**	0,367**	0,602**
1996–1999	-0,644**	0,557**	-0,055	0,051	0,657**	0,404**	0,476**

*, **Istotne przy $P = 0,05$ i $P = 0,01$ odpowiednio

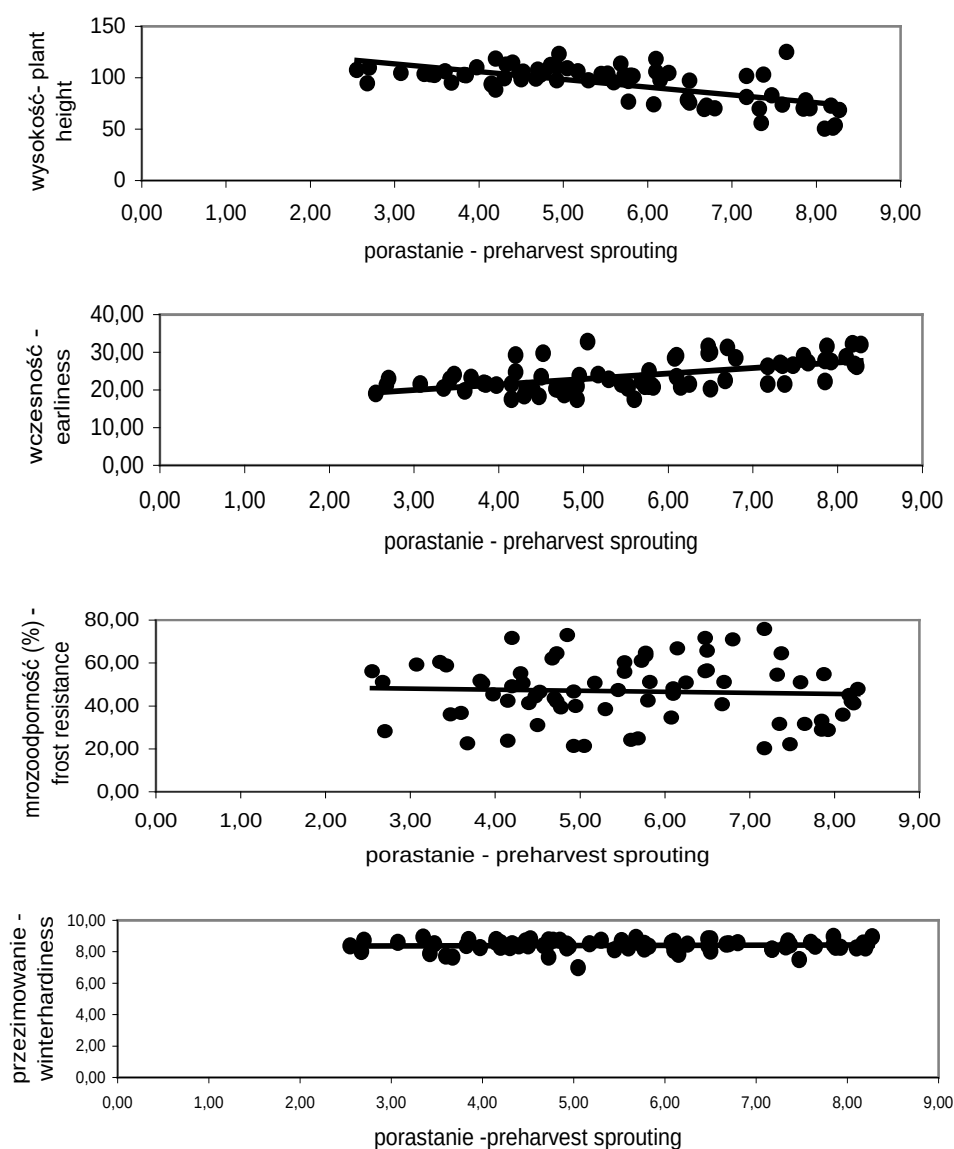
*, **Significant at $P = 0,05$ and $P = 0,01$ respectively

Korelacja między porastaniem a wysokością roślin jest ujemna — wskazuje to, że form odpornych należy poszukiwać wśród rodów o skróconym źdźble. Podobne wyniki uzyskali Węgrzyn i wsp. (1997 i 1998) w odniesieniu do pszenżyta, Derera i wsp. (1977) w przypadku pszenicy oraz Rzepka (1992) dla żyta.

Istotne współczynniki korelacji pomiędzy porastaniem a wczesnością wskazują, że formy wcześniej kłoszące się bardziej porastają. Wyniki te różnią się od opisanych wcześniej (Węgrzyn i in., 1997) jednakże zmienność tej cechy w obecnie badanym materiale była znacznie większa.

W dostępnej literaturze nie spotkano prac omawiających zależność między odpornością na porastanie a mrozoodpornością i przezimowaniem. Wyniki tej pracy są zgodne z uzyskanymi przez Węgrzyna i wsp. (1997, 1998), gdzie również obserwowano brak związku między tymi cechami.

Istotna korelacja pomiędzy porostem widocznym a liczbą opadania (porostem ukrytym) sugeruje, iż linie lub odmiany pszenżyta wykazujące niską liczbę opadania mają większą skłonność do porastania. Również i te wyniki są zgodne z uzyskanymi wcześniej przez Węgrzyna i wsp. (1997, 1998), a także przez Szela i wsp. (1995). Występująca zależność pomiędzy porastaniem a liczbą sedymentacji oraz porastaniem a zawartością białka odzwierciedla jakość badanego materiału. Formy nieporastające będą wykazywały lepszą wartość wypiekową.

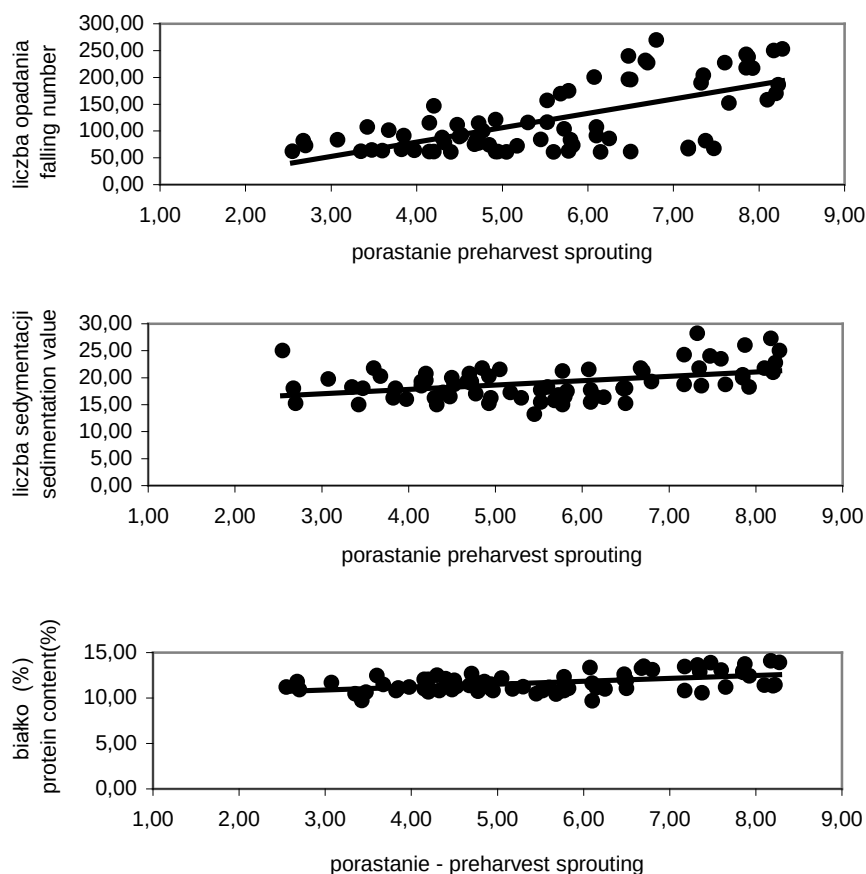


Rys. 1. Zależność między odpornością na porastanie a wysokością roślin, wczesnością, mrozoodpornością i przeźimowaniem

Fig. 1. Relationship between preharvest sprouting and plant height, earliness, frost resistance as well as winterhardiness

Rozkład zależności pomiędzy odpornością na porastanie a pozostałymi cechami ilustrują rysunki 1 i 2. Można zauważyć, że w ocenianym zestawie rodów znajdowały się

formy łączące odporność na porastanie z wysokimi parametrami analizowanych cech, nawet w przypadku tych zależności, dla których współczynniki korelacji z odpornością na porastanie były statystycznie nie udowodnione.



Rys. 2. Zależność między odpornością na porastanie a liczbą opadania, liczbą sedymentacji i zawartością białka

Fig. 2. Relationship between preharvest sprouting and falling number, sedimentation value as well as protein content

WNIOSKI

1. W świetle uzyskanych wyników dotyczących zależności między odpornością na porastanie a mrozoodpornością i przezimowaniem można spodziewać się trudności w uzyskaniu rodów łączących te cechy.
2. Źródeł odporności na porastanie należałoby poszukiwać przede wszystkim wśród form krótkoźdźbłowych.

LITERATURA

- Derera N. F., Bhat G. M., McMaster G. J. 1977. On the problem of preharvest sprouting of wheat. *Euphytica* 26: 299 — 308.
- Doliński R. 1995. Ocena polskich odmian uprawnych i rodów hodowlanych heksaploidalnego ozimego pszenżyta pod względem odporności na porastanie. *Biul. IHAR* 195/196: 147 — 158.
- Doliński R., Kociuba W. 1999. Odporność na porastanie i spoczynek późny ziarniaków w kolekcji pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR* 211: 153 — 164.
- Grzesik H. 1980. Wpływ chemicznych środków mutagennych na zmienność niektórych cech kilku form triticales ozimego. *Hod. Rośl. Aklim.* 24: 121 — 168.
- Maćkowiak W. 1994. Hodowla pszenżyta w ZDHAR Małyszyn. W: *Agrrotechnika i Spożytkowanie Pszenżyta. Seminarium Naukowe IUNG*: 33 — 60.
- Maćkowiak W., Budzianowski G., Cicha A., Cichy H., Mazurkiewicz L., Milewski G., Paizert K., Szelaż B., Szelaż J., Woś H. 1998. Hodowla pszenżyta w Zakładzie Doświadczalnym Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Małyszyn. *Biul. IHAR* 205/206: 303 — 320.
- Moś M. 1994. Porastanie pszenżyta ozimego. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Rozprawy* 195.
- Müntzing A. 1979. *Triticale. Result and problems*, Paul Parey Verlag, Berlin.
- Rzepka D. 1992. Aktywność α -amylazy w ziarnie mieszańców żyta (*Secale cereale* $\times$ *Secale Vavilovii* Grossh.). *Hod. Rośl. Aklim.* 36, 5/6: 7 — 15.
- Szelaż B., Maćkowiak W., Szelaż J., Paizert K. 1995. Postęp w odporności pszenżyta ozimego na porastanie w hodowli małyszynskiej; *Biul. IHAR* 195/196: 137 — 146.
- Tymieniecka E., Wolski T. 1986. Utilization of diverse germplasm in the Laski and Choryń breeding programme, *International Triticale Symposium*, Sydney, Australia, 1986: 469 — 472.
- Węgrzyn S., Gut M., Grzesik H., Struś M. 1997. Odporność na porastanie a inne cechy heksaploidalnego pszenżyta ozimego. *Zeszyty Naukowe AR w Szczecinie* 175. *Rolnictwo* LXV: 467 — 471.
- Węgrzyn S., Gut M., Grzesik H., Bichoński A., Struś M. 1998. Resistance to pre-harvest sprouting and other traits of winter triticales. *Proc. of 4th International Triticale Symposium*, Red Deer, Alberta, Canada, 2: 354 — 356.
- Wolski T., Czerwińska E., Ceglińska A. 1994. Hodowla pszenżyta w Firmie Dańko. *Agrrotechnika i Spożytkowanie Pszenżyta. Seminarium Naukowe IUNG*: 19 — 31.
- Wolski T., Szolkowski A., Gryka J., Pojmaj M. S. 1998. Obecny stan hodowli pszenżyta ozimego w Dańko. *Biul. IHAR* 205/206: 289 — 297.
- Zeleny L., Greenway W.T., Georgia M., Fifield C.C., Lelsbach K.L. 1960. Sedimentation values an index of dough mixing characteristics in early generation wheat selection. *Cereal Chem.* 37: 673 — 676.

EDWARD PAŁYS¹**CZESŁAW TARKOWSKI**²**ROBERT KURASZKIEWICZ****PIOTR KRASKA**¹¹ Katedra Ekologii Rolniczej² Instytut Genetyki i Hodowli Roślin
Akademia Rolnicza, Lublin

Dynamika masy korzeniowej pszenżyta ozimego na glebie lekkiej

Root mass dynamics of winter tritcale on light soil

W latach 1996–1999 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek koło Chełma przeprowadzono ściśle doświadczenie polowe na glebie bielcowej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego mocnego, klasy bonitacyjnej IV b. Pszenżyto ozime odmian Fidelio, Pinokio i Presto wysiewano w liczbie 400 ziaren na 1 m². Masę korzeni pobierano w fazach krzewienia, kłoszenia i dojrzałości pełnej w 2 punktach każdego poletka za pomocą cylindra o powierzchni 400 cm² do głębokości 30 cm z podziałem na warstwy co 10 cm. Uzyskane wyniki podano w powietrznie suchej masie. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, iż powietrznie sucha masa korzeni pszenżyta ozimego zawarta w 0–30 cm warstwie roli była najmniejsza wiosną w fazie krzewienia następnie istotnie zwiększała się do okresu kłoszenia osiągając maksimum, po czym istotnie malała do stadium dojrzałości. Największa masa korzeni mieściła się w 0–10 cm warstwie powierzchniowej, istotnie mniejsza w warstwie od 10 do 20 cm, a najmniejsza w warstwie od 20 do 30 cm. Stosunek powietrznie suchej masy korzeni do masy części nadziemnych osiągał największą wartość w fazie krzewienia, istotnie mniejszą w czasie kłoszenia a najmniejszą w stadium dojrzałości. Powietrznie sucha masa korzeni badanych odmian pszenżyta ozimego w warunkach klimatycznych Lubelszczyzny w największym stopniu zależała od stopnia przezimowania i późniejszej obsady roślin.

Słowa kluczowe: masa korzeni, pszenżyto ozime, fazy rozwojowe, gleba lekka

A field experiment on root growth in winter tritcale was carried out on the Experimental Farm in Bezek near Chełm in the years 1996–1999. Three tritcale cultivars (Fidelio, Pinokio and Presto) were grown in six replications on a podzolic soil, formed from a loamy sand, at sowing rate of 400 grains per square meter. The root mass was determined in three development stages (tillering, heading and full maturity) in two points of every plot. The samples were taken with the use of a steel cylinder, covering 400 cm² surface, down to the depth of 30 cm, and divided into three layers 10 cm each. The results were expressed as the air dry mass. The lowest root mass was recorded in the tillering phase, the maximal values were reached in the heading phase and later it was significantly reduced at maturity. The root mass accumulated by the cultivars was significantly higher in the 0-10 cm surface layer than in the deeper layers. The highest ratio of root mass to the mass of aboveground parts was in the tillering phase, significantly lower at heading and the lowest at full maturity. In the soil and climate conditions

of the Lublin region, root mass of the winter triticale cultivars depended to the highest degree on overwintering and the resulting density of stand.

Key words: root mass, winter triticale, development stage, light soil

WSTĘP

Wielkość pozostawianej przez zboża powietrznie suchej masy korzeni zależy od wielu czynników, głównie klimatyczno-glebowych i agrotechnicznych. Zasadnicze znaczenie ma tutaj wilgotność roli w dużej mierze związana z ilością i rozkładem opadów atmosferycznych oraz składem granulometrycznym gleby. Mniejsze uwilgotnienie gleby, szczególnie w początkowym okresie wegetacji sprzyja na ogół głębszemu korzenieniu się zbóż i tworzeniu przez nie większej masy. Zboża na glebach lżejszych ze względu na przeważnie mniejsze uwilgotnienie i mniejszą zasobność w składniki pokarmowe tworzą na nich obfitszą masę korzeni. Wielkość pozostawianej przez zboża powietrznie suchej masy korzeni zależy od gatunku, uprawianej formy i odmiany hodowlanej (Batalin, 1962; Ruebenbauer i Gierat, 1968, 1970; Pałys, 1994; Pałys i in., 2000).

Powietrznie sucha masa korzeni zbóż zmienia się w czasie wegetacji. Od początku wegetacji zwiększa się ona mniej więcej do okresu kłoszenia, później ciągle maleje do fazy dojrzałości (Köhnlein i Vetter, 1953; Batalin, 1962). Potwierdzeniem tych rozważań są wyniki ścisłych doświadczeń polowych przeprowadzonych na Lubelszczyźnie przez Malickiego, Tarkowskiego i Pałysa (1985), analizujących dynamikę przebiegu wzrostu powietrznie suchej masy korzeni (pomniejszonej o zawartość krzemionki i zanieczyszczeń mineralnych) trzech rodów pszenżyta ozimego w 0–40 cm warstwie gleb lessowych. Powietrznie sucha masa korzeni wszystkich rodów pszenżyta ozimego była najmniejsza w fazie krzewienia następnie istotnie zwiększała się poprzez fazę strzelania w źdźbło (poza rodem CZR 275, który tworzył zbliżoną masę w obydwu fazach) do okresu kłoszenia, potem zmniejszała się ona do stadium dojrzałości. Wystąpiły też różnice w pozostawianej powietrznie suchej masie korzeni pomiędzy ocenianymi rodami pszenżyta, bowiem średnio niezależnie od faz rozwojowych pszenżyto CZR 11 pozostawiało ją większą od dwu pozostałych rodów. Określone przez nielicznych autorów (Malicki i in., 1985; Pałys i in., 2000) wielkości powietrznie suchej masy korzeni pszenżyta ozimego są mocno zróżnicowane, szczególnie w zależności od obsady roślin na jednostce powierzchni i kategorii agronomicznej gleb.

Stosunek masy korzeni do części nadziemnych zmienia się w szerokich granicach przede wszystkim w poszczególnych latach. Często też przy większym plonie części nadziemnych może być mniejsza masa korzeni (Batalin, 1962).

Celem badań było określenie dynamiki powietrznie suchej masy korzeni trzech odmian pszenżyta ozimego o zróżnicowanej wysokości słomy na glebach lekkich w warunkach klimatycznych Lubelszczyzny.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono metodą bloków losowych w 6 powtórzeniach w latach 1996–1999 w Gospodarstwie Doświadczalnym Bezek na glebie bielcowej niecałkowicie leżącej na podłożu marglistym o składzie granulometrycznym piasku lekkiego mocnego. Gleba ta zaliczana jest do klasy bonitacyjnej IV b i żyniego dobrego kompleksu przydatności rolniczej. Zawartość próchnicy w glebie była niska (1,14%), a jej odczyn lekko kwaśny (pH w 1 mol · dcm³ KCl = 6,2). Zawartość przyswajalnego fosforu (P₂O₅) oraz potasu (K₂O) była wysoka i wynosiła odpowiednio 195 i 191 mg · kg⁻¹ gleby, zaś Mg niska (12 mg · kg⁻¹).

Przebieg warunków pogodowych według spostrzeżeń stacji agrometeorologicznej w Bezku w latach 1995/1996–1998/1999 w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi lat (1974–1995) wskazuje, że opady w okresie od kwietnia do sierpnia we wszystkich latach badań poza rokiem 1998 przewyższały średnią wieloletnią dla tego okresu w granicach od 34,6 mm w roku 1999 do 73,7 mm w roku 1997. Jedynie w roku 1998 były one mniejsze od średniej o 15,1 mm. Rozkład opadów w tym czasie był mocno zróżnicowany. Szczególnie dużo deszczu spadło w kwietniu roku 1999, w maju 1996 i lipcu roku 1998. Mało opadów zanotowano natomiast w kwietniu 1996, maju 1998 i 1999 roku oraz w czerwcu w latach 1996 i 1997.

Temperatury powietrza w okresie od kwietnia do sierpnia jedynie w 1997 roku zbliżały się do średniej wieloletniej tego okresu. W pozostałych trzech były one wyższe od 0,9°C w roku 1996, 1,1°C w 1998 do 1,5°C w roku 1999. Szczególnie wysokie temperatury powietrza panowały w dwu ostatnich latach badań, przekraczając średnią wieloletnią odpowiednio o 1,1 oraz 1,5°C.

Uprawa roli pod pszenżyto była typowa i składała się z podorywki i bronowania oraz orki siewnej z bronowaniem. Przed orką siewną wysiano nawozy mineralne w dawce 50 kg · ha⁻¹ P₂O₅ w formie 46% superfosfatu potrójnego i 60 kg · ha⁻¹ K₂O w formie 60% soli potasowej. Pszenżyto ozime odmian Fidelio, Pinokio i Presto o zróżnicowanej długości źdźbeł wysiewano na przełomie drugiej i trzeciej dekady września w liczbie 400 ziaren na 1 m². Wiosną w okresie ruszenia wegetacji i fazie strzelania w źdźbło wniesiono po 30 kg N · ha⁻¹ w formie 34% saletry amonowej. Powierzchnia poletek wynosiła w założeniu 30 m², zaś do zbioru 20 m².

W celu określenia dynamiki masy korzeni pszenżyta ozimego próbki gleby pobierano wiosną w fazie krzewienia i kłoszenia oraz latem przed zbiorem w dwu losowo wybranych punktach każdego poletka. W tych miejscach wyznaczonych przez cylinder o powierzchni 400 cm², ścinano najpierw części nadziemne, a następnie z tych punktów pobierano próbki gleby do głębokości 30 cm z podziałem na warstwy: 0–10, 10–20 i 20–30 cm (Malicki, 1968). Korzenie od gleby oddzielano przemywając je wodą na sitach o średnicy oczek 1 mm. Po przemyciu korzenie suszono, potem je ponownie doczyszczano w wodzie, usuwając piasek i kamienie, pozostawiając zaś resztki z poprzednich lat i nasiona chwastów. Po wysuszeniu ważono je podając wyniki w powietrznie suchej masie. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, a istotności

weryfikowano testem Tukeya, uznając za istotne różnice i prawidłowości, które zostały udowodnione z ryzykiem błędu mniejszym lub równym 5% (Okta, 1996).

WYNIKI

Niezależnie od odmian i lat powietrznie sucha masa korzeni pszenżyta ozimego zawarta w 0–30 cm warstwie gleby lekko była najmniejsza wiosną w fazie krzewienia, następnie istotnie zwiększała się do okresu kłoszenia osiągając maksimum, po czym w stadium dojrzałości istotnie malała (tab. 1).

Rozmieszczenie powietrznie suchej masy korzeni pszenżyta ozimego w profilu glebowym układało się zgodnie z oczekiwaniami. Największa powietrznie sucha masa korzeni mieściła się w 0–10 cm warstwie powierzchniowej (71,1%), istotnie mniejsza w poziomie od 10 do 20 cm (19,6%), a najmniejsza (9,3%) w warstwie najgłębszej od 20 do 30 cm (tab. 1).

Zawartość powietrznie suchej masy korzeni pszenżyta ozimego zmieniała się w latach badań. Niezależnie od odmian pszenżyto ozime tworzyło istotnie większą powietrznie suchą masę korzeni w latach 1996 i 1999 w porównaniu z latami 1997 i 1998 (tab. 1).

Udowodnione współdziałanie pomiędzy fazami rozwojowymi a latami kształtowało się jak średnia wieloletnia i wskazuje ono, że we wszystkich stadiach rozwojowych powietrznie sucha masa korzeni w latach 1996 i 1999 była istotnie większa aniżeli w latach 1997 i 1998 (tab. 1).

Stwierdzona interakcja pomiędzy warstwami gleby a latami wskazuje, iż poza rokiem 1997 stwierdzono istotnie większą powietrznie suchą masę korzeni w 0–10 cm warstwie najpłytszej w porównaniu z dwoma głębszymi poziomami. Ponadto udowodniono również, że powietrznie sucha masa korzeni pszenżyta ozimego znajdująca się w 0–10 cm warstwie powierzchniowej była w latach 1996 i 1999 istotnie większa niż w latach 1997 i 1998 (tab. 1).

Tabela 1

Dynamika i rozmieszczenie powietrznie suchej masy korzeni pszenżyta ozimego
Dynamics and distribution of air dry mass of roots of winter triticale

Lata Years	Fazy Phases			Warstwy gleby w cm Soil layers in cm			Suma średnio Total average
	krzewienie tillering	kłoszenie heading	dojrzałość maturity	0-10	10-20	20-30	
1996	271,3	496,1	239,9	253,4	58,5	23,9	335,8
1997	23,5	273,0	180,8	89,4	45,7	24,0	159,1
1998	44,1	285,3	141,9	102,3	33,6	21,2	157,1
1999	312,0	524,4	264,5	279,7	61,5	25,7	366,9
Średnio Mean	162,7	394,7	206,8	181,2	49,8	23,7	–
NIR _{0,05}	pomiędzy fazami = 56,4			NIR _{0,05}	pomiędzy latami = 57,5		
LSD _{0,05}	phases = 56,4			LSD _{0,05}	for years = 57,5		
NIR _{0,05}	we współdziałaniu: fazy x lata- = 45,9			NIR _{0,05}	we współdziałaniu warstwy x lata = 45,9		
LSD _{0,05}	for interaction: phases x years = 45,9			LSD _{0,05}	for interaction: layers x years = 45,9		
NIR _{0,05}	pomiędzy warstwami = 56,4						
LSD _{0,05}	for layers = 56,4						

W omawianym doświadczeniu dowiedziono też współdziałania pomiędzy fazami rozwojowymi i warstwami gleby. Polegało ono na tym, że w okresie krzewienia powietrznie sucha masa korzeni pszenżyta ozimego zawarta w wierzchniej 0–10 cm warstwie gleby była istotnie większa tylko w porównaniu z warstwą od 20 do 30 cm. W fazach kłoszenia i dojrzałości powietrznie sucha masa korzeni z poziomu powierzchniowego istotnie przewyższała masy z warstw od 10 do 20 cm oraz od 20 do 30 cm. Jednocześnie masa korzeni w wierzchniej warstwie roli (0–10 cm) w stadium kłoszenia była istotnie większa niż w dwu pozostałych fazach (tab. 2).

Tabela 2

Dynamika i rozmieszczenie powietrznie suchej masy korzeni pszenżyta ozimego (średnio w latach 1996–1999)

Dynamics and distribution air dry mass of roots of winter triticale (mean for 1996–1999)

Fazy Phases	Warstwy gleby w cm Soil layers in cm			Suma Total
	0–10	10–20	20–30	
Krzewienie Tillering	106,8	40,9	15,0	162,7
Kłoszenie Heading	298,0	66,4	30,3	394,7
Dojrzałość Maturity	138,8	42,3	25,7	206,8
Średnio Mean	181,2	49,8	23,7	–

NIR 0,05 we współdziałaniu: fazy x warstwy-
LSD 0,05 for interaction: phases x layers = 88,3

Stosunek powietrznie suchej masy korzeni do powietrznie suchej masy części nadziemnych pszenżyta ozimego w największym stopniu modyfikowały fazy rozwojowe. Osiągał on największą wartość w fazie krzewienia, istotnie mniejszą w czasie kłoszenia, a najmniejszą w czasie dojrzałości. W okresie prowadzenia badań był on największy w latach 1996 i 1999, istotnie mniejszy w roku 1997, zaś najmniejszy w 1998 roku. Udowodniona interakcja pomiędzy fazami a latami wskazuje na szczególne zmiany stosunku masy korzeni do części nadziemnych w fazie krzewienia. Miał on największą wartość w tej fazie w latach 1996 i 1999, istotnie mniejszą w roku 1997, a najmniejszą w 1998 roku. W fazie kłoszenia stosunek masy korzeni do części nadziemnych był istotnie większy w latach 1996 i 1999 w porównaniu z latami 1997 i 1998. W stadium dojrzałości różnice pomiędzy latami były w granicach błędu eksperymentalnego (tab. 3).

Liczba źdźbeł kłosonośnych pszenżyta ozimego określona przed zbiorem zależała istotnie jedynie od warunków pogodowych panujących w okresie zimy i decydujących o zagęszczeniu łanu, a ono w największym stopniu oddziaływało na wielkość powietrznie suchej masy korzeni. Liczba źdźbeł kłosonośnych przed zbiorem pszenżyta ozimego była istotnie większa w latach 1999 i 1996 niż w latach 1998 i 1997 (tab. 4).

Tabela 3

Stosunek masy korzeni do części nadziemnej pszenżyta ozimego
Ratio of root mass to aboveground part of winter tritcale

Fazy Phases	Lata Years				Średnio Mean
	1996	1997	1998	1999	
Krzewienie Tillering	0,91	0,65	0,24	0,84	0,66
Kłoszenie Heading	0,52	0,33	0,38	0,50	0,43
Dojrzałość Maturity	0,12	0,14	0,08	0,13	0,12
Średnio Mean	0,52	0,37	0,23	0,49	–
NIR _{0,05} pomiędzy fazami = 0,17					
LSD _{0,05} for phases = 0,17					
NIR _{0,05} pomiędzy latami = 0,15					
LSD _{0,05} for years = 0,15					
NIR _{0,05} we współdziałaniu: fazy x lata = 0,12					
LSD _{0,05} for interaction: phases x years = 0,12					

Tabela 4

Liczba źdźbeł kłosonośnych na 1m² przed zbiorem pszenżyta ozimego
Number of ears on 1m² of winter tritcale plot before harvest time

Odmiana Cultivar	Lata Years				Średnio Mean
	1996	1997	1998	1999	
Fidelio	750,3	171,5	325,0	717,3	491,0
Pinokio	674,2	189,2	309,2	689,0	465,4
Presto	743,4	167,7	132,3	850,0	473,4
Średnio Mean	722,6	176,1	255,5	752,1	–
NIR _{0,05} pomiędzy latami = 149,2					
LSD _{0,05} for years = 149,2					

DYSKUSJA

Określona w czteroletnim na glebach kompleksu żytniego dobrego w warunkach klimatycznych Lubelszczyzny powietrznie sucha masa korzeni trzech odmian pszenżyta ozimego (Fidelio, Pinokio, Presto) o zróżnicowanej długości źdźbeł — od półkarłowych poprzez średnie do dość długich — zmieniała się istotnie jedynie od niektórych czynników eksperymentu. Największe zróżnicowanie powietrznie suchej masy korzeni zawartej w 0–30 cm warstwie gleby wystąpiło pomiędzy latami badań. Szczególnie małą masę korzeni stwierdzono w latach 1997 i 1998. Spowodowane to było tym, że grudzień roku 1996 i styczeń roku 1997 były bardzo mroźne przy małej jednocześnie pokrywie śniegowej, zaś luty był cieplejszy. W roku 1998 styczeń i luty miały wyższe, zaś marzec niższe temperatury od średniej wieloletniej. W rezultacie uzyskano słabe przetrzymywanie odmian pszenżyta ozimego. Jedynie w roku 1998 Fidelio i Pinokio lepiej przetrzymały od Presto. Właśnie w tych dwu latach stwierdzono najmniejsze masy korzeni. Trzeba też wspomnieć,

że część pustego miejsca zajęły chwasty, a tych nie oddzielano od masy korzeni zbóż. Niezależnie od faz, z masą korzeni w pewnym stopniu, korespondował też stosunek powietrznie suchej masy korzeni do części nadziemnych, aczkolwiek różnice pomiędzy tymi latami (1997 i 1998) zbliżały się do granicy istotności. Rozważania te w dużym stopniu nawiązują do wielostronnych wyników badań Batalina (1962) oraz Malickiego, Pałysa i Tarkowskiego (1985) dotyczących między innymi dynamiki masy korzeni różnych rodów pszenżyta ozimego w warunkach gleb lessowych Lubelszczyzny. Można je spuentować w ten sposób, iż wielkość masy korzeni zbóż zmienia się w poszczególnych latach, a w istotnym stopniu oddziałuje na nią również obsada roślin. Podobnie, bardzo trudno jest ustalić wzajemne zależności pomiędzy masą korzeni zbóż a masą ich części nadziemnych. Udowodniono, że zmieniają się one w latach Köhnlein i Vetter (1953); Batalin (1962), co w pełni pokrywa się z naszymi badaniami. Trzeba tu jednak zaznaczyć, że chyba decydujące oddziaływanie na wielkość tego stosunku miała obsada źdźbeł pszenżyta ozimego.

W warunkach gleb lekkich Lubelszczyzny nie udowodniono istotnego zróżnicowania powietrznie suchej masy korzeni pszenżyta ozimego w zależności od badanych odmian. Nie pokrywa się to wprawdzie z poprzednimi badaniami Malicki, Pałys, Tarkowski (1985), ale zastosowana metoda bez oddzielania korzeni chwastów i zawartości krzemionki jest też mniej precyzyjna.

WNIOSKI

1. Powietrznie sucha masa korzeni odmian pszenżyta ozimego zawarta w 0–30 cm warstwie gleby lekkiej była najmniejsza wiosną w fazie krzewienia, istotnie większa w czasie kłoszenia, osiągając maksimum, a w stadium dojrzałości istotnie malała.
2. Pszenżyto ozime najwięcej powietrznie suchej masy korzeni gromadziło w 0–10 cm warstwie powierzchniowej (71,1%), istotnie mniej w warstwie od 10 do 20 cm (19,6%), a najmniej w warstwie najgłębszej od 20 do 30 cm.
3. Stosunek powietrznie suchej masy korzeni do suchej masy części nadziemnych osiągał największą wartość w fazie krzewienia istotnie mniejszą w czasie kłoszenia, a najmniejszą w stadium dojrzałości.
4. Powietrznie sucha masa korzeni pszenżyta ozimego (Fidelio, Pinokio i Presto) na glebach lekkich w klimatycznych warunkach Lubelszczyzny najbardziej zależała od stopnia przezimowania i późniejszej obsady roślin.

LITERATURA

- Batalin M. 1962. Studium nad resztkami pożywnymi roślin uprawnych w łanie, *Rocz. Nauk Rol.*, T. 98, Ser. D: 1 — 154.
- Köhnlein J., Vetter H. 1953. *Ernterückstände und Wurzelbild*, Verlag Paul Parey, Hamburg.
- Malicki L. 1968. Oznaczanie masy korzeniowej roślin w warunkach polowych, *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 88: 17 — 31.
- Malicki L., Pałys E., Tarkowski C. 1985. Dynamika wzrostu masy korzeniowej i nadziemnej pszenżyta w porównaniu z żytem i pszenicą ozimą na glebie wytworzonej z lessów, *Annales UMCS, Sectio E*, vol. 40, 3: 21 — 32.

- Oktaba W. 1996. Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa. PWN, Warszawa.
- Pałys E. 1994. Resztki poźniwne-podstawowy element bilansu materii organicznej. W: Wkład Wydziału Rolniczego Akademii Rolniczej w Lublinie w rozwój nauk rolniczych. Mat. sesji. nauk. z okazji jubileuszu 50-lecia Wydziału Rolniczego, AR Lublin: 147 — 152.
- Pałys E., Tarkowski C., Kuraszkiewicz R., Kraska P. 2000. Masa korzeni odmian pszenżyta ozimego źródłem substancji organicznej na glebie lekkiej. Folia Univ. Agric. Stetin., 211, Agricultura (84): 387 — 392.
- Ruebenbauer T., Gierat K. 1968. Wstępne badania systemu korzeniowego żyta Tetra-Borkowskiego, Hod. Rośl. Aklim., 12, 4: 437 — 447.
- Ruenbenbauer T., Gierat K. 1970. Badania nad systemem korzeniowym pszenżyta, pszenicy i żyta tetraploidalnego oraz mieszanek pszenżyta z żytem tetraploidalnym i pszenżyta z pszenicą ozimą, Biul. IHAR 96/97, 3/4: 29 — 32.

ANDRZEJ OLEKSY**ALEKSANDER SZMIGIEL**

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Akademia Rolnicza w Krakowie

Reakcja odmian pszenżyta na uprawę w mieszance z pszenicą w zależności od udziału komponentów

Response of triticale cultivars to cultivation in mixtures with wheat depending on proportion of the components

W latach 1998–2000 przeprowadzono doświadczenie polowe z mieszankami pszenżyta z pszenicą jara, uprawianymi na glebie kompleksu pszennego bardzo dobrego. W przeprowadzonych badaniach porównywano plonowanie i cechy struktury plonu, wariantów mieszanek o różnym udziale w nich komponentów z czystymi zasiewami odmian pszenżyta jarego (Gabo, Wanad) i pszenicy (Henika). W siewie mieszanym udział pszenżyta wynosił: 75, 50 i 25%. Pod względem plonowania pszenżyto uprawiane w czystym siewie przewyższało pszenicę. Odmiany pszenżyta plonowały na podobnym poziomie. Badane warianty mieszanek przewyższały plonami pszenicę, ale ustępowały pszenżytu. Istotnie wyżej od pszenicy plonowały mieszanki w których udział pszenżyta był większy od 25%. Pszenżyto Gabo w porównaniu do odmiany Wanad, charakteryzowało się drobniejszym ziarnem, mniejszą liczbą ziaren w kłosie i niższą masą ziarna z kłosa. Pszenżyto uprawiane w mieszance z pszenicą jara wykształcało drobniejsze ziarno, co powodowało spadek masy ziarna z kłosa, w porównaniu do czystego siewu pszenżyta, szczególnie wyraźnie wtedy gdy jego udział w mieszance był niewielki — 25%. Pszenica na uprawę w mieszankach reagowała wzrostem bądź spadkiem podstawowych elementów struktury plonu. Liczba ziaren w kłosie i masa 1000 ziaren pszenicy pochodzącej z mieszanek nie różniła się istotnie w stosunku do pszenicy z siewu czystego.

Słowa kluczowe: mieszanki zbożowe, pszenica, pszenżyto

The field experiment was conducted in 1998–2000 with triticale and spring wheat mixtures cultivated on very good wheat soil. Yield and its structure was compared of various mixtures containing different proportions of the components with spring triticale (Gabo and Wanad cvs.) and wheat (Henika cv.) in pure cultures. In mixtures the triticale constituted 75, 50 and 25%. Triticale cultivated in pure culture produced better yields than wheat, while its cultivars cropped on similar levels. The studied variants of mixtures produced higher yields than wheat but lower than triticale. Mixtures with triticale proportion exceeding 25% yielded significantly better than wheat. As compared to Wanad cv., triticale Gabo cv. was characterised with finer grains, lower number of grains per ear and lower weight of grains per ear. Triticale grown in mixtures with spring wheat produced smaller grains which caused a decrease in grain weight per ear as compared to the pure culture, especially when its proportion in the mixture was small, i.e. 25%. When cultivated in mixtures, wheat responded either by an increase or decrease in

basic yield components. The number of grains per ear and 1000 grains weight of wheat from mixtures did not differ significantly from wheat in pure culture.

Key words: cereal mixtures, triticale, wheat

WSTĘP

Jare mieszanki zbożowe są charakterystyczną cechą polskiego rolnictwa, świadczy o tym bardzo duży areal uprawy. W ostatnich latach zainteresowanie praktyki rolniczej uprawą mieszanek zbóż jarych znacznie wzrosło, co znalazło swój wyraz w zwiększeniu arealu ich uprawy do 1458 tys. ha w 1998 roku. W strukturze zasiewów zbóż ich udział kształtuje się na poziomie około 16%. Jest to ponad dwukrotnie więcej, niż areal uprawy pszenżyta w siewie czystym.

W licznych opracowaniach wykazywano większą produktywność mieszanek zbożowych albo poprawę stabilności ich plonów w porównaniu z siewami czystymi (Budzyński i Dubis 1994; Michalski, 1994). Jednak korzystne efekty siewów mieszanych nie zawsze się ujawniają. Najczęściej mieszanki plonują na poziomie pośrednim między plonami gatunków w siewie czystym, a czasami bywają niższe (Rudnicki i Wasilewski, 1993 a; Dziamba i Rachoń, 1994; Michalski, 1994; Szempliński i Budzyński, 1994). Różne efekty siewów mieszanych zależą od wielu czynników, między innymi od: warunków glebowych, wodnych, poziomu kultury rolnej i agrotechniki (Wasilewski, 1994 a). Zasadnicze znaczenie mają jednak właściwości biologiczne gatunków a także odmian będących komponentami mieszanek. Zróżnicowanie cech biologicznych, wymagań siedliskowych, zdolności wykorzystania warunków przyrodniczych i agrotechnicznych, rytmu rozwojowego, stopnia agresywności i konkurencji gatunków i odmian decyduje o wyniku uprawy mieszanki. Często obserwowanym efektem tego zróżnicowania jest inny udział gatunków w plonie niż w materiale siewnym mieszanki. Znaczący wpływ na udział gatunków w plonie mieszanki wywiera zastosowana proporcja gatunków przy wysiewie. Udział komponentów w mieszance jest jednym z ważniejszych czynników warunkujących efektywność mieszanek (Wasilewski, 1994 a; 1994 b). Optymalny udział w zasiewie jest trudny do jednoznacznego określenia. W wielu pracach wykazywano, że wysoki poziom plonów można uzyskać przy bardzo różnym udziale komponentów. Uważa się, że o wydajności mieszanek decyduje gatunek bardziej plenny i lepiej przystosowany do warunków siedliska, dlatego też powinien on stanowić więcej niż 50% składu mieszanki.

Celem pracy było porównanie plonowania oraz cech struktury plonu mieszanek o różnym udziale w nich komponentów z czystymi zasiewami odmian pszenżyta (Gabo, Wanad) i pszenicy (Henika).

MATERIAL I METODY

W latach 1998–2000 przeprowadzono w Stacji i Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin w Prusach koło Krakowa doświadczenie polowe, które obejmowało 9 obiektów o różnym składzie gatunkowym i ilościowym mieszanek oraz siewy czyste odmian pszenżyta i pszenicy jarej. Do badań użyto pszenżyta jarego odmiany Gabo i

Wanad oraz pszenicy Henika. Ustalając ilość wysiewu przyjęto gęstość siewu w siewie czystym: pszenżyto 450 szt./m², pszenica 500 szt./m². W mieszankach gęstości siewu gatunków odpowiadały procentowi ich udziału w mieszance. W siewie mieszanym udział pszenżyta w zasiewach wynosił: 75, 50 i 25%. Doświadczenie zakładano w układzie losowanych bloków, w czterech powtórzeniach na poletkach o powierzchni 10 m² do zbioru. Lokalizowano je na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, który zaliczany jest do kompleksu pszennego bardzo dobrego. Doświadczenia corocznie zakładano w stanowisku po okopowych uprawianych na nawozach mineralnych. Nawożenie mineralne stosowano w ilości 45 kg N, 40 kg P₂O₅ i 50 kg K₂O. Przed siewem nasiona zaprawiano zaprawą nasienną Funaben T. Pszenżyto, pszenicę i ich mieszanki każdego roku wysiewano w I dekadzie kwietnia. Chwasty zwalczano herbicydem Chwastox D w dawce 5 l/ha w fazie krzewienia zbóż. Nasilenie chorób i szkodników w okresie wegetacji było niewielkie, więc nie stosowano środków chemicznych. Przed zbiorem pobrano próby roślin z 1 m² celem oznaczenia elementów struktury plonu zbóż w siewie czystym oraz oddzielnie dla każdego komponentu mieszanki. Zbiór dokonano kombajnem poletkowym w fazie dojrzałości pełnej ziarna, a wysokość plonu badanych odmian i ich mieszanek z poszczególnych poletek oznaczono po zbiorze przeliczając go na 15% wilgotności. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Lata badań charakteryzowały się dużą zmiennością warunków pogodowych a w szczególności rozkładem opadów w okresie wegetacji zbóż. W początkowym okresie wegetacji roku 2000 wystąpiły znaczne niedobory opadów, w lipcu natomiast wystąpił ich nadmiar. Suma opadów za okres wegetacji (IV–VII) 2000 roku była najwyższa (395,1 mm), przewyższała o około 15% sumę opadów z lat poprzednich, z czego prawie 65% wystąpiło w czerwcu i lipcu. W latach 1998 i 1999 sumy opadów za okres wegetacji kształtowały się na zbliżonym poziomie, odpowiednio 332,5 i 359,2 mm. Rozkład opadów w 1999 roku, również nie był najkorzystniejszy dla wzrostu i rozwoju zbóż. W początkowym okresie wegetacji panowała susza. W czerwcu opad deszczu wynosił aż 201 mm. Pod względem rozkładu opadów, najkorzystniejszym wydaje się być rok 1998, w którym suma opadów za czerwiec i lipiec kształtowała się na poziomie potrzeb opadowych mieszanek i gatunków w siewach czystych określonych przez Rudnickiego i Wasilewskiego (1993 c).

WYNIKI I DYSKUSJA

W okresie doświadczalnym i w warunkach glebowo-klimatycznych, w jakich prowadzono badania, plony ziarna pszenżyta jarego i pszenicy oraz ich mieszanek były zmienne w latach i zależne w dużym stopniu od przebiegu warunków klimatycznych. Najbardziej korzystnym dla plonowania zbóż okazał się 1998 rok, w którym plony ziarna były najwyższe. Istotnie niżej plonowały zboża w 1999 i 2000 roku. W 1999 roku plon ziarna był niższy, średnio dla wszystkich zbóż, o 0,29 t z ha, a w roku 2000 o 0,17 t z ha, w porównaniu z rokiem 1998 (tab. 1). Z badanych gatunków pszenżyto plonowało znacznie lepiej niż pszenica. Wyższe lub wierniejsze plonowanie pszenżyta jarego od innych zbóż

jarych stwierdzili Błażej i wsp. (1993), Michalski i wsp. (1994) oraz Rudnicki i Wasilewski (1993 b). Obie odmiany pszenżyta (Gabo i Wanad) uprawiane w siewie czystym plonowały, średnio za trzy lata, na zbliżonym poziomie (różnice nieistotne), zdecydowanie niżej plonowała pszenica w czystym siewie.

Tabela 1

Plon ziarna gatunków, odmian i ich mieszanek w zależności od udziału komponentów i lat badań
Yields of grains produced by species, cultivars and their mixtures depending on proportion of components and years of investigation

Skład mieszanki siewnej [%] Sowing mixture composition			Plon ziarna (t/ha) Grain yield			
pszenżyto triticale		pszenica wheat	lata badań years of study			średnio mean
Gabo	Wanad	Henika	1998	1999	2000	
100	—	—	5,83	5,78	5,66	5,75
—	100	—	6,25	5,58	5,96	5,93
—	—	100	5,48	5,05	4,65	5,06
75	—	25	5,75	5,60	5,93	5,76
50	—	50	5,48	5,35	5,68	5,50
25	—	75	5,15	5,25	5,17	5,18
—	75	25	5,93	5,43	5,62	5,66
—	50	50	5,70	5,40	5,54	5,55
—	25	75	5,40	4,88	5,23	5,17
Średnio dla lat Mean for years			5,66	5,37	5,49	—
NIR _{α = 0,05} dla lat LSD _{α = 0,05} for years				0,11		—
NIR _{α = 0,05} dla obiektów LSD _{α = 0,05} for objects						0,34
NIR _{α = 0,05} dla współdziałania lata x obiekty LSD _{α = 0,05} for interaction years x objects						0,28

Mieszanki z 75% i 50% udziałem pszenżyta plonowały wyżej od czystego siewu pszenicy, a z niewielkim (25%) udziałem pszenżyta nieznacznie wyżej od pszenicy. Wyższe plonowanie mieszanek w stosunku do pszenicy stwierdził również Michalski i wsp. (1997). Najwyższy plon ziarna osiągnęło pszenżyto Wanad uprawiane w siewie czystym (6,25 t z ha), w korzystnym dla plonowania zbóż 1998 roku. Najniższy plon ziarna uzyskano w 1999 roku z obiektu, na którym uprawiano mieszankę z 25% udziałem pszenżyta Wanad (4,88 t z ha) (tab. 1). Plony mieszanek układały się na ogół na poziomie pośrednim między plonami gatunków stanowiących mieszankę w siewach czystych. Porównując plony odmian pszenżyta (Gabo i Wanad) z plonami ich mieszanek z pszenicą nie wykazano wyższego plonowania mieszanek niż siewów czystych, jedynie plon mieszanki z 75% udziałem pszenżyta Gabo nieznacznie przewyższał plon ziarna siewu czystego tej odmiany (tab. 1). Rudnicki i Wasilewski (1993 b) w badaniach nad plonowaniem mieszanek zbożowych z udziałem pszenżyta jarego, również nie stwierdzili wyższego plonowania mieszanek pszenżyta z pszenicą, w stosunku do siewu czystego pszenżyta. Średnio z lat badań plony mieszanek były mniejsze, w przypadku mieszanek z 50% udziałem odmiany Gabo o 4,4% i o 10% w mieszance z 25% udziałem pszenżyta Gabo. Mieszanki z udziałem pszenżyta Wanad plonowały niżej od siewu czystego

pszenżyta, odpowiednio o 4,6 i 6,4%. Również Michalski i wsp. (1994) oraz Rudnicki i Wasilewski (1993 b) w swoich badaniach obserwowali wysokie plony, zbliżone do plonów siewu czystego pszenżyta, mieszanek o dużym udziale (75% i 50%) pszenżyta. Porównując średnie plony mieszanek ze średnimi plonami gatunków i odmian w siewach czystych stwierdzono, że mieszanki o równym udziale komponentów plonują na poziomie zbliżonym do komponentu wyżej plonującego, czyli pszenżyta. Przewaga w mieszance pszenżyta bądź pszenicy powodowała, że plony mieszanek były zbliżone do plonów gatunków w siewie czystym, występujących w danej mieszance w przewadze, co nie potwierdza opinii Rudnickiego i Wasilewskiego (1993 a), którzy stwierdzili, że dany gatunek znajduje tym korzystniejsze warunki w mieszance, im mniejszy jest w niej jego udział i odwrotnie. Można stwierdzić, że w mieszankach dwugatunkowych o plonie ziarna mieszanki decyduje gatunek, który przeważa w mieszance.

Do oceny plonowania mieszanek posłużono się także porównaniem ich plonów z planami oczekiwanymi (teoretycznymi), za które przyjęto średnie ważone plony gatunków w siewach czystych w proporcjach zgodnych z ich udziałem w danej mieszance (tab. 2). Porównanie to wykazało, że plony ziarna mieszanek układały się na poziomie średnich ważonych plonów gatunków w ich siewach czystych lub były o kilka procent niższe bądź wyższe. Mieszanki z niewielkim udziałem pszenżyta (25%) plonowały niżej o 1% w przypadku odmiany Gabo i o 2,1% w przypadku odmiany Wanad. Również mieszanka z 75% udziałem pszenżyta Wanad plonowała o około 1% niżej w stosunku do średniej ważonej. Mieszanki z równym udziałem komponentów w stosunku do średniej ważonej w przypadku obu odmian pszenżyta, plonowały wyżej. Najwyżej, w stosunku do średniej ważonej, plonowała mieszanka z 75% udziałem pszenżyta Gabo. Na podstawie tego porównania nie można jednoznacznie stwierdzić plonotwórczej roli mieszanek w porównaniu z uprawą tych samych gatunków i odmian w czystych siewach.

Tabela 2

**Porównanie plonów (t/ha) mieszanek pszenżyta z pszenicą ze średnimi ważonymi plonami
odpowiednich gatunków zbóż w siewach czystych**
**Comparison of triticale and wheat mixture yields (t/ha) with weighed mean yields of the respective
cereals in pure cultures**

Skład mieszanki siewnej [%] Sowing mixture composition		Rzeczywisty plon mieszanki Real yield mixture	Plon średni ważony* Weighted average yield	Różnica [%] Difference
pszenżyto triticale	pszenica wheat			
Gabo				
75	25	5,76	5,58	+3,2
50	50	5,50	5,41	+1,7
25	75	5,18	5,23	-1,0
Wanad				
75	25	5,66	5,71	-0,9
50	50	5,55	5,50	+0,9
25	75	5,17	5,28	-2,1

* — Średnia ważona plonów gatunków i odmian w ich siewach czystych

* — Weighted average of species yields in their pure stands

Rozpatrując elementy struktury plonu ziarna, odmiany pszenżyta różniły się istotnie między sobą masą ziarna z kłosa i masą 1000 ziaren (tab. 3). Pszenżyto odmiany Wanad charakteryzowało się wyższą masą 1000 ziaren i wyższą masą ziarna z kłosa. Nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy pozostałymi elementami struktury plonu ziarna. Ocena zmian w strukturze plonu ziarna pszenżyta Gabo uprawianego w mieszance z pszenicą wykazała, że na taki sposób uprawy reagowało ono istotnymi zmianami. Stwierdzono istotny wzrost liczby ziaren w kłosie przy 50% udziale pszenżyta w mieszance. Natomiast pszenżyto odmiany Wanad reagowało zmniejszaniem liczby ziaren w kłosie. Szczególnie wyraźnie w mieszance o równych proporcjach wysiewu komponentów i w mieszance o 25% udziale pszenżyta. Masa 1000 ziaren pszenżyta nie zmieniła się istotnie, gdy w mieszance dominowało pszenżyto. Natomiast, gdy udział pszenżyta w mieszance spadał do 25%, masa 1000 ziaren zmniejszała się, szczególnie w przypadku odmiany Wanad. Ziarno pszenżyta Gabo pochodzące z mieszanki o 25% udziale pszenżyta charakteryzowało się najmniejszą masą 1000 ziaren. Stwierdzono istotnie mniejszą MTZ pszenżyta w tej mieszance w porównaniu do ziarna pochodzącego z mieszanki o 75% udziale pszenżyta, gdzie wystąpił nieznaczny wzrost MTZ. W wyniku zmniejszania się MTZ pszenżyta Wanad pod wpływem malejącego udziału pszenżyta w mieszance, stwierdzono również zmniejszenie się masy ziarna z kłosa w mieszankach z 50 i 25% udziałem pszenżyta. Natomiast istotny wzrost liczby ziaren w kłosach pszenżyta Gabo, pochodzących z mieszanki o 50% udziale pszenżyta, spowodował, że masa ziarna z kłosa była największa i istotnie wyższa w stosunku do masy ziarna z kłosów mieszanki o najmniejszym udziale pszenżyta.

Tabela 3

Struktura plonu odmian pszenżyta w siewie czystym i w mieszankach z pszenicą
Yield structure of triticale cultivars in pure cultures and mixtures with wheat

Cechy Characters	Jednostki Units	Udział gatunku w zasiewie [%] Share in culture								NIR LSD $\alpha=0,05$
		Gabo				Wanad				
		100	75	50	25	100	75	50	25	
Liczba kłosów Number of heads per 1 m ²	szt./piece %	444,1 100	357,0 80,4	243,3 54,8	148,3 33,4	436,6 100	360,3 82,5	273,0 62,5	127,3 29,2	70
Udział kłosów Proportion of ears	%	100	69,4	45,9	25,4	100	74,6	47,4	21,7	—
Liczba ziaren w kłosie Kernels per ear	szt./piece %	37,6 100	37,4 99,5	41,2 109,6	38,6 102,7	38,9 100	39,2 100,8	34,8 89,5	36,7 94,3	2,1
Masa 1000 ziaren Thousand seed weight	g %	38,07 100	38,82 102	37,72 99,1	36,65 96,3	40,43 100	38,94 96,3	38,38 94,9	38,12 94,3	1,8
Masa ziarna z kłosa Grain weight from head	g %	1,460 100	1,481 101,4	1,549 106,1	1,457 99,8	1,594 100,1	1,595 100,1	1,354 84,9	1,457 91,4	0,089

Analizując elementy struktury plonu pszenicy w siewie czystym jak i w mieszankach stwierdzono niższe wartości tych cech w porównaniu do pszenżyta. Pszenica na uprawę w mieszance z pszenżytem reagowała spadkiem bądź wzrostem tych cech. W mieszankach z 50 i 75% udziałem pszenżyta Gabo obserwowano wzrost masy ziarna z kłosa w stosunku do siewu czystego pszenicy. Największą wartość tej cechy uzyskano w mieszance z 75%

udziałem pszenżyta (tab. 4). Masa ziarna z kłosów pszenicy pochodzącej z pozostałych wariantów mieszanek, była niższa, w porównaniu do masy ziarna z kłosów pszenicy pochodzących z siewu czystego. Największy spadek tej cechy stwierdzono w mieszance z 50% udziałem pszenżyta Gabo.

Tabela 4

Struktura plonu pszenicy w siewie czystym i w mieszkach z pszenżytem
Wheat yield structure in pure culture and in mixtures with triticale

Cechy Characters	Jednostki Units	Udział gatunku w zasiewie [%] Share in culture							NIR LSD α=0,05
		Gabo				Wanad			
		100	75	50	25	75	50	25	
Liczba kłosów Number of heads per 1 m ²	szt./piece %	606,3 100	434,7 71,7	287,7 47,5	157,3 25,9	458,7 75,7	303,7 50,1	122,7 20,2	69
Udział kłosów Proportion of ears	%	100	74,6	54,1	30,6	78,3	52,6	25,4	—
Liczba ziaren w kłosie Kernels per ear	szt./piece %	26,3 100	24,8 94,3	25,7 97,7	24,8 94,3	26,9 102,3	23,0 87,5	23,3 88,6	r.n / n.s.
Masa 1000 ziaren Thousand seed weight	g %	34,7 100	32,7 94,2	31,7 91,4	34,7 100	33,1 95,4	35,1 101,2	32,9 94,8	r.n / n.s.
Masa ziarna z kłosa Grain weight from head	g %	0,908 100	0,873 96,1	0,947 104,3	0,998 109,9	0,874 96,3	0,846 93,2	0,897 98,8	0,126

r.n. — Różnica nieistotna

n.s. — Non significant

Pszenżyto cechowało się wyższą masą 1000 ziaren i wykształcało więcej ziaren w kłosie. U pszenicy elementy te były zróżnicowane w zależności od wariantu mieszanki, ale nie udowodnione statystycznie. Ziarno pszenicy pochodzące z mieszanki o 50% udziale pszenżyta Wanad charakteryzowało się najwyższą masą 1000 ziaren, był to jedyny wariant mieszanki, w którym wartość tej cechy pszenicy wzrosła w stosunku do siewu czystego. Najniższą wartość tego elementu struktury plonu stwierdzono w mieszance z 50% udziałem pszenżyta Gabo. W siewach mieszanych liczba ziaren w kłosach pszenicy w stosunku do siewu czystego była mniejsza, osiągając najniższą wartość w obiekcie o 50% udziale pszenżyta Wanad.

WNIOSKI

1. W warunkach prowadzonych badań pszenżyto w siewie czystym pod względem plonowania przewyższało pszenicę. Odmiany pszenżyta plonowały na zbliżonym poziomie, z nieznaczną przewagą na korzyść odmiany Wanad.
2. Jare mieszanki pszenżyta z pszenicą przewyższały plonowaniem pszenicę, ale ustępowały pszenżytu. Istotnie wyżej od pszenicy plonowały mieszanki, w których udział pszenżyta był równy lub wyższy od 50%.
3. Plony mieszanek w stosunku do średnich ważonych plonów odpowiednich komponentów w siewach czystych wynosiły od 92,5 do 106,2% plonu ważonego w zależności od okresu wegetacyjnego i udziału komponentów. Średnio w okresie

przewodzenia badań mieszanki, w których udział pszenżyta wynosił 50% plonowały wyżej w odniesieniu do plonu ważonego.

4. Pszenżyto odmiany Gabo w porównaniu do odmiany Wanad wykształcało drobniejsze ziarno, mniejszą liczbę ziaren w kłosie i mniejszą masę ziarna z kłosa.
5. Pszenżyto w porównaniu z pszenicą charakteryzowało się wyższymi wartościami elementów struktury plonu. Na uprawę w mieszankach pszenżyto zareagowało zmniejszaniem masy 1000 ziaren i masy ziarna z kłosa szczególnie wyraźnie w mieszance z 25% udziałem pszenżyta.
6. W prowadzonym doświadczeniu stwierdzono większą konkurencyjność pszenicy jarej niż pszenżyta, co wyrażało się mniejszym udziałem kłosów pszenżyta w mieszankach z pszenicą.

LITERATURA

- Błażej J., Błażej J., Kubit P. 1993. Porównanie produktywności pszenżyta jarego z innymi zbożami jarymi w rejonie południowo-wschodniej Polski. *Fragm. Agron.* 4: 67 — 68.
- Budzyński W., Dubis B. 1994. Porównanie plonowania zbóż jarych w zasiewach czystych, międzygatunkowych i międzyodmianowych w świetle wieloletnich badań. *Mat. konf. Poznań*: 75 — 82.
- Dziamba Sz., Rachoń L. 1994. Plonowanie i konkurencyjność pszenżyta i pszenicy w siewach mieszanych. *Zesz. Nauk. AR Szczec., Rolnictwo LVIII*, 162: 41 — 44.
- Michalski T. 1994. Agrotechniczne aspekty uprawy mieszanek w świetle literatury. *Mat. Ogólnopol. Konf. "Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych"*. AR Poznań: 65 — 67.
- Michalski T., Kruczek A., Waligóra H. 1994. Plonowanie i wartość pastewna mieszanek pszenżyta z pszenicą jarą. *Mat. Ogólnopol. Konf. "Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych"*. AR Poznań: 100 — 104.
- Michalski T., Waligóra H., Sulewska H., Duhr E. 1997. Struktura plonu odmian pszenżyta jarego z siewu czystego i mieszankach z pszenicą jarą. *Zesz. Nauk. AR Szczec., 175, Rolnictwo 65*: 289 — 292.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1993 a. Badania nad uprawą jarych mieszanek zbożowych. *Cz. I i II. Rocz. AR Poznań CCXLIII, Rolnictwo 41*: 57 — 72.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1993 b. Plonowanie mieszanek zbożowych z udziałem pszenżyta jarego. *Roczniki AR Poznań*, 143: 97 — 104.
- Rudnicki F., Wasilewski P. 1993 c. Zależność plonów zbóż jarych i ich mieszanek od warunków hydrotermicznych w okresie wegetacji. *Ann. Scient. Stetin.*, 8 (1): 7 — 21.
- Szempliński W., Budzyński W. 1994. Porównanie plonowania pszenżyta jarego w siewie czystym oraz w mieszance odmian i gatunków. *Zesz. Nauk. AR Szczec. 162 Rol. LVIII*: 257 — 260.
- Wasilewski P. 1994 a. Wpływ proporcji wysiewu i warunków meteorologicznych na planowanie mieszanek pszenżyta jarego z owsem. *Mat. Ogólnopol. Konf. "Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych"*. AR Poznań: 88 — 93.
- Wasilewski P. 1994 b. Plonowanie mieszanek pszenżyta jarego z pszenicą jarą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 414: 217 — 224.

SZYMON DZIAMBA ¹IZABELLA JACKOWSKA ²ELŻBIETA MAŁUSZYŃSKA ³JACEK KWIATKOWSKI ⁴¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin² Katedra Chemii

Akademia Rolnicza w Lublinie

³ Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików⁴ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Następczy wpływ pochodzenia materiału siewnego na skład chemiczny ziarna pszenżyta

Komunikat

Consequent influence of sowing material origin on chemical composition of triticale grain

Short communication

Przeprowadzone badania dotyczyły składu chemicznego ziarna odmian pszenżyta pokolenia potomnego. Czynnikiem doświadczenia były dwie odmiany pszenżyta: Presto i Bogo oraz miejscowości, w których reprodukowano materiał siewny tych odmian. W zakresie składu chemicznego oznaczono zawartość Mg, Ca, K, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Pb, Co Cd. Z oznaczeń tych wynika, że zróżnicowanie zawartości metali w ziarnie pszenżyta jest większe pomiędzy miejscowościami, niż pomiędzy jego odmianami.

Słowa kluczowe: odmiana, pszenżyto, skład chemiczny, ziarno

The performed studies concerned chemical composition of triticale progeny grain. The experimental factors were as follows: two triticale varieties (Presto and Bogo) and sites where sowing material of these varieties was reproduced. Contents of magnesium, calcium, potassium, iron, manganese, copper, zinc, nickel, lead, cobalt and cadmium were recorded in grain. The differences of metals contents were larger between the sites than between the varieties.

Key words: chemical composition, grain, triticale, variety

WSTĘP

W warunkach naturalnych istnieje duże zróżnicowanie zawartości pierwiastków śladowych w zależności od gatunków, a nawet odmian roślin, jak również od warunków

wegetacji (Ernst, 1996; Gembarzewski, 1996; Kabata-Pendias, 1992; Ruskowska i Wojcieszka-Wyskupajtyś, 1996). W literaturze przedmiotu brak jest doniesień odnośnie porównania składu chemicznego ziarna otrzymanego w tych samych warunkach, z materiału siewnego reprodukowanego w różnych miejscowościach, różniących się czynnikami siedliska. Dlatego też podjęcie badań określonych w tytule pracy ma swoje uzasadnienie.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło ziarno pszenżyta pochodzące z doświadczenia prowadzonego w Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin Akademii Rolniczej w Lublinie. Czynnikiem doświadczenia były dwie odmiany pszenżyta ozimego: Presto i Bogo oraz miejscowości, w których reprodukowano materiał siewny.

Materiał siewny wymienionych odmian pochodził z Stacji Hodowli Roślin hodującej daną odmianę, reprodukcji (Akademii Rolniczej w Lublinie, Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie) i przechowalni Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Tak przygotowany materiał siewny w 1999 roku posłużył do założenia doświadczenia polowego, z którego otrzymane ziarno wykorzystano do oznaczeń chemicznych.

Ziarno pszenżyta po wysuszeniu zmielono i zmineralizowano w piecu muflowym w temperaturze 450°C. Uzyskane popioły umieszczono w roztworze HCl (1:1) i rozcieńczono 0,1 mol · dm⁻³ HCl. W roztworach oznaczono zawartość metali posługując się techniką atomowej spektrometrii absorpcyjnej. Oznaczono zawartość: Mg, Ca, K, Mn, Fe, Zn, Pb, Co, Cu, Cd.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość metali w ziarnie pszenżyta przedstawiono na rysunku 1. Największe zróżnicowanie zawartości metali w ziarnie pszenżyta odmiany Presto i Bogo było dla potasu i magnezu (odpowiednio: 232,6 i 193,1 mg/kg s.m.). Zawartość wapnia była o 29 mg/kg s.m. większa w ziarnie Bogo. Różnice w zawartości żelaza, cynku i manganu w pszenżycie Presto i Bogo wynoszą od 3,38 do 6,42 mg/kg s.m. Natomiast różnice w poziomie zawartości ołowiu, niklu, kobaltu i miedzi pomiędzy obu odmianami pszenżyta są niewielkie i wynoszą poniżej 0,4 mg/kg s.m.

Szereg zawartości metali w odmianie Presto przedstawia się następująco:

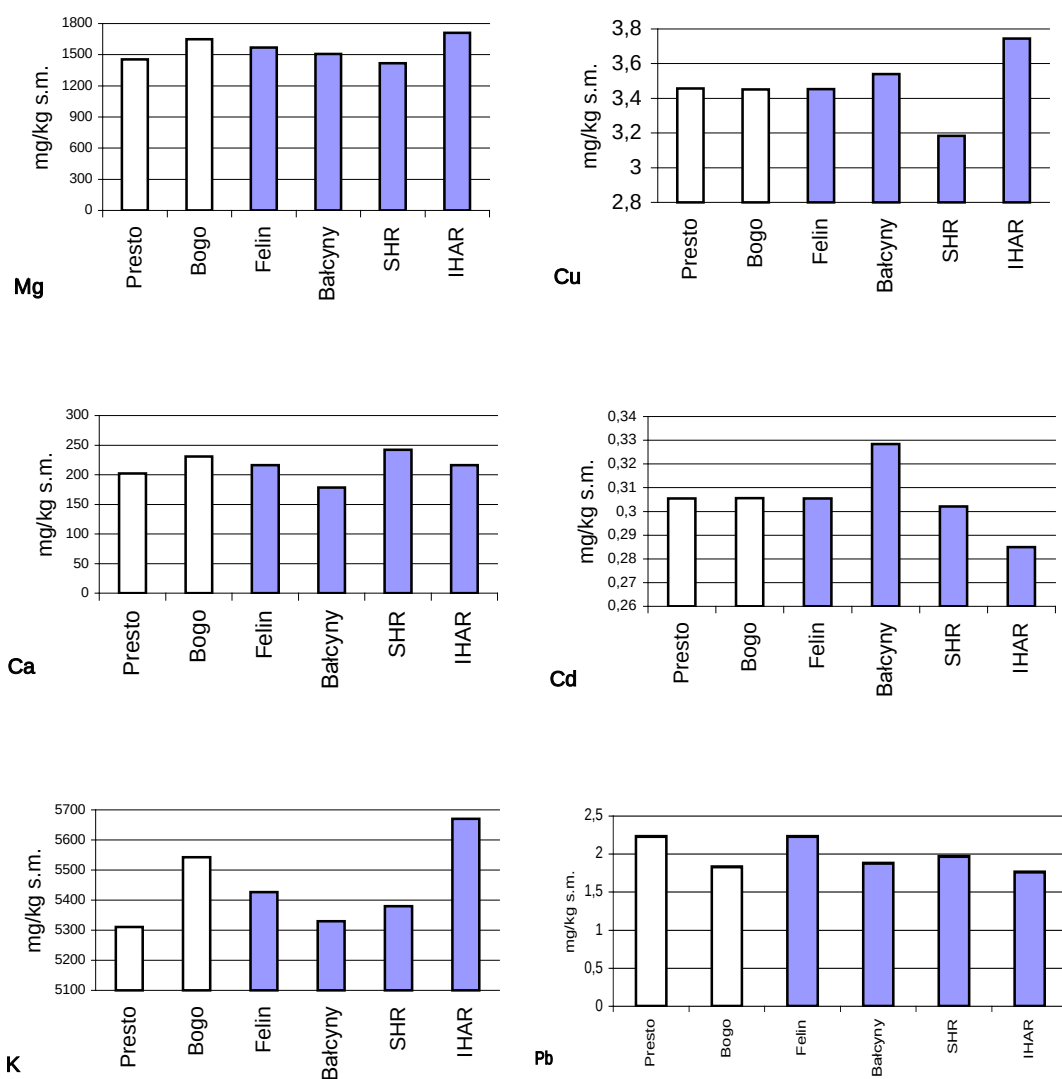
K>Mg>Ca>Mn>Fe>Zn>Cu>Pb>Ni>Co>Cd,

a w odmianie Bogo:

K>Mg>Ca>Mn>Zn>Fe>Cu>Pb>Ni>Co>Cd

Szereg zróżnicowania zawartości metali w obu odmianach pszenżyta:

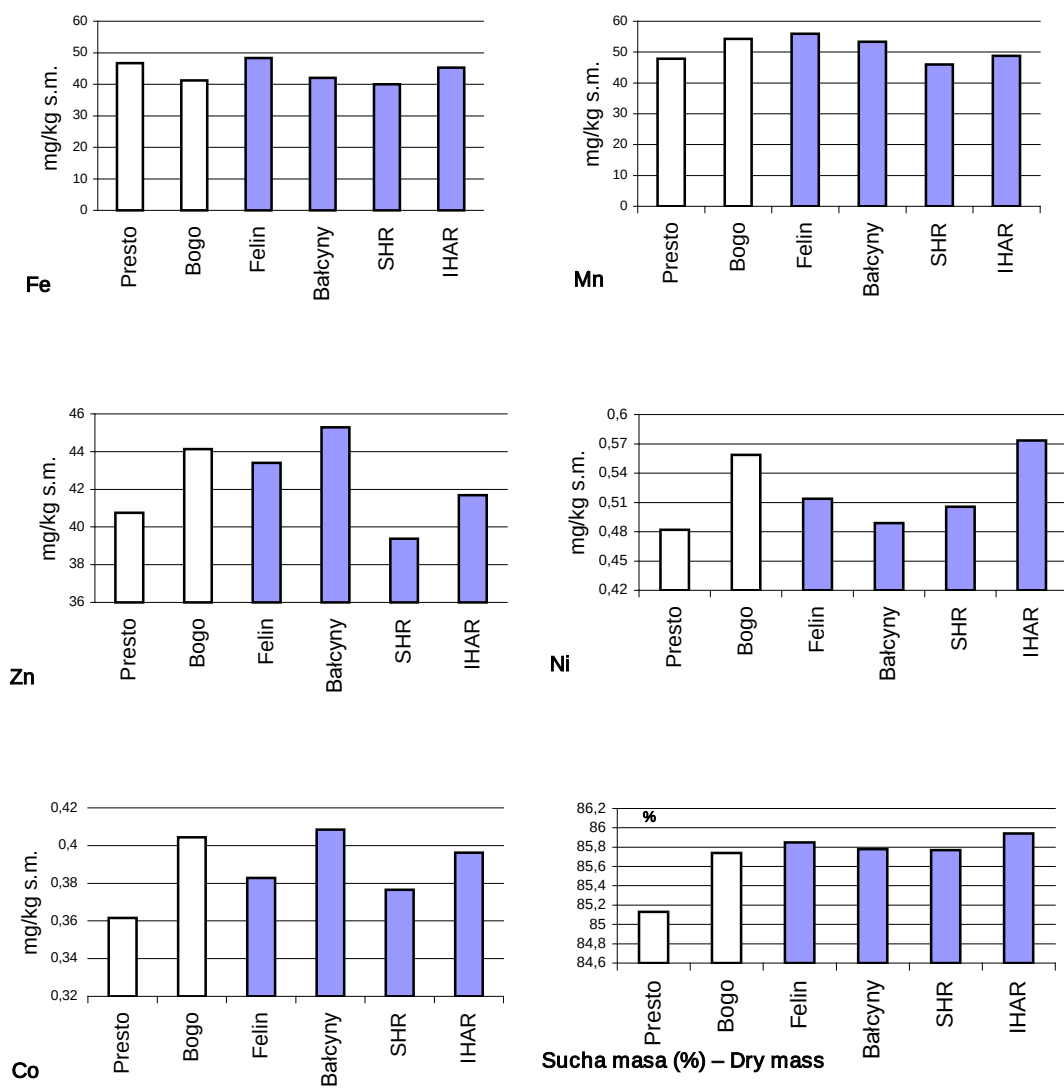
K>Mg>Ca>Mn>Fe>Zn>Pb>Ni>Co>Cu>Cd



Rys. 1 Zawartość metali w ziarnie pszenżyta
Fig. 1. Content of metals in triticale grain

W pszenżycie uprawianym w różnych miejscowościach największe zróżnicowanie zawartości metali dotyczyło też potasu i magnezu (odpowiednio 342,1 i 293,4 mg/kg s.m.). Różnica w zawartości wapnia wynosiła 63,7 mg/kg s.m. Zawartości cynku, żelaza i manganu w ziarnie pszenżyta z różnych miejscowości różniły się w granicach 5,9 do 9,96 mg/kg s.m. Natomiast zróżnicowanie zawartości miedzi i ołowiu wynosi 0,46 i 0,56 mg/kg

s.m. Różnice w zawartości pozostałych metali: kobaltu, kadmu i niklu są nieznaczne poniżej 0,04 mg/kg s.m. (rys. 2).



Rys. 2. Zawartość metali i suchej masy w ziarnie pszenżyta
Fig. 2. Content of metals (in mg/kg of dry mass) and dry mass in triticale grain

Zawartość suchej masy w ziarnie pszenżyta odmiany Presto i Bogo była bardzo zbliżona. Natomiast sucha masa w ziarnie z Felina, Bałcyn SHR i IHAR wynosiła odpowiednio: 85,85%, 85,78%, 85,77% i 85,94%.

WNIOSKI

1. Zróżnicowanie zawartości metali jest większe pomiędzy pszenżystem uprawianym w różnych miejscowościach niż pomiędzy jego odmianami.
2. Mniejsze są różnice w zawartości suchej masy w pszenżycie z różnych miejscowości (0,17%) niż w pszenżycie różnych odmian (0,19%).

LITERATURA

- Ernst W.H.O. 1996. Bioavailability of heavy metals and decontamination of soils by plants. Appl. Geochem. 11: 163 — 167.
- Gembarzewski H., Obojski J., Strączyński S. 1996, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 347 — 352.
- Kabata-Pendias A., Pendias H. 1992. Trace elements in soils and plants. 2nd Ed. CRS Press Inc. Boca Raton: 365.
- Ruszkowska M., Wojcieszka-Wyskupajtys U. 1996. Mikroelementy — fizjologiczne i ekologiczne aspekty ich niedoborów i nadmiaru. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 434: 1 — 11.

BOGUSŁAWA JAŚKIEWICZ

Zakład Uprawy Roślin Zbożowych

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy

Wykorzystanie nawożenia azotem przez odmianę pszenżyta ozimego Fidelio w zależności od gęstości siewu

The effectiveness of nitrogen fertilization of the winter triticale cultivar Fidelio in relation to sowing density

W trzyletnim doświadczeniu polowym przeprowadzonym na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego określono wymagania pszenżyta ozimego odmiany Fidelio co do gęstości siewu i dawki nawożenia azotem. Stwierdzono, że odmiana ta reaguje wzrostem plonu ziarna na zwiększenie dawek azotu do 120 kg/ha i może być wysiewana rzadko, około 2 mln. ziaren/ha

Słowa kluczowe: dawki azotu, gęstość siewu, pszenżyto

The effects of sowing density and nitrogen fertilization doses on grain yield and yield components were studied in the winter triticale cv. Fidelio. The field experiment was conducted in years 1997–2000 on a soil classified as the very good rye type. It was found, that the cultivar responded with yield increase to N-doses up to 120 kg/ha and could be sown at low density of 2 millions seed per hectare.

Key words: nitrogen doses, sowing density, triticale

WSTĘP

Wpisana do Rejestru Odmian w roku 1997 półkarłowa odmiana pszenżyta ozimego Fidelio charakteryzuje się znaczną odrębnością morfologiczną w stosunku do odmian uprawianych dotychczas. Mała wysokość roślin i związane z tym mniejsze zacienianie i podatność na wyleganie daje podstawę do założenia, że odmiana Fidelio będzie wykazywać odmienne wymagania pod względem ilości siewu i nawożenia azotem.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Grabowie w latach 1997–2000 na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego. Doświadczenie z dwiema zmiennymi założono metodą podbloków losowanych w czterech powtórzeniach. Powierzchnia poletka do zbioru

wynosiła 28,8 m². Uwzględniono cztery gęstości siewu: 150, 250, 350, 450 ziaren na m², oraz pięć dawek nawożenia azotem 0, 40, 80, 120, 160 kg/ha. Nawożenie fosforem i potasem zastosowano przed siewem pszenżyta w ilości 60 kg P₂O₅ i 100 kg K₂O, wykorzystując program doradztwa nawozowego (Jadczyzyn i in., 1997). Kwalifikowany materiał siewny zaprawiano Vitavaxem. Siew wykonano w terminie optymalnym, siewnikiem Amazona w rozstawie rzędów 12 cm. Po wschodach określono liczbę roślin na poletkach. W fazie strzelania w źdźbło, kłoszenia i dojrzałości woskowej określono wysokość roślin oraz wartość współczynnika liściowego LAI przy użyciu przyrządu LAI-2000. Stan odżywienia roślin, głównie azotem charakteryzowano pomiarami indeksu chlorofilu (SPAD), które wykonano w fazie kłoszenia przy użyciu przyrządu SPAD 502, według metodyki zalecanej przez producenta. Bezpośrednio przed zbiorem pobrano próby roślin z powierzchni 0,5 m², w których oznaczono liczbę kłosów, masę kłosów i słomy oraz cechy struktury plonu. W doświadczeniu wyleganie nie wystąpiło. Zbiór wykonano kombajnem w fazie dojrzałości pełnej.

Wyniki opracowano statystycznie, określając istotność różnic między poszczególnymi parami średnich za pomocą testu Tukeya ($P = 0,95$). W celu ustalenia współzależności oznaczonych cech z plonem ziarna wyliczono odpowiednie współczynniki korelacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Nie stwierdzono współdziałania nawożenia azotem z ilością wysiewu w kształtowaniu plonu ziarna, obsady kłosów, masy 1000 ziaren oraz elementów struktury plonu, dlatego w zestawieniach podano średnie wartości oznaczeń cech dla badanych czynników (tab. 1, 2). Procent roślin przy zbiorze w stosunku do wschodów roślin nie zależał od dawki azotu (tab. 1).

Natomiast gęstość siewu modyfikowała zarówno liczbę, jak też wypadanie roślin w okresie wegetacji. Zwiększanie gęstości siewu powodowało większe ich wypadanie w okresie wegetacji, ale miało korzystny wpływ na liczbę roślin na m² w okresie zbioru (tab. 2). Przy wysiewie 1,5 mln ziaren/ha wypadło 5% roślin, a przy wysiewie 4,5 mln utrata roślin w okresie wegetacji zwiększyła się do 25% stanu początkowego. Z innych badań nad wypadaniem roślin pszenżyta (Jaśkiewicz, 1995) wynika, że proces ten odbywa się przez cały okres wegetacji. Można przyjąć, że w miarę rozwoju pszenżyta zmniejszała się różnica liczby roślin na jednostce powierzchni między obiektami o różnej gęstości siewu.

Plon ziarna pszenżyta wzrastał wraz ze zwiększaniem dawki nawożenia azotem do 120 kg N/ha. Dalsze zwiększenie dawki N do 160 kg/ha nie spowodowało istotnej zwwyżki plonu ziarna. Podobny efekt nawożenia w badaniach z odmianą długosłomą Presto uzyskał Rozbicki (1996) oraz Rachoń i Dziamba (1996) w badaniach z odmianą Presto i krótkosłomymi odmianami Pinokio i Audio. Zwwyżki plonu pod wpływem nawożenia N były głównie efektem obsady kłosów w wyniku większego rozkrzewienia produkcyjnego, które spowodowało zwiększenie produktywności roślin. Możliwość kształtowania liczby kłosów przez zmianę nawożenia azotem stwierdzili również w swoich badaniach Rozbicki (1997), Mazurek i Jaśkiewicz (1998, 1999). Zróżnicowane dawki azotu nie wywołały

istotnych zmian w dorodności ziarna, liczbie i plonie ziaren z kłosa, długości kłosa, masie słomy z rośliny (tab. 1).

Tabela 1

Wpływ nawożenia azotem na plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$) oraz przeżywalność i strukturę plonu roślin pszenżyta Fidelio (Grabów 1998–2000)

Effect of nitrogen nutrition on grain yield, survival and yield components of plants of the winter triticale Fidelio (Grabów 1998–2000)

Cechy Traits	Dawki azotu (kg/ha) Nitrogen doses					
	0	40	80	120	160	NIR- LSD
Plon ziarna (t/ha) Grain yield (t/ha)	4,42	5,94	6,86	7,22	7,41	0,355
% roślin przy zbiorze w stosunku do wschodów % of plants at harvest time in relation to emergence	80	84	87	88	87	r.n
Liczba kłosów z m^2 Heads number per m^2	378	447	490	527	549	36,5
Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains	46,5	47,2	47,5	47,9	47,8	r.n
Krzewienie produkcyjne Productive tillering	1,77	2,01	2,13	2,24	2,27	0,198
Plon ziarna z kłosa (g) Grain yield per head	1,17	1,33	1,40	1,37	1,35	r.n
Plon ziarna z rośliny (g) Grain yield per plant	2,07	2,67	2,99	3,07	3,06	0,386
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per head	25	28	29	29	29	r.n
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	44	56	63	65	66	7,45
Średnia długość kłosa (cm) Average length of ear	7,9	8,3	8,9	9,1	9,0	r.n
Masa kłosów z rośliny (g) Weight of ears per plant	2,94	3,73	4,04	4,39	4,32	0,315
Masa słomy z rośliny (g) Weight of straw per plant	2,48	3,02	3,40	3,38	3,43	r.n
Średnia wysokość rośliny (cm) w fazie: Average height of plant in stage:						
— strzelania w źdźbło — shooting	31	35	39	40	41	3,15
— kłoszenia — heading	67	77	80	78	80	5,17
— dojrzałości pełnej — full maturity	75	84	89	88	86	5,48
Indeks LAI w fazie: Index LAI in stage:						
— strzelania w źdźbło — shooting	1,51	2,56	3,03	2,94	3,56	0,565
— kłoszenia — heading	1,85	2,38	3,71	3,70	4,25	0,545
— dojrzałości woskowej — dough stage	1,60	2,33	3,41	3,64	3,75	0,360
Indeks SPAD (w fazie kłoszenia) Index SPAD (heading stage)	417	517	602	713	743	59,8

W badaniach wcześniejszych wykonanych w wazonach uzyskano podobne wyniki w stosunku do liczby ziaren i masy ziaren z kłosa oraz MTZ (Mazurek, Jaśkiewicz, 1998).

Wysokość roślin nie nawożonych azotem była mniejsza niż nawożonych uwzględnionymi dawkami N. W fazie strzelania w źdźbło rośliny nawożone dawką 40 kg N/ha były niższe niż na dawkach od 80 do 160 kg N/ha, natomiast w fazie kłoszenia i dojrzałości pełnej badane dawki azotu nie różnicowały istotnie wysokości roślin pszenżyta.

Indeks powierzchni liści (LAI) na obiekcie bez nawożenia azotem przez cały okres wegetacji był mniejszy niż na obiektach nawożonych. Wartość współczynnika LAI wzrastała wraz ze wzrostem nawożenia azotem, z tym, że dawka 160 kg N/ha zwiększyła istotnie wartość LAI w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia (tab. 1).

Indeks SPAD w fazie kłoszenia był najmniejszy na obiekcie bez azotu i zwiększał się wraz ze wzrostem dawek nawozu do 120 kg N/ha (tab. 1)

Wartości elementów struktury plonu były zbliżone przy dawce 120 i 160 kg N/ha, co wskazuje, że maksymalny współczynnik LAI nie zawsze idzie w parze z szybkością wzrostu łanu, gdzie oczekiwaliśmy najwyższych ich wartości. Według Czerednik i Nalborczyka (2000) plon rolniczy jest ściśle uzależniony od wartości LAI. Tłumaczą oni, że jednak przy zbyt dużych ich wartościach pogarszają się warunki świetlne, zamierają dolne zacienione liście i efektywność fotosyntezy jest mała. Po części odzwierciedlają to przeprowadzone badania.

Wartość indeksu chlorofilu (SPAD) wzrastała wraz ze wzrostem dawki azotu i poziomem plonowania (tab. 1). Plon najniższy 4,42 t/ha uzyskano przy niskich wartościach SPAD — 417 jednostek, gdzie nie stosowano nawożenia azotem. Natomiast wysoki plon 7,22 i 7,41 t/ha uzyskano przy odpowiednio 713 i 743 jednostek SPAD.

Ilości wysiewu zróżnicowane w granicach od 1,5 do 4 mln ziaren na ha nie spowodowały istotnych zmian w poziomie plonowania pszenżyta (tab. 2), pomimo trendu wzrostu liczby kłosów na jednostce powierzchni gleby. Zwiększenie ilości wysiewu wywarło ujemny wpływ na wykształcenie ziarna, krzewienie produkcyjne i cechy struktury plonu (tab. 2), co potwierdzają wyniki wcześniejszych badań (Mazurek, Jaśkiewicz, 1998). Nie stwierdzono wpływu ilości wysiewu na wysokość roślin od fazy strzelania w źdźbło do dojrzałości pełnej.

Indeks powierzchni liści (LAI) w okresie od fazy strzelania w źdźbło do dojrzałości woskowej wzrastał wraz z gęstością siewu (tab. 2). Wartość omawianego współczynnika była największa w fazie kłoszenia, co jest zgodne z wynikami badań Fabera i Nieróbcy (1999) oraz Czerednik i Nalborczyka (2000). Maksymalna wartość LAI w naszych badaniach wynosiła u odmiany Fidelio 3,79 i była znacznie mniejsza niż wykazana dla pszenicy przez Fabera i Nieróbcę (1999), ale podobna do podanej w pracy Czerednik i Nalborczyka (2000).

W związku z tym, że plon ziarna był niezależny od ilości wysiewu, należałoby uznać za wystarczającą wartość współczynnika LAI około 3 w fazie kłoszenia dla odmiany Fidelio.

Tabela 2

Wpływ gęstości siewu na plon ziarna ($t \cdot ha^{-1}$), przeżywalność i struktura plonu roślin pszenżyta Fidelio (Grabów 1998–2000)

Effect of sowing density on grain yield, survival and yield components of plants of the winter triticale Fidelio (Grabów 1998–2000)

Cechy Traits	Gęstość siewu (mln/ha) Sowing density				
	1,5	2,5	3,5	4,5	NIR LSD
Plon ziarna (t/ha) Grain yield (t/ha)	6,14	6,29	6,31	6,32	r.n
% roślin przy zbiorze w stosunku do wschodów % of plants at harvest time in relation to emergence	95	86	80	75	6,42
Liczba kłosów z m^2 Heads number per m^2	412	466	489	545	91,7
Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains	49,1	47,4	46	44,7	2,70
Krzewienie produkcyjne Productive tillering	2,88	2,16	1,74	1,62	0,454
Plon ziarna z kłosa (g) Grain yield per head	1,49	1,35	1,29	1,16	r.n
Plon ziarna z rośliny (g) Grain yield per plant	4,29	2,92	2,24	1,18	0,652
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per head	30	28	28	26	r.n
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant	86	61	49	42	11,25
Srednia długość kłosa (cm) Average length of ear	9,5	9,0	8,5	8,7	1,36
Masa kłosów z rośliny (g) Weight of ear per plant	6,60	4,28	3,36	2,81	0,864
Masa słomy z rośliny (g) Weight of straw per plant	5,08	3,29	2,69	2,33	1,590
Srednia wysokość rośliny (cm) w fazie: Average height of plant in stage:					
— strzelania w źdźbło — shooting	37	36	37	37	r.n
— kłoszenia — heading	77	78	75	77	r.n
— dojrzałości pełnej — full maturity	87	84	84	83	r.n
Indeks LAI w fazie: Index LAI in stage:					
— w fazie strzelania w źdźbło — shooting	2,41	2,49	2,65	3,32	0,464
— w fazie kłoszenia — heading	2,93	2,98	3,09	3,79	0,677
— w fazie dojrzałości woskowej — dough stage	2,72	2,72	3,06	3,29	0,301
Indeks SPAD (w fazie kłoszenia) Index SPAD (heading stage)	633	612	581	567	50,1

Wartość indeksu chlorofilu (SPAD) na najmniejszej gęstości siewu (1,5 mln ziaren/ha) była większa niż na wysiewach 3,5 i 4,5 mln ziaren/ha, co wskazuje na gorszy stan odżywienia azotem przy większych ilościach wysiewu.

Bezdusznik (inf. ustna, 1997) w badaniach nad pszenicą ozimą wykazał, że dobrze odżywione azotem rośliny charakteryzowały się wielkością SPAD około 550, czyli była mniejsza niż w naszych badaniach u roślin wysianych rzadko (633 jednostek)

Stwierdzono dużą dodatnią korelację między plonem a liczbą kłosów, rozkrzewieniem produkcyjnym, plonem i liczbą ziaren z kłosa, długością kłosa, masą kłosów i słomy z rośliny, wysokością roślin, wartościami współczynników LAI oraz SPAD w badanych fazach rozwojowych (tab. 3).

Tabela 3

Współczynniki korelacji między plonem ziarna a elementami struktury plonu, wysokością roślin i wartościami współczynników LAI oraz SPAD
Correlation coefficients between grain yield and yield components, height of plant, LAI and SPAD

Cechy Traits	Fazy rozwojowe- Growth stages			
	Strzelanie w źdźbło Shooting	Kłoszenie Heading	Dojrzałość woskowa Dough stage	Dojrzałość pełna Full maturity
Liczba roślin Number of plants				0,3423
Liczba kłosów Number of (heads)				0,8078
Masa 1000 ziaren (g) Mass of 1000 grains				0,0873
Krzewienie produkcyjne (szt) Productive tillering				0,5651
Plon ziarna z kłosa (g) Grain yield per head				0,4201
Plon ziarna z rośliny (g) Grain yield per plant				0,2805
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per head				0,5258
Liczba ziaren z rośliny Number of grains per plant				0,3035
Srednia długość kłosa (cm) Average ear length				0,5778
Masa kłosów z rośliny (g) Weight of ears per plant				0,7935
Masa słomy z rośliny (g) Weight of straw per plant				0,8162
Wysokość rośliny (cm) Height of plant	0,9717	0,8798		0,7861
Indeks LAI Index LAI	0,8308	0,8692	0,9243	
Indeks SPAD Index SPAD		0,9001		

WNIOSKI

1. Odmiana Fidelio, charakteryzująca się skróconą słomą reaguje wzrostem plonu ziarna na zwiększanie dawek azotu do 120 kg N/ha.
2. Pszenżyto Fidelio uprawiane na glebie kompleksu żytznego bardzo dobrego i dość intensywnie nawożone może być wysiewane rzadko, tj. w ilości ok. 2 mln. ziaren /ha.

3. Stwierdzono zależność między poziomem plonowania odmiany Fidelio a indeksem powierzchni liści oraz indeksem chlorofilu, co wskazuje na potrzebę prowadzenia dalszych badań.

LITERATURA

- Czerednik A., Nalborczyk E. 2000. Współczynnik wykorzystania napromieniowania fotosyntetycznie aktywnego (RUE) — nowy wskaźnik fotosyntetycznej produktywności roślin w łanie. *Biul. IHAR*, 215: 13 — 22.
- Faber A., Nieróbca A. 1999. Prognozowanie plonu pszenicy ozimej na podstawie indeksu powierzchni liści. *Fragm. Agron.* 1/61: 59 — 67.
- Jadczyzsyn T., Kowalczyk J., Sroczyński W. 1997. Zalecenia nawozowe dla gospodarstw korzystających z oznaczeń i zasobności Stacji Chemiczno-Rolniczych IUNG, Puławy
- Jaśkiewicz B. 1995. Wzrost, rozwój oraz plonowanie pszenżyta ozimego w zależności od terminu siewu i obsady roślin. *Puławy. Seria R (328)*: 1 — 110.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B. 1998. Wymagania nowych odmian pszenżyta ozimego co do terminu siewu, obsady roślin oraz nawożenia azotem. *Biul. IHAR*, 205/206: 189 — 194.
- Mazurek J., Jaśkiewicz B. 1999. Efektywność wykorzystania zróżnicowanych dawek azotu w uprawie nowych odmian pszenżyta ozimego. *Biul. IHAR*, 211: 149 — 152.
- Rachoń L., Dziamba S. 1996. Plonowanie półkarłowych odmian pszenżyta ozimego w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego i ochrony roślin. *Materiały konf. „Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta „ Międzyzdroje, AR Szczecin, 1–4 września*: 84.
- Rozbicki J. 1996. Ocena działania ośmiu czynników agrotechnicznych na plonowanie pszenżyta ozimego. *Materiały konf. „Hodowla, uprawa i wykorzystanie pszenżyta „ Międzyzdroje, AR Szczecin, 1–4 września*: 90.

WOJCIECH MIKULSKI ¹
ALEKSANDRA PONITKA ²
AURELIA ŚLUSARKIEWICZ-JARZINA ²
PAWEŁ DOPIERAŁA ¹
MARIA SURMA ²
TADEUSZ ADAMSKI ²
ZYGMUNT KACZMAREK ²

¹Hodowla Roślin Szelejewo, Spółka z o.o.

²Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań

Ocena wartości gospodarczej linii podwojonych haploidów pszenżyta ozimego

Komunikat

Agronomic evaluation of winter triticale doubled haploids

Short communication

W pracy przedstawiono ocenę hodowlaną linii podwojonych haploidów (DH) pszenżyta ozimego. Linie DH otrzymano metodą androgenyzy z mieszańców F₁ odmiany Chrono z rodem SZD 1834/91. Czterdzieści osiem linii wraz z formami wyjściowymi oraz odmianami standardowymi Bogo, Lamberto i Tornado badano w doświadczeniu polowym założonym w układzie bloków losowanych kompletnych w czterech powtórzeniach. Obserwowano plon ziarna z poletka, wysokość roślin, termin kłoszenia, stopień wylegania oraz porażanie rdzą brunatną. Żadna z badanych linii nie plonowała istotnie wyżej od najlepiej plonującego rodu SZD 1834/91. Aczkolwiek w badanej populacji linii DH nie stwierdzono efektów transgresji w stosunku do plonu ziarna, obiecujące wydają się te linie, które plonowały na poziomie najlepszego pod tym względem wśród badanych genotypów rodu SZ 1834/91, w szczególności zaś linia 10875, która była niższa od SZ 1834/91, odporna na wyleganie i nie wykazała porażenia rdzą brunatną.

Słowa kluczowe: androgeneza, podwojone haploidy, plon, pszenżyto

The paper presents breeding evaluation of triticale doubled haploids (DH). The DH lines were derived from F₁ hybrids between the cultivar Chrono and the breeding line SZ 1834/91 via androgenesis. Forty-eight lines, the parental genotypes and the check cultivars Bogo, Lamberto and Tornado were examined in a field experiment carried out in a complete block design with four replications. Grain yield per plot, plant height, days to heading, lodging grade and brown rust infection were observed. No DH lines were found to yield better than the high yielding parental line SZ 1834/91. Although no effect of transgression in grain yield was observed in the studied DH population, some lines which did not differ significantly in yielding from the breeding line SZ 1834/91 seem to be

promising, especially the line 10875 with a stem shorter and more resistant to lodging stem than that of parental line SZ 1834/91, and not infected by brown rust.

Key words: androgenesis, doubled haploids, triticales, yield

WSTĘP

Linie podwojonych haploidów (DH) są wykorzystywane w hodowli roślin na coraz szerszą skalę. Haploidyzacja mieszańców, a następnie podwojenie liczby chromosomów u form haploidalnych umożliwia uzyskanie w krótkim czasie (1–2 lata) całkowicie homozygotycznych linii z dowolnych form heterozygotycznych (Pickering, Devaux, 1992). Aczkolwiek korzyści wynikające ze znacznego skrócenia cyklu hodowli nowych odmian są oczywiste, to jednak problem wartości użytkowej uzyskiwanych tą drogą linii DH w przypadku pszenżyta jest ciągle dyskutowany Hu (1996). Jednakże o przydatności tej metody w hodowli pszenżyta świadczą zarejestrowane w kilku krajach europejskich odmiany Tricolor, Triathlon i Triselekt, uzyskane metodą kultur pylnikowych w Florimond Desprez Seed Company (Francja). W niniejszej pracy przedstawiono ocenę plonowania losowo wybranych linii DH pszenżyta ozimego uzyskanych z mieszańców Chrono × SZD 1834/91.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań było 48 linii DH pszenżyta ozimego otrzymanych z mieszańców F₁ odmiany Chrono z rodem SZD 1834/91. Linie podwojonych haploidów uzyskano w Instytucie Genetyki Roślin PAN w Poznaniu metodą kultur pylnikowych (Ślusarkiewicz-Jarzina, Ponitka, 1997). Linie wraz z formami wyjściowymi oraz odmianami standardowymi: Bogo, Lamberto i Tornado badano w doświadczeniu polowym założonym w układzie bloków losowanych kompletnych w 4 powtórzeniach. Nasiona wysiewano na poletkach o powierzchni 10 m² w rozstawie produkcyjnej. Obserwowano plon ziarna z poletka, wysokość roślin, termin kłoszenia, stopień wylegania oraz porażenie rdzą brunatną stosując ogólnie przyjętą w ocenie hodowlanej skalę 1–9, gdzie 1 oznacza rośliny maksymalnie porażone lub wylegające (porażenie rdzą brunatną obserwowano tylko w dwóch powtórzeniach). Uzyskane z doświadczenia dane obliczono statystycznie; dla każdej z cech przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA) oraz obliczono wartość najmniejszej istotnej różnicy (NIR). Ponadto dla czterech cech, to jest plonu ziarna, wysokości roślin, terminu kłoszenia (wyrażonego liczbą dni od 1 maja do kłoszenia) oraz stopnia wylegania wykonano wielozmienną analizę wariancji (MANOVA) wraz z analizą zmiennych kanonicznych, co umożliwiło przedstawienie wzajemnego położenia (na płaszczyźnie w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych) badanych genotypów, scharakteryzowanych wszystkimi cechami traktowanymi łącznie (Caliński, Kaczmarek, 1973).

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 przedstawiono średnie wartości obserwowanych cech linii DH pszenżyta. Analiza wariancji wykazała istotne zróżnicowanie (na poziomie $\alpha = 0,01$) badanych genotypów pod względem wszystkich analizowanych cech (tab. 2). Porównując linie DH z formami wyjściowymi i z odmianami standardowymi nie stwierdzono żadnej, która plonowałaby istotnie lepiej od form rodzicielskich i odmian wzorcowych. W badanym zestawie znalazło się jednak 13 linii, które plonem nie odbiegały istotnie od najlepiej plonującego w doświadczeniu rodu SZD 1834/91 (tab. 3). Na uwagę zasługują linie 10861 i 10886 odznaczające się krótszym o około 10 cm źdźbłem w porównaniu z rodem SZD 1834/91 (pod względem wysokości roślin zbliżone były do odmiany wyjściowej Chrono). Trzy z linii wyszczególnionych w tabeli 3 okazały się bardziej podatne na wyleganie (10845, 10861, 10886), wszystkie natomiast, z wyjątkiem 10845, były mniej porażone rdzą brunatną.

Tabela 1

Średnie wartości badanych cech linii DH pszenżyta
Mean values of studied traits of triticale DH lines

Genotyp Genotype Linie DH, DH lines	Plon ziarna z poletka Grain yield per plot (kg)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Liczba dni do kłoszenia ¹ Days to heading ¹	Wyleganie Lodging (1–9)	Rdza brunatna Brown rust (1–9)
10837	8,58	111,5	13,0	8,50	8,50
10838	7,36	109,7	12,2	8,50	2,50
10839	7,80	112,5	13,2	8,75	8,50
10840	7,62	117,0	10,5	7,75	2,50
10842	7,26	116,0	9,7	6,75	3,00
10843	7,36	115,0	10,2	6,50	2,00
10844	7,08	108,7	13,0	6,25	6,50
10845	7,77	117,7	11,0	7,00	2,00
10846	6,94	107,7	11,7	7,75	1,50
10848	7,30	109,2	13,0	8,75	8,00
10849	7,39	112,7	10,7	8,50	2,50
10850	7,16	111,5	12,2	8,50	2,50
10851	7,11	112,7	12,7	8,25	4,00
10852	7,73	112,0	13,7	8,75	8,50
10854	7,19	108,7	12,5	9,00	1,00
10855	7,08	110,7	13,2	8,25	7,00
10856	7,26	107,7	14,0	8,75	7,50
10857	6,10	110,2	13,5	9,00	7,00
10858	7,07	117,2	11,5	6,25	5,00
10860	7,63	112,7	13,0	8,75	8,00
10861	7,75	109,7	11,2	7,75	8,00
10862	7,66	112,2	13,0	8,50	3,50
10863	7,40	114,5	13,0	8,75	7,00
10864	6,15	112,7	11,5	7,50	5,50
10866	7,41	112,2	11,2	7,25	6,00
10867	8,02	111,5	13,0	8,50	8,50
10868	8,43	111,5	13,0	8,50	7,50
10869	8,13	113,7	13,0	8,75	8,00

c.d. Tabela 1

Genotyp Genotype Linie DH DH lines	Plon ziarna z poletka Grain yield per plot (kg)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Liczba dni do kłoszenia ¹ Days to heading ¹	Wyleganie Lodging (1–9)	Rdza brunatna Brown rust (1–9)
10870	8,61	115,0	12,7	8,75	8,00
10872	6,29	116,7	10,5	4,00	8,00
10873	7,75	113,5	11,5	7,75	4,50
10874	7,61	111,2	13,0	7,50	7,00
10875	8,68	113,0	12,7	8,00	9,00
10876	7,20	114,7	11,5	8,00	3,50
10878	7,84	112,7	13,0	8,75	8,50
10879	6,72	112,5	11,7	7,25	5,50
10880	7,28	116,7	10,0	8,00	3,50
10881	7,32	114,5	11,7	8,25	5,50
10882	7,59	116,0	12,7	8,75	9,00
10885	7,17	116,2	10,2	8,00	2,50
10886	7,89	109,0	13,0	6,75	7,00
10887	7,40	116,0	12,5	8,25	5,00
10888	7,92	115,2	13,0	8,25	8,50
10889	6,99	113,0	12,7	8,50	5,50
10891	7,97	114,5	13,0	9,00	8,50
10892	7,20	115,0	12,2	7,75	7,50
10893	8,48	114,5	13,0	8,75	8,00
10894	6,44	115,0	11,7	5,75	3,50
Chrono	7,02	110,2	12,0	6,00	8,50
SZD 1834/91	8,69	118,2	11,0	8,25	1,50
Bogo	8,27	101,7	13,0	9,00	9,00
Lamberto	8,18	111,2	11,7	9,00	9,00
Tornado	7,92	105,0	11,8	8,75	7,00
NIR_{0,05}	1,06	5,13	0,63	1,05	2,24

¹ Liczba dni od 1 maja do kłoszenia¹ No. of days from May 1st

Tabela 2

Analiza wariancji dla wybranych cech linii DH pszenżyta
Analysis of variance for selected traits of triticale DH lines

Źródło zmienności Source of variation	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square				
		Plon ziarna z poletka Grain yield per plot	Wysokość roślin Plant height	Liczba dni do kłoszenia Days to heading	Wyleganie Lodging	Rdza brunatna Brown rust
Genotypy Genotypes	52	1,48**	42,26**	4,28**	4,12**	12,64**
Błąd Error	159 (53) ¹	0,58	13,51	0,20	0,56	1,24

** — P < 0,01

¹ — Liczba stopni swobody dla porażenia rdzą brunatną (2 powtórzenia)¹ — Degrees of freedom for brown rust infection

Na rysunku 1 przedstawiono wzajemne położenie badanych genotypów scharakteryzowanych wszystkimi analizowanymi cechami łącznie (z wyjątkiem prażenia rdzą

brunatną) w układzie dwóch zmiennych kanonicznych. Formy rodzicielskie były znacznie zróżnicowane (na rys. 1 jest widoczne, że są one odległe zarówno od siebie, jak i od odmian wzorcowych). Uzyskane z mieszańców F_1 linie DH wykazały znaczną zmienność, jednak większość z nich pod względem badanego kompleksu cech zajmowała pośrednie miejsce między odmianą Chrono a rodem SZD 1834/91. Uwagę zwraca również fakt, iż niektóre z linii DH były zbliżone do odmian wzorcowych Tornado, Lamberto i Bogo. Spośród badanych linii wyraźnie wyodrębniły się linie 10872 (30), 10842 (5) i 10843 (6), jednakże żadna z nich nie odznaczała się korzystnymi z gospodarczego punktu widzenia cechami: linia 10872 charakteryzowała się wyjątkowo niskim plonem, natomiast linie 10842 i 10843 — średnim poziomem plonowania, długim źdźbłem (zbliżonym do rodu SZD 1834/91) oraz podatnością na wyleganie.

Tabela 3

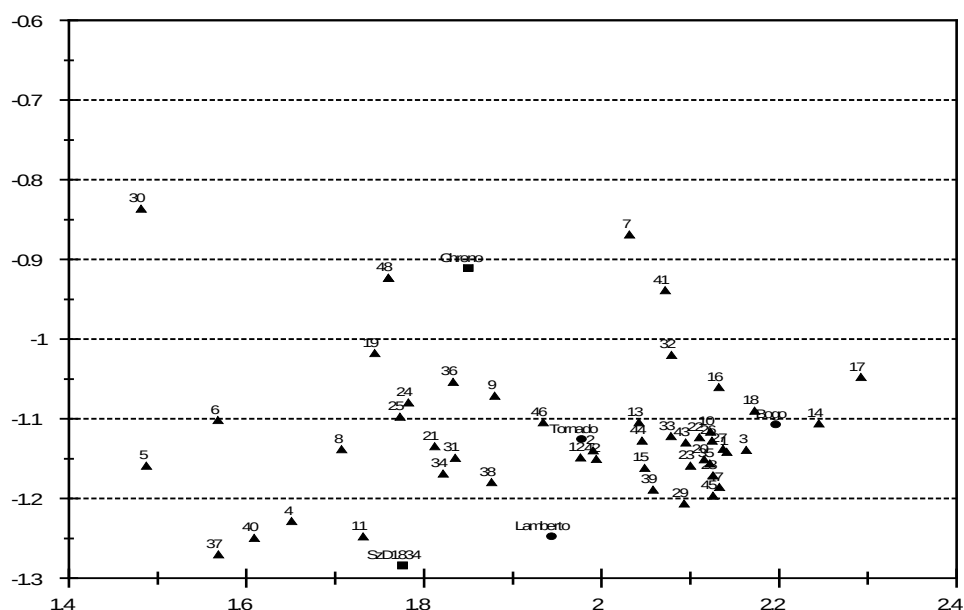
Charakterystyka linii DH pszenżyta nie różniących się istotnie pod względem plonu od rodu SZD1834/91
Characterization of triticales DH lines with yields non-significantly different from the strain SZD1834/91

Linia DH DH line	Plon ziarna Grain yield per plot (kg)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Liczba dni do kłoszenia Days to heading	Wyleganie Lodging (1–9)	Rdza brunatna Brown rust (1–9)
10839	7,80	112,5*	13,2*	8,75	8,50*
10845	7,77	117,7	11,0	7,00*	2,00
10861	7,75	109,7*	11,2	7,75*	8,00*
10867	8,02	111,5*	13,0*	8,50	8,50*
10868	8,43	111,5*	13,0*	8,50	7,50*
10869	8,13	113,7	13,0*	8,75	8,00*
10870	8,61	115,0	12,7*	8,75	8,00*
10875	8,68	113,0*	12,7*	8,00	9,00*
10878	7,84	112,7*	13,0*	8,75	8,50*
10886	7,89	109,0*	13,0*	6,75*	7,00*
10888	7,92	115,2	13,0*	8,25	8,50*
10891	7,97	114,5	13,0*	9,00	8,50*
10893	8,48	114,5	13,0*	8,75	8,00*
SZD 1834/91	8,69	118,2	11,0	8,25	1,50

* $P < 0,05$

Analizując badaną populację linii DH można zauważyć znaczną przewagę liczby linii plonujących na poziomie gorszej z form wyjściowych (odmiana Chrono); linie takie stanowiły prawie $\frac{3}{4}$ całej populacji. Na uwagę zasługuje również fakt, iż mimo znacznego zróżnicowania linii DH pod względem wszystkich badanych cech, nie zaobserwowano istotnych efektów transgresji, zarówno plusowych, jak i minusowych. Z badań przeprowadzonych przez innych autorów wynika, że efekty transgresji w populacjach linii podwojonych haploidów zbóż w odniesieniu do plonu ziarna są zjawiskiem bardzo rzadkim. Na przykład u jęczmienia Choo i wsp. (1986) znaleźli tylko siedem linii transgresyjnych na 398 (1,7%), a Surma (1996) dwie na 145 (1,4%) linie istotnie lepiej plonujące od lepszej z odmian wyjściowych. Przyczyną tego zjawiska może być występowanie sprzężeń genów kontrolujących plonowanie lub/i komplementarne

współdziałanie genów z różnych loci. Ponadto w przypadku pszenżyta należy brać dodatkowo pod uwagę możliwość braku stabilności cytologicznej. Hu (1996) wykazał, że około 10% otrzymanych przez niego androgenicznych roślin pszenżyta heksaploidalnego było aneuploidami, 1,7% heteroploidami a 3,2% miksploidami. U 3,8% otrzymanych linii DH stwierdził występowanie aberracji chromosomowych, co znalazło swoje odbicie w stosunkowo niskiej stabilności tych linii. Aczkolwiek w badanej populacji linii DH nie stwierdzono efektów transgresji w stosunku do plonu ziarna, obiecujące wydają się te linie, które plonowały na poziomie najlepszego pod tym względem wśród badanych genotypów rodu SZ 1834/91, w szczególności zaś linia 10875, która była niższa od SZ 1834/91, odporna na wyleganie i nie wykazała porażenia rdzą brunatną.



Rys. 1. Rozkład linii podwojonych haploidów pszenżyta, scharakteryzowanych wszystkimi analizowanymi cechami łącznie, w układzie dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych.

Fig. 1. Distribution of triticale doubled haploids characterised by all the studied traits simultaneously in the space of two canonical variables

PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonych badań wynika, że otrzymanie z mieszańców F_1 pszenżyta linii podwojonych haploidów o zwiększonym w stosunku do form rodzicielskich plonie ziarna jest trudne, gdyż większość linii — podobnie jak u innych zbóż — plonuje na poziomie

zbliżonym do słabiej plonującej formy wyjściowej. Tym niemniej wśród linii DH można znaleźć genotypy o nowym, zrekombinowanym układzie cech gospodarczo ważnych, co czyni je przydatnymi do celów hodowlanych.

LITERATURA

- Caliński T., Kaczmarek Z. 1973. Metody kompleksowej analizy doświadczenia wielocechowego. Trzecie Colloquium Metodologiczne z Agro-Biometrii. PAN, Warszawa-Wrocław: 258 — 320.
- Choo T.M., Kotecha A., Reinbergs E., Song L.S.P., Fejer S.O. 1986. Diallel analysis of grain yield in barley using doubled-haploid lines. *Plant Breeding* 97: 129 — 137.
- Hu H. 1996. Chromosome engineering in the triticales using pollen-derived plants (CETPP). In: *In vitro haploid production in higher plants, Vol. 2: Applications*. S. Mohan Jain, S. K. Sopory, R. E. Veilleux (eds.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht: 203 — 223.
- Pickering R.A., Devaux P. 1992. Haploid production: Approaches and use in plant breeding. In: *Barley genetics, biochemistry, molecular biology and biotechnology*. P.R. Shewry (ed.). CAB. Int., Wallingford: 519 — 547.
- Surma M. 1996. Biometryczno-genetyczna analiza cech ilościowych mieszańców i linii podwojonych haploidów jęczmienia jarego. Rozprawy i Monografie nr 3, IGR PAN, Poznań.
- Ślusarkiewicz-Jarzina A., Ponitka A. 1997. Effect of genotype and media composition on embryo induction and plant regeneration from anther culture in triticales. *J. Appl. Genet.* 38: 253 — 258.

ALICJA CEGLIŃSKA**TADEUSZ HABER**

Zakład Technologii Zbóż

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Wartość technologiczna wybranych odmian pszenżyta ozimego

The technological value of selected varieties of winter tritcale

Oceniano ziarno pięciu odmian pszenżyta ozimego: Pronto, Moreno, Presto, Tewo, Vero z Hodowli Roślin „Danko”, Oddział Laski ze zbiorów w latach 1998–1999. Ziarno przemiałano w laboratoryjnym młynie MLU-202 firmy Bühler. Dla mąk ogółem określono: granulację, zawartość popiołu, białka, wskaźnik sedymentacji SDS, liczbę opadania. Właściwości reologiczne ciast zbadano przy użyciu farinografu, a do wypieku pieczywa zastosowano metodę jednofazową. Wyrabiano również wyroby cukiernicze: pączki i ranty biszkoptowe. Wszystkie odmiany charakteryzowały się dobrą wartością przemiałową, wyrażoną współczynnikiem przemiału K powyżej 90, z wyjątkiem Moreno. Mąki miały duży stopień jasności oraz drobną granulację. Odmiany Vero i Presto wyróżniały się lepszą jakością mąki i ciasta, ale tylko z mąki Presto uzyskano wyższą objętość pieczywa. Badane właściwości ciast: pączków i rantów biszkoptowych były mało zróżnicowane. Można przyjąć, że mąki badanych odmian mogą być w jednakowym stopniu stosowane w produkcji wyrobów cukierniczych.

Słowa kluczowe: odmiany, produkcja ciast, pszenżyto ozime, wartość przemiałowa, wartość wypiekowa

Grain of the varieties: Pronto, Moreno, Presto, Tewo, Vero of winter tritcale grown in Laski (Plant Breeding „Danko”) were milled in the experimental Bühler mill. The obtained flours were analyzed for granulation, ash, protein, sedimentation test SDS and amylase activity (falling number) and brightness. The rheological properties of dough were evaluated using the farinograph. The direct method was applied in the baking process. Other bakery products such as doughnuts and sponge cakes have been investigated. The obtained results were subjected to the analysis of variance. All varieties were characterized by high milling properties. Their milling efficiency factors K were over 90 with exception Moreno. The flours had high brightness and short granulation. Vero and Presto showed the best quality of dough, but only Presto was characterized by high volume of bread. The traits: doughnuts and sponge cakes showed little differences. All varieties of tritcale can be used successfully for the production of cake, particularly to sponge cakes.

Key words: baking properties, milling properties, production of cakes, varieties, winter tritcale

WSTĘP

Wykorzystanie pszenżyta przez przemysł spożywczy, zwłaszcza piekarski wywołuje żywe dyskusje głównie między specjalistami od żywienia a piekarzami. Jedni podkreślają jego walory żywieniowe drudzy wskazują na trudność uzyskania z niego, w tradycyjnym procesie technologicznym, pieczywa o dobrej jakości. Trudności spowodowane są tym, że jest ono krzyżówką dwóch różniących się pod względem technologii przetwórstwa gatunków zbóż. Wystarczy tylko odpowiednio zmodyfikować proces fermentacji ciasta, aby uzyskać dobre jakościowo pieczywo pszenżytnie, które może być poszukiwane przez konsumenta ze względu na jego walory smakowe (Ceglińska i in., 1998a; Haber i in., 1990).

Innym zastosowaniem mąki pszenżytniej jest produkcja wyrobów cukierniczych. Czyniono wiele prób zastępowania mąki pszennej przez mąkę pszenżytnią w produkcji pieczywa cukierniczego. W większości przypadków zamiana ta powodowała korzystne zmiany wyrobu, jak większa objętość, stopień wyrośnięcia i spulchnienia miękiszu oraz dłuższy okres przydatności konsumpcyjnej (Haber, Lewczuk, 1988).

Stosowanie mąki pszenżytniej w piekarstwie czy cukiernictwie nie ma na celu zastąpienia tradycyjnych wyrobów z mąki pszennej lub żytniej w naszej diecie, a jedynie jej wzbogacenie. Rozszerzanie asortymentu produktów pochodzenia zbożowego w codziennym pożywieniu jest bardzo ważne, zwłaszcza w dobie gwałtownego rozwoju chorób cywilizacyjnych.

Celem badań była ocena wartości technologicznej wybranych odmian pszenżyta ozimego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał doświadczalny stanowiło ziarno pięciu odmian pszenżyta ozimego: Pronto, Moreno, Presto, Tewo i Vero pochodzących z Hodowli Roślin „Danko”, Oddział Laski ze zbiorów w latach 1998–1999. Oznaczono podstawowe wyróżniki jakości ziarna: masę 1000 ziaren, gęstość w stanie usypowym oraz twardość. Ziarno przemielono w laboratoryjnym młynie MLU-202 firmy Bühler. Uzyskane mąki z pasaży śrutowych i wymiałowych połączono w mąki ogółem, które posłużyły do badania ich właściwości fizykochemicznych: zawartości popiołu i białka ogółem oraz właściwości sedymentacyjnych (test SDS) i amylolicznych (liczba opadania). Stopień jasności mąki oznaczono spektrofotometrem firmy Minolta CR-200 (Piesiewicz, 1997). Do badania właściwości reologicznych ciasta użyto aparatu farinograf (interpretacja wykresów wg AACC). Pieczywo wypiekano metodą pszenną jednofazową, a następnie oceniano jego jakość (Jakubczyk, Haber, 1983). Wyroby cukiernicze (pączki i ranty biszkoptowe do tortów) wykonano wg receptur opracowanych dla zakładów ciastkarskich (Ambroziak, 1997). Stosowana w nich mąka pszenna została zastąpiona mąką pszenżytnią. W wyrobach oznaczono m.in. objętość pączków, wysokość rantów biszkoptowych oraz ich twardość przy użyciu maszyny wytrzymałościowej Zwicki typ 1120. Biorąc pod uwagę następujące wyróżniki jakości: wygląd zewnętrzny, struktura miękiszu, smak i zapach podano również

ocenę wyrobów w skali punktowej, przyjmując wartość maksymalną 5 punktów za każdy ww. wyróżnik. W obliczeniach i interpretacji wyników korzystano z analizy wariancji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane odmiany pszenżyta nie różniły się istotnie masą 1000 ziaren (tab. 1). Spośród nich najwyższą wartość tej cechy uzyskała odmiana Vero. Na niską masę 1000 ziaren odmiany Moreno wskazują również wcześniejsze badania (Ceglińska, Cacak-Pietrzak, 1996). Niewielkie zróżnicowanie odmian wystąpiło w pozostałych badanych cechach ziarna, jego gęstości usypowej i twardości.

Tabela 1

Charakterystyka cech jakości ziarna pszenżyta Quality characteristics of triticale grain

Odmiana Variety	Masa 1000 ziaren Weight of 1000 grains g	Gęstość usypowa Test weight kg/hl	Twardość Hardness jB
Pronto	33,9	72,5	245
Moreno	30,7	68,8	210
Presto	36,2	70,9	230
Tewo	33,5	64,7	200
Vero	39,0	69,4	200

Różnice nieistotne przy $\alpha = 0,05$

Differences not significant at $\alpha = 0,05$

Z przemiału ziarna uzyskano więcej mąki z pasazy wymiałowych niż ze śrutowych (tab. 2). Dla odmian Vero i Moreno oraz Presto były to wartości dwukrotnie większe. Jednak wyższą wartość przemiałową, wyrażoną wskaźnikiem efektywności przemiału miała odmiana Vero i Presto. Na niższą wartość odmiany Moreno wpłynęła zbyt wysoka zawartość popiołu w mące. Wydajność mąk ogółem wynosiła powyżej 70%, z wyjątkiem odmiany Pronto. Na możliwość uzyskiwania takiej wydajności mąki z ziarna pszenżyta wskazują również inne badania (Ceglińska i in., 2000). Wysoka zawartość popiołu w mąkach wskazuje, że były one bogate w sole mineralne.

Tabela 2

Bilans przemiału ziarna pszenżyta Milling result of triticale grain

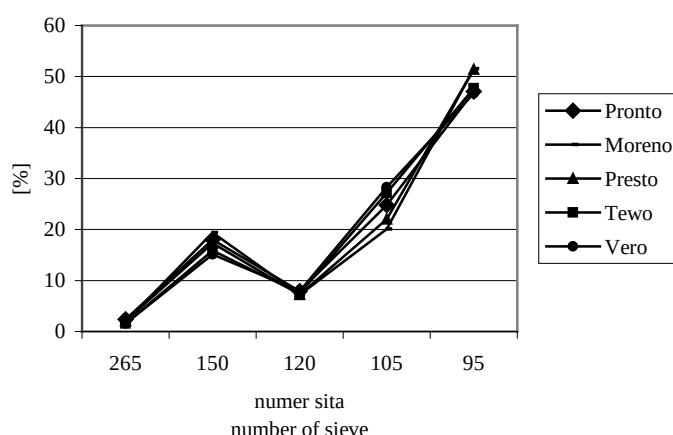
Odmiana Variety	Mąka śrutowa Break flour %	Mąka wymiałowa Reduction flour %	Wydajność mąki Yield of flour %	Otręby grube Bran %	Otręby drobne Shorts %	Popiół Ash %	Wskaźniki. efektywności. przemiału K Milling efficiency factor K
Pronto	23,7	43,3	66,9	18,8	14,3	0,73	92
Moreno	23,6	47,1	70,7	12,7	16,6	0,98	73
Presto	22,7	51,0	73,9	12,5	13,7	0,76	98
Tewo	25,2	45,9	71,1	14,4	14,6	0,76	94
Vero	24,3	49,7	74,1	13,6	12,3	0,77	98

Różnice nieistotne przy $\alpha = 0,05$

Differences not significant at $\alpha = 0,05$

Uwzględniając wydajność mąk ogółem oraz ich popiołowość obliczono wskaźniki efektywności przemiału K (Sitkowski, 1998). Wartość ich kształtowała się na podobnym poziomie, z wyjątkiem odmiany Moreno.

Na jakość mąki wpływa również jej granulacja, gdyż od niej zależy barwa, zdolność do chłonięcia wody oraz fizyczne właściwości uzyskanego z niej ciasta. Mąki piekarskie powinny charakteryzować się równomierną i raczej drobną granulacją, rzędu 120–250µm (Smarzyński i in., 1969). Badane mąki miały bardzo drobną granulację, na co wskazuje największy udział w nich frakcji cząstek o wielkości poniżej 95µm (rys. 1). Mąki pszenżytnie miały mało zróżnicowany, ale wysoki stopień jasności, co wiązało się z ich drobną granulacją (tab. 3).



Rys.1. Granulacja mąki pszenżytniej
Fig. 1. Granulation of triticale flour

Tabela 3

Charakterystyka cech jakości mąki pszenżytniej
Quality characteristics of triticale flour

Odmiana Variety	Białko ogółem Protein content %	*SDS SDS cm ³	Liczba opadania Falling number s	Stopień jasności Brightness
Pronto	9,9	32	166	91
Moreno	9,9	42	278	88
Presto	10,4	49	85	91
Tewo	9,3	37	177	89
Vero	10,6	48	144	94

* — Różnice istotne przy $\alpha = 0,05$

* — Differences significant at $\alpha = 0,05$

Poziom zawartości białka ogółem w badanych mąkach nie odbiegał od poziomu, jaki uzyskano we wcześniejszych badaniach przy takiej samej wydajności mąki (Ceglińska i in., 2000). Glutenu nie udało się wymyć z badanych mąk pszenżytnich. Jego ilość i jakość określono pośrednio testem sedymentacji SDS, którego wartości wykazywały istotne różnice między odmianami. Najwyższe wartości tego testu uzyskały odmiany Vero i Presto, co wskazuje na lepsze właściwości wypiekowe tych mąk. Dużą rolę odgrywa tu jednak aktywność enzymatyczna, zwłaszcza amylolityczna. Nadmierna aktywność powoduje nie tylko zmiany w skrobi, przejawiające się niską liczbą opadania, ale oddziałuje również na kompleks enzymatyczno-białkowy mąki. Aktywność amylolityczna badanych mąk była zróżnicowana od wysokiej (Presto) do niskiej (Moreno).

Dobre właściwości ciasta z odmian Presto i Vero wyrażone są dłuższym czasem stałości i znacznie mniejszym rozmiękczeniem ciasta (tab. 4). Uzyskane wyniki są potwierdzeniem wcześniejszych badań (Ceglińska i in., 1998). Wysoka około 60% wodochłonność mąk pszenżytnich mogła zależeć od ich granulacji. Te korzystne wyróżniki jakości mąki oraz ciasta wpłynęły na uzyskanie pieczywa o dużej objętości tylko z odmiany Presto (tab. 5). Natomiast struktura jego mięksamu została oceniona niżej. Największą wydajność pieczywa i o najlepszej strukturze mięksamu uzyskano z odmiany Moreno.

Tabela 4

Analiza farinograficzna mąki pszenżytniej
Farinograph analysis of triticale flour

Odmiana Variety	Wodochłonność Water absorption %	Rozwój Development time min	Stalność Stability min	Rozmiękczenie Degree of softening jB
Pronto	59,2	2,5	2,0	121
Moreno	63,1	2,0	2,0	105
Presto	58,4	2,3	3,9	69
Tewo	59,9	1,2	2,1	111
Vero	56,9	2,4	3,7	68

Różnice nieistotne przy $\alpha = 0,05$

Differences not significant at $\alpha = 0,05$

Tabela 5

Charakterystyka cech jakości pieczywa pszenżytniego
Quality characteristics of triticale bread

Odmiana Variety	*Wydajność pieczywa Yield of bread %	*Objętość 100 g Volume of bread cm ³	*Porowatość Structure of crumb (skala 8 pkt)
Pronto	134	264	4,5
Moreno	138	235	7,5
Presto	135	309	5,5
Tewo	134	286	5,0
Vero	137	277	7,0

* — Różnice istotne przy $\alpha = 0,05$

* — Differences significant at $\alpha = 0,05$

Jednym z warunków, stawianych mące wykorzystywanej w cukiernictwie jest jak najjaśniejsza barwa. Ten warunek spełnia większość mąk pszenżytnich o wyciągu ok. 70%.

Wyroby ciastkarskie uzyskane z mąk badanych odmian nie różniły się istotnie objętością pączków, wysokością rantów jak również ich twardością (tab. 6). Dało się jednak zauważyć, że pączki o mniejszej objętości były twardsze (Moreno, Vero). Otrzymane wyroby cukiernicze: pączki i ranty biszkoptowe do tortów oceniono również organoleptycznie biorąc pod uwagę ich wygląd zewnętrzny, zapach, smak oraz strukturę miękiszu. Wyższa ilość punktów została przyznana za ranty biszkoptowe, co wskazuje na lepsze wykorzystanie mąki pszenżytniej do tego rodzaju ciast (tab. 7). Na niższą punktację pączków wpłynęła struktura ich miękiszu lub wygląd zewnętrzny. Ze względu na małe różnice między odmianami w ocenie punktowej tak pączków, jak i rantów można przyjąć, że wszystkie one w jednakowym stopniu mogą być wykorzystywane w produkcji wyrobów cukierniczych. W naszej tradycji cukierniczej pozycja pączków jest szczególna. Konsumenci przyzwyczajeni do miękkiego i lekkiego z dużymi porami pączka z mąki pszennej, niżej oceniają smak pączka z mąki pszenżytniej, którego struktura miękiszu jest bardziej sucha, drobno porowata, przez co twardsza, ale szybciej rozpływająca się w ustach.

Tabela 6

Charakterystyka cech jakości wyrobów ciastkarskich
Quality characteristics of cake products

Odmiana Variety	Pączki Doughnuts		Ranty biszkoptowe Sponge cakes	
	Objętość Volume cm ³	Twardość Hardness N	Wysokość ciasta Height of cake mm	Twardość Hardness N
Pronto	93	7,3	55	8,9
Moreno	78	12,5	53	10,0
Presto	95	6,7	56	6,8
Tewo	98	9,3	56	9,4
Vero	83	11,1	49	8,1

Różnice nieistotne przy $\alpha = 0,05$

Differences not significant at $\alpha = 0,05$

Tabela 7

Ocena punktowa jakości wyrobów ciastkarskich
Score evaluation of cake products quality

Odmiana Variety	Pączki Doughnuts	Ranty biszkoptowe do tortów Sponge cakes
Pronto	14,5	14,9
Moreno	13,3	14,2
Presto	14,4	15,3
Tewo	13,7	14,7
Vero	11,8	16,2

Różnice nieistotne przy $\alpha = 0,05$

Differences not significant at $\alpha = 0,05$

WNIOSKI

1. Odmiany pszenżyta miały mało zróżnicowane cechy ziarna, takie jak: masa 1000 ziaren, gęstość usypowa i twardość.
2. Wartość przemiałowa odmian pszenżyta kształtowała się na podobnym poziomie, o czym świadczą wskaźniki efektywności przemiału K o wartościach powyżej 90. Wyjątek stanowiła odmiana Moreno ze wskaźnikiem efektywności przemiału K wynoszącym 73. Wszystkie mąki charakteryzowały się dużym stopniem jasności o granulacji z największym udziałem frakcji o drobnych cząsteczkach.
3. Odmiany wykazywały zróżnicowanie jakości i ilości białek zwłaszcza glutenowych określonych pośrednio testem sedymentacji SDS. Wyniki tego testu dla odmian Vero i Presto wskazywały na wyższą wartość wypiekową otrzymanej z nich mąki. Ciasto z tych mąk charakteryzowało się dłuższym czasem stałości i mniejszym rozmiękczeniem.
4. Wśród badanych odmian, Presto wyróżniało się pod względem objętości pieczywa, chociaż struktura jego miękiszu została oceniona niżej.
5. Ze względu na małe różnice między odmianami w ocenie punktowej tak pączków, jak i rantów, można przyjąć, że mąki z nich w jednakowym stopniu mogą być stosowane w produkcji wyrobów cukierniczych. Wyższa ilość punktów przyznana przez oceniających za ranty biszkoptowe wskazuje również na większą akceptację wykorzystania mąki pszenżytniej, zamiast pszennej, w tego rodzaju ciastach.

LITERATURA

- Ambroziak Z. (red.) 1997. Ciastkarstwo także dla piekarzy. Wydawn. Spółdzielcze, Warszawa: 38 — 44.
- Ceglińska A., Cacak-Pietrzak G. 1996. Charakterystyka technologiczna wybranych krajowych odmian pszenżyta w zależności od miejsca uprawy. Biul. Kat. Techn. Zbóż, Nas. Oleist. i Konc. Spoż. 5 (5). Dodatek do Przegl. Zboż.-Młyn. 40. 8: 26 — 28.
- Ceglińska A., Cacak-Pietrzak, Haber T. 1998. Charakterystyka glutenu pszenżytniego. Biul. IHAR. 205/206: 239 — 243.
- Ceglińska A., Haber T., Stępiak I. 1998a. Wartość technologiczna wybranych odmian i rodów pszenżyta ozimego. Biul. Kat. Techn. Zbóż, Nas. Oleist. i Konc. Spoż. 7 (6). Dodatek do Przegl. Piek. i Cuk. 46. 7: 15 — 17.
- Ceglińska A., Haber T., Tarapata E. 2000. Próba wykorzystania mąki pszenżytniej w produkcji pączków. Biul. Zak. Techn. Zbóż, Kat. Technol. i Oceny Żywn. 8 (8). Dodatek do Przegl. Piek. i Cuk. 48. 11: 7 — 10.
- Haber T., Lewczuk J.: 1988. Use of triticale in the baking industry. Acta Alimentaria Polonica. 14. 3/4: 123 — 129.
- Haber T., Lewczuk J., Węgiełek K. 1990. Praktyczne możliwości wykorzystania mąki pszenżytniej w piekarstwie. Przegl. Piek. i Cuk. 38. 1: 8 — 9.
- Jakubczyk T., Haber T. 1983. Analiza zbóż i przetworów zbożowych. Wydawn. SGGW-AR Warszawa: 229 — 237.
- Piesiewicz H. 1997. Biel mąki. Przegl. Zboż.-Młyn. 41. 11: 19 — 20.
- Sitkowski T. 1998. Jakie ziarno do przemiału? Przegl. Zboż.-Młyn. 42. 5: 8 — 11.
- Smarzyński E., Woroch S., Zwoliński M. 1969. Technologia przetwórstwa zbożowego. Wydawn. PWSZ, Warszawa

BOGDAN NOWICKI
CZESŁAW ZAMORSKI
MAŁGORZATA SCHOLLENBERGER
WOJCIECH WAKULIŃSKI

Katedra Fitopatologii
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Warszawa

Podatność na porażenie pszenżyta rdzą żółtą (*Puccinia striiformis*), rdzą brunatną (*Puccinia recondita*) i rdzą żdźbłową (*Puccinia graminis*)

Komunikat

Susceptibility of triticale to the infections of yellow rust (*Puccinia striiformis*), leaf rust (*Puccinia recondita*) and stem rust (*Puccinia graminis*)

Short communication

Podatność pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis*, *Puccinia graminis* i *Puccinia recondita* badano w doświadczeniach polowych. Oceniano materiał hodowlany pszenżyta ozimego i jarego z 5 krajowych ośrodków hodowli z różnych rejonów Polski. Materiały hodowlane pszenżyta okazały się stosunkowo wrażliwe na porażenie przez *Puccinia striiformis*. Na 250 testowanych genotypów pszenżyta tylko 51 okazało się odpornych na rdzę żółtą. Wśród przebadanych 250 odmian i rodów 181 genotypów okazało się odpornych na porażenie przez *Puccinia graminis*. W równoległych doświadczeniach z *Puccinia recondita* aż 136 genotypów (na 250) było odpornych na rdzę brunatną. Procentowy udział form odpornych wśród rodów pszenżyta ozimego był wyższy niż w przypadku pszenżyta jarego.

Słowa kluczowe: odporność, pszenżyto, rdza brunatna, rdza żdźbłowa, rdza żółta

The studies were conducted to identify response of triticale plants to infection by *Puccinia striiformis*, *Puccinia graminis* and *Puccinia recondita*. Totally of 250 spring and winter triticale genotypes originated from five Polish breeding stations have been tested in field trials. The resistances to yellow, stem and leaf rust exhibited respectively: 51, 181 and 136 cultivars and breeding lines. The resistant genotypes were recognized significantly more often among the winter forms. Thirty of winter and three of spring breeding lines were free of all the three rusts symptoms.

Key words: resistance, leaf rust, stem rust, triticale, yellow rust

WSTĘP

Pszenżyto jest zaliczane do zbóż najodporniejszych na choroby (Wolski, 1988; Kociuba, 1990). Szczególnie wyraźnie widać tę cechę, porównując porażenie pszenżyta i pszenicy mączniakiem prawdziwym czy rdzami (Pokacka, Korbas, 1987; Zamorski, Schollenberger, 1995). Formy pszeniczne grzybów rdzawnikowych stanowią zagrożenie dla pszenżyta (Arseniuk, 1996). W literaturze przedmiotu można znaleźć informacje o epidemicznym występowaniu na pszenżycierdzy żdźbłowej, powszechnym występowaniu rdzy brunatnej i rdzy żółtej (Arseniuk, 1996). Z polskich doniesień wynika, że najpowszechniejszą jest rdza brunatna powodowana przez *Puccinia recondita* f. sp. *tritici* (Łacicowa, 1989; Woś i in., 1994; Zamorski i in., 1997). W krajowych uprawach porażenie pszenżyta określane było jako słabe, umiarkowane, a w niektórych latach nawet jako silne (Łacicowa, 1989; Woś i in., 1994; Woś, 1995; Zamorski i in., 1997). Zgodne są opinie o sporadycznym występowaniu rdzy żółtej (Łacicowa, 1989; Pokacka, 1989; Arseniuk, 1996). Tylko wyjątkowo w niektórych latach jej nasilenie określano jako wysokie (Cichy, Cicha, 1999). Z badań prowadzonych w warunkach polowych, optymalnych dla rozwoju rdzy żółtej wynika, że wśród materiałów hodowlanych pszenżyta genotypy podatne na porażenie przez *Puccinia striiformis* stanowiły znaczącą grupę (Zamorski, Nowicki, 2000). Rdza żdźbłowa była notowana rzadko na pszenżycie (Zamorski, Schollenberger, 1995; Arseniuk, 1996). Brak objawów rdzy żdźbłowej w zachodnim rejonie Polski stał się podstawą do wyciągnięcia wniosku o przypuszczalnej odporności materiałów hodowlanych pszenżyta na porażenie przez *Puccinia graminis* (Woś i in., 1994).

Celem podjętych badań była ocena podatności, w warunkach polowych nowych rodów pszenżyta ozimego i jarego na porażenie przez *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* i *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, sprawców rdzy żółtej, rdzy żdźbłowej i rdzy brunatnej. Pośrednio próbowano poznać ewentualne źródła odporności na testowane patogeny wśród materiałów hodowlanych w zasobach poszczególnych ośrodków hodowli.

MATERIAŁ I METODY

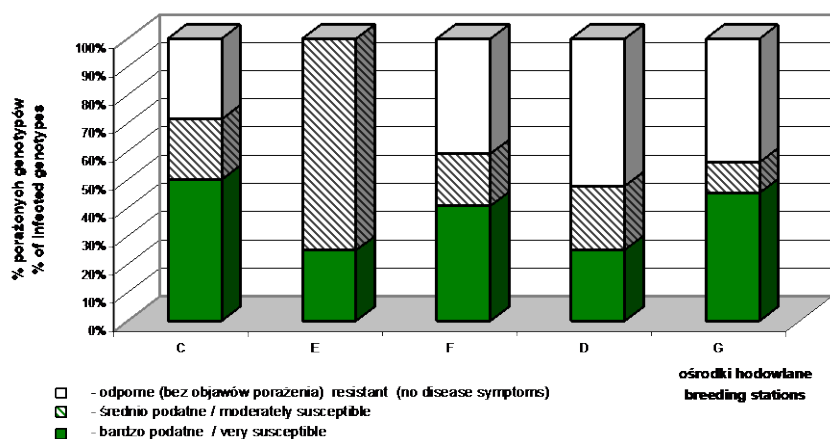
Badania nad podatnością genotypów na porażenie pszenżyta przez *Puccinia striiformis*, *Puccinia recondita* i *Puccinia graminis* prowadzono na poletkach doświadczalnych Katedry Fitopatologii SGGW w Warszawie w sezonie 1999–2000. Materiał roślinny stanowiły rody i odmiany pszenżyta ozimego i jarego otrzymane z pięciu polskich ośrodków hodowli pszenżyta z różnych rejonów kraju. Pierwotnymi źródłami *Puccinia striiformis* i *Puccinia graminis* były porażone rośliny pszenicy (dla *Puccinia striiformis* odmiana Michigan Amber, a dla *Puccinia graminis* odmiana Gama). Wiosną doniczki z silnie porażonymi roślinami pszenicy umieszczono na poletkach porównawczych, obsianych odpowiednio odmianą Michigan Amber i odmianą Gama. Inokulacja roślin kombinacji porównawczych i testowanych przebiegała samoistnie. Źródłem *Puccinia recondita* było środowisko. W trakcie trwania doświadczeń zapewniono optymalną wilgotność dla przebiegu infekcji roślin testowanych genotypów. W doświadczeniach z

rdzą brunatną i żółtą w stadium kłoszenia utajonego połowę roślin każdego poletka przycięto na wysokość 10–15 cm, by umożliwić rozwój wtórnych pędów. Ocenę porażenia przez *Puccinia striiformis* przeprowadzono w połowie czerwca, a przez *Puccinia recondita* i *Puccinia graminis* w drugiej połowie lipca i w końcu lipca (na pędach wtórnych). Przy ocenie posługiwano się 6 — stopniową skalą wyrażającą wzrastające porażenie (0 — rośliny zdrowe,...5 — rośliny z objawami maksymalnego porażenia).

WYNIKI I DYSKUSJA

Rdza żółta

Materiały hodowlane pszenżyta ozimego uzyskane z pięciu ośrodków hodowlanych (C, D, E, F i G) okazały się stosunkowo wrażliwe na porażenie przez *Puccinia striiformis* (rys. 1). Wśród 14 genotypów otrzymanych z hodowli C tylko 3 rody okazały się odporne. Podobnie materiały hodowli D, gdzie na 58 testowanych obiektów, 40 było porażonych rdzą żółtą, a na roślinach pozostałych 18 nie odnotowano objawów porażenia przez *Puccinia striiformis*. Znacznie korzystniejszą sytuację stwierdzono na rodach hodowli E, gdzie na 8 badanych rodów, aż 6 było wolnych od objawów rdzy żółtej. Spośród 27 genotypów hodowli F, 5 było odpornych na rdzę żółtą. Większość materiałów ze 128, pochodzących z ośrodka G było porażonych rdzą żółtą, a tylko 14 nie uległo porażeniu. Podsumowując, wśród 235 testowanych genotypów na roślinach 46 rodów nie stwierdzono objawów rdzy żółtej. Podobne proporcje wystąpiły wśród rodów pszenżyta jarego (rys. 1).

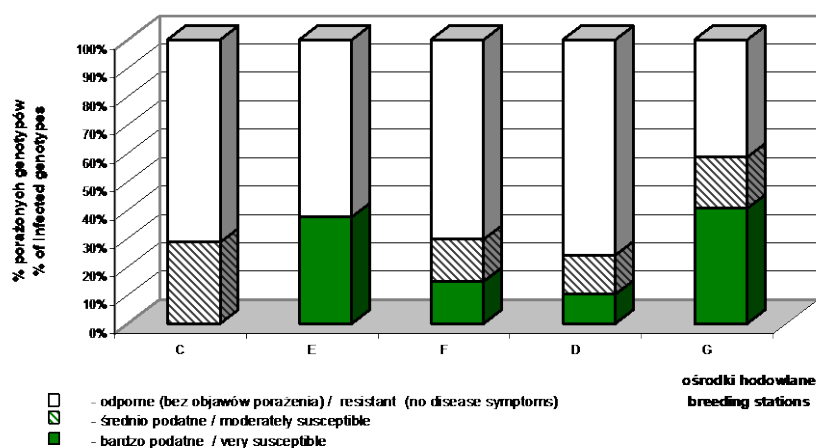


Rys. 1. Reakcje genotypów pszenżyta ozimego na porażenie rdzą żółtą
Fig. 1. Reaction of winter triticale genotypes infected by yellow rust

Na 15 przebadanych genotypów rośliny pięciu okazały się wolne od symptomów rdzy żółtej.

Rdza brunatna

Analiza materiałów pszenżyta ozimego z pięciu ośrodków hodowlanych w doświadczeniach z rdzą brunatną, wskazuje na przewagę form odpornych na porażenie przez *Puccinia recondita* (rys. 2). I tak na 10 spośród 14 testowanych rodów hodowli C, nie obserwowano objawów rdzy brunatnej. Również 44 genotypy na 58 przebadanych z hodowli D, nie uległo porażeniu przez *Puccinia recondita*. Wśród 8 rodów uzyskanych z hodowli E, 5 było odpornych, a 3 okazały się wrażliwe, podczas gdy na 27 przebadanych form hodowlanych z ośrodka F, tylko 8 uległo porażeniu, a 19 było odpornych na rdzę brunatną. Mniej korzystne proporcje stwierdzono wśród licznego, bo obejmującego aż 128 rodów materiału hodowlanego z ośrodka G, gdyż 75 genotypów było wrażliwych, a rośliny 53 pozostały nie porażone przez *Puccinia recondita*. Ogółem, objawów rdzy brunatnej, nie stwierdzono na roślinach 131 rodów, w warunkach, gdy obserwacje prowadzono na poletkach z roślinami 235 genotypów. Materiał hodowlany pszenżyta jarego okazał się podatny na porażenie przez *Puccinia recondita* (rys. 2), gdyż objawy rdzy brunatnej stwierdzono na 10 spośród 15 badanych rodów.

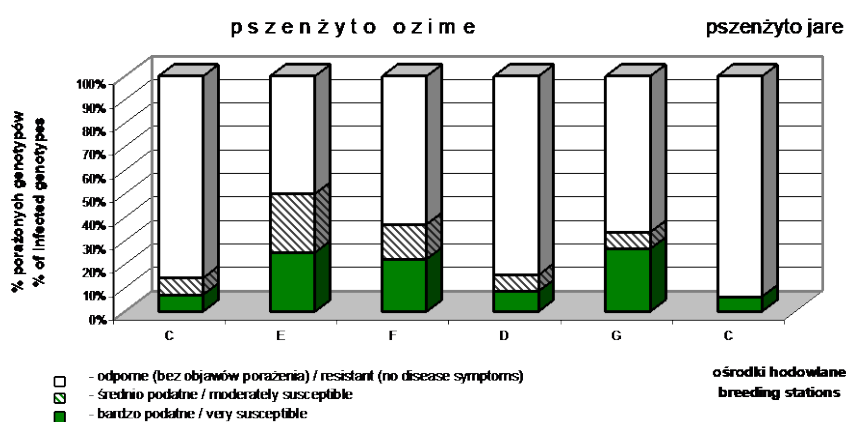


Rys. 2. Reakcje genotypów pszenżyta ozimego na porażenie rdzą brunatną
Fig. 2. Reaction of winter triticale genotypes infected by leaf rust

Rdza żółtobłowa

Analizowane genotypy pszenżyta ozimego z pięciu ośrodków hodowli twórczej charakteryzowały się wysoką odpornością na porażenie przez *Puccinia graminis* (rys. 3).

Dobrym przykładem tego mogą być materiały z ośrodka C, gdzie wśród testowanych 14 rodów, aż 12 okazało się odpornych na rdzę żdźbłową. W przypadku pozostałych ośrodków hodowlanych te proporcje były nieco gorsze, jak np. spośród 58 genotypów pochodzących z hodowli G, 49 nie zostało porażonych przez *Puccinia graminis*. Połowa, czyli 4 rody z hodowli E i 17 z hodowli F było odpornych na rdzę żdźbłową, przy czym wyróżniono je odpowiednio z 8 i 27 badanych genotypów. Najliczniejsza grupa, bo licząca 128 genotypów z ośrodka G, obejmowała też najwięcej, bo aż 85 rodów odpornych na rdzę żdźbłową. Na przebadanych 235 genotypów, rośliny aż 167 rodów były wolne od objawów rdzy żdźbłowej. Testowane rody pszenżyta jarego w większości nie uległy porażeniu przez *Puccinia graminis* poza jednym genotypem, na którym wystąpiła rdza żdźbłowa (rys. 3).



Rys. 3. Reakcje genotypów pszenżyta na porażenie rdzą żdźbłową
Fig. 3. Reaction of triticale genotypes infected by stem rust

Wśród 235 ocenianych genotypów pszenżyta ozimego, pochodzących z pięciu ośrodków hodowlanych, aż 30 okazało się odpornych na porażenie przez 3 testowane grzyby rdzawnikowe. Pomimo, że w doświadczeniach z pszenżytem jarym znalazło się tylko 15 genotypów, to i wśród tego materiału rośliny aż trzech rodów nie zostały porażone przez żaden z trzech grzybów.

Wyniki prezentowanych badań dokumentują wyrażaną często opinię o pszenżycie jako zbożu wyróżniającym się odpornością na choroby. Ten ogólny obraz uzupełniony wynikami doświadczeń pozwala na wskazanie genotypów wyróżniających się brakiem objawów porażenia przez poszczególne gatunki grzybów rdzawnikowych, jak również i takie, które ulegają nawet silnemu porażeniu. Wiele genotypów pszenżyta wyróżniało się

wrażliwością na rdzę żółtą. Jednak wśród badanych form były rody całkowicie odporne, słabo lub silnie porażane. Procentowy udział podatnych genotypów pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis* był znacznie wyższy niż wśród badanych genotypów pszenicy (Zamorski i in., 2001).

Niezwyczajnie cennymi właściwościami pszenżyta są: przewaga rodów odpornych na rdzę brunatną oraz dominacja genotypów nie porażanych przez *Puccinia graminis*.

Można sformułować opinię, że wśród nowych genotypów pszenżyta są obecne źródła odporności na rdzę żółtą, jest szereg rodów odpornych na rdzę brunatną, oraz widoczna jest przewaga form odpornych na rdzę żółtą.

Prowokacyjne warunki przebiegu doświadczeń umożliwiły epidemiczny rozwój trzech rdzy i pełną ekspresję cech podatności analizowanych genotypów. Maksymalne porażenie roślin kombinacji porównawczych przez rdzę żółtą, rdzę brunatną i rdzę żółtą pozwala na przyjęcie hipotezy, że różnice w stopniu porażenia testowanych genotypów wynikały z ich indywidualnych właściwości.

WNIOSKI

1. Materiały hodowlane pszenżyta okazały się stosunkowo wrażliwe na porażenie przez *Puccinia striiformis*.
2. Cechą wyróżniającą badane materiały pszenżyta była dominacja genotypów odpornych na porażenie przez *Puccinia graminis* (181 genotypów odpornych na 250 badanych).
3. Wśród genotypów pszenżyta znaczący udział miały linie odporne na porażenie przez *Puccinia recondita*.
4. W badanych materiałach pszenżyta rośliny 33 rodów okazały się odporne na trzy rdze.

LITERATURA

- Arseniuk E. 1996. Triticale diseases — a review. In: Triticale: Today and Tomorrow. Guendes Pinto H. et al. (eds). Kluwer Academic Publisher, Netherland: 499 — 525.
- Cichy H., Cicha A. 1999. Wystąpienie rdzy żółtej (*Puccinia striiformis*) na pszenżycie ozimym. Biul. IHAR 210: 183 — 186.
- Kociuba W. 1990. Polowa ocena odporności na choroby grzybowe w kolekcji pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittmack). Biul. IHAR 173/174: 83 — 86.
- Łacicowa B. 1989. Choroby infekcyjne pszenżyta i ich zwalczanie. W: Biologia pszenżyta. Tarkowski C. (red.) PWN, Warszawa: 249 — 285.
- Pokacka Z. 1988. Odporność pszenżyta na mączniaka prawdziwego i rdze w świetle literatury. Hod. Rośl. Nasien. 6: 13 — 15.
- Pokacka Z., Korbas M. 1987. Choroby występujące na pszenżycie w 1986 r. Materiały XXVII Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin. Cz. II: 13 — 18.
- Wolski T. 1988. Nowe tendencje w uprawie i hodowli zbóż. Nowe Rolnictwo 5: 22 — 23.
- Woś H. 1995. Określanie odporności pszenżyta ozimego na *Puccinia recondita* metodą wtórnych pędów. Materiały Sympozjum "Odporność Roślin na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska". IHAR, Radzików 12–14 września 1995r.: 193 — 197.
- Woś H., Maćkowiak W., Mazurkiewicz L., Milewski G., Budzianowski G. 1994. Podatność pszenżyta jarego na rdzę brunatną (*Puccinia recondita*). Zesz. Nauk. AR Szczecin 162, Rolnictwo 58: 277 — 280.
- Zamorski C., Nowicki B. 2000. Podatność genotypów pszenżyta na porażenie przez *Puccinia striiformis* Westend. Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura (82): 335 — 340.

- Zamorski C., Nowicki B., Wakuliński W., Schollenberger M. 2001. Źródła odporności na rdzę żółtą, rdzę brunatną i rdzę żdźbłową w polskich materiałach hodowlanych pszenicy. Biul. IHAR (w druku)
- Zamorski C., Schollenberger M. 1995. Występowanie chorób pszenżyta w Polsce. Biul. IHAR 195/196: 197 — 207.
- Zamorski C., Schollenberger M., Nowicki B. 1997. Nasilenie ważniejszych chorób pszenżyta i jego roślin rodzicielskich. Zesz. Nauk. AR Szczecin 175, Rolnictwo 65: 533 — 537.

IWONA WIŚNIEWSKA¹**ANDRZEJ RAFALSKI**¹**LUCJAN MADEJ**²¹Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin²Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Analiza zmienności genetycznej linii żyta i ich wyrównania

The analysis of genetic diversity of rye inbred lines and their uniformity

Sprawdzono przydatność metody PCR do oceny dystansu genetycznego linii żyta (*Secale cereale* L) oraz genetycznego wyrównania dwóch linii. W porównaniu ze starterami o sekwencji przypadkowej (RAPD) startery ukierunkowane na sekwencje styku intron-egzon generują bardziej złożone i polimorficzne obrazy powielonych fragmentów DNA. Obrazy powielenia przy użyciu niektórych starterów 18-nukleotydowych były zbyt złożone, co może utrudniać analizę komputerową obrazu i ocenę dystansu genetycznego linii. Wyraźne i polimorficzne obrazy powielonych fragmentów DNA badanych linii uzyskiwano przy użyciu starterów o długości 12–15 zasad. Stwierdzenie wyraźnych różnic w obrazach powielonych fragmentów DNA między pojedynczymi siewkami badanych linii wskazuje na to, że proponowana metoda może być stosowana do oceny wyrównania linii wsobnych i odmian żyta.

Słowa kluczowe: dystans genetyczny, linie wsobne, PCR, żyto

The usefulness of PCR systems for detection of genetic diversity among inbred lines of rye (*Secale cereale* L) and for evaluation of homogeneity of two inbreds was investigated. In comparison to RAPD primers, the primers targeting the sequences of intron-exon junction generated more complex and polymorphic patterns of amplified DNA fragments. Some primers 18 bases in length generated too complex patterns of DNA fragments, which may cause the difficulties in their computer analysis. Clear and polymorphic banding patterns were generated with the use of primers 12–15 bases in length. The evaluation of genetic differences between single plants of the lines indicated that this approach is useful for assessment of homogeneity level of varieties or inbred lines.

Key words: genetic distance, inbred lines, PCR, rye

WSTĘP

Rozwój biologii molekularnej stworzył podstawy do wspomagania hodowli w badaniach nad wykorzystaniem istniejącej zmienności genetycznej poprzez systemy markerów bezpośrednio związanych ze strukturą DNA.

Ze względu na mniejszą pracochłonność i koszty analizy, metody oparte na reakcji termostabilnej polimerazy (PCR) zastępują techniki hybrydizacyjne (RFLP). W technikach opartych na łańcuchowej reakcji polimerazy wykorzystuje się coraz częściej szybki wzrost informacji o sekwencjach genomu, które mogą być celem dla przyłączania starterów o sekwencjach komplementarnych. Weining i Langridge (1991) wprowadzili system określany jako półdowolny (semirandom), w którym startery o sekwencjach częściowo komplementarnych do sekwencji styku intron-egzon stosowano w kombinacjach ze starterami o sekwencji dowolnej. W badaniach genomu żyta dobre rezultaty uzyskano również stosując startery komplementarne do sekwencji repetytywnych rozproszonych charakterystycznych dla tego gatunku (Rogowsky i in., 1992). Możliwe jest łączenie starterów o sekwencji częściowo ustalonej ze starterami flankującymi sekwencje repetytywne rozproszone żyta (Rafalski i in., 1997).

Celem badań było sprawdzenie przydatności systemu PCR z zastosowaniem starterów ukierunkowanych na sekwencje styku intron-egzon do oceny genetycznego zróżnicowania linii żyta oraz ich wyrównania. Badania takie umożliwić powinny ocenę, czy stosowana metoda umożliwia podział materiałów hodowlanych żyta na odmienne pule genowe oraz czy ocena dystansu genetycznego linii pozwala przewidywać efekt heterozji na poszczególnych etapach tworzenia mieszańca.

MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiło 18 linii wywodzących się z jednej puli genowej linii matecznych. Większość linii wchodzi w skład mieszańców żyta w hodowli heterozyjnej prowadzonej w IHAR Radzików. Ocenę genetycznego wyrównania linii przeprowadzono na pojedynczych siewkach linii 4475 i 2130.

Preparatykę DNA przeprowadzano według metodyki opisanej przez Davisa i wsp. (1986). DNA otrzymywano z liści 20–25 siewek rosnących na pożywce płynnej przez 5–7 dni lub z pojedynczych siewek. Stężenie DNA oznaczano fluorymetrycznie zgodnie z instrukcją fluorymetru TKO 100 (Hoefer Scientific Instruments).

Amplifikację fragmentów DNA przeprowadzano w układzie zawierającym w objętości 20 µl: 10 ng DNA roślinnego, 1 x bufor (MBI Fermentas, Wilno), 2,5 mM MgCl₂, 200 µM dATP, dGTP, dCTP, dTTP, 1–1,2 µM startera i 1 jednostkę termostabilnej polimerazy (MBI Fermentas). Powielanie prowadzono w termocyklerze UNO II (Biometra, Getynga). Amplifikacja była prowadzona dwustopniowo, w pierwszych siedmiu cyklach temperatura przyłączania startera była o 2°C wyższa od wyliczonej na podstawie sekwencji i długości startera, a w następnych 33 cyklach temperaturę podwyższano o dalsze 4°C. We wszystkich cyklach powielania denaturację przeprowadzano przez 40 sek. w temperaturze 94°C, przyłączanie startera trwało 1 min., a wydłużanie łańcuchów DNA 2 min. w 72°C.

Produkty amplifikacji rozdzielano elektroforetycznie w 1,5% żelu agarozowym w buforze TBE i wizualizowano przy użyciu bromku etydy. Fotografie rozdziałów elektroforetycznych po zeskanowaniu analizowano przy użyciu programu "Fragment NT" (Molecular Dynamics, Sunnyvale, CA, USA). Przy użyciu tego programu tworzone macierz wyników przedstawioną w układzie binarnym, gdzie obecność fragmentu o

określonej wielkości oznaczano jako "1", a brak tego fragmentu jako "0". Wyniki te stanowiły podstawę do wyliczenia, przy użyciu programu "Excel", współczynników dystansu genetycznego według wzoru:

$$DG_{(a,b)} = 1 - (2N_{(a,b)} / (N_{(a)} + N_{(b)}))$$

gdzie $2N_{(a,b)}$ oznacza liczbę pasm wspólnych dla genotypów a i b, natomiast $(N_{(a)} + N_{(b)})$ liczbę wszystkich pasm występujących w obu genotypach (Nei i Li, 1979). Na podstawie tych wyników przeprowadzono również analizę skupień metodą średnich połączeń (UPGMA) przy użyciu programu "Statistica 5" (StatSoft, Kraków, Polska), w którym wykorzystano metodykę podaną przez Sneatha i Socala (1973).

WYNIKI

Sekwencje starterów reakcji PCR oparte były na występowaniu na styku intron-egzon genów roślinnych sekwencji semikonserwatywnych (Brown, 1986). Sekwencje o długości 9 zasad na końcu 5' i sekwencje o długości 7 zasad na końcu 3' styku intron-egzon oraz ich sekwencje komplementarne uzupełniono 3, 5, 6 i 9 oligonukleotydami o sekwencji przypadkowej tworząc serie starterów o długości od 10 do 18 zasad powielających w kierunku intronów (IT) lub w kierunku egzonów genów (ET).

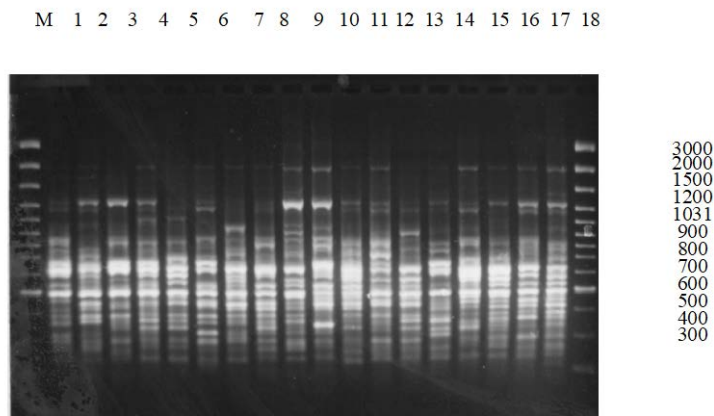
5' Startery IT		Startery ET 3'
CAGGTAAGT	Intron	TGCAGGT
GTCCATTCA		ACGTCCA
3' Startery ET		Startery IT 5'

Sekwencje semikonserwatywne starterów reakcji PCR.

Wstępną ocenę genetycznego zróżnicowania linii żyta przeprowadzono przy użyciu starterów 18 i 15 nukleotydowych z grupy ET. Doświadczenia wykazały, że stosowane startery reakcji PCR ujawniają wyraźne różnice między liniami wywodzącymi się z tej samej puli genowej. Niektóre startery z grupy ET18 generowały obrazy zbyt złożone, których analiza komputerowa może być trudna (rys. 1). Dość przejrzyste obrazy fragmentów DNA uzyskiwano przy użyciu innych starterów z tej grupy lub starterów typu ET15 (rys. 2).

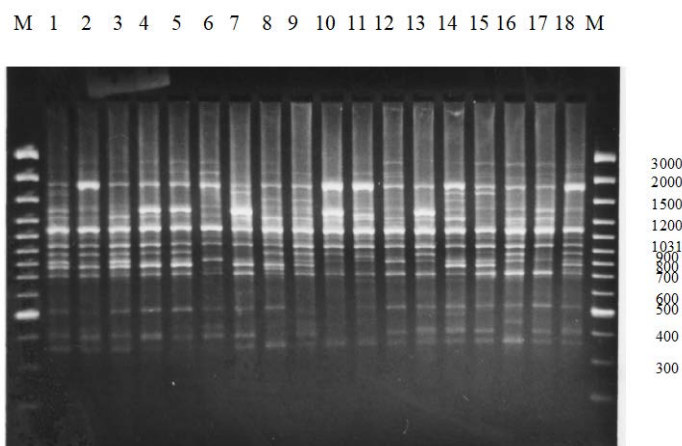
Ocenę wyrównania genetycznego linii żyta przeprowadzono analizując DNA pojedynczych siewek dwóch linii. Na podstawie obserwacji cech morfologicznych linia 2130 określana jest przez hodowców jako wyrównana natomiast cechy morfologiczne linii 4475 wskazują na jej wewnętrzne zróżnicowanie. Analiza PCR metodą RAPD nie dała wyników umożliwiających precyzyjne wyliczenie dystansu genetycznego pomiędzy roślinami badanych linii, gdyż obrazy powielonych fragmentów były mało zróżnicowane (rys. 3). Badania przy użyciu starterów ukierunkowanych na sekwencje styku intron-egzon wykazały wyraźne zróżnicowanie w obrębie obu linii (rys. 4). Otrzymane wyniki nie są zgodne z obserwacjami morfologicznych cech obu linii, gdyż średni dystans genetyczny

między siewkami obu linii był podobny i wynosił 0,26–0,28. Ocenę potwierdza analiza skupień przeprowadzona metodą średnich połączeń (UPGMA) na podstawie otrzymanych wyników (rys. 5).



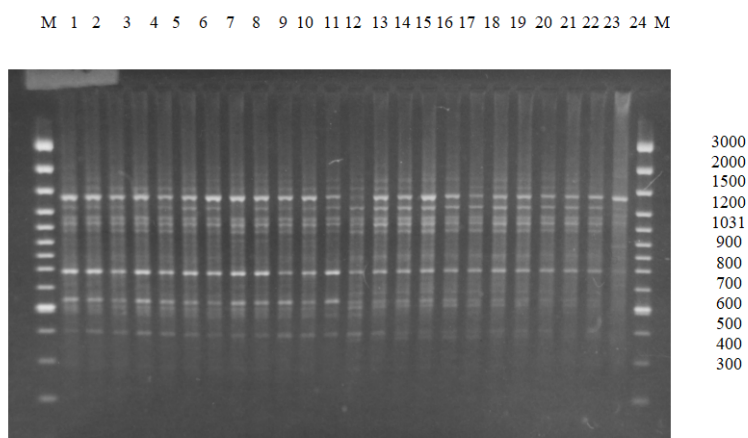
Rys. 1. Wyniki powielania DNA badanych linii żyta przy użyciu startera ET11/18 (5'ACCTACCTGCCGCATCCG³). M-wzorzec wielkości DNA (ilość par nukleotydów), ścieżki 1 — 18, linie żyta

Fig. 1. Amplification of DNA of rye inbreds with the use of primer ET11/18 (5'ACCTACCTGCCGCATCCG³). M-DNA size marker, lanes 1 — 18, inbred lines of rye



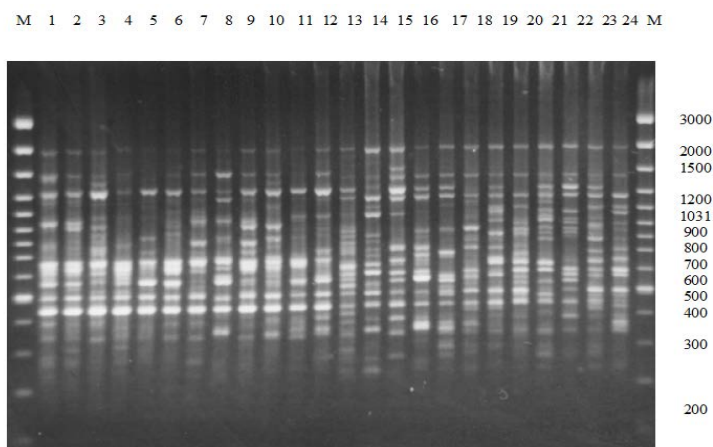
Rys. 2. Wyniki powielania DNA badanych linii żyta przy użyciu startera ET31/15 (5'ACCTACCTGGGCCAG³). M-wzorzec wielkości DNA (ilość par nukleotydów), ścieżki 1 — 18, linie żyta

Fig. 2. Amplification of DNA of rye inbreds with the use of primer ET31/15 (5'ACCTACCTGGGCCAG³). M-DNA size marker, lanes 1 — 18, inbred lines of rye



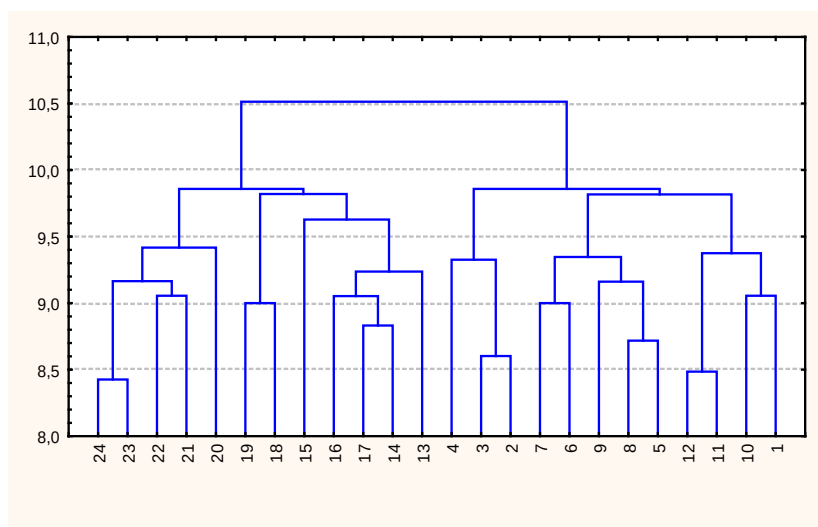
Rys. 3. Wyniki powielania DNA pojedynczych siewek linii 4475 (ścieżki 1–12) i siewek linii 2130 (ścieżki 13–24) przy użyciu startera RAPD3 (5' TCGGGAGGGT³).
M-marker ciężaru cząsteczkowego)

Fig. 3. Amplification of DNA from single seedlings of inbred 4475 (lanes 1–12) and seedlings of inbred 2130 (lanes 13–24) with the use of primer RAPD3 (5' TCGGGAGGGT³).
M-DNA size marker



Rys. 4. Wyniki powielania DNA pojedynczych siewek linii 4475 (ścieżki 1–12) i siewek linii 2130 (ścieżki 13–24) przy użyciu startera ET11/18 (5' ACCTACCTGCCGCATCCG³).
M — wzorzec wielkości DNA (ilość par nukleotydów)

Fig. 4. Amplification of DNA from single seedlings of inbred 4475 (lanes 1–12) and seedlings of inbred 2130 (lanes 13–24) with the use of primer ET11/18 (5' ACCTACCTGCCGCATCCG³).
M-DNA size marker



Rys. 5. Diagram podobieństwa siewek linii 4475 (1–12) i siewek linii 2130 (13–24) wyliczony metodą średnich połączeń (UPGMA) na podstawie analizy 305 fragmentów DNA
Fig. 5. Associations between seedlings of inbred 4475 (1–12) and seedlings of inbred 2130 revealed by UPGMA cluster analysis calculated from analysis of 305 DNA fragments

DYSKUSJA

Podobnie jak w przypadku linii kukurydzy (Rafalski i in., 1998) w badaniach zmienności genetycznej linii żyta startery ukierunkowane na sekwencje styku intron-egzon generują bardziej złożone i polimorficzne obrazy fragmentów DNA niż startery RAPD. W badaniach zmienności genetycznej linii kukurydzy i ocenie tożsamości odmianowej partii nasiennych grochu (Rafalski i in., 2001), najlepsze wyniki uzyskiwano stosując startery 18-nukleotydowe. W ocenie dystansu genetycznego linii żyta niektóre z tych starterów generują zbyt złożone obrazy fragmentów DNA. Mniej złożone i łatwiejsze do analizy komputerowej obrazy generują startery krótsze o długości 12–15 zasad. Wynika to najprawdopodobniej z heterogenności linii żyta. Analiza prób zawierających DNA z 20–25 siewek ujawnia zarówno polimorfizm między badanymi liniami jak też różnice pomiędzy pojedynczymi roślinami badanych linii. Stąd, wydaje się istotne dobranie zestawu starterów generujących umiarkowanie złożone obrazy powielonych fragmentów DNA.

W badaniach żyta, którego genom jest wyjątkowo bogaty w sekwencje repetytywne (Rogowsky i in., 1992), istotne jest również ukierunkowanie powielania na fragmenty genów z wyłączeniem heterochromatynowych odcinków DNA, które nie podlegają transkrypcji. Proponowany system spełnia te wymagania a jednocześnie jest równie prosty i tani jak powszechnie stosowana metoda RAPD. Jednocześnie, możliwość stosowania kombinacji starterów typu ET lub IT ze starterami komplementarnymi do fragmentów sekwencji repetytywnych żyta stwarza możliwość obniżenia kosztów analizy (Rafalski i in., 1997).

WNIOSKI

1. W badaniach zmienności genetycznej linii żyta i ich wyrównania startery komplementarne do sekwencji styku intron-egzon generują znacznie bardziej złożone i polimorficzne obrazy powielonych fragmentów DNA niż startery RAPD.
2. Stosowany system umożliwia powielanie fragmentów genów z wyłączeniem heterochromatynowych odcinków DNA.
3. Do oceny zmienności genetycznej materiałów wyjściowych i linii żyta konieczny jest wybór zestawu starterów generujących umiarkowanie złożone, polimorficzne i łatwe do analizy komputerowej obrazy powielonych fragmentów DNA.

LITERATURA

- Brown J.W. 1986. A catalogue of splice junction and putative branch point sequences from plant introns. *Nucleic Acids Res.* 14: 9549 — 9559.
- Davis L.G., Dibner M. D., Battey J. F. 1986. *Basic methods in molecular biology*, Elsevier Sci. Publ., New York: 42 — 43.
- Nei M., Li W.H., 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction endonucleases. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 76: 5269 — 5273.
- Rafalski A., Wiśniewska I., Anioł A. 1997. Semirandom approach to screening for molecular markers of aluminium tolerance in rye. Poster. „Eucarpia” — Section Cereals Meeting, Sept. 22–23, Tulln, Austria: 61.
- Rafalski A., Gidzińska M., Wiśniewska I. 1998. Systemy PCR w badaniach dystansu genetycznego linii kukurydzy. *Biul. IHAR*. 208: 131 — 140.
- Rafalski A., Wiśniewska I. 2001. Ocena tożsamości odmian grochu siewnego techniką PCR. *Biul. IHAR*. 217: 279 — 286.
- Rogowsky P.M., Shepherd K.W., Langridge P. 1992. Polymerase chain reaction-based mapping of rye involving repeated DNA sequences. *Genome* 35: 621 — 626.
- Sneath P. H. A., Socal R. R. 1973. *Numerical Taxonomy*. W. H. Freeman, San Francisco
- Weining S., Langridge P. 1991. Identification and mapping of polymorphism in cereals based on the polymerase chain reaction. *Theor. Appl. Genet.* 82: 209 — 216.

IRENA KOLASIŃSKA

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Przywracanie płodności pyłku u mieszańców żyta CMS-Pampa × restorer

Pollen fertility restoration in the CMS-Pampa × restorer crosses of rye

Prowadzono badania nad przywracaniem płodności pyłku mieszańców prostych pochodzących z krzyżowania linii męskosterylnych (linii P) z restorerami (R). W 1999 roku oceniano płodność 63 mieszańców (21 linii P × 3 linie R) w warunkach szklarniowych i polowych, a w 2000 roku oceniano 50 mieszańców (10 linii P × 5 linii R) w polu. Doświadczenia założono metodą całkowicie losową w 3 powtórzeniach. Stopień męskiej płodności oceniano za pomocą stopnia pylenia roślin w skali 1–9° (SPR), indeksów restoracji (IR-1, IR-2), stopnia pylenia poletka (SPP) w skali 1–9°. Przeprowadzono dwuczynnikową analizę zmienności otrzymanych wyników przy pomocy programu komputerowego "AGRO". Ponadto obliczono współczynniki korelacji między wskaźnikami płodności pyłku mieszańców oznaczonymi w polu i szklarni.

Stwierdzono, iż na poziom męskiej płodności mieszańców prostych istotny wpływ wywarły genotyp restorera, genotyp linii P, współdziałanie P × R oraz warunki środowiska. Badane mieszańce wyraźnie różniły się płodnością pyłku zarówno w szklarni, jak i w polu. Indeks restoracji wahał się w szerokich granicach od 0 do 100%. Średni IR dla badanych linii P w szklarni wynosił od 7,1 do 96,8%, a w polu od 1,5 do 99,4%. Zróżnicowanie linii P pod względem wartości średnich IR u ich mieszańców wskazuje, iż poprzez dobór odpowiednich linii matecznych można znacznie podwyższyć płodność mieszańców. Natomiast linie P dające mieszańce o niskich IR powinny być wykorzystane jako testery w programie hodowli restorerów.

Badane restorery charakteryzowały się dobrą (330 R) i średnią zdolnością przywracania płodności i mogą tworzyć mieszańce o zadawalającej płodności w kombinacjach krzyżówkowych z odpowiednimi komponentami matecznymi. Stwierdzono wysoką, istotną korelację między użytymi wskaźnikami płodności mieszańców w szklarni i w polu. Tak więc dla celów hodowlanych z powodzeniem można stosować najbardziej prosty spośród nich, czyli ocenę stopnia pylenia poletka w skali 1–9°.

Słowa kluczowe: hodowla mieszańców, męska sterylność, przywracanie męskiej płodności, żyto ozime

Pollen fertility restoration of single crosses between male sterile lines (P lines) and restorers (R) was studied in the Plant Breeding and Acclimatization Institute at Radzików. In 1999 pollen fertility of 63 single crosses (21 P lines × 3 R lines) was evaluated in greenhouse and in field. In 2000 pollen fertility of 50 single crosses (10 P lines × 5 R lines) was estimated in the field. The experiments were laid out as a completely randomized block design with 3 replicates and 10 plants per plot. The degree of male sterility/fertility was assessed by visual anther score of single plants (ASP) on a 1–9 scale, restorer indices (RI-1, RI-2) and visual pollen shedding score of plots (PSSP) on a 1–9 scale. "AGRO"

computer software was used for statistic analysis. Coefficients of correlation between fertility traits were computed.

The analysis of variance showed that the degree of male fertility of single crosses strongly depends on a restorer genotype, a P line genotype as well as on the $P \times R$ interaction. The restorer and P line genotypes were a major source of variation. A wide range of variation for restorer index was observed among single crosses in the greenhouse and as well as in the field. Restoration index (RI-1) ranged from 0 to 100%. Mean restorer index for P lines ranged from 7,1 to 96,8% in the greenhouse and from 1,5 to 99,4 % in the field. Data presented in this paper clearly indicates, that choice of female components is very important for rye hybrid breeding. The P lines, in which male fertility could be easily restored, should be used for creation of hybrid varieties. P lines with the fertility hard to restore should be used as testers in a restorer breeding. All the restorers tested, provide a sufficient restoration of male fertility of the single crosses with majority of the P lines. The new restorer 330 R led to significantly higher male fertility levels than the other currently used lines.

A high, significant correlation was found between all fertility traits estimated in the greenhouse and in the field. So, the simplest method, pollen shedding score of plots, could be successfully used in a breeding programme.

Key words: hybrid breeding, male sterility, restoration of pollen fertility, winter rye

WSTĘP

W ostatnich latach w Polsce, pierwsze odmiany mieszańcowe żyta — Nawid, Luco i Klawo zostały przyjęte do Rejestru Odmian Roślin Uprawnych. Komercyjna produkcja nasion mieszańców jest prowadzona przy wykorzystaniu systemów genetycznych cytoplazmatyczno-genowej męskiej niepłodności i przywracania płodności. Spośród znanych źródeł cytoplazmatyczno-genowej męskiej niepłodności (CMS), dotychczas tylko typ Pampa — typ P (Geiger i Schnell, 1970) znalazł praktyczne zastosowanie. Poważną wadą tego typu niepłodności są trudności w wyhodowaniu efektywnych restorerów płodności, głównie ze względu na złożony sposób dziedziczenia tej cechy (Geiger i Miedaner, 1996; Kolańska, 1998) oraz niską częstość występowania genów przywracania płodności w europejskich populacjach żyta (Geiger i Morgenstern, 1975). Niepełne przywrócenie płodności mieszańców otrzymanych przy wykorzystaniu CMS-Pampa stwarza zagrożenie zarówno obniżenia plonu odmian mieszańcowych, jak również jego jakości, spowodowane większym zakażeniem sporyszem (*Claviceps purpurea*), szczególnie przy deszczowej pogodzie w okresie kwitnienia. W dotychczasowych badaniach stwierdzono duży zakres zmienności płodności pyłku u eksperymentalnych mieszańców F_1 pochodzących z krzyżowania różnych męskosterylnych mieszańców prostych (CMS-SC) z restorerami (Kolańska, 1996).

Celem niniejszej pracy było:

- poznanie płodności pyłku mieszańców prostych pochodzących z krzyżowania różnych linii męskosterylnych (linii P) z wybranymi restorerami (R),
- porównanie wyników różnych metod oceny płodności pyłku prowadzonej w warunkach szklarniowych i polowych.

MATERIAŁ I METODY

Badano płodność pyłku mieszańców prostych pochodzących z krzyżowania linii męskosterylnych (linie P) z restorerami (R) w dwóch latach 1999 i 2000. Wybrane do badań linie P i restorery pochodziły z programu hodowli mieszańców żyta prowadzonego w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie.

W 1999 roku oceniano płodność 63 mieszańców pochodzących z krzyżowania 21 linii P z 3 restorerami w warunkach szklarniowych i polowych. W 2000 roku oceniano płodność 50 mieszańców prostych pochodzących z krzyżowania 10 linii P z 5 restorerami w warunkach polowych. Doświadczenia założono metodą całkowicie losową w 3 powtórzeniach. Przy uprawie w szklarni zjarowizowane rośliny wysadzono do ziemi w końcu lutego i prowadzono je w warunkach naturalnego oświetlenia i długości dnia.

Stopień męskiej sterylności/płodności pojedynczych roślin oceniano poprzez wizualną bonitację pylników (SPR) w skali 1–9° (Geiger, Morgenstern, 1975), przy czym 1 silnie zdegenerowane, niepekające, puste pylniki, a 9 normalnej wielkości, z płodnym pyłkiem, pekające pylniki. Rośliny oznaczone 1, 2, 3 sklasyfikowano jako męskosterylne [ms], rośliny 4, 5, 6 jako częściowo-płodne [pmf] i 7, 8, 9 jako płodne [mf]. Płodność pyłku oceniano w pełni kwitnienia na kilku kłosach 30 roślin każdego mieszańca (3 powtórzenia po 10 roślin). Następnie obliczono indeksy restoracji według wzorów:

— Indeks restoracji 1 — $[IR-1] = \% \text{ roślin mf} + 1/2\% \text{ roślin pmf}$,

(Geiger, Morgenstern, 1975)

— Indeks restoracji 2 — $[IR-2] = 100 \times (AB - 3)/6$, przy czym AB = 4, 5, 6, 7, 8, 9, gdy AB = 1, 2, 3 to IR = 0 (Geiger i in., 1995)

W obu latach oceniano dodatkowo płodność pyłku badanych mieszańców P × R w doświadczeniach polowych prowadzonych w 3 powtórzeniach w Radzikowie (wielkość poletka 5 m²) poprzez wizualną ocenę stopnia pylenia poletka (SPP) w skali 1-9° (Morgenstern, 1983).

Przeprowadzono dwuczynnikową analizę zmienności otrzymanych wyników przy pomocy programu komputerowego "AGRO". Ponadto obliczono współczynniki korelacji między wskaźnikami płodności pyłku mieszańców oznaczonymi w polu i szklarni.

WYNIKI I DYKUSJA

Analiza wariancji płodności pyłku mieszańców prostych otrzymanych poprzez krzyżowanie 21 linii P z trzema restorerami wykazała istotną zmienność restorerów, istotną zmienność linii P oraz istotną interakcję P × R zarówno w polu, jak i w szklarni (tab. 1). Głównym źródłem zmienności były restorery i linie P, a udział współdziałania P × R był niewielki.

W tabeli 2 przedstawiono indeksy restoracji (IR-1) 63 mieszańców prostych w warunkach szklarniowych i polowych. Badane mieszańce charakteryzowały się różną płodnością, od całkowicie sterylnych do całkowicie płodnych. Indeks restoracji poszczególnych mieszańców wahał się od 0 do 100%. Warunki szklarniowe bardziej niż polowe sprzyjały płodności większości mieszańców. Średni indeks restoracji w szklarni wynosił 46,9 % a w

polu 37,9%. Wpływ warunków uprawy na płodność był najmniejszy u mieszańców o całkowicie lub prawie całkowicie przywróconej płodności (IR=95-100%). Największe różnice w płodności między szklarnią a polem wystąpiły u mieszańców o niskiej i średniej płodności. Dwa spośród restorerów (340 R i 363 R) znacznie lepiej przywracały płodność mieszańców w szklarni niż w polu. Restorer 5 R wykazał podobną zdolność przywracania płodności w szklarni i w polu.

Tabela 1

Wartości F z analizy zmienności płodności pyłku mieszańców P × R
F values from analysis of variance of P × R crosses for anther score

Źródło zmienności Source of variation	Stopnie swobody Degrees of freedom	Szklarnia Greenhouse	Pole Field
Linia P (P) P line	20	119,4**	93,6**
Restorer (R) Restorer	2	233,9**	190,7**
Współdziałanie P × R P × R interaction	40	15,7**	6,1**

** — Istotne przy P=0,01

** — Significant at P=0,01

Badania nad wpływem różnych warunków środowiska na poziom płodności mieszańców P × R prowadzili Geiger i wsp. (1995 oraz Geiger i Miedaner (1996). Stwierdzili oni istotny wpływ lat i wysoko istotny wpływ współdziałania lata × miejscowości na IR i inne cechy płodności mieszańców. Scoles i Evans (1979) obserwowali lepsze przywrócenie płodności w temperaturze 20/15 i 25/20°C niż 15/10°C. Z własnych doświadczeń wynika, iż zbyt wysoka temperatura (powyżej 30°C) i niska wilgotność względna powietrza podczas kwitnienia i pylenia wpływają niekorzystnie na płodność pyłku.

Dane przedstawione w tabeli 2 wskazują, iż mieszańce otrzymane poprzez krzyżowanie tych samych restorerów z różnymi liniami P wyraźnie różniły się płodnością zarówno w szklarni, jak i w polu. Indeks restoracji wahał się w szerokich granicach od 0 do 100%. Średni IR dla badanych linii w szklarni wynosił od 7,1 do 96,8%, a w polu od 1,5 do 99,4%. Badane linie P podzielono na 3 grupy na podstawie wielkości IR średniego dla pola i szklarni (rys. 1), ponieważ skład tych grup robiony oddzielnie dla pola i szklarni był taki sam:

- Linie P: 12, 15, 1 — łatwe do przywrócenia płodności, o IR ponad 70%,
- Linie P: 18, 6, 23, 14, 8, 3, 7, 2, 19, 16, 11 — średnie do przywrócenia płodności, o IR 70-20%,
- Linie P: 5, 20, 9, 10, 22, 4 — trudne do przywrócenia płodności, o IR poniżej 20%.

Wydaje się, iż linie P poszczególnych grup mogą różnić liczbą i/lub sposobem działania genów warunkujących system genetyczny męska sterility — przywracanie płodności. Jednak wyjaśnienie tego problemu wymaga dodatkowych badań genetycznych.

Tabela 2

Indeksy restoracji mieszańców P×R w szklarni i w polu
Restorer indices of P×R crosses in the greenhouse and in the field

Linie P P lines	5 R		340 R		363 R		Średnia Mean	
	szklarnia greenhouse	pole field	szklarnia greenhouse	pole field	szklarnia greenhouse	pole field	szklarnia greenhouse	pole field
1	48,4	94,2	96,9	94,4	81,9	76,0	75,8	88,2
2	20,0	36,5	31,1	26,2	76,3	54,3	42,5	39,0
3	26,7	32,0	77,2	53,8	74,3	31,5	59,4	39,1
4	8,9	5,8	7,1	0,0	60,0	6,5	25,3	4,1
5	1,1	0,0	5,7	4,5	17,2	0,0	8,0	1,5
6	46,8	26,1	94,8	43,9	96,7	55,0	79,5	41,7
7	25,0	41,9	66,7	56,9	47,7	30,6	46,4	43,1
8	35,9	36,5	97,5	46,0	66,0	22,5	66,4	35,0
9	10,3	24,1	14,5	2,5	2,2	5,0	9,0	10,5
10	7,5	3,4	48,1	10,2	15,5	0,0	23,7	4,5
11	10,2	21,2	29,5	60,9	23,6	38,6	21,1	40,2
12	95,4	98,1	97,9	100,0	97,3	100,0	96,8	99,4
13	45,9	46,0	55,0	32,7	80,6	40,5	60,5	39,7
14	45,4	44,2	47,4	47,9	72,3	52,6	55,0	48,3
15	75,0	94,4	92,4	96,0	90,0	95,8	85,8	95,4
16	40,7	35,2	8,8	14,3	83,3	45,7	44,3	31,7
18	33,3	37,9	87,1	72,2	84,3	56,8	68,2	55,6
19	36,9	36,5	71,7	12,5	67,0	13,0	58,5	20,7
20	0,0	7,1	3,7	0,0	17,5	2,6	7,1	3,3
22	0,0	12,1	20,7	25,0	18,2	11,5	13,0	16,2
23	26,1	46,3	83,7	72,9	55,4	37,0	55,1	52,1
Średnia Mean	29,1	35,4	54,2	41,6	58,4	36,9	46,9	37,9

NIR (P=0,05) dla porównania linii P w szklarni — 3,4; w polu — 2,8

LSD (P=0,05) for comparison of P lines in the greenhouse — 3,4; in the field — 2,8

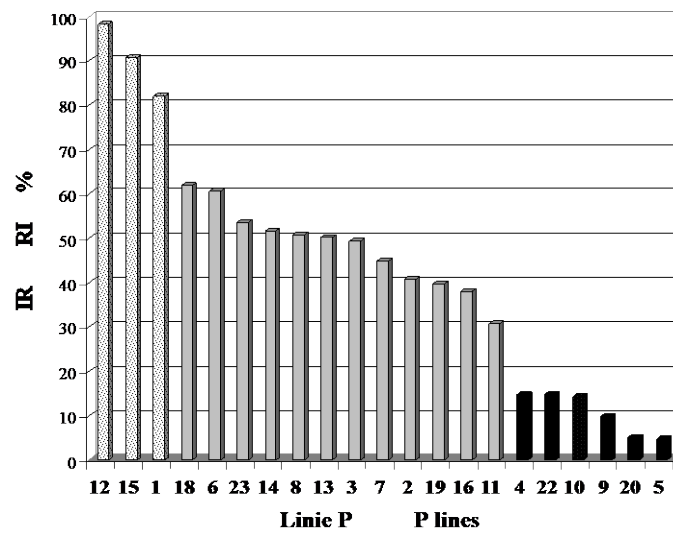
NIR (P=0,05) dla porównania linii R w szklarni — 1,2; w polu — 1,2

LSD (P=0,05) for comparison of R lines in the greenhouse — 1,2; in the field — 1,2

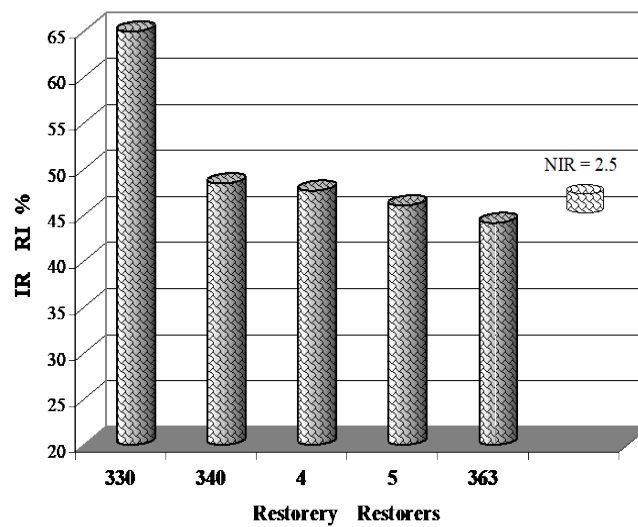
NIR (P=0,05) dla porównania interakcji P×R w szklarni — 5,9; w polu — 4,8

LSD (P=0,05) for comparison of interaction P×R in the greenhouse — 5,9; in the field — 4,8

Otrzymane wyniki potwierdzają wcześniejsze stwierdzenia kilku autorów (Kolańska, 1996, 1998; Kolańska i Węgrzyn, 2000; Madej i in., 1996) o dużym wpływie genotypu komponentów matecznych na poziom płodności ich mieszańców oraz istotnej, ale niewielkiej roli współdziałania P × R. Geiger i Miedaner (1996) także wykazali, iż stopień restoracji zależy od genotypu komponentów matecznych, ale głównym źródłem zmienności było współdziałanie P×R. Z podobnym problemem spotkali się już wcześniej hodowcy mieszańców innych roślin uprawnych. U pszenicy wpływ genotypu linii CMS na płodność ich mieszańców z restorerami stwierdzili m. in. Kolańska (1975) i Keydal i wsp. (1979). Chen (1981) uważa, iż T-typ męskiej niepłodności u kukurydzy można podzielić na trzy typy w zależności od łatwości restoracji, z których każdy jest uwarunkowany inną liczbą genów *Rf*.



Rys. 1. Średnie indeksy restoracji (IR-1) dla linii P na podstawie płodności ich mieszańców z trzema restorerami
 Fig. 1. Mean restorer indices (RI-1) for the P lines, based on fertility of their hybrids with three restorers



Rys. 2. Średnie indeksy restoracji (IR-1) restorerów na podstawie płodności ich mieszańców z liniami P
 Fig. 1. Mean restorer indices (RI-1) of restorers, based on fertility of their hybrids with P lines

Przedstawione wyniki wskazują na duże zróżnicowanie badanych linii P pod względem zdolności do przywrócenia płodności ich mieszańców. Fakt ten umożliwia właściwe wykorzystanie posiadanych linii P do tworzenia komponentów matecznych mieszańców. Jest to szczególnie ważne w przypadku, gdy komponentem ojcowskim mieszańca jest słabo lub średnio efektywny restorer. Dobór odpowiednich komponentów matecznych pozwoli uzyskać mieszańce o zadawalającej, a nawet dobrej płodności. I odwrotnie użycie komponentów matecznych trudnych do przywrócenia płodności wiąże się z niebezpieczeństwem niewystarczającej płodności pyłku mieszańców, zmniejszonym zawiązywaniem ziarniaków, a nawet zwiększonym porażeniem sporyszem. Linie takie powinny być wykorzystane jako testery w programie hodowli nowych, bardziej efektywnych restorerów.

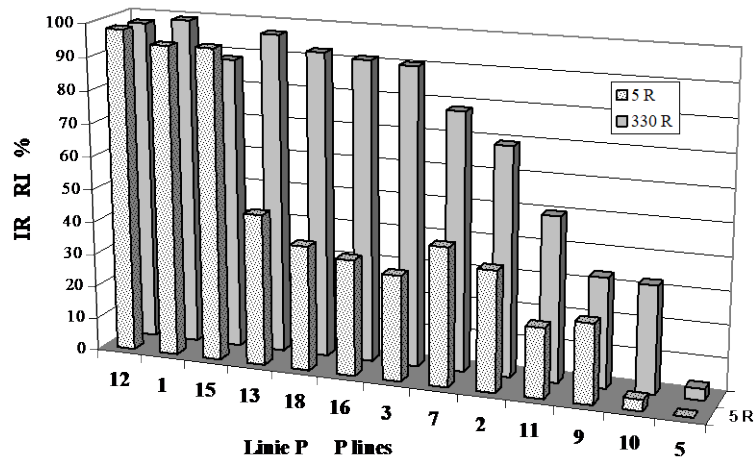
W warunkach polowych 2000 roku oceniano płodność pyłku 50 mieszańców pochodzących z krzyżowania 10 linii P z 5 restorerami. Następnie obliczono średnie indeksy restoracji dla linii P i restorerów. Restorery — 4 R, 5 R, 340 R i 363 R charakteryzowały się średnią zdolnością przywracania płodności (IR od 44,0 – 48,4%). Najbardziej wartościowym spośród badanych restorerów okazał się 330 R, o indeksie restoracji 64,9% (rys. 2). Restorer ten zapewnił wszystkim mieszańcom P znacznie wyższą płodność niż pozostałe restorery. Jego wysoką efektywność potwierdziło porównanie płodności mieszańców pochodzących z krzyżowania 13 linii P z dwoma restorerami 5 R i 330 R (rys. 3). Indeks restoracji ponad 50% osiągnęło 10 mieszańców linii P z 330 R i tylko 3 mieszańce tych samych linii P z 5 R. Jednak restorer ten nie przywrócił w zadawalającym stopniu płodności mieszańców ze wszystkimi liniami P. I tak mieszańiec 5 P × 330 R pozostał prawie całkowicie sterylny (IR = 3,5%), a dwa dalsze mieszańce miały niewystarczającą płodność pyłku.

Badania wykazały, iż badane restorery nie przywróciły całkowicie płodności pyłku wszystkich mieszańców z liniami P. Bardzo ważnym zadaniem w programie hodowli mieszańców jest wyprowadzenie efektywnych restorerów uniwersalnych dla wszystkich linii P i warunków środowiska. Jednak jest to zadanie bardzo trudne i wymaga prowadzenia dalszych badań genetycznych i prac hodowlanych.

Analiza statystyczna wykazała istotne korelacje przy $P = 0,01$ pomiędzy wszystkimi wskaźnikami męskiej płodności (tab. 3) ocenianymi zarówno w warunkach polowych jak i szklarniowych. Stwierdzono istotną zależność między płodnością roślin mieszańców uprawianych w warunkach szklarniowych i polowych. Współczynniki korelacji (r) między szklarnią a polem wynosiły dla stopnia pylenia pojedynczych roślin — 0,75, dla IR-1 — 0,73; dla IR-2 — 0,75. Bardzo wysokie współczynniki korelacji między indeksami restoracji 1 i 2 w szklarni (0,98) i w polu (0,97) wskazują, iż z powodzeniem można posługiwać się IR-1, którego oznaczenie jest łatwiejsze i mniej pracochłonne. I tak indeks restoracji 1 został wykorzystany do analizy męskiej płodności mieszańców omawianej w tej pracy.

Wykazano wysoką zależność między stopniem pylenia poletek (SPP) a pozostałymi wskaźnikami płodności zarówno w polu, jak i szklarni. Współczynniki korelacji między tą cechą a stopniem pylenia pojedynczych roślin (SPR), IR-1 i IR-2 ocenianymi w polu wynosiły odpowiednio 0,88; 0,89 i 0,88, a między tymi cechami ocenianymi w szklarni —

0,75; 0,74; 0,75. Fakt ten wskazuje, iż w pracach hodowlanych można z powodzeniem stosować tę najmniej pracochłonną metodą oceny płodności. Jednak właściwe wyniki można uzyskać tylko wtedy, gdy ocenę prowadzi doświadczona osoba w słoneczne i bezwietrzne dni w pełni kwitnienia roślin na poletku.



Rys. 3. Indeksy restoracji mieszańców prostych z krzyżowania 13 linii P z 2 restorerami
Fig. 3. Restorer indices of single crosses between 13 P lines and 2 restorers

WNIOSKI

1. Badania wykazały, iż na poziom płodności mieszańców prostych otrzymanych poprzez krzyżowanie linii P z restorerami istotny wpływ wywarły genotyp restorera, genotyp linii P, współdziałanie $P \times R$ oraz warunki środowiska.
2. Zróżnicowanie linii P pod względem wartości średnich IR u ich mieszańców wskazuje, iż poprzez dobór odpowiednich linii matecznych można znacznie podwyższyć płodność mieszańców $P \times R$. Natomiast linie P charakteryzujące się niskimi IR powinny być wykorzystane jako testery w programie hodowli restorerów.
3. Badane restorery charakteryzują się dobrą (330 R) i średnią zdolnością przywracania płodności i mogą tworzyć mieszańce o zadawalającej płodności w kombinacjach krzyżówkowych z odpowiednimi komponentami matecznymi.
4. Istotne korelacje między użytymi wskaźnikami płodności mieszańców wskazują, iż dla celów hodowlanych z powodzeniem można stosować najbardziej prosty spośród nich, czyli ocenę wizualną stopnia pylenia poletka w skali 1-9°.

Tabela 3

**Współczynniki korelacji między różnymi wskaźnikami męskiej płodności
w warunkach polowych (p) i szklarniowych (szk)**

Correlation coefficients between different male fertility traits in the greenhouse (gh) and in the field (f)

Wskaźniki męskiej płodności Male fertility traits	SPR—p + ASP—f	SPR—szk. ASP—gh	SPP—p PSSP—f	IR-1—p RI-1—f	IR-2—p RI-2—f	IR-1—szk RI-1—gh
Stopień pylenia roślin — szklarnia (SPR—szk) Anther score of plants — greenhouse (ASP—gh)	0,75*					
Stopień pylenia poletok — pole (SPP—p) Pollen shedding score of plots — field (PSSP—f)	0,88*	0,75*				
Indeks restoracji 1 — pole (IR-1—p) Restorer index 1 — field (RI-1—f)	0,98*	0,77*	0,89*			
Indeks restoracji 2 — pole (IR-2—p) Restorer index 2 — field (RI-2—f)	1,00*	0,75*	0,88*	0,98*		
Indeks restoracji 1 — szklarnia (IR-1—szk) Restorer index 1 — greenhouse (RI-1—gh)	0,69*	0,97*	0,74*	0,73*	0,69*	
Indeks restoracji 2 — szklarnia (IR-2—szk) Restorer index 2 — greenhouse (RI-2—gh)	0,75*	1,00*	0,75*	0,77*	0,75*	0,97*

+ — Stopień pylenia roślin — pole (SPR—p)

+ — Anther score of plants — field (ASP—f)

* — Istotne przy P = 0,01

* — Significant at P = 0,01

LITERATURA

- Chen L. W. 1981. Inheritance of male sterility in maize. *Hereditas* 3/3: 32 — 35.
- Geiger H. H., Schnell F. W. 1970. Cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.). *Crop Sci.* 10: 590 — 593.
- Geiger H. H., Morgenstern K. 1975. Angewandte genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. *Theor. Appl. Genet.* 46: 269 — 276.
- Geiger H. H., Yuan Y., Miedaner T., Wilde P. 1995. Environmental sensitivity of cytoplasmic-genic male sterility (CMS) in *Secale cereale* L. In: Genetic mechanisms for hybrid breeding. Kück U., Wricke, G. (eds.). *Advances in Plant Breeding* 18: 7 — 17.
- Geiger H. H., Miedaner T. 1996. Genetic basis and phenotypic stability of male fertility restoration in rye. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 35: 27 — 38.
- Keydel F., Münzer W., Fischer K. 1979. Interactions between cytoplasmic male sterile wheat lines and restoration lines. *Cereal Res. Commun.* 7. 1: 19 — 24.
- Kolańska I. 1975. Przywracanie płodności pyłku linii męskosterylnych pszenicy (*Timopheevi*) *Triticum aestivum* L. *Hod. Rośl. Aklim.* 19. 3: 223 — 244.
- Kolańska I. 1996. Pollen fertility restoration in topcross hybrids of winter rye. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 35: 72 — 74.
- Kolańska I. 1998. Genetic bases of male fertility restoration in rye. *J. Appl. Genet.* 39A: 116 — 117.
- Kolańska I., Węgrzyn S. 2000. Zdolność kombinacyjna przywracania płodności pyłku mieszańców żyta. *Biul. IHAR* 216, z. 1: 95 — 100.
- Madej L., Osiński R., Jagodziński J. 1996. Ocena płodności mieszańców żyta. *Biul. IHAR* 195/196: 283 — 290.
- Morgenstern K. 1983. Ausprägung der cytoplasmatisch-genischen Pollensterilität (CMS) bei Roggen in Abhängigkeit von Plasmotyp und Genotyp. *Dissertation, Univ. Hohenheim, Stuttgart.*
- Scoles G. J., Evans L. E. 1979. The genetics of fertility restoration in cytoplasmic male-sterile rye. *Can. J. Genet. Cytol.* 21: 417 — 422.

HELENA KUBICKA ^{1,2}**DOROTA DEC** ²¹Ogród Botaniczny — CZRB PAN, Warszawa²Katedra Rozwoju Rolnictwa i Agrobiznesu, Politechnika Białostocka

Analiza genetyczna długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta ozimego (*Secale cereale* L.)

Genetical analysis of length and width of flag leaf and subflag leaf in winter rye (*Secale cereale* L.)

W pracy analizowano sposób dziedziczenia długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u dwóch linii wsobnych żyta ozimego (*Secale cereale* L.): L176 i L260 pokolenia S₁₂, charakteryzujących się pod względem tych cech skrajnymi wartościami. W tym celu obserwowano rozszczepienie roślin w pokoleniach F₁, F₂ i krzyżówkach wstecznych, uzyskanych po skrzyżowaniu tych linii. W pokoleniu F₁ rośliny miały długość i szerokość liścia flagowego i podflagowego pośrednią w stosunku do form rodzicielskich. Natomiast w pokoleniu F₂ wystąpiło rozszczepienie wskazujące, że długość liścia flagowego i podflagowego uwarunkowana była trzema genami o addytywnym efekcie działania. Szerokość liścia flagowego i podflagowego była determinowana dwoma addytywnymi genami. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem wielkości liścia flagowego zwiększał się liść podflagowy.

Słowa kluczowe: dziedziczenie, liść flagowy i podflagowy, żyto ozime

The inheritance of length and width of flag and subflag leaves was studied in two S₁₂ generation inbred lines of winter rye (*Secale cereale* L.). The lines (L176 and L260) showed extremally different values of the investigated leaf characters. Segregation was analysed in the F₁, F₂ generations and in back-cross progeny of hybrids between the lines. In comparison to the parental forms, the length and width of the flag and subflag leaves in the F₁ generation was intermediate. The F₂ segregation indicated determination of the character by three genes with additive effect. The width of the flag and subflag leaves was determined by two additive genes. Size of the flag leaf was positively correlated with that of the subflag one.

Key words: flag leaf, inheritance, subflag leaf, winter rye

WSTĘP

Wielkość liści, a szczególnie flagowych i podflagowych, u roślin zbożowych ma duże znaczenie, ponieważ liście na równi z kłosem, uczestniczą w magazynowaniu i transporcie produktów asymilacji w czasie napełniania ziarna.

Berdahl i wsp. (1972) oraz Dunder (1975) potwierdzili istnienie wysokiej korelacji pomiędzy rozmiarami liścia flagowego a produktywnością roślin u jęczmienia i pszenicy. Następnie Mahmood i wsp. (1991) wykazali, że usunięcie liścia flagowego u pszenicy w fazie kłoszenia powoduje redukcję: plonu o 16,1%, masy 1000 ziaren o 11,2% i liczby ziaren w kłosie o 12,9%.

Natomiast według Thorne (1965) i Borojevic i Karljevic-Balatic (1980) u pszenicy nie tylko wielkość liści, ale także ich ustawienie oraz kolejność ich położenia na roślinie, mają istotny wpływ na aktywność fotosyntetyczną, a w efekcie końcowym na wysokość plonu. Jedynie Fischer i wsp. (1998) otrzymali odmienne wyniki badań wskazujące na brak zależności pomiędzy wielkością powierzchni liścia flagowego a wysokością plonu u pszenicy.

W literaturze jest niewiele doniesień na temat sposobu dziedziczenia długości i szerokości liścia flagowego u pszenicy (Hsu i Walton 1970; Borojevic i Kraljevic-Balatic, 1980; Lonc, 1985; Simon, 1999), ryżu (Juni Kwak, 1984; Chang Jae Ki i in., 1998) i prawie brak takich informacji na temat żyta (Kubicka i Malepszy, 1996).

Dlatego celem pracy było określenie sposobu dziedziczenia długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u ustalonych linii wsobnych żyta ozimego i mieszańców F_1 i F_2 oraz krzyżówek wstecznych.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu wykorzystano dwie linie wsobne pokolenia S_{12} : L176 i L260, wyselekcjonowane z odmian uprawnych: Dańkowskie Żłote i Pancerne żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Linie skrzyżowano w obu kierunkach i otrzymano pokolenie F_1 , następnie poprzez samozapylenie tego potomstwa uzyskano pokolenie F_2 . Przeprowadzono również krzyżowanie wsteczne. Wysiano po 60 roślin każdej z linii wsobnej, 200 roślin pokolenia F_1 , 1922 roślin pokolenia F_2 , 171 roślin pokolenia Bc_1 (P_1) i 77 roślin pokolenia Bc_1 (P_2) w rozstawie 25 x 25 cm.

Wykonano pomiary długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego na pędzie głównym (pierwszy pęd wychodzący z pochwy liściowej) u roślin linii wsobnych i mieszańców F_1 , F_2 oraz krzyżówek wstecznych. Obserwacje polowe przeprowadzono na wszystkich roślinach w tym samym roku, aby ograniczyć wpływ środowiska.

Obliczono średnie arytmetyczne ($\bar{x}$), odchylenia standardowe (S) i współczynniki zmienności (V). Prawdopodobny sposób dziedziczenia ustalono za pomocą testu χ^2 -kwadrat.

WYNIKI I DYSKUSJA

Charakterystyka morfologiczna linii wsobnych i mieszańców pokoleń F₁ i F₂

Użyte do krzyżowania linie wsobne żyta, różniły się znacznie długością źdźbła oraz długością i szerokością liścia flagowego i podflagowego. Badane linie wsobne charakteryzowały się wyrównaniem pod względem badanych cech, o czym świadczą niskie współczynniki zmienności, które uległy znacznemu podwyższeniu w pokoleniu mieszańcowym F₁, a szczególnie w pokoleniu F₂. Mieszańce pokolenia F₁ osiągały wartości pośrednie dla długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego. Wartości tych cech obniżyły się u mieszańców pokolenia F₂ (tab. 1, rys. 1–4). Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem długości i szerokości liścia flagowego zwiększał się również liść podflagowy. Znajduje to potwierdzenie i w innych krzyżowaniach pomiędzy liniami wsobnymi żyta wykonanymi przez Kubicką i Malepszego (1996).

Tabela 1

Średnie, odchylenia standardowe (S) i współczynniki zmienności (V) cech związanych z wielkością liścia flagowego i podflagowego oraz wysokości roślin dla linii wsobnych i ich mieszańców F₁ i F₂
Means, standard deviations (S) and variability coefficients (V) of traits linked with size of flag leaf and subflag leaf and culm length for inbred lines and hybrids F₁ i F₂

Fomny rodzicielskie Parents and hybrids	Długość liścia flagowego (cm) Flag leaf length	S	V (%)	Szerokość liścia flagowego (cm) Flag leaf width	S	V (%)	Długość liścia podflagowego (cm) Subflag leaf length	S	V (%)	Szerokość liścia podflagowego (cm) Subflag leaf width	S	V (%)	Długość źdźbła (cm) Culm length	S	V (%)
P ₁ /176/	14,80	0,12	0,84	1,20	0,05	3,93	20,10	0,15	0,74	1,64	0,05	2,95	128,00	0,67	0,52
P ₂ /260/	7,60	0,07	0,88	0,63	0,05	7,86	14,60	0,20	1,39	0,80	0,05	5,82	112,00	2,59	2,31
F ₁ /P ₁ × P ₂ /	12,30	1,90	15,69	1,06	0,08	2,68	19,10	2,21	10,29	1,36	0,12	9,36	153,80	6,64	4,32
F ₂ /P ₁ × P ₂ /self	11,90	2,28	20,18	0,97	0,17	17,48	17,80	2,45	13,29	1,19	0,15	11,60	154,50	4,29	2,78

Analiza genetyczna długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta

Przeprowadzono analizę długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego na podstawie obserwacji roślin pokoleń F₁, F₂ i krzyżówek wstecznych, otrzymanych po skrzyżowaniu linii wsobnych L176 i L260. Stwierdzono, że długość liścia flagowego i podflagowego w pokoleniu F₁ była pośrednia, ale wartości tych cech zbliżały się jednak bardziej do linii L176. W pokoleniu F₂ obserwowano szeroki zakres zmienności, który wynosił od 6 do 19 cm dla liścia flagowego (rys. 3) i od 12 do 26 cm dla długości liścia podflagowego (rys. 4). Uzyskane wyniki można wyjaśnić przyjmując, że w przypadku długości liścia flagowego i podflagowego u żyta, działają co najmniej trzy geny addytywne. Potwierdzają to otrzymane istotne wartości $\chi^2 = 9,12 < \chi^2_{\text{emp}} = 12,7$ dla długości liścia flagowego i $\chi^2 = 10,6 < \chi^2_{\text{emp}} = 12,7$ dla długości liścia podflagowego osobników pokolenia F₂ (rys. 3 i 4).



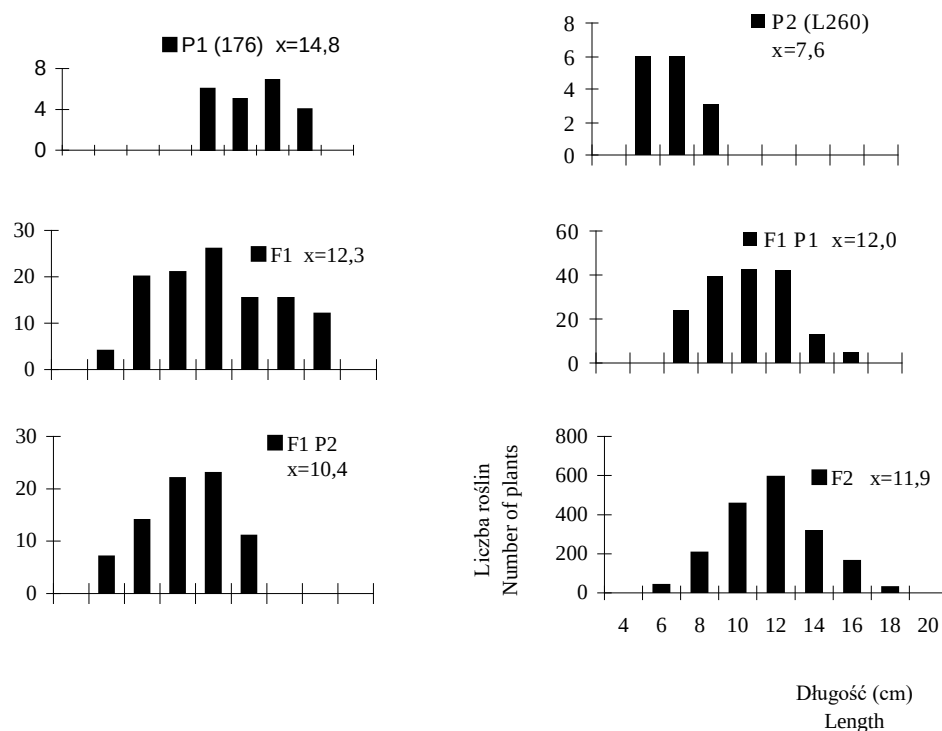
Rys. 1. Wielkość liścia flagowego L176 (z lewej strony), L260 (z prawej) i mieszańca pokolenia F₁ (w środku)

Fig. 1. Flag leaf size of L176 (the left), L260 (the right) and hybrid (in the middle)



Rys. 2. Wielkość liścia podflagowego L176 (z lewej strony), L260 (z prawej) i mieszańca pokolenia F₁ (w środku)

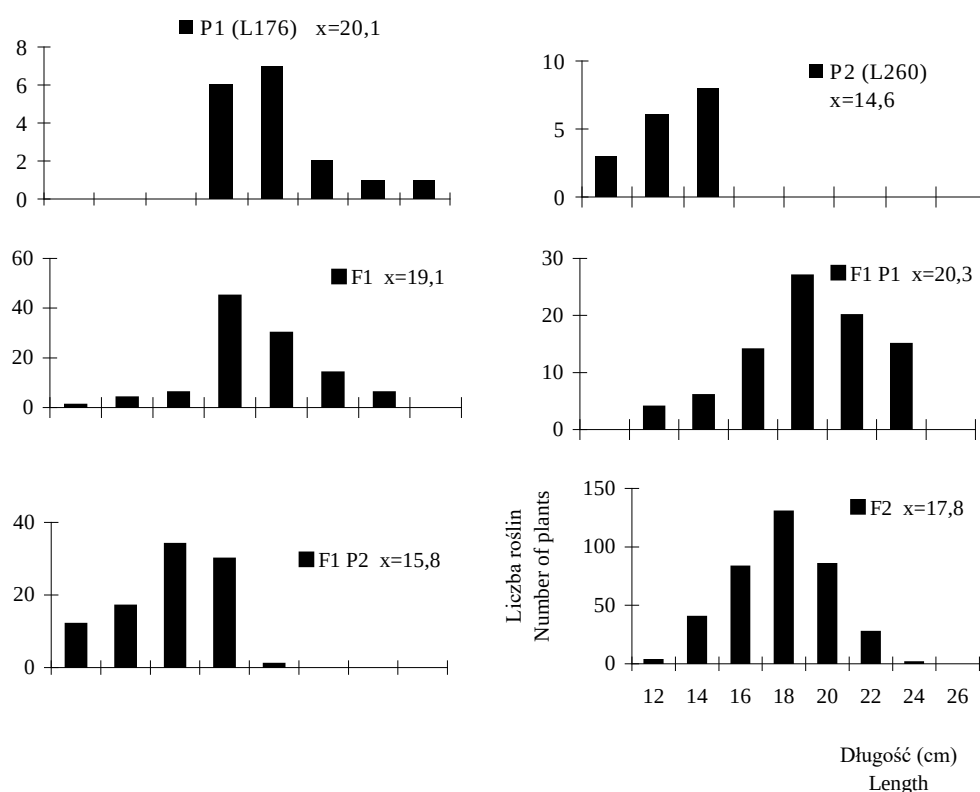
Fig. 2. Subflag leaf size of L176 (the left), L260 (the right) and hybrid (in the middle)



Rys. 3. Rozkład zmienności długości liścia flagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F₁ i F₂

Fig. 3. Distribution of flag leaf length in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F₁ and F₂ and in progeny of back-crosses

Na rysunku 5 i 6 przedstawiono rozszczepienie roślin pod względem szerokości liścia flagowego i podflagowego u form rodzicielskich L176 i L260 ich potomstwa pokoleń F₁, F₂ i krzyżówek wstecznych. Podobnie jak w przypadku długości liścia flagowego i podflagowego i dla ich szerokości, osobniki pokolenia F₁ miały pośrednią szerokość liścia flagowego i podflagowego, jednak bardziej zbliżoną do linii L176. W pokoleniu F₂ otrzymano mniejszy zakres zmienności, który wynosił dla szerokości liścia flagowego od 0,3 do 1,5 cm (rys. 5), a dla liścia podflagowego od 0,6 do 1,8 cm (rys. 6). Rozkład zmienności w pokoleniu F₂ dla cechy szerokości liścia flagowego i podflagowego przy istotnych współczynnikach: $\chi^2 = 3,0 < \chi^2_{\text{emp}} = 9,5$ i $\chi^2 = 3,2 < \chi^2_{\text{emp}} = 9,5$, wskazuje, że cecha szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta, determinowana jest mniejszą liczbą genów niż jego długość, a mianowicie dwoma genami o działaniu addytywnym.

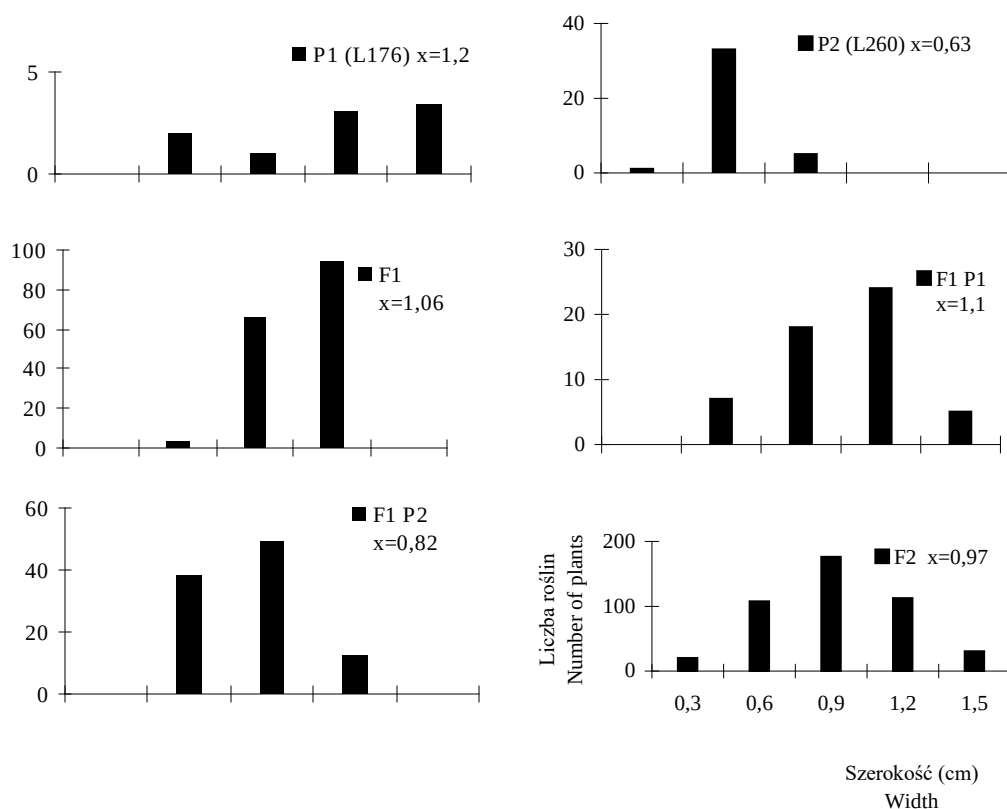


Rys. 4. Rozkład zmienności długości liścia podflagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F_1 i F_2

Fig. 4. Distribution of subflag leaf length in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F_1 i F_2 , and in progeny of back-crosses

Analizowane w pracy potomstwo pokolenia F_1 ($L176 \times L260$), charakteryzowało się wartościami pośrednimi pod względem długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego. Wyniki te są zgodne z uzyskanymi rezultatami badań nad długością liścia flagowego u pszenicy przez Borojevic i Kraljevic-Balatic (1984), Simon (1999), którzy także obserwowali pośrednią długość liścia flagowego w pierwszym pokoleniu mieszańcowym u pszenicy.

Badane cechy zaliczane są do cech ilościowych, które najczęściej warunkowane są genami polimerycznymi. Potwierdzeniem tego jest obserwowane rozszczepienie roślin w pokoleniu F_2 , które wskazuje na występowanie trzech genów o addytywnym działaniu



Rys. 5. Rozkład zmienności szerokości liścia flagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F₁ i F₂

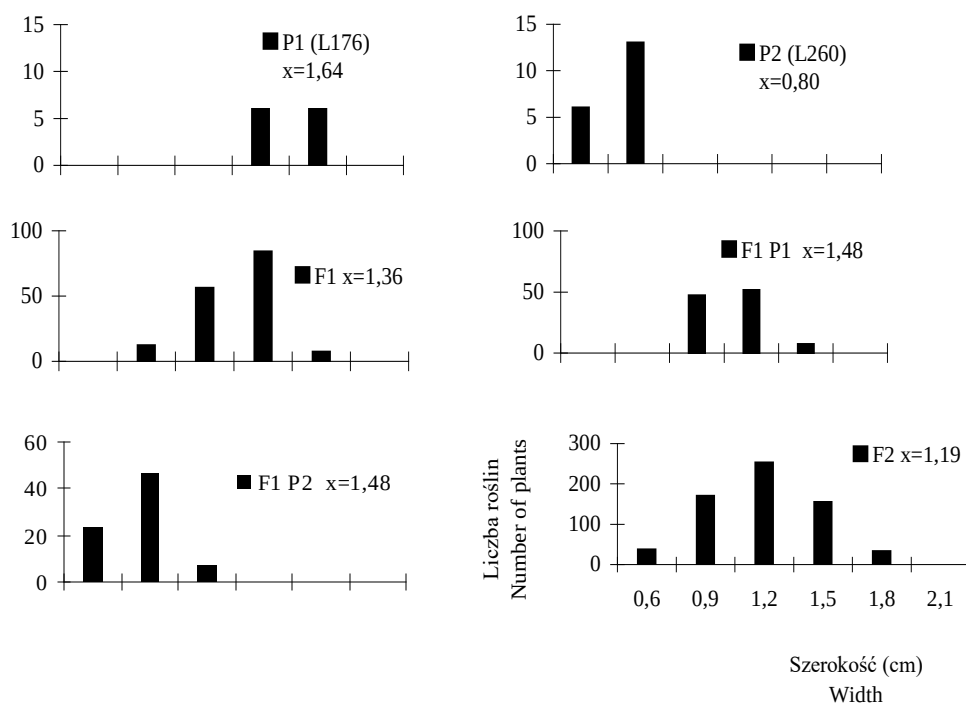
Fig. 5. Distribution of flag leaf width in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F₁ and F₂ and in progeny of back-crosses

w przypadku długości liścia flagowego i podflagowe oraz dwóch w przypadku ich szerokości.

Wielogenowe dziedziczenie długości i szerokości liścia flagowego zostało stwierdzone przez wielu badaczy: Hsu i Walton (1970), Lonc (1985), Simon (1999) u pszenicy i Chang i wsp. (1998) u ryżu. Częściowe dominowanie w dziedziczeniu szerokości liścia flagowego zaobserwowali u pszenicy Hsu i Walton (1970), natomiast Lonc (1985) obserwował taką samą prawidłowość w przypadku jego długości. Według Lonca (1985) szerokość blaszki liścia flagowego determinowana była działaniem genów epistatycznych. U odmian Rannaja 12 i Kaukaz zaobserwował przewagę genów dominujących, a u Luny — recesywnych. Wpływ genów recesywnych na długość i szerokość liścia flagowego u pszenicy zaobserwowali również Lbova i Czernyj (1981), w badaniach nad mieszańcem

Chinese Spring i Nowosybicka. Stwierdzono także, że krótszy i węższy liść flagowy zawsze był związany z krótszym kłosem i pędem.

W przypadku pszenicy badano nie tylko sposób dziedziczenia wielkości liścia flagowego, ale również wpływ poszczególnych chromosomów na jego wielkość. Afzal i Vahidy (1991) wykazali, że chromosomy 3AL i 5BL u odmiany Chinese Spring zwiększają wielkość liścia flagowego, zaś pozostałe chromosomy redukują.



Rys. 6. Rozkład zmienności szerokości liścia podflagowego u form rodzicielskich (L176 i L260) i potomstwa pokoleń F₁ i F₂

Fig. 6. Distribution of subflag leaf width in plants of the parental inbred lines (L176 and L260), in hybrids F₁ i F₂ and in progeny of back-crosses

Istotny wpływ wielkości liścia flagowego, a w mniejszym stopniu podflagowego na produkcję nasion u pszenicy zaobserwował Walton (1970). W swoich badaniach udowodnił, że udział liścia flagowego w produkcji nasion wynosi około 80%. Jednocześnie wyrażał on wątpliwość czy znaczne powiększenie liścia flagowego może zwiększyć plony ziarna.

Biorąc pod uwagę powyższe doniesienia z literatury trudno nie docenić wielkości liścia flagowego u zbóż, a szczególnie u pszenicy, ponieważ przeprowadzone dotychczas badania, świadczą o tym, że liść ten spełnia istotną funkcję w procesie dostarczania asymilatów do ziarna.

Uważa się, że u żyta ze względu na odmienny typ asymilacji (asymilacja źdźbłem), udział liścia flagowego w produkcji ziarna jest niższy. Przypuszczalnie genotypy o skrajnych wartościach tych cech będą miały zmieniony typ asymilacji, czego potwierdzeniem jest znaczny udział kłosa w procesie fotosyntezy u mutantu żyta (Kubicka, 1992). Prowadzone badania nad plonowaniem odmian mieszańcowych i populacyjnych żyta w powiązaniu ze sprawnością i wydajnością fotosyntetyczną liści wykazały, że odmiany silniej ulistnione, czyli odmiany heterozyjne, wydawały wyższy plon (Macierowski, inf. ustna).

Z tego względu w przyszłości należałoby równocześnie prowadzić selekcję na wielkość liści flagowego i podflagowego u żyta (liście te, bowiem utrzymują się najdłużej na roślinie) w powiązaniu z oceną ich aktywności fotosyntetycznej i ich wpływem na plonowanie.

WNIOSKI

1. Analizowane linie wsobne różniły się znacznie wielkością liścia flagowego i podflagowego, a także długością źdźbła.
2. Potomstwo pokolenia F_1 ($L176 \times L260$) miało pośrednią długość i szerokość liścia flagowego i podflagowego w porównaniu z formami rodzicielskimi.
3. Długość liścia flagowego i podflagowego u żyta ozimego w analizowanej krzyżówce ($L176 \times L260$), uwarunkowana była trzema genami o działaniu addytywnym.
4. Szerokość liścia flagowego i podflagowego u żyta determinowana była dwoma genami o działaniu addytywnym.

LITERATURA:

- Afzal A., Vahidy A. A. 1991. Ditelosomic analysis of some morphological characters in wheat *Triticum aestivum* cv. Chinese Spring. Wheat Information Service, 72: 18 — 24.
- Berdahl J. D., Rasmusson D. C., Moss D. N. 1972. Effect of leaf area photosynthetic rate, light penetration, and grain yield in barley. Crop Sci. 12: 177 — 180.
- Borojevic S., Kraljevic-Balatic M. 1984. Inheritance of leaf architecture at different stages of wheat development. Z. Pflanzenzüchtg. 93, 2: 89 — 100.
- Chang JaeKi, Oh B.G., Kim H. J., Lim S. J., Kim S.Ch., Sohn J. K. 1998. Genetic analysis of traits associated with panicle and flag leaf in tropical japonica rice. Korean Journal of Crop Science 43 (3): 135 — 140.
- Dunder J. 1975. Inheritance of the total leaf structure and its relationship to the grain and straw yield in some winter wheat forms. Gen. i Selekcja t. 8: 471 — 474.
- Fisher R. A., Rees D., Sayre K. D., Lu Z. M., Condon A. G., Larque Saavedra A. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci. 38: 1467 — 1475.
- Hsu P., Walton D.D. 1970. The inheritance of morphological and agronomic characters in spring wheat. Euphytica 19: 54 — 60.

- Jun B. T., Kwak T. S., 1984. Studies on the inheritance of quantitative characters in rice. III. Distribution of genes for various characters in the F₂ of a partial diallel cross of rice grown under cold — water irrigation and under natural conditions. Crop Sci. 26, 1: 44 — 49.
- Kubicka H. 1992. Winter rye plants with leaf-awned spikes in inbred generation. Genet. Pol. 33/3: 173 — 178.
- Kubicka H., Malepszy S., 1996. Zróżnicowanie wielkości liścia flagowego i podflagowego u żyta (*Secale cereale* L.). Biul. IHAR 200: 99 — 104.
- Lbova M.I., Czernyj I. W. 1981. Wpływ genów kontrolujących czułość na fotoperiod i obraz życia pszenicy na wyrażenie niektórych признаков produktywności roślin. Genetika t.17: 150 — 159.
- Lonc W. 1985. Sposoby działania genów warunkujących cechy ilościowe pszenicy ozimej. Hod. Rośl. Aklim. 29, 3/4: 1 — 10.
- Mahmood A., Alam K., Salam A., Iqbal S. 1991. Effect of flag leaf removal on grain yield, its components and quality of hexaploid wheat. Cereal Res. Commun. 19, 3: 305 — 331.
- Simon M.R. 1999. Inheritance of flag-leaf angle, flag-leaf area and flag-leaf area duration in four wheat crosses. Theor. Appl. Genet. 98: 310 — 314.
- Thorne G. N. 1965. Photosynthesis of ears and flag leaves of wheat and barley. Ann. Bot. 29: 317 — 320.
- Walton P. D. 1971. The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. Euphytica 21: 416 — 421.

IRENA KOLASIŃSKA¹**LUCJAN MADEJ**¹**STANISŁAW WĘGRZYN**²**ANDRZEJ CYGANKIEWICZ**²¹ Zakład Genetyki i Hodowli Roślin, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików² Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Ocena przydatności linii rodzicielskich żyta do hodowli mieszańców odpornych na porastanie

Evaluation of parental lines suitability for the breeding of sprouting resistant hybrids of rye

Materiał badań stanowiły pojedyncze mieszańce F_1 żyta pochodzące z krzyżowania linii męskosterylnych (linie P) z restorerami płodności (R) oraz ich komponenty rodzicielskie, wyhodowane w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Badania prowadzono w Radzikowie (RAH) w latach 1999 i 2000 oraz w Smolicach (SMH) w 2000 roku. Analizowane ziarno pochodziło z doświadczeń polowych (3 powtórzenia, siew siewnikowy, wielkość poletka 5 m²). Liczbę opadania (L.O.) oznaczano metodą Hagberga-Pertena w aparacie Falling Number 1800. Obliczenia statystyczne wyników wykonano za pomocą programów komputerowych "AGRO" oraz "WAKOMBK — (TP)" w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR Kraków. Przeprowadzono analizę wariancji dla genotypów oraz dla zdolności kombinacyjnej. Obliczono współczynniki odziedziczalności w szerokim h^2 (s) i w wąskim sensie h^2 (w) i ich błędy standardowe. Ponadto obliczono współczynniki korelacji między liczbą opadania linii rodzicielskich a ich zdolnością kombinacyjną oraz między liczbą opadania linii rodzicielskich a liczbą opadania ich mieszańców F_1 .

Badania wykazały istotne zróżnicowanie linii rodzicielskich oraz mieszańców F_1 pod względem liczby opadania w obu latach badań. Stwierdzono wyraźny wpływ warunków pogodowych miejscowości i lat na liczbę opadania. Mieszańce F_1 żyta charakteryzowały się istotnie wyższą liczbą opadania od linii rodzicielskich we wszystkich warunkach środowiska. Nie wykazano istotnej zależności między wartością linii rodzicielskich *per se* a ich zdolnością kombinacyjną oraz między liczbą opadania linii rodzicielskich a L.O. ich mieszańców. Wyodrębniono linie rodzicielskie przekazujące potomstwu wysoką liczbą opadania. Linie te mogą być wykorzystane w programie hodowli mieszańców żyta o podwyższonej odporności na porastanie i polepszonej wartości wypiekowej ziarna. Współczynnik odziedziczalności w szerokim sensie h^2 (s) wynosił $0,8366 \pm 0,2539$, a w wąskim sensie h^2 (w) wynosił $0,0034 \pm 0,0436$. Wydaje się, iż w dziedziczeniu liczby opadania badanych obiektów odgrywały rolę zarówno addytywne, jak i nieaddytywne formy działania genów ze znaczną przewagą tych ostatnich.

Słowa kluczowe: hodowla mieszańców, liczba opadania, linie wsobne, odporność na porastanie, wartość wypiekowa, zdolność kombinacyjna, żyto

F₁ single crosses between male sterile lines (P lines) and fertility restorers (R lines) were tested together with their parents in field experiments (3 replications, plot size — 5m²) at Radzików in two seasons (1999, 2000) and at Smolice in 2000.

Falling number was determined by the Hagberg-Perten method using the Falling Number 1800 instrument. Analysis of variance was carried out with the computer software "AGRO" and "WAKOMBK — (TP)". Effects of general (GCA) and specific combining ability (SCA) of parental lines were determined. Additionally, correlation coefficients were calculated between a line *per se* performance and combining ability effects as well as between the FN of parental lines and their single crosses.

A considerable variability (cv) of the falling number was found among the parental lines and among the single crosses in the both years. Analysis of variance indicated significant differences among the parental lines and among the single crosses for this character in the both years. Effects of the environmental conditions on the FN were pronounced. The FN of single crosses was higher than that of parental lines in all environments. Both general and specific combining abilities proved to be significant for the FN. No relation was found between a line *per se* performance and its GCA effect. High coefficient of heritability in broad sense ($0,8366 \pm 0,2539$) was indicated for the FN in 1999. Several lines with high and significant GCA effects for the FN could be used in hybrid rye breeding programmes for the improving sprouting resistance and baking quality.

Key words: baking quality, combining ability, falling number, hybrid breeding, inbred lines, rye, sprouting resistance

WSTĘP

Ważnym problemem w hodowli i uprawie żyta jest jego skłonność do porastania (Wolski i Pietrusiak, 1988). Problem ten pojawia się głównie w latach o dużej ilości opadów, w okresie przedzimoowym i w czasie zbioru żyta. W warunkach takich występuje przedzimoowe porastanie ziarna powodujące znaczne obniżenie wartości wypiekowej mąki żytniej. Pełna ocena wartości wypiekowej obejmująca analizy amylograficzne i wypiek laboratoryjny jest kosztowna, pracochłonna, wymaga dużej ilości ziarna, stąd jest wykonywana dla zaawansowanych materiałów hodowlanych. W początkowych etapach hodowli liczba opadania L.O. (Hagberg, 1960; Perten, 1964) jest używana jako cecha wskaźnikowa do charakteryzacji wartości wypiekowej ziarna. Wcześniejsze badania wykazały istotne korelacje między liczbą opadania a wskaźnikami oceny amylograficznej mąki żytniej: czasem rozklejania, temperaturą końcową kleikowania, maksymalną lepkością kleiku skrobiowego (Rattunde i in., 1994; Kolasińska i in., 1998 a, 1999). Ocena liczby opadania okazuje się być efektywnym, łatwym, szybkim testem do charakteryzacji wartości wypiekowej we wszystkich etapach programu hodowlanego. Żyto do celów konsumpcyjnych powinno wykazywać liczbę opadania ponad 110 s (Cygankiewicz, 1995).

Dotychczasowe prace wykazały, iż jest możliwe ulepszenie odporności na porastanie, a następnie jakości ziarna żyta zarówno w hodowli populacyjnej, jak i w hodowli odmian mieszańcowych. W hodowli populacyjnej osiągnięto znaczne podwyższenie odporności na porastanie w wyniku prowadzenia kierunkowej selekcji (Wolski, Pietrusiak, 1988). Hodowla odmian mieszańcowych stwarza także duże możliwości poprawienia tej cechy. Zdaniem wielu autorów istnieje duża zmienność genetyczna liczby opadania w większości materiałów hodowlanych (Geiger, Morgenstern, 1979; Kolasińska i in., 1998 a, 1999; Loock i in., 1990; Prestler i in., 1996). Efektywność selekcji opartej na liczbie opadania

linii *per se* wykazał Wehmann i wsp. (1991) dla linii z grupy Carsten stwierdzając istotną korelację między wartością cechy linii a ich ogólną zdolnością kombinacyjną. Dalszym dowodem potwierdzającym efektywność selekcji na liczbę opadania we wczesnych pokoleniach jest istotna korelacja między wartością cechy linii S_1 a ich potomstwem w późniejszych pokoleniach chowu wsobnego (Köhler i in., 1985; Kolasińska i in., 1998 b). Loock i wsp. (1990) oraz Wehmann i wsp. (1991) uważają, iż selekcja na liczbę opadania stwarza możliwość ulepszenia odporności na porastanie bez niekorzystnego wpływu na zdolność plonowania.

Celem badań było poznanie przydatności wartościowych linii męskosterylnych (linii P) i restorerów (R) do tworzenia odpornych na porastanie mieszańców F_1 żyta o dobrej wartości wypiekowej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły pojedyncze mieszańce F_1 żyta pochodzące z krzyżowania linii męskosterylnych (linie P) z restorerami płodności (R) oraz ich komponenty rodzicielskie, wyhodowane w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Badania prowadzono w latach 1999 i 2000 w Radzikowie (RAH) i w Smolicach (SMH) w 2000 roku:

- 48 mieszańców F_1 z krzyżowania 16 linii P z 3 restorerami (R), Radzików 1999 rok,
- 19 linii rodzicielskich (16 linii P, 3 restorery), Radzików 1999 rok,
- 40 mieszańców F_1 z krzyżowania 20 linii P z 2 restorerami, Radzików, Smolice 2000 rok,
- 22 linii rodzicielskich (20 linii P, 2 restorery), Radzików i Smolice 2000 rok.

Analizowane ziarno pochodziło z doświadczeń polowych (trzy powtórzenia, siew siewnikowy, wielkość poletka $5m^2$) prowadzonych w Radzikowie w 1999 roku oraz w Radzikowie i Smolicach w 2000 roku. Ogółem badaniami objęto 213 obiektów w trzech powtórzeniach, czyli 639 prób ziarna.

Liczbę opadania (L.O.) oznaczano metodą Hagberga-Pertena (Hagberg, 1961; Perten, 1964) w aparacie Falling Number 1800 (Norma ICC Standard No. 107 i AACC Standard No. 58–81B). Oznaczenia przeprowadzono w Pracowni Biochemii i Technologii Zbóż, Zakładu Roślin Zbożowych, Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Krakowie.

Obliczenia statystyczne wykonano za pomocą programów komputerowych "AGRO" i "WAKOMBK — (TP)", opracowanego w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR Kraków. Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji dla genotypów oraz analizę wariancji dla zdolności kombinacyjnej. Ponadto obliczono współczynniki odziedziczalności w szerokim h^2 (s) i w wąskim sensie h^2 (w) i ich błędy standardowe według Hallauer i Miranda (1995) z uwzględnieniem wag według Wricke i Weber (1986). Obliczono także współczynniki korelacji między liczbą opadania linii rodzicielskich a ich efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej oraz między L.O. rodziców a wartością tej cechy u mieszańców F_1 .

WYNIKI I DYKUSJA

Lata badań wyraźnie różniły się pod względem warunków meteorologicznych (tab. 1). W 1999 roku w Radzikowie wystąpiła niewielka ilość opadów w okresie przedżniwnym i w czasie zbioru żyta. Natomiast niekorzystny układ warunków pogodowych w tym okresie w 2000 roku stworzył warunki prowokacyjne dla porastania ziarniaków zarówno w Radzikowie, jak i w Smolicach. W Radzikowie wysoka ilość opadów, szczególnie w trzeciej dekadzie lipca, przy wysokiej temperaturze i wilgotności względnej powietrza sprzyjały przedżniwnemu porastaniu ziarniaków żyta. W Smolicach odnotowano trochę mniej opadów w ostatniej dekadzie lipca, niższą temperaturę i wilgotność względną powietrza.

W tabeli 2 przedstawiono współczynniki zmienności liczby opadania badanych obiektów w obu miejscowościach i latach. Stwierdzono znacznie większą zmienność wśród linii rodzicielskich niż ich mieszańców pojedynczych. Ponadto większą zmienność obserwowano w roku 2000 niż 1999 zarówno wśród linii rodzicielskich, jak i mieszańców. W Smolicach wystąpiła znacznie większa zmienność szczególnie wśród linii rodzicielskich ($cv = 51\%$) niż w Radzikowie ($cv = 37,2\%$). Współczynniki zmienności dla mieszańców były zbliżone w obu miejscowościach.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie przedżniwnym w Radzikowie (RAH) i w Smolicach (SMH) w latach 1999 i 2000

Weather conditions in pre-harvest time at Radzików (RAH) and Smolice (SMH) in 1999 and 2000									
Dekada lipca Decade of July	Suma opadów (mm) Total precipitation (mm)			Średnia dobową temperaturę (°C) Daily mean temperature (°C)			Średnia dobową wilgotność względną powietrza (%) Daily mean air relative humidity (%)		
	1999			2000			2000		
	RAH	RAH	SMH	RAH	RAH	SMH	RAH	RAH	SMH
1	8,7	27,5	32,6	24,2	18,0	17,3	86,4	85,1	76,0
2	21,0	21,7	41,7	23,3	17,0	14,9	86,7	86,4	80,0
3	1,0	27,8	22,8	24,1	21,3	17,6	92,1	97,3	80,0
Suma miesięczna Month total	30,7	77,0	97,1	716	563	498	2652	2688	2360
Średnia miesięczna Month mean	0,99	2,48	3,1	23,1	18,1	16,1	85,5	86,7	76,1

Tabela 2

Współczynniki zmienności liczby opadania linii rodzicielskich i mieszańców w Radzikowie i Smolicach w latach 1999 i 2000

Coefficient of variability for falling number of parental lines and hybrids at Radzików and Smolice in 1999 and 2000					
Miejscowość Location	Rok Year	Liczba obiektów Number of entries		Współczynnik zmienności (cv%) Coefficient of variability (cv%)	
		Linie P i R P and R lines	Mieszańce F ₁ F ₁ crosses	Linie P i R P and R lines	Mieszańce F ₁ F ₁ crosses
Radzików	1999	19	48	24,5	14,3
	2000	23	40	37,2	25,1
Smolice	2000	23	40	51,0	27,9

Analiza statystyczna wyników (tab. 3) wykazała istotne zróżnicowanie badanych genotypów zarówno linii rodzicielskich, jak i mieszańców F_1 pod względem liczby opadania. Średnie wartości liczby opadania mieszańców typu $P \times R$ i ich linii rodzicielskich w Radzikowie w 1999 roku przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 3

Analiza wariancji liczby opadania dla genotypów
Analysis of variance of falling number for genotypes

Źródło zmienności Source of variance	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średni kwadrat Mean square
Genotypy:	66	4508,64**
Rodzice a mieszańce Parents vs. crosses	1	331,00
Rodzice Parents	18	6541,65**
Mieszańce Crosses	47	3818,93**
Błąd Error	104	429,48

*, ** — Istotne odpowiednio przy $P = 0,05$ i $P = 0,01$

*, ** — Significant at $P = 0,05$ and $P = 0,01$, respectively

Tabela 4

Liczba opadania mieszańców z krzyżowania $P \times R$ i ich rodziców (pogrubiona) w Radzikowie w 1999 roku

Falling number of $P \times R$ crosses and their parents (bold) at Radzików in 1999

Linie P P lines		Restorery Restorers			
		5 R	340 R	363 R	Średnia Mean
Nr No	L. O.	181	97	171	150
103	237	290	231	257	259
130	192	219	186	249	218
332	147	251	195	254	233
343	188	247	226	289	254
349	220	224	169	254	215
399	72	234	189	251	225
420	213	254	186	237	226
463	203	248	232	277	252
482	199	287	258	294	280
620	253	279	206	270	251
904	238	267	247	271	262
2053	184	236	221	260	239
2130	191	232	225	269	242
2683	257	258	162	263	227
4475	213	248	176	217	214
53165	205	229	163	238	210
Średnia Mean	201	250	204	259	238

NIR ($P = 0,05$) - 31

LSD ($P = 0,05$) - 31

Wszystkie mieszańce charakteryzowały się wysoką i bardzo wysoką liczbą opadania (L.O. > 150 s). Większość linii rodzicielskich także wykazała wysoką i bardzo wysoką L.O. Tylko u dwóch linii rodzicielskich 399 P i 340 R stwierdzono liczbę opadania poniżej 100 s. W 2000 roku obserwowano odmienną sytuację. W Radzikowie większość mieszańców pojedynczych i prawie wszystkie linie rodzicielskie charakteryzowały się niską jakością ziarna (tab. 5).

Tabela 5

Liczba opadania mieszańców P × R i rodziców (pogrubiona) w Radzikowie w 2000 roku
Falling number of P × R crosses and parents (bold) at Radzików in 2000

Linie P P lines		Restorery Restorers		
		5 R	3332 R	Średnia Mean
Nr No	L. O.	65	65	64
103	65	91	97	96
118	62	75	75	75
121	83	117	127	122
130	65	77	81	79
167	185	100	117	109
343	62	84	81	83
381	74	118	141	130
383	81	123	136	130
399	62	76	76	76
447	87	103	125	114
463	64	112	141	127
482	83	137	171	154
620	64	100	111	106
854	90	131	160	146
904	143	89	83	86
2130	62	75	83	79
2683	63	88	92	90
4475	63	72	86	79
5491	88	84	84	84
54206	71	96	85	91
Średnia Mean	81	97	108	103

NIR (P = 0,05) - 17

LSD (P = 0,05) - 17

Spośród ocenianych linii rodzicielskich wyróżniły się tylko dwie linie — 167 P i 904 P. Liczba opadania wynosiła odpowiednio 185 s i 143 s. W Smolicach 6 linii (167 P, 904 P, 4475 P, 854 P, 5491 P, 54206 P) wykazało liczbę opadania ponad 110 s (tab. 6). Warunki pogodowe w 2000 roku sprzyjające porastaniu pozwoliły na stwierdzenie, iż linie P (118, 343, 399, 2130, 2683) wartościowe pod względem wielu cech hodowlanych wykazują wrażliwość na porastanie i przekazują tę cechę swoim mieszańcom. Na uwagę zasługują linie wyróżniające się L.O. w obu miejscowościach — 167 P i 904 P. Porównano liczbę opadania 11 mieszańców pochodzących z krzyżowania linii P z restorerem 5R i ich linii rodzicielskich w latach 1999 i 2000. W tych latach badań średnia liczba opadania linii rodzicielskich wynosiła odpowiednio 202 s i 72 s, a mieszańców 255 s i 91 s. W 1999 roku

wszystkie mieszańce pojedyncze i wszystkie linie rodzicielskie wykazały dobrą jakość ziarna, z wyjątkiem 399 P. Na niekorzystne warunki pogodowe 2000 roku wszystkie obiekty zareagowały wyraźnym obniżeniem jakości ziarna. Tylko dwa mieszańce (482 × 5R i 463 × 5R) i jedna linia męskosterylna (904 P) wykazały zadawalającą liczbę opadania.

Tabela 6

Liczba opadania mieszańców P × R i rodziców (pogrubiona) w Smolicach w 2000 roku
Falling number of P × R crosses and parents (bold) at Smolice in 2000

Linie P P lines		Restorery Restorers		
		5 R	3332 R	Średnia Mean
Nr No	L.O.	68	62	65
103	78	154	104	129
118	71	89	108	99
121	107	176	197	187
130	71	126	115	121
167	270	155	184	170
343	67	132	83	108
381	81	173	173	173
383	97	105	136	121
399	65	97	110	104
447	81	193	221	207
463	70	170	138	154
482	83	229	216	223
620	81	153	135	144
854	127	179	181	180
904	194	127	142	135
2130	62	83	90	87
2683	63	117	86	102
4475	140	163	94	129
5491	121	158	132	145
54206	120	155	135	145
Średnia Mean	102	147	139	143

NIR (P = 0,05) - 19

LSD (P = 0,05) - 19

Analiza wariancji zdolności kombinacyjnej przedstawiona w tabeli 7 wykazała istotną zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej (OZK) linii męskosterylnych i restorerów oraz istotną zmienność swoistej zdolności kombinacyjnej (SZK) mieszańców. Wydaje się, iż w dziedziczeniu liczby opadania odgrywały role zarówno addytywne, jak i nieaddytywne formy działania genów. W tabeli 8 zamieszczono efekty ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej badanych obiektów. Dodatkowo, istotnie różne od zera efekty OZK wykazały linie męskosterylne: 103, 130, 332, 420, 2053, 53165 oraz restorer 5 R. Wymienione linie rodzicielskie podwyższały liczbę opadania potomstwa. Natomiast linie męskosterylne: 349, 399, 463, 2130, 2683, oraz restorer 363 R wpłynęły na obniżenie liczby opadania mieszańców (istotne, ujemne efekty OZK).

Tabela 7

Analiza wariancji zdolności kombinacyjnej liczby opadania
Analysis of variance for combining ability of falling number

Zródło zmienności Source of variance	Stopnie swobody Degrees of freedom	Sredni kwadrat Mean square
OZK linii P GCA of P lines	15	1643,67**
OZK restorerów GCA of restorers	2	4673,90**
SZK P × R SCA P × R	30	860,90**
Błąd Error	104	141,11

*, ** — Istotne odpowiednio przy P = 0,05 i P = 0,01

*, ** — Significant at P = 0,05 and P = 0,01, respectively

Tabela 8

Efekty ogólnej i specyficznej wartości kombinacyjnej dla liczby opadania
Effects of general and specific combining ability for falling number

Linie P P lines	Restorery Restorers			OZK linii P GCA of P lines
	5 R	340 R	363 R	
103	-9,83	-1,11	10,94	39,97**
130	-28,12**	19,01*	9,12	13,62**
332	22,47*	-34,47**	12,00	15,72**
343	-15,38	13,11	2,27	9,90
349	-35,00**	-16,20	51,20**	-48,41**
399	-3,31	-57,56**	60,86**	-30,24**
420	-13,74	21,67*	-7,93	17,19*
463	24,73**	-5,59	-19,14*	-20,55**
482	-0,64	14,39	-13,75	-5,67
620	-6,80	0,78	6,01	3,80
904	48,20**	-8,77	-39,40**	-9,98
2053	14,94	18,07	-33,01**	15,20*
2130	22,42*	2,85	-25,27**	-13,60*
2683	12,76	15,86	-28,62**	-16,16*
4475	-15,70	9,07	6,63	-6,16
53165	-16,97	8,88	8,09	35,39**
OZK restorerów GCA of restorers	16,07*	1,88	-17,95**	

*, ** — Istotne odpowiednio przy P = 0,05 i P = 0,01

*, ** — Significant at P = 0,05 and P = 0,01, respectively

Współczynnik odziedziczalności w szerokim sensie h^2 (s) był wysoki i wynosił $0,8366 \pm 0,2539$. Natomiast współczynnik odziedziczalności w wąskim sensie h^2 (w) wynosił $0,0034 \pm 0,0436$. Taka różnica w wielkości współczynników odziedziczalności w szerokim i wąskim sensie wskazuje na dużą rolę nieaddytywnych form działania genów w dziedziczeniu liczby opadania. Nie wykazano istotnej korelacji ani między liczbą opadania linii rodzicielskich a ich efektami ogólnej zdolności kombinacyjnej ($N = 19$), ani między L.O. rodziców a wartością tej cechy u mieszańców F_1 w obu latach badań ($N = 19$ i $N = 23$). Brak korelacji może być wynikiem zarówno małej liczebności badanych obiektów jak również warunków pogodowych w okresie przedzimoowym, które spowodowały, iż w 1999 roku przeważająca większość obiektów charakteryzowała się wysoką L.O., a w 2000 roku

większość obiektów miała niską liczbę opadania. W takiej sytuacji praca hodowcy byłaby bardzo utrudniona, gdyż należałoby oceniać liczbę opadania zarówno linii rodzicielskich, jak i mieszańców otrzymanych z ich udziałem. Pociuszający jest fakt, iż niektórzy autorzy (Wehmann i in., 1991; Presterl i in., 1996) wskazywali na wysoką efektywność selekcji opartej na liczbie opadania linii *per se* ze względu na istnienie istotnej korelacji między wartością tej cechy linii *per se* a ich zdolnością kombinacyjną oraz wysokie współczynniki odziedziczalności (0,6–0,8).

W celu wyjaśnienia tego ważnego dla hodowców problemu konieczne są dalsze badania, obejmujące większą liczbę obiektów ocenianych w różnych warunkach środowiska.

WNIOSKI

1. Istnieje możliwość ulepszenia liczby opadania u mieszańców żyta ze względu na dużą zmienność tej cechy wśród posiadanych materiałów hodowlanych, oraz wysoki współczynnik odziedziczalności h^2 (s).
2. Wstępnie wyselekcjonowane obiekty wyróżniające się wysoką liczbą opadania i zdolnością przekazywania tej cechy potomstwu mogą być wykorzystane w dalszych etapach programu hodowli do ulepszenia odporności na porastanie i wartości wypiekowej mieszańców żyta.
3. Wydaje się, iż w dziedziczeniu liczby opadania badanych obiektów odgrywały rolę zarówno addytywne jak i nieaddytywne formy działania genów ze znaczną przewagą tych ostatnich.
4. Warunki pogodowe w okresie przedzimoowym wywarły wyraźny wpływ na liczbę opadania badanych obiektów.

LITERATURA

- Cygankiewicz A. 1995. Wartość wypiekowa nowych rodów żyta. Biul. IHAR 195/196: 323 — 328.
- Geiger H. H., Morgenstern K. 1979. Stand der Hybridzüchtung bei Roggen. Getreide, Mehl und Brot 33: 225 — 231.
- Hagberg S. 1960. A rapid method for determining alpha-amylase activity. Cereal Chem. 37: 218 — 222.
- Hallauer A.R., Miranda J.B. 1995. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ. Press, Ames.
- Kolańska I., Madej L., Cygankiewicz A. 1998 a. Zmienność liczby opadania w liniach wsobnych i mieszańcach żyta. Biul. IHAR 205/206: 51 — 58.
- Kolańska I., Osiński R., Osińska A. 1998 b. Zmienność cech związanych z wartością żywieniową w liniach wsobnych żyta. Biul. IHAR 205/206: 59 — 69.
- Kolańska I., Madej L., Cygankiewicz A. 1999. Zmienność liczby opadania w komponentach rodzicielskich mieszańców żyta. Biul. IHAR 211: 281 — 292.
- Köhler K. L., Geiger H. H., Wilde P. 1985. Analysis of inbreeding effects on falling number in diploid winter rye. Proc. Eucarpia Meeting of the Cereal Section on Rye, Part 2 Svalöv, Sweden: 525 — 536.
- Loock A., Geiger H. H., Wehmann F. 1990. Recurrent selection for falling number in rye. In: Proc. 5th Int. Symp. on Pre-Harvest Sprouting in Cereals. K. Ringlund et al. (eds.). Westview Press, Boulder, Colorado.
- Perten H. 1964. Application of the falling number method of evaluating alpha-amylase activity. Cereal Chem. 41: 127 — 128.

- Presterl T., Spanakakis F., Looock A., Rattunde F., Miedaner T., Geiger H. H. 1996. Improving falling number in rye: Genetic basis and selection strategies. *Vortr. Pflanzenzüchtg.* 35: 121 — 128.
- Rattunde H. F., Geiger H. H., Weipert D. 1994. Variation and covariation of milling-and baking-quality characteristics among winter rye single cross hybrids. *Plant Breeding* 113: 287 — 293.
- Wehmann F., Geiger H. H., Looock A. 1991. Quantitative-genetic basis of sprouting resistance in rye. *Plant Breeding* 106: 196 — 203.
- Wolski T., Pietrusiak A. 1988. Breeding of rye for high falling number. *Hod. Rośl. Aklim.* 32: 305 — 309.
- Wricke G., Weber W.E. 1986. Quantitative genetics and selection in plant breeding. Walter de Gruyter, Berlin, New York.

PIOTR MASOJC

Katedra Hodowli Roślin

Akademia Rolnicza, Szczecin

Ocena wartości hodowlanej rodów żyta o podwyższonej odporności na porastanie*

Assessment of the breeding value of rye strains with increased sprouting resistance

Dokonano próby wprowadzenia genów odporności na porastanie z odpornej linii wsobnej Ot1-3 do odmian krajowych żyta ozimego. W tym celu otrzymano mieszańce BC₂ odmian Dańkowskie Złote, Wibro, Warko, Amilo, Dańkowskie Nowe z linią wsobną i w dalszych pokoleniach (F₁–F₆) prowadzono selekcję w kierunku odporności na porastanie i przywrócenia pozostałych cech odmianowych. Większość wyselekcjonowanych rodów wraz z wysoką odpornością odziedziczyła niekorzystne cechy linii Ot1-3, rzutujące na niską przydatność hodowlaną. Odporne na porastanie i dobrze plonujące, na poziomie odmiany rodzicielskiej, rody otrzymano jedynie w potomstwie mieszańca z udziałem odmiany Wibro. Ród A100 odznaczał się wysoką liczbą opadania, dorównując pod tym względem odmianie Amilo, natomiast ród A94 wykazywał najwyższy stopień odporności na porastanie.

Słowa kluczowe: aktywność α -amylazy, porastanie, selekcja, żyto

An attempt to introduce genes for sprouting resistance from the resistant inbred line Ot1-3 to Polish rye cultivars was performed. In the course of study, five BC₂ crossess between cvs. Dańkowskie Złote, Wibro, Warko, Amilo, Danko and the inbred line were developed. Their F₁–F₆ generations were selected for sprouting resistance and high yielding traits. Majority of thus selected strains proved to inherit unsatisfactory features from the line Ot1-3, which determined their low breeding value. Sprouting resistant and well yielding strains were developed only from the cross with cv. Wibro as maternal parent. Strain A100 shows high falling number — similar to that of sprouting resistant cv. Amilo and the strain A94 exhibits the highest level of sprouting resistance among studied materials.

Key words: α -amylase activity, rye, selection, sprouting

WSTĘP

Jedną z głównych trudności w hodowli odmian żyta o niskiej podatności na porastanie jest wąska baza genetyczna dotąd wyodrębnionych źródeł odporności. W obrębie form uprawnych stanowi ją głównie wyhodowana w Szwecji odmiana Otello (Persson, 1976) oraz krajowa odmiana Amilo (Wolski, Pietrusiak, 1988). Istnieją również możliwości

* Praca wykonana w ramach projektu nr 5P06A 001 15, finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

wykorzystania dzikich gatunków żyta takich jak *S. silvestre*, czy *S. vavilovii*, na co wskazuje Plarre (1980), lecz droga do uszlachetnienia mieszańców oddalonych jest trudna i pracochłonna. Próby przeniesienia genów odporności na porastanie z odmiany Otello do polskich materiałów hodowlanych nie przyniosły dotąd spodziewanych rezultatów (Pietrusiak, inf. ustna). Odnotowano znaczne trudności z eliminacją ujemnych cech związanych z genotypem Otello, takich jak drobne ziarno, niskie plonowanie, opóźnione dojrzewanie. W jedynej krajowej odmianie populacyjnej o wysokiej odporności na porastanie, jaką jest Amilo połączono dobrą plenność i wysoką liczbę opadania dzięki korzystnej rekombinacji cech wnoszonych przez odmiany Dańkowskie Złote, Wojcieszyskie i Sangaste (Wolski, Pietrusiak, 1988). Natomiast Rzepka (1992) otrzymała formy o niskiej aktywności α -amylazy na drodze krzyżowań oddalonych między odmianami uprawnymi a *S. vavilovii* i wieloletniej selekcji w obrębie rozszczepiających się potomstw.

Wśród szerokiego zestawu linii wsobnych żyta badanych pod względem odporności na porastanie i aktywności α -amylazy (Hryniuk, 1999), zdecydowanie najlepszą okazała się linia Ot1-3 wyprowadzona w drodze chowu wsobnego z odmiany Otello. Porastanie tej linii badane w warunkach prowokacyjnych przez okres pięciu lat było zbliżone do zera. Niska jest również aktywność α -amylazy w ziarnie. Natomiast liczba opadania waha się w zależności od roku badań od 140–170 s. Przypuszczalnie, stosunkowo niska liczba opadania linii Ot1-3 wynika z depresji wsobnej, której efektem jest drobne ziarno oraz krótki i zbity kłos. Z drugiej strony, linię tę cechuje duża odporność na patogeny grzybowe i wyleganie.

W roku 1994 otrzymano mieszańce BC₂ pięciu krajowych odmian populacyjnych żyta (Dańkowskie Złote, Amilo, Wibro, Warko, Dańkowskie Nowe) z linią Ot1-3 jako formą ojcowską (Masojć i in., 1996; Masojć, Vu, 1997). W obrębie pokoleń BC₂ i F₁-F₃ izolowano pary najdorodniejszych roślin, które dodatkowo selekcjonowano pod względem odporności na porastanie ocenianej w warunkach prowokacyjnych. Efekty selekcji w pokoleniach F₁-F₃ były obiecujące. W poszczególnych populacjach i w kolejnych pokoleniach wyodrębniano od 10–40% roślin wykazujących niski stopień porastania w kłosach (0–10%) (Masojć i in., 1997). Począwszy od pokolenia F₄, wyselekcjonowane potomstwa par roślin były wysiewane punktowo na oddzielnych 3–8 rządkowych poletkach i oceniane pod względem pokroju i wyrównania. Na tym etapie większość otrzymanych rodów została wyeliminowana z dalszej oceny ze względu na utrzymywanie się w nich prymitywnych cech, krótkiego kłosa i drobnych ziarniaków, odziedziczonych od linii Ot1-3. Formy o wysokiej odporności na porastanie, utrzymujące równocześnie wyrównanie pod względem pokroju roślin otrzymano jedynie w potomstwach wywodzących się z kojarzeń z odmianami Wibro, Dańkowskie Złote i Amilo.

Celem prezentowanej pracy była ocena wartości wyselekcjonowanych rodów żyta pod względem odporności na porastanie, liczby opadania i kilku cech charakteryzujących ich potencjał plonotwórczy w odniesieniu do wyjściowych odmian uprawnych.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem badań było sześć rodów żyta otrzymanych w drodze selekcji (Masojć, Vu, 1997), prowadzonej w pokoleniach F_1 – F_6 mieszańców:

- BC2[(Wibro × Ot1-3) × Wibro] × Wibro — (A100, A94, A96)
- BC2[(Amilo × Ot1-3) × Amilo] × Amilo — (A13, A31)
- BC2[(Dańkowskie Złote × Ot1-3) × Dańk. Zł.] × Dańk. Zł. — (A38).

Rody i odmiany Wibro, Amilo, Warko oraz Dańkowskie Złote wysiano w roku 1999 w rozstawie 5 x 20 cm na poletkach o powierzchni 1 m² w trzech powtórzeniach, w układzie bloków losowanych. Doświadczenie założono w polu na terenie Hali Wegetacyjnej Akademii Rolniczej w Szczecinie, na glebie gliniastej lekkiej, stosując nawożenie w przeliczeniu na hektar równe 60 kg N + 30 kg P + 90 kg K. W celu oznaczenia odporności na porastanie, w fazie dojrzałości pełnej pobierano losowo po 20 kłosów z poletka. Bezpośrednio po zbiorze kłosy umieszczano w komorze cieplnej o wilgotności względnej 100% i temp. 25°C na okres 7 dni, stosując codzienne obfite zraszanie wodą. Porastanie wyrażano jako częstość (%) porośniętych ziarniaków w całości próby.

Liczbę opadania określano metodą Hagberga-Pertena na śrucie otrzymanej w młynku laboratoryjnym dołączonym do aparatu Pertena produkcji krajowej (typ SWD). Aktywność α -amylazy ustalono na podstawie średnicy krążka dyfuzyjnego (mm) utworzonego przez enzym w żelu agarozowym (Masojć, Larsson-Raźnikiewicz, 1991). Wrażliwość ziarniaków na kwas abscysynowy (ABA) oceniano na podstawie energii kiełkowania ziarna umieszczonego w 10⁻⁴ M roztworze ABA w 30. dniu po zbiorze. Jak wykazały wcześniejsze badania w okresie do kilku tygodni po ustąpieniu spoczynku ABA hamuje kiełkowanie ziarniaków żyta (Masojć i in., 1996; Masojć, Vu, 1997). Ponadto określono plon ziarna i liczbę kłosów z poletka, masę tysiąca ziaren (MTZ) oraz zmierzone na próbce 25 źdźbeł głównych — wysokość roślin i długość kłosa.

Wyniki poddano analizie wariancji przy użyciu programu Microsoft Excel 97. Istotność różnic między rodami i odmianami ustalono testem t-Studenta, obliczając wartości NIR dla poszczególnych cech.

WYNIKI I DYSKUSJA

Potomstwa par roślin umieszczonych w okresie kwitnienia pod wspólnym izolatorem i uznanych na podstawie oceny stopnia kiełkowania w kłosach za odporne na porastanie wysiano w roku 1997 na poletkach o powierzchni 0,5–1,0 m². Pozwoliło to na dokonanie w roku 1998 wstępnej oceny materiałów pod względem cech o znaczeniu selekcyjnym jak: wczesność, wysokość roślin, długość kłosa, wyrównanie i dorodność ziarna. Otrzymane w wyniku selekcji rody były pod względem wymienionych cech zbliżone do odmian użytych jako komponenty wypierające w mieszańcach BC₂. Rody odznaczały się większą odpornością na porastanie niż odmiany wyjściowe Wibro i Dańkowskie Złote (tab. 1). Jedynie ród A13 nie przewyższał pod tym względem odmiany Amilo. Potwierdzenie uzyskania znaczącego postępu hodowlanego w przypadku rodów A100, A94 i A38 uzyskano również w roku 1999. Dodatkowego argumentu na rzecz genetycznego

uwarunkowania zaobserwowanej różnicy selekcyjnej między rodami i odmianami wyjściowymi dostarczyły badania wrażliwości ziarniaków na kwas abscysynowy.

Tabela 1

**Ocena odporności na porastanie odmian i otrzymanych w drodze selekcji rodów żyta
w latach 1998-1999**
**Evaluation of sprouting resistance in rye cultivars and strains developed through selection
in years 1998-1999**

Ród / Odmiana Strain / Cultivar	Porastanie w roku 1998 Sprouting in 1998 [%]	Porastanie w roku 1999 Sprouting in 1999 [%]	Kiełkowanie w roztworze ABA w 1999 [%] Germination in ABA solution in 1999 [%]
A100	5,8	1,6	23,3
A94	7,4	3,8	10,2
Wibro	33,5	8,5	75,0
A38	7,5	3,1	26,5
Dańkowskie Złote	25,0	15,8	75,0
A13	23,0	4,2	35,5
Amilo	17,5	0,5	25,6

Stwierdzono, że podwyższona odporność na porastanie rodów A100, A94 i A38 była związana z większą niż u odmian wrażliwością ziarniaków na egzogeny inhibitor kiełkowania. Związek wrażliwości ziarniaków na ABA z odpornością na porastanie ujawnił się również w przypadku odmiany Amilo i wywodzącego się z niej rodu A13. Obserwowana zależność potwierdza wcześniej uzyskane wyniki (Masojć i in., 1996, 1997), świadcząc o przydatności testu wrażliwości ziarna na ABA do identyfikacji form żyta o podwyższonej odporności na porastanie. Więcej informacji o wartościach otrzymanych w drodze selekcji rodów dostarczają wyniki doświadczenia przeprowadzonego w roku 2000 (tab. 2). W tym szczególnie sprzyjającym porastaniu sezonie wegetacyjnym, ze względu na panujące latem warunki pogodowe (obfite opady deszczu w lipcu i na początku sierpnia), odporność na porastanie demonstrowana przez badane rody była wysoce zadowalająca.

Wszystkie wykazały istotnie mniejszą skłonność do porastania niż odmiany rodzicielskie, z wyjątkiem rodu A13. Mimo iż liczba opadania nie była kryterium prowadzonej selekcji, uzyskano znaczny postęp pod względem tej cechy w stosunku do odmian rodzicielskich. Liczba opadania rodu A100 była zbliżona do wartości osiągniętej przez odmianę Amilo i odbiegała znacznie od poziomu odmiany Wibro. Biorąc pod uwagę warunki roku 2000 liczbę opadania rodów A94 i A13 można uznać za wysoką, tym bardziej, że nie była ona istotnie niższa od wartości osiągniętej przez odmianę Amilo. Natomiast ród A38 pochodzący od odmiany Dańkowskie Złote był pod względem liczby opadania zbliżony do odmiany Warko, przewyższając jednak odmianę wyjściową. Zdecydowanie najlepsze pod względem odporności na porastanie rody A100 i A94 nie różniły się istotnie potencjałem plonotwórczym od rodzicielskiej odmiany Wibro.

Tabela 2

Charakterystyka rodów żyta otrzymanych w drodze selekcji w kierunku zwiększonej odporności na porastanie na tle odmian uprawnych

Characterisation of the rye strains developed in course of selection for sprouting resistance in comparison to rye cultivars

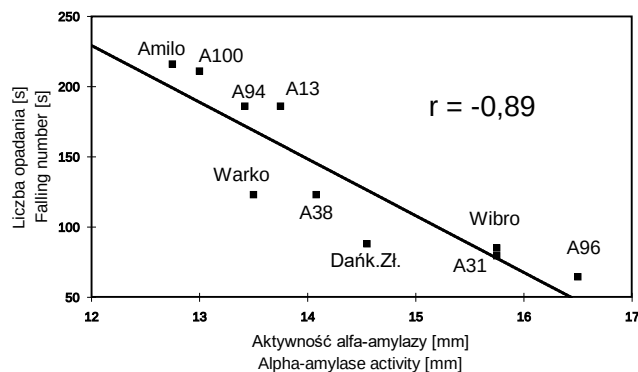
Ród / Odmiana Strain / Cultivar	Porastanie w kłosie Sprouting in the ear [%]	Liczba opadania Falling number [s]	Plon ziarna z poletka Yield per plot [g/m ²]	Liczba kłosów z poletka Ears per plot	MTZ Thous and kernels mass [g]	Wysokość roślin Plant height [cm]	Długość kłosa Ear length [cm]
A100	6,1	211	481,3	252,0	37,7	121,4	11,6
A94	3,2	186	508,6	285,3	37,1	114,0	11,6
Wibro	14,2	85	490,3	225,3	43,9	121,3	11,5
A13	4,0	186	630,6	342,7	40,5	120,9	11,6
Amilo	4,3	216	302,2	161,0	42,2	112,3	10,6
A38	5,7	123	350,6	221,3	36,3	123,5	10,6
Dańk. Zł.	11,8	88	579,6	318,3	45,3	122,0	10,6
Warko	12,4	123	278,5	134,0	47,6	110,7	11,0
NIR _{0,05}	4,8	51	141,1	55,1	2,8	4,1	0,4
LSD _{0,05}							

Zbliżony poziom wartości stwierdzono także dla liczby kłosów z poletka, wysokości roślin i długości kłosa. Istotnie niższa u rodów w porównaniu z odmianą Wibro była jedynie masa tysiąca ziaren. Z kolei ród A13 przewyższał odmianę Amilo pod względem plonu ziarna, liczby kłosów i długości kłosa, przy zachowaniu zbliżonej masy tysiąca nasion. Podwyższona w stosunku do odmiany Dańkowskie Złote odporność na porastanie rodu A38 była związana z niższym potencjałem plonotwórczym. Wyraziło się to w stosunkowo niskim plonie, niższej liczbie kłosów i zmniejszonej masie tysiąca ziaren.

Obiekty objęte doświadczeniem poletkowym jak również dwa dodatkowe rody wykazujące dobrą odporność na porastanie — A31, z odmiany Amilo i A96, z odmiany Wibro — zostały zbadane pod względem aktywności α -amylazy (rys. 1). Wyniki badań potwierdziły istnienie wysoce istotnej korelacji między pomiarem aktywności enzymu na podstawie średnicy krążka dyfuzyjnego a liczbą opadania ($r = -0,89$). Rody A31 i A96, mimo dobrej odporności na porastanie wykazały wysoką aktywność α -amylazy i niską liczbę opadania. W ich przypadku kryterium selekcji oparte na pomiarze porastania w kłosach okazało się niewystarczające.

Uzyskane efekty prac selekcyjnych wskazują na niską częstość, w potomstwach większości otrzymanych mieszańców, korzystnych rekombinantów łączących odporność na porastanie linii Ot1-3 z wysokim potencjałem plonotwórczym odmian uprawnych. Tym bardziej interesujący wydaje się duży postęp hodowlany uzyskany w przypadku mieszańca BC₂ z odmianą Wibro jako komponentem wypierającym. Odmiana ta zawiera w swoim rodowodzie inną podatną na porastanie odmianę Motto i tym można tłumaczyć jej stosunkowo niską liczbę opadania. Jednakże już ocena pierwszych rozszczepiających się potomstw F₁–F₃ pozwoliła stwierdzić znaczną częstość roślin, zbliżonych pokrojem do typu odmianowego, a równocześnie odpornych na porastanie. Świadczy to o dobrej specyficznej zdolności kombinacyjnej obu komponentów krzyżówki. Z pewnością otrzymane rody A100 i A94 nie reprezentują najlepszych rekombinantów pojawiających

się w potomstwie mieszańca Wibro $\times$ Ot1-3, gdyż skala doświadczenia selekcyjnego nie była duża (ok. 2500 wyjściowych roślin BC₂). Uzyskane wyniki są zatem zachęcające do podjęcia szerzej zakrojonych prac hodowlanych nad tym mieszańcem.



Rys. 1. Korelacja między liczbą opadania a średnicą krążka dyfuzyjnego utworzonego w żelu przez alfa-amylazę określona u badanych rodów i odmian żyta

Fig. 1. Correlation between falling number and the diameter of the diffusion circle developed in the agarose gel by alpha-amylase, determined in the rye strains and cultivars studied

WNIOSKI

1. Osiągnięto znaczący postęp hodowlany w obrębie potomstwa mieszańca BC₂[(Wibro $\times$ Ot1-3) $\times$ Wibro] $\times$ Wibro. Otrzymane w wyniku selekcji rody A100 i A94 odznaczają się wysoką odpornością na porastanie i wysoką liczbą opadania przy zachowaniu potencjału plonotwórczego odmiany rodzicielskiej.
2. Selekcja w obrębie mieszańców BC₂[(Amilo $\times$ Ot1-3) $\times$ Amilo] $\times$ Amilo oraz BC₂[(Dańkowskie Złote $\times$ Ot1-3) $\times$ Dańkowskie Złote] $\times$ Dańkowskie Złote doprowadziła do otrzymania odpowiednio rodów A13 i A38, które mimo znacznej odporności na porastanie nie dorównują odmianom wyjściowym pod względem liczby opadania (A13) lub plonowania (A38).
3. Uzyskano potwierdzenie wysoce istotnej korelacji między liczbą opadania a aktywnością α -amylazy ocenioną przy użyciu metody dyfuzyjnej. Świadczy to o możliwości wykorzystania tej metody we wczesnych etapach selekcji genotypów odpornych na porastanie.
4. Stwierdzono istnienie silnego związku między podatnością na porastanie a wrażliwością ziarna żyta na egzogenne ABA. U rodów będących efektem selekcji w kierunku obniżenia skłonności do porastania w kłosie podwyższona została także wrażliwość na ABA. Test kiełkowania ziarna z użyciem ABA może znaleźć zastosowanie w hodowli jako dodatkowy sprawdzian odporności na porastanie.

LITERATURA

- Hryniuk A. 1999. Charakterystyka odmian, linii i materiałów selekcyjnych żyta pod względem odporności na porastanie. Praca dyplomowa, AR, Szczecin.
- Masojć P., Larsson-Raźnikiewicz M. 1991. Genetic variation of alpha-amylase levels among rye (*Secale cereale* L.) kernels, tested by gel diffusion technique. Swedish J. Agric. Res. 21: 141 — 145.
- Masojć P., Stojalowski S., Milczarski P. 1996. Wykorzystanie linii wsobnej Ot1-3 jako źródła genów odporności żyta na porastanie. Hod. Rośl. Nasien. 2:1 — 4.
- Masojć P., Stojalowski S., Milczarski P., Łapiński M. 1997. Wrażliwość ziarna żyta na kwas abscysynowy (ABA) jako wskaźnik odporności na porastanie. Biul. IHAR. 201: 327 — 336.
- Masojć P., Vu D.T. 1997. Hodowla w kierunku podwyższenia odporności żyta na porastanie. W: Materiały z I Krajowej Konferencji nt. Hodowla Roślin Poznań, 19-20 listopad 1997: 363 — 366.
- Persson E. 1976. Otello – a result of amylase selection for sprouting resistance. Cereal Res. Commun. 4: 101 — 106.
- Plarre W. 1980. Breeding methods for rye with resistance to sprouting. Cereal. Res. Commun. 8: 265 — 274.
- Rzepka D. 1992. Aktywność α -amylazy w ziarnie mieszańców żyta (*Secale cereale* $\times$ *S. vavilovii* Gross.). Hod. Rośl. Aklim. 36: 7 — 15.
- Wolski T., Pietrusiak A. 1988. Breeding of rye for high falling number. Hod. Rośl. Aklim. 32: 305 — 309.

JAN KACZMAREK**HENRYK BUJAK****WŁADYSŁAW KADŁUBIEC**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Ocena podobieństwa linii wsobnych żyta ozimego na podstawie analizy wybranych cech

Estimation of similarity of winter rye inbred lines based on analysis of selected traits

Do tworzenia najlepszych mieszańców drogą krzyżowania linii wsobnych konieczny jest dobór partnerów rodzicielskich. Aby ograniczyć rozmiary programów krzyżowań potrzebna jest dobra znajomość linii pod względem pochodzenia, pokrewieństwa, zdolności kombinacyjnych jak również walorów użytkowych i technologicznych.

Materiałem badawczym było 120 linii wsobnych żyta ozimego o różnym pochodzeniu i stopniu wsobności. W celu oceny zróżnicowania linii wsobnych i ich podziału na grupy jednorodne dla badanych cech użytkowych wykonano analizy wariancji a następnie testowano metodą Haufe-Geidel oraz wykonano analizę skupień metodą Warda.

Analiza wariancji i test Haufe-Geidel pozwoliły na rozdzielenie kolekcji 120 linii na kilka rozłącznych jednorodnych grup o różnej wartości hodowlanej. Dla liczby ziaren z kłosa utworzono pięć, wysokości roślin i masy ziaren z kłosa cztery, a dla pozostałych cech po trzy grupy jednorodne. Hierarchiczna klasyfikacja sześciu cech wydzieliła 57 grup, a według indeksów wartości hodowlanej dziewięć grup od najlepszych z 8, 9 i 10 punktami do najgorszych z 14, 15 i 17 punktami. Stosowanie jednego indeksu przy ocenie wielu cech bardziej obiektywizuje decyzje o wyborze linii. Klasyfikacja linii według najdalszego sąsiedztwa wskazuje na silne międzyliniowe zróżnicowanie. Prawie każda linia z kolekcji stanowi odrębną grupę jednorodną.

Słowa kluczowe: linie wsobne, wartość hodowlana, żyto

For obtention of best possible hybrids through crossing of inbred lines a good choice of parent partners is necessary. To limit the extent of crossing procedures, the lines should be well known with respect to origin, affinity, combining abilities as well as the values of usefulness and technological ones.

The research material was composed of 120 winter rye lines of different origin and degree of inbreeding. In order to differentiate the inbred lines and categorize them into homogeneous groups, variation analyses were performed for the quantitative traits studied. Then the traits were tested with the use of the Haufe-Geidel method, and a cluster analysis by the Ward method was carried out.

The variation analysis and the Haufe-Geidel test enabled to divide the collection of 120 lines into several separate homogeneous groups of different breeding value. Five homogeneous groups were created for the number of grains from an ear, four - both for plant height and weight of grain from an ear, and three — for the remaining traits. Hierarchic classification of six traits allowed to distinguish 57 groups, and 9 groups according to the breeding value indices: from the best having 8, 9 and 10 points

to the worst with 14, 15 and 17 points. Application of one index for evaluation of a number of traits makes the choice of line more objective. Cluster analysis of the lines following the Ward method indicates strong interline differentiation. Almost every line from the collection constitutes a distinct homogeneous group.

Key words: breeding value, inbred lines, rye

WSTĘP

Do tworzenia najlepszych mieszańców drogą krzyżowania linii wsobnych konieczny jest dobór partnerów rodzicielskich. Nawet niewielka liczba linii wsobnych stwarza możliwość uzyskania dużej liczby mieszańców. Aby ograniczyć rozmiary programów krzyżowań potrzebna jest dobra znajomość linii pod względem pochodzenia, pokrewieństwa, zdolności kombinacyjnych jak również walorów użytkowych i technologicznych. Badania oceniające zmienność i współzależność cech w kolekcjach żyta ozimego prowadzili Węgrzyn i wsp. (1996), Grochowski i wsp. (1996), Kolasińska (1996). W przypadku linii wsobnych dysponujemy mniej kompleksowymi ocenami kolekcji. Kolekcja we Wrocławiu oceniana była fragmentarycznie w różnych publikacjach (Bujak i in., 1993; Kaczmarek, 1985; Kaczmarek i Tłuścik, 1984; Kadłubiec i in., 1995).

Przed podjęciem decyzji o wyborze najlepszych pojedynków wykonuje się na dużej liczbie roślin pomiary biometryczne wielu cech. Hodowca dla każdej kontrolowanej właściwości ustala kryteria wyboru. Najczęściej akceptowana jest wartość cechy, która odchyła się w korzystnym kierunku od średniej arytmetycznej badanej populacji. Przy ocenie większej liczby cech powstaje problem, które rośliny wybrać, jeżeli część z nich odchyła się w negatywnym kierunku. Przy braku powtórzeń (jeden wynik dla każdej rośliny) nie ma możliwości statystycznego podzielenia populacji roślin na więcej niż dwie grupy.

Przy badaniu wartości hodowlanej linii wsobnych lub czystych mamy możliwość wielokrotnego powtórzenia pomiarów w obrębie linii i tym samym wykonania analizy wariancji, a następnie rozdzielenia jej na grupy jednorodnej. Jeśli ocenia się dużą liczbę obiektów, wtedy najczęściej wyznaczamy wiele grup jednorodnych silnie zachodzących na siebie. Hodowca w dalszym ciągu nie ma możliwości jednoznacznego podziału linii na grupy najwartościowsze, pośrednie i najgorsze. Wprowadzony test Haufe-Geidel (1984) pozwala na wydzielenie rozłącznych grup i tym samym przypisanie każdej grupie nie statystycznego, lecz hodowlanego indeksu (a_1 , a_2 , a_3 itd.) przydatności.

Przy hierarchicznej klasyfikacji wielu cech otrzymujemy podział kolekcji linii na wiele grup o różnej wartości hodowlanej. Każdej z cech można nadać różne wagi przy indeksach w trakcie selekcji. W prezentowanej pracy przypisano cechom wagi jednakowe. Indeks zwiększa się o jeden dla każdej kolejnej grupy jednorodnej.

Wydzielenie jednorodnych grup obiektów metodą najdalszego sąsiedztwa Warda umożliwia określenie podobieństwa międzyliniowego, ale brak nadania cechom określonej wartości hodowlanej utrudnia wybór najwartościowszych obiektów.

Celem badań była ocena zróżnicowania i określenie wartości hodowlanej linii wsobnych żyta ozimego pod względem sześciu cech użytkowych oraz ich pogrupowanie

na genetycznie podobne za pomocą testu Haufe-Geidel i analizy wieloczechowej skupień metodą Warda.

MATERIAŁ I METODY

Badano 120 linii wsobnych żyta ozimego znajdujących się w kolekcji Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Linie wsobne charakteryzowały się różnym pochodzeniem i stopniem wsobności od S_6 do S_{31} . W 2000 roku w doświadczeniu polowym badano u linii wysokość roślin, długość dokłosa, długość kłosa, masę ziaren z kłosa, liczbę ziaren z kłosa i masę tysiąca ziaren. Do pomiarów biometrycznych wybrano losowo z każdego poletka 40 roślin. Do oceny zróżnicowania linii wsobnych i ich podziału na grupy jednorodne wykonano analizy wariancji oraz testowano metodą Haufe-Geidel oraz metodą skupień Warda.

Wydzielenie jednorodnych grup linii dla każdej cechy rozpoczęto od testu Haufe-Geidel, a następnie hierarchicznej klasyfikacji wartości hodowlanej linii. Przy porównaniu średnich każdej z każdą tworzymy grupy jednorodne, których końce zachodzą na siebie. Test Haufe-Geidel (1984) daje możliwość tworzenia grup jednorodnych rozdzielnych, nie zachodzących na siebie. Powstaje on poprzez zastosowanie modyfikacji korygującej wielkość najmniejszej istotnej różnicy, dla której wzór ogólny przedstawia się następująco:

$$GD = S_{\bar{x}} * T(\alpha; p, k, FG)$$

gdzie:

$S_{\bar{x}}$ — błąd standardowy średniej arytmetycznej,

α — poziom istotności,

p — liczba porównywanych obiektów,

k — liczba badanych obiektów porównywanych w grupie,

FG — liczba stopni swobody błędu z analizy wariancji,

T — wartość tablicowa testu.

Po przyjęciu jako różnicę graniczną

$$GD_1 = \sqrt{\frac{S^2}{n}} * \sqrt{2} * t_{FG, \alpha}$$

przy $\alpha = 0,05$ i FG — liczba stopni swobody, wtedy do porównań więcej niż jednego obiektu wartość krytyczna GD_1 jest zbyt wysoka i wówczas błąd standardowy różnicy można zmniejszyć według następującego wzoru:

$$s_d = \sqrt{\frac{S^2}{n} + \frac{S^2}{kn}}$$

Wykorzystując korektę uzyskuje się następującą modyfikację:

$$GD_k = \sqrt{\frac{S^2}{n}} * \sqrt{\frac{k+1}{k}} * t_{FG,\alpha}$$

Po wyliczeniu GD_1 jako wartości najmniejszej istotnej różnicy (NIR) wówczas stosując współczynnik korygujący $\sqrt{\frac{k+1}{2k}}$ otrzymujemy następujący wzór dla wartości krytycznej:

$$GD_k = GD_1 * \sqrt{\frac{k+1}{2k}}$$

Przykładowe korygujące współczynniki dla kolejnych porównań są następujące:

k Liczba kolejnych porównań	Współczynniki korygujące $\sqrt{\frac{k+1}{2k}}$
1	1
2	0,8660
3	0,8165
4	0,7906
5	0,7746
.	.
.	.
.	.
10	0,7416
.	.
.	.
.	.
15	0,7303
.	.
.	.
.	.
20	0,7246
.	.
.	.
.	.

Dalsze założenia metody :

- metoda ta znajduje granice grup, które są określone poprzez podział średnich obiektowych i wielkości krytycznej różnicy,
- liczba grup nie jest pierwotnie ustalona, lecz zostaje ustalona poprzez wielkość krytycznej różnicy i podział obiektów.

Średnie obiektowe należy uporządkować w sposób rosnący lub malejący. Pierwszy obiekt otrzymuje wartość literową $KW_1 = 1$. Tworzymy różnicę „D” między drugim i pierwszym obiektem i porównujemy ją z wartością GD_1 . Jeśli $D > GD_1$, wtedy obiekt drugi zaliczamy do wyższej grupy. Jeśli $D < GD_1$, wtedy obiekt drugi należy do grupy pierwszej. Kolejno tworzymy różnicę „D” między obiektem trzecim a średnią obiektów poprzedniej grupy, w tym przypadku $D = x_3 - 0,5 (x_1 + x_2)$. Ta różnica jest dalej porównywana z

wartością GD. W zależności od wyniku sposób postępowania jest w analogicznie kontynuowany z następną wartością.

Przy drugiej metodzie Warda wykonano dendrogram metodą najdalszego sąsiedztwa i określono podobieństwa międzyobiektywne linii za pomocą statystyki F_α .

$$F_\alpha = \frac{\alpha}{\left(\frac{n}{2}\right)}, p, n - a - p + 2$$

gdzie:

α — poziom istotności,

p — liczba badanych cech,

a — liczba obiektów,

n — liczba obserwacji.

Dendrogram przecięto linią prostą na poziomie F_α , otrzymując skupienia linii zawieszone na odpowiednich gałęziach. Skupienia te stanowią grupy jednorodne pod względem badanych cech.

WYNIKI BADAŃ

Analiza wariancji przeprowadzona według modelu kompletnej randomizacji wykazała istotne zróżnicowanie badanych linii wsobnych dla wszystkich analizowanych cech użytkowych (tab. 1). W tabeli 2 przedstawiono grupy jednorodne z indeksami, i zakresy średnich dla wysokości roślin, długości dokłosa i długości kłosa. Dla wysokości roślin ustalono cztery, a dla długości dokłosa i długości kłosa po trzy grupy jednorodne.

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności z analizy wariancji dla badanych cech
The mean squares for the analysed traits

Zmienność Variability	Stopnie swobody Degree of freedom	Średnie kwadraty Mean squares					
		Wysokość roślin Plant height	Długość dokłosa Uppermost internode length	Długość kłosa Ear length	Masa ziaren z kłosa Weight of grains per ear	Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight
Genotypy Genotypes	119	1425,49**	133,83**	7,41**	0,84**	438,99**	99,68**
Błąd Error	357	131,88	26,79	2,92	0,14	83,46	18,18

** — Istotność na poziomie $\alpha = 0,01$

** — Significant at $\alpha = 0,01$

Tabela 2

Podział linii wsobnych żyta na grupy jednorodne (test Haufe-Geidel) według malejącej wartości selekcyjnej dla wysokości roślin (a), długości dokłosa (b) i długości kłosa (c)
Ranges of means and division of inbred lines of rye into separate homogenous groups (according to the Haufe-Geidel's test) for plant height (a), uppermost internode (b) and ear length (c)

Wysokość roślin Plant height			Długość dokłosa Uppermost internode length			Długość kłosa Ear length		
Grupa jednorodna Homogenous group	Liczba linii Number of lines	Zakres średnich (cm) Range of means	Grupa jednorodna Homogenous group	Liczba linii Number of lines	Zakres średnich (cm) Range of means	Grupa jednorodna Homogenous group	Liczba linii Number of lines	Zakres średnich (cm) Range of means
a ₁	5	66,0 — 73,0	b ₁	43	21,3 — 30,0	c ₁	95	9,3 — 13,3
a ₂	16	78,3 — 97,5	b ₂	75	30,5 — 44,8	c ₂	24	7,3 — 9,0
a ₃	44	100,3 — 119,3	b ₃	2	17,3 — 18,8	c ₃	1	6,8
a ₄	56	120,3 — 158,0						

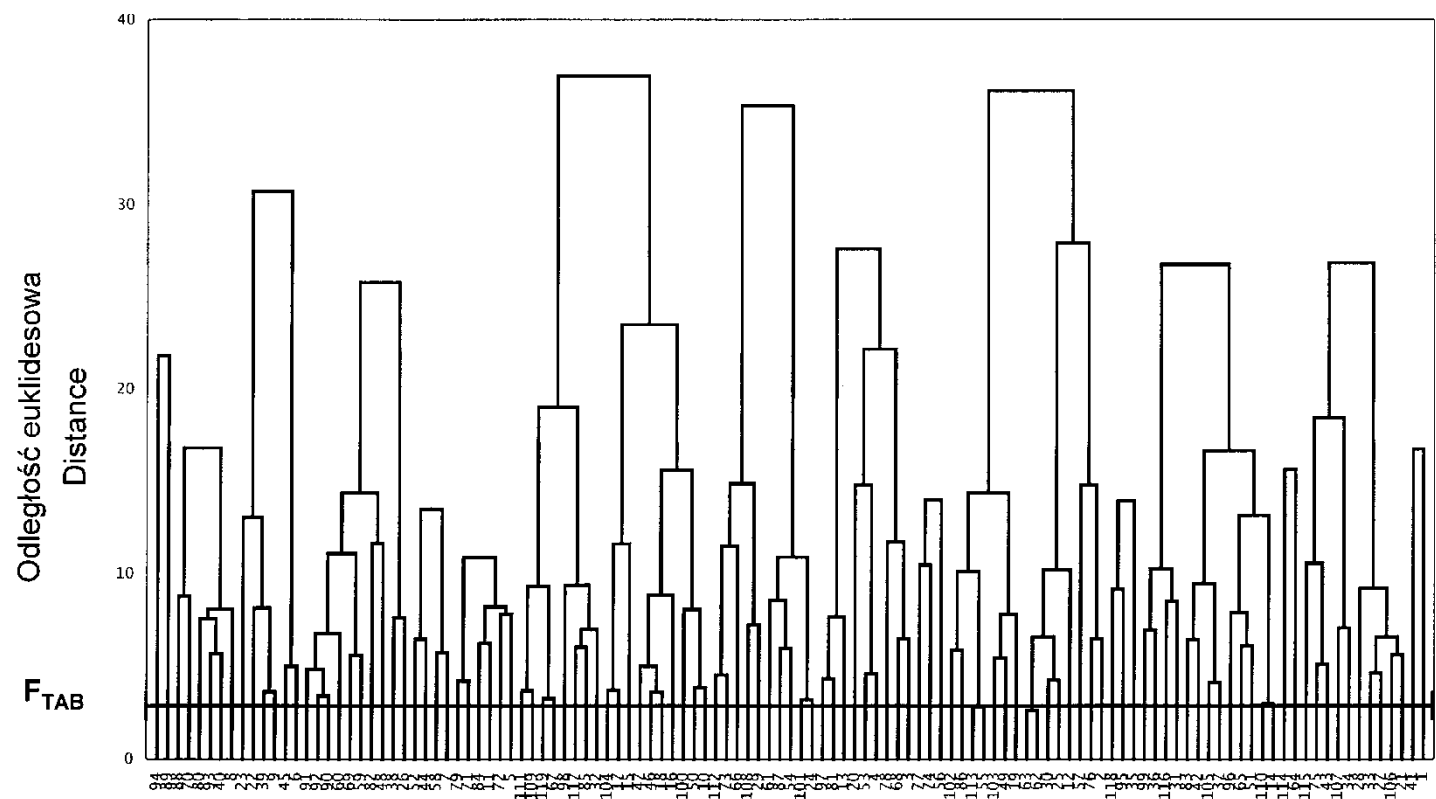
Tabela 3 ilustruje identyczne zasady podziału jak poprzednia dla masy ziaren z kłosa, liczby ziaren z kłosa i masy 1000 ziaren. Liczba ziaren z kłosa różnicowała linie na pięć, masa ziaren z kłosa na cztery, a masa 1000 ziaren na trzy rozłączne grupy jednorodne.

Zgodnie z wydzielonymi uprzednio grupami (tab. 2, 3) na rysunku 1 przedstawiono hierarchiczną klasyfikację wartości hodowlanej linii dla sześciu cech z uwzględnieniem przypisanych indeksów liczbowych. Kolekcję 120 linii rozdzielono na 57 grup.

Tabela 3

Podział linii wsobnych żyta na grupy jednorodne (test Haufe-Geidel) według malejącej wartości selekcyjnej dla masy ziaren z kłosa (d), liczby ziaren z kłosa (e) i masy 1000 ziaren (f)
Ranges of means and division of inbred lines of rye into separate homogenous groups (according to the Haufe-Geidel's test) for weight of grains per ear (d), number of grains per ear (e) and 1000 grain weight (f)

Masa ziaren z kłosa Weight of grains per ear			Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear			Masa 1000 ziaren 1000 grain weight		
Grupa jednorodna Homogenous group	Liczba linii Number of lines	Zakres średnich (g) Range of means	Grupa jednorodna Homogenous group	Liczba linii Number of lines	Zakres średnich (g) Range of means	Grupa jednorodna Homogenous group	Liczba linii Number of lines	Zakres średnich (g) Range of means
d ₁	15	2,05 — 2,96	e ₁	3	72 — 81	f ₁	52	31,6 — 47,4
d ₂	73	1,20 — 1,99	e ₂	89	42 — 66	f ₂	60	24,3 — 31,2
d ₃	29	0,81 — 1,18	e ₃	25	31 — 41	f ₃	8	19,0 — 23,5
d ₄	3	0,17 — 0,64	e ₄	2	21 — 27			
			e ₅	1	7			



Rys. 2. Podobieństwo linii pod względem badanych cech
 Fig. 2. Similarity of the lines in regard to the investigated traits

Ponieważ indeks o wartości "1" określa najlepszą grupę, zatem łączny najniższy indeks "T" wskazuje najlepsze linie pod względem hodowlanym. Najlepsze linie mają wartości indeksu "T" od 8 do 10. Po prawej stronie rysunku 1 obiekty otrzymały wyższe indeksy i należy je uznać za gorsze.

Na rysunku 2 przedstawiono dendrogram dla 120 linii wykonany metoda skupień Warda. Dendrogram przecięto linią prostą na poziomie F_{α} , otrzymując skupienia linii zawieszone na odpowiednich gałęziach. Skupienia te stanowią grupy jednorodne pod względem badanych sześciu cech. Jak wynika z rysunku 2 prawie każda linia stanowi odrębną grupę. Możemy z niego tylko wnioskować, że linie bardziej oddalone od siebie są silniej zróżnicowane niż leżące w bliższym sąsiedztwie.

WNIOSKI

1. Analiza wariancji i test Haufe-Geidel pozwoliły na rozdzielenie kolekcji 120 linii na kilka rozłącznych jednorodnych grup o różnej wartości hodowlanej. Dla liczby ziaren z kłosa utworzonopięć, wysokości roślin i masy ziaren z kłosa cztery, a dla pozostałych cech po trzy grupy jednorodne.
2. Hierarchiczna klasyfikacja sześciu cech wydzieliła 57 grup, a według indeksów wartości hodowlanej dziewięć grup od najlepszych z 8, 9 i 10 punktami do najgorszych z 14, 15 i 17 punktami. Stosowanie jednego indeksu przy ocenie wielu cech bardziej obiektywizuje decyzje o wyborze linii.
3. Klasyfikacja linii według najdalszego sąsiedztwa wskazuje na silne międzyliniowe zróżnicowanie. Prawie każda linia z kolekcji stanowi odrębną grupę jednorodną.

LITERATURA

- Bujak H., Kaczmarek J., Kadłubiec W. 1993. Analiza wartości kombinacyjnych linii wsobnych żyta w diallelicznym krzyżowaniu. Zesz. Nauk AR Wroc. 223: 115 — 120.
- Haufe W., Geidel H. 1984. Vorschlag eines Schätzverfahrens zur Klassifizierung von Versuchsergebnissen. Arbeitsgemeinschaft der Saatzüchtleiter. A-8952 Irdning: 257 — 290.
- Kaczmarek J. 1985. Charakterystyka morfologiczna linii wsobnych i klonów żyta (*Secale cereale* L.). Zesz. Nauk AR Wroc. 152: 19 — 29.
- Kaczmarek J., Tuścik F. 1984. Variability of alkylresorcinol content in rye (*Secale cereale* L.) grains. A comparative analysis with several species of the genus *Triticum*. Genet. Pol. 25, 4: 1 — 10.
- Kadłubiec W., Bujak H., Kaczmarek J. 1995. Wielocechowa analiza kształtowania się masy ziarna z kłosa w liniach wsobnych i pokoleniach F_1 , F_2 , F_3 żyta ozimego. Zesz. Nauk AR Wroc. 278: 103 — 108.
- Kolasińska I. 1996. Analiza depresji wsobnej wybranych cech żyta. Biul. IHAR 200: 109 — 118.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T., Grochowski L. 1996. Zmienność i współzależność cech oraz ocena zjawisk genetycznych w kolekcji roboczej żyta ozimego 1977–1992. Biul. IHAR 200: 69 — 84.

MAŁGORZATA GRUDKOWSKA**LUCJAN MADEJ**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Struktura plonu wybranych linii wsobnych żyta ozimego

Komunikat

Yield structure of some rye inbred lines

Short communication

Badaniami objęto trzynaście linii męskosterylnych (P) oraz jedną linię dopełniającą (N) pochodzących z topcrossu hodowlanego wysianego w sezonie wegetacyjnym 1999–2000. Na dwudziestu roślinach z każdej linii określono plon ziarna z rośliny i komponenty plonu: masę kłosa, indeks późniwny, długość źdźbła oraz liczbę ziaren z kłosa. Stwierdzono pozytywną korelację pomiędzy plonem ziarna z rośliny a masą kłosa, indeksem późniwnym kłosa, długością źdźbła i liczbą ziaren z kłosa.

Słowa kluczowe: linie wsobne, plon, żyto ozime

The experiment comprised 13 male sterile lines (P) and 1 maintaining line (N) originated from a breeding topcross sown in the 1999–2000 vegetation season. The following parameters were evaluated on 20 plants from each line: grain yield per plant ear weight, harvest index, shoot height and grain number per ear. High positive correlations were found between the grain yield and ear weight, harvest index of ear, shoot height and grain number per ear.

Key words: grain yield, inbred lines, winter rye

WSTĘP

Linie o wysokim stopniu wsobności są wykorzystywane jako komponenty do uzyskiwania mieszańców. O wartości rolniczej mieszańców w znacznym stopniu decydują cechy użytkowe wykorzystywanych linii. Od wielu lat prowadzone są badania nad hodowlą mieszańców żyta przy wykorzystaniu heterozji (Geiger, Schnell, 1975; Węgrzyn, Madej, 1989). Efekt heterozji jest zazwyczaj zależny od zdolności kombinacyjnej krzyżowanych komponentów. Krzyżowanie form zróżnicowanych genetycznie daje możliwości uzyskiwania większej heterozji oraz otrzymywania odmian mieszańców żyta o wysokiej plenności (Łapiński, Stojalowski, 1999; Kadłubiec i in. 1998). Plenność matecznych linii wsobnych ma istotny wpływ na efektywność ekonomiczną produkcji nasiennej mieszańców.

Celem wstępnych badań było określenie zmienności elementów struktury plonu w wybranej populacji linii wsobnych wykorzystywanych w produkcji mieszańców.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło trzynaście męskosterylnych linii wsobnych (MS) S₆₋₇ otrzymanych na bazie cytoplazmy Pampa, będących składnikami komponentów matecznych mieszańców oraz jedna linia dopełniająca — N, będąca zapylaczem w tym doświadczeniu.

Topcross założono w sezonie wegetacyjnym 1999–2000 na kompleksie pól doświadczalnych Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie. Wielkość poletka wynosiła 10 m², a norma wysiewu 150 kiełkujących ziaren na 1 m². Zbiór wykonano ręcznie w fazie dojrzałości pełnej, pobierając po 20 roślin z każdej linii. Określono plon ziarna z rośliny i komponenty plonu: masę kłosa (g), masę tysiąca ziaren (g), liczbę ziaren z kłosa, długość źdźbła (cm), biomasę części nadziemnej (g), indeks poźniwny rośliny (iloraz powietrznie suchej masy części nadziemnej rośliny do masy kłosów), indeks poźniwny kłosa (iloraz powietrznie suchej masy kłosa do masy ziaren) oraz rozkrzewienie produkcyjne. Wyniki pomiarów opracowano statystycznie obliczając: średnie arytmetyczne ($\bar{x}$) dla badanych linii i cech, współczynnik zmienności CV (%) dla linii i cech oraz współczynnik korelacji liniowej prostej (r_{xy}) pomiędzy badanymi cechami.

WYNIKI

Na podstawie obliczeń współczynnika zmienności CV (%) dla dziewięciu cech fenotypowych stwierdzono znaczne zróżnicowanie pomiędzy badanymi liniami wsobnymi

Tabela 1

Wartości średnie i współczynnik zmienności dla dziewięciu cech fenotypowych
Means and coefficients of variability CV % for nine features

Cechy Traits	Średnia wartość Mean	Zakres Range	Współczynnik zmienności The variability coefficient
Krzewistość (szt.) Tillering	3,2	2,3—4,3	22,9
Biomasa części nadziemnej (g) Biomass of plant (g)	135,0	79,3 — 190,0	30,9
MTN (g) Weight of 1000 grains	19,6	16,2 — 7,3	15,7
Indeks poźniwny rośliny Harvest index of plant	0,37	0,31 — 0,43	9,3
Indeks poźniwny kłosa Harvest index of ear	0,68	0,64 — 0,74	5,5
Długość źdźbła (cm) Shoot height	84,6	69,5 — 108,1	15,0
Liczba ziaren z kłosa Grains per ear	35,1	22,1 — 42,1	15,1
Plon ziarna z rośliny (g) Grain yield per plant	2,00	1,1 — 2,6	19,8
Masa kłosa (g) Ear weight	1,10	0,72 — 1,41	18,8

Tabela 2

Porównanie linii wsobnych żyta pod względem wybranych cech morfologicznych
Comparison of some morphological features of the investigated rye inbred lines

Cechy Traits	Linie wsobne Inbred lines													
	2680 P	620 P	2799 P	854 P	51527 P	544 P	482 P	463 P	130 P	5491 P	383 P	2516 P	2130 P	463 N
Plon ziarna z rośliny [g] Grain yield per plant	2,6	2,4	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,7	1,6	1,5	1,1	2,4
Srednia masa kłosa [g] Mean of ear weight	1,41	1,09	1,09	1,20	1,31	1,12	0,83	1,01	1,14	0,95	0,77	0,97	0,72	0,90
Masa 1000 ziaren [g] Weight of 1000 grains	27,3	20,6	21,6	22,3	20,7	21,4	17,5	19,1	24,2	16,2	20,40	17,5	21,3	16,4
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per spike	40,0	37,9	37,5	38,4	42,1	35,9	30,5	37,7	31,8	37,5	24,3	38,1	22,1	35,2
Długość źdźbła [cm] Shoot height	108,10	94,20	99,10	97,20	77,90	102,50	95,80	83,00	69,50	78,30	87,20	75,10	71,40	85,10
Biomasa części nadziemnej [g] Mean of plant biomass	180	185	154	185	125	190	167	183	140	100	163	155	79	80
Indeks poźniwny kłosa Harvest index of ear	0,77	0,71	0,74	0,71	0,66	0,68	0,64	0,71	0,68	0,64	0,64	0,69	0,66	0,66
Indeks poźniwny rośliny Harvest index of plant	0,38	0,36	0,40	0,41	0,38	0,41	0,31	0,43	0,36	0,39	0,30	0,40	0,31	0,38
Krzewistość [szt.] Productive tillering	2,43	3,75	3,10	2,79	2,54	2,86	3,87	2,63	2,60	2,84	3,76	2,28	2,33	4,30

Tabela 3

Współczynniki korelacji liniowej prostej pomiędzy badanymi cechami
Simple correlation coefficients between the investigated features

Cechy Traits	Krzewi- stość produk- cyjna Productive tillering	Biomasa części nadziem- nej Biomass of plant	MTN Weight of 1000 grains	Indeks pożniwny rośliny Harvest index of plant	Indeks pożniwny kłosa Harvest index of ear	Długość żdźbła Shoot height	Liczba ziaren z kłosa Grains per ear	Plon ziarna z rośliny Grain yield per plant
Biomasa części nadziemnej Biomass of plant	-0,29							
MTN Weight of 1000 grains	-0,49	0,54*						
Indeks pożniwny rośliny Harvest index of plant	-0,31	0,21	0,01					
Indeks pożniwny kłosa Harvest index of ear	-0,33	0,60*	0,69*	0,45				
Długość żdźbła Shoot height	0,02	0,72*	0,50*	0,12	0,65*			
Liczba ziaren/ kłosa Grains per ear	-0,11	0,24	0,04	0,76*	0,50*	0,29		
Plon ziarna z rośliny Grain yield per plant	0,38	0,28	0,26	0,36	0,59*	0,60*	0,69*	
Masa kłosa Ear weight	-0,40	0,49	0,67*	0,52*	0,72*	0,49	0,75*	0,66*

Najwyższą zmienność obiektów odnotowano dla takich cech, jak: średnia biomasa części nadziemnej (30,9%) oraz rozkrzewienie produkcyjne (22,9%). Mniejszą zmienność uzyskano dla plonu ziarna (19,8%), masy kłosa (18,8%), MTN (15,7%), długości żdźbła (15,0%) i liczby ziaren z kłosa (15,1%) najniższą zaś, dla indeksu pożniwnego rośliny (9,3%) oraz indeksu pożniwnego kłosa (5,5%) (tab. 1)

Zakres zmienności biomasy części nadziemnej wahał się w szerokich granicach od 190 g u formy 544P do 79 g u formy 2130P (tab. 2). Podobną zależność w kształtowaniu zmienności biomasy (169 g–92 g) uzyskano we wcześniejszych badaniach (Ciepły i in., 1995) prowadzonych na siedemnastu liniach męskosterylnych.

Pod względem krzewistości najwyższą wartość w zakresie 4,30–3,75 szt. uzyskały linie: 463N, 482P, 383P, 620P, a pozostałe obiekty odznaczały się niskim rozkrzewieniem produkcyjnym od 3,10 do 2,28 szt. (tab. 2). Linia 463, była jedyną występującą w dwóch formach: męskosterylnej (P) oraz płodnej (N). Stwierdzono, że biomasa analogu męskosterylnego tej linii jest dwukrotnie wyższa od formy płodnej, natomiast większe rozkrzewienie produkcyjne uzyskała linia dopełniająca (N) (tab. 2).

Spośród badanych linii MS najwyższym plonem ziarna z rośliny (2,6 g) wyróżniła się linia 2680P, a najniższym (1,1 g) linia 2130P. Natomiast masa kłosa u wyżej wymienionych obiektów wynosiła odpowiednio 1,41 i 0,72 g. Zakres zmienności masy 1000 nasion mieścił się w przedziale 27,3–6,2 g, a liczba ziaren z kłosa wahała się w granicach od 42 do 22 sztuk (tab. 2). Ocenę zależności pomiędzy badanymi cechami przedstawiono w tabeli 3.

Na uwagę zasługują wysoce istotne dodatnie współczynniki korelacji pomiędzy plonem ziarna z rośliny a: masą kłosa ($r = 0,66$), długością źdźbła ($r = 0,60$), indeksem poźniwym kłosa ($r = 9$) i liczbą ziaren z kłosa ($r = 0,69$). Wysoką współzależność zaobserwowano również pomiędzy masą kłosa a: masą 1000 ziarniaków ($r = 0,67$), indeksem poźniwym kłosa ($r = 0,72$) oraz liczbą ziaren z kłosa ($r = 0,75$).

Pod względem analizowanych cech badane linie wsobne żyta ozimego charakteryzowały się dużą zmiennością, zatem mogą służyć hodowcom w wyborze interesujących genotypów wykorzystywanych do hodowli odmian mieszańcowych.

WNIOSKI

1. Między czternastoma liniami największą zmienność zaobserwowano pod względem wytworzonej biomasy pędu oraz krzewistości, w mniejszym stopniu linie te różniły się w zakresie długości źdźbła, plonu ziamaz z rośliny, MTN, masy kłosa oraz liczby ziaren z kłosa.
2. Mimo znacznych różnic w produktywności biomasy badane linie wykazały tylko nieznaczne różnice w wartościach indeksu poźniwego rośliny i indeksu poźniwego kłosa.
3. Plon ziarna z jednej rośliny był w największym stopniu pozytywnie skorelowany z masą kłosa, indeksem poźniwym kłosa, długością źdźbła i liczbą ziaren z kłosa

LITERATURA

- Cieplý J., Madej L., Oracka T. 1995. Biomass production and N, P, K utilisation efficiency in inbred lines and F_1 single crosses of winter rye (*Secale cereale* L.). *Fragm. Agron.* 1995 (XII) Nr 2 (46): 70 — 71.
- Geiger H., Schnell F. 1975. Experimental basis for breeding hybrid in rye. *Hod. Rośl. Aklim.* 19: 381 — 385.
- Kadłubiec W., Bujak H., Kaczmarek J., Grochowski L. 1998. Ocena podobieństwa populacyjnych i mieszańcowych odmian żyta ozimego. *Biul. IHAR*: 23 — 30.
- Łapiński M., Stojalowski S. 1999. Plonowanie i jakość ziarna odmian mieszańcowych żyta w F_1 , F_2 , F_3 . *Biul. IHAR* 211: 239 — 247.
- Węgrzyn S., Madej L. 1989. Ogólna i swoista wartość kombinacyjna kilku cech żyta diploidalnego. *Zesz. Probl. IHAR. Prace Zespołu d.s. Hodowli. Żyta, Radzików*: 13 — 22.

JAN KACZMAREK**HENRYK BUJAK****WŁADYSŁAW KADŁUBIEC**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa

Akademia Rolnicza we Wrocławiu

Ocena współzależności cech ilościowych u linii wsobnych żyta ozimego

Evaluation of relationships between some quantitative traits of winter rye inbred lines

W kolekcji linii wsobnych żyta ozimego, dokonano oceny związków korelacyjnych i przyczynowo-skutkowych, jakie zachodzą między masą ziaren z kłosa, a innymi cechami użytkowymi. Zastosowanie analizy współczynników ścieżek jest uzupełnieniem metody korelacji prostej i wielokrotnej, ponieważ umożliwia ona ocenę bezpośredniego wpływu każdej z cech na cechę wynikową oraz wyznaczenie tzw. efektów pośrednich danej cechy poprzez każdą z pozostałych. Materiał badawczy stanowiło 120 linii wsobnych żyta ozimego o różnym stopniu wsobności. Do analizy ścieżkowej wybrano sześć cech, w tym pięć (wysokość roślin, długość dokłosa, długość kłosa, liczba ziaren z kłosa, masa 1000 ziaren) potraktowano jako zmienne niezależne (przyczynowe), natomiast masę ziaren z kłosa jako zmienną zależną (skutkową). Analiza współczynników ścieżek umożliwiła wybranie cech najsilniej determinujących masę ziaren z kłosa. Największy istotny bezpośredni wpływ na masę ziaren z kłosa mają liczba ziaren z kłosa i masa 1000 ziaren.

Słowa kluczowe: linie wsobne, współczynnik korelacji, współczynniki ścieżek, żyto ozime

A collection of winter rye inbred lines was investigated with respect to correlation and cause-and-effect relationships existing between the weight of grain per ear and some other traits. The application of path coefficient analysis complemented the method of simple and multiple correlation, as it enabled estimation of the direct influence of each trait on the dependent trait and determination of the so-called indirect effects of a given trait through each of the remaining ones. The study material was composed of 120 winter rye lines of different degree of inbred: from S_6 to S_{31} . Six traits were chosen for path analysis; five of them (plant height, uppermost internode length, ear length, number of grains in an ear, 1000-grain weight) were treated as independent variables, whereas the weight of grain from an ear was a dependent variable. The analysis of path coefficients enabled to choose the traits, which most strongly determined the weight of grains per ear. The number of grains in an ear and 1000-grain weight were found to have the most decisive direct influence on the weight of grains in an ear.

Key words: correlation coefficient, inbred lines, path coefficient, winter rye

WSTĘP

Prowadząc selekcję linii wsobnych hodowca bierze pod uwagę wiele cech użytkowych jednocześnie. Najistotniejszą z nich, ale najbardziej złożoną, jest produktywność. Poznanie wzajemnych powiązań i zależności między cechami struktury plonu, a następnie zdolności kombinacyjnych, w znacznej mierze ułatwia prowadzenie selekcji w materiałach hodowlanych. W praktycznej hodowli do analizy związków przyczynowo-skutkowych w obrębie danego zestawu cech najczęściej wykorzystuje się metody korelacji oraz regresji prostej i wielokrotnej. Wykorzystując metodę analizy ścieżek do interpretacji posiadanych wyników można w znaczny sposób pogłębić wiedzę o zależnościach międzycechowych. Zgodnie z założeniem tej metody w hodowli roślin cecha wynikowa jest determinowana przez pozostałe cechy tzw. przyczynowe w sposób bezpośredni lub pośredni. W rezultacie tych oddziaływań efekt bezpośredni danej zmiennej tzw. ścieżka prosta oraz efekty pośrednie tzw. ścieżki złożone składają się na strukturę korelacji fenotypowej danej cechy z cechą wynikową (Dewey i Lu, 1959).

W dotychczasowych pracach nad żytem wykorzystuje się głównie informacje o współzależności cech wykorzystując metody korelacji (Grochowski i in., 1994 a, b 1996; Węgrzyn i in. 1996), rzadziej natomiast metody regresji prostej i wielokrotnej (Kadłubiec i in., 1995). Analizę ścieżkową w ocenie współzależności komponentów plonu u żyta przeprowadzili Gołaszewski i wsp. (1993) oraz Idźkowska i wsp. (1993 a, 1993 b).

Celem pracy było dokonanie oceny związków korelacyjnych i przyczynowo-skutkowych, jakie zachodzą między masą ziaren z kłosa a innymi składowymi struktury plonu w kolekcji linii wsobnych żyta ozimego.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły linie wsobne żyta ozimego z kolekcji Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Linie wsobne charakteryzowały się różnym stopniem wsobności od S_6 do S_{31} . W 2000 roku w doświadczeniu polowym wysiano 120 linii wsobnych żyta ozimego. Z każdego poletka wybrano losowo 40 roślin i wykonano pomiary cech biometrycznych.

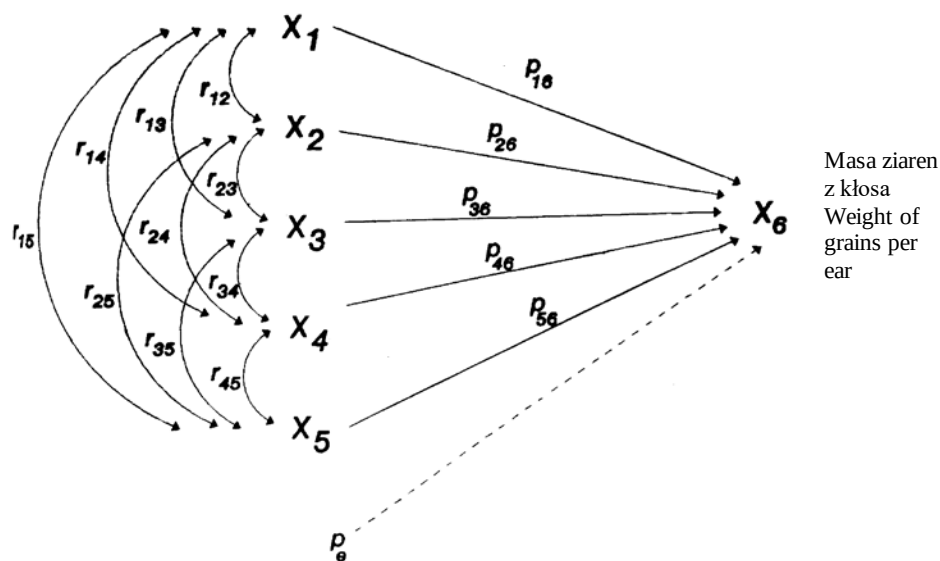
Do analizy ścieżkowej wybrano sześć cech, w tym pięć (X_1 – X_5) potraktowano jako zmienne niezależne (przyczynowe), natomiast masę ziaren z kłosa (X_6) jako zmienną zależną (skutkową):

- X_1 — wysokość rośliny,
- X_2 — długość dokłosa,
- X_3 — długość kłosa,
- X_4 — liczba ziaren z kłosa,
- X_5 — masa 1000 ziaren,
- X_6 — masa ziaren z kłosa.

Ocenę współzależności cech rozpoczęto od obliczeń fenotypowych współczynników korelacji prostej Pearsona. Następnie na fenotypowych współczynnikach korelacji przeprowadzono analizę współczynników ścieżek Wrighta (Devey i Lu, 1959; Mądry

i Pietrzykowski, 1995). Hipotezy dotyczące wpływu efektów bezpośrednich poszczególnych zmiennych przyczynowych na zmienną skutkową weryfikowano za pomocą testu F (Mądry i Pietrzykowski, 1995).

Metoda współczynników ścieżek, którą zastosowano w ocenie związków zachodzących między masą ziaren z kłosa a pozostałymi komponentami plonu, jest pewną szczególną formą interakcji wyników regresji wielokrotnej. Schemat wzajemnych zależności w zespole analizowanych cech linii wsobnych żyta ozimego przedstawiono na rysunku 1.



p_e — zmienność resztowa: $(\sqrt{1 - R^2})$

p_e — residual variability: $(\sqrt{1 - R^2})$

Rys.1. Diagram ścieżkowy dla 5 cech przyczynowych (X_1 – X_5) oraz cechy wynikowej — masy ziaren z kłosa (X_6)

Fig. 1. Path diagram for 5 independent characters and the dependent character — weight of grains per ear (X_6)

Diagramowi ścieżkowemu odpowiada układ równań normalnych:

$$p_{16} + r_{12} p_{26} + r_{13} p_{36} + r_{14} p_{46} + r_{15} p_{56} = r_{16}$$

$$r_{12} p_{16} + p_{26} + r_{23} p_{36} + r_{24} p_{46} + r_{25} p_{56} = r_{26}$$

$$r_{13} p_{16} + r_{23} p_{26} + p_{36} + r_{34} p_{46} + r_{35} p_{56} = r_{36}$$

$$r_{14} p_{16} + r_{24} p_{26} + r_{34} p_{36} + p_{46} + r_{45} p_{56} = r_{46}$$

$$r_{15} p_{16} + r_{25} p_{26} + r_{35} p_{36} + r_{45} p_{46} + p_{56} = r_{56}$$

WYNIKI BADAŃ

W tabeli 1 przedstawiono macierz współczynników korelacji dla 6 analizowanych cech użytkowych w kolekcji linii wsobnych żyta. Wynika z niej, że z wyjątkiem $r = 0,19$ między liczbą ziaren z kłosa a długością dokłosa wszystkie pozostałe współczynniki korelacji były statystycznie istotne. Stwierdzono wysoką współzależność ($r = 0,79$) między wysokością roślin a długością dokłosa. Długość kłosa jest głównie współzależna od wysokości roślin ($r = 0,55$) i długości dokłosa ($r = 0,47$). Pozostałe współczynniki korelacji, choć statystycznie istotne można przyjąć za niskie, bowiem mieszczą się w przedziale od $r = 0,26$ do $r = 0,38$.

Pogłębioną analizę związków przyczynowo-skutkowych między masą ziaren z kłosa a pozostałymi cechami przeprowadzono metodą współczynników ścieżek (tab. 2). Stwierdzono istotny bezpośredni wpływ na masę ziaren z kłosa linii wsobnych żyta dwóch z pięciu analizowanych cech: liczby ziaren z kłosa (0,228) i masy 1000 ziaren (0,198). Nieistotny okazał się efekt bezpośredni wysokości roślin, długości dokłosa i długości kłosa.

Obok efektów bezpośrednich, interesująca dla hodowców jest analiza efektów pośrednich danej cechy, poprzez pozostałe. Obliczone efekty pośrednie przyjmują niskie wartości, czyli oddziaływanie pośrednie badanych cech na masę ziaren z kłosa było niewielkie.

Tabela 1

Macierz fenotypowych współczynników korelacji cech struktury plonu linii wsobnych żyta ozimego
Correlation coefficient matrix of some characters — seed yield components of inbred lines
of winter rye

Cecha Trait		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
Wysokość roślin Plant height	X ₁	1					
Długość dokłosa Uppermost internode length	X ₂	0,79**	1				
Długość kłosa Ear length	X ₃	0,55**	0,47**	1			
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear	X ₄	0,30**	0,19	0,38**	1		
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	X ₅	0,34**	0,26*	0,31**	0,34**	1	
Masa ziaren z kłosa Weight of grains per ear	X ₆	0,32**	0,26*	0,32**	0,37**	0,35**	1

* — Istotność na poziomie $P = 0,05$

* — Significant at $P = 0,05$

** — Istotność na poziomie $P = 0,01$

** — Significant at $P = 0,01$

Tabela 2

Efekty bezpośrednie (podkreślone) i pośrednie cech determinujących masę ziaren z kłosa linii wsobnych żyta ozimego
Direct (underlined) and indirect effects of five components of grain weight per ear in inbred lines of winter rye

Cecha Trait		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Wysokość roślin Plant height	X ₁	<u>0,096</u>	0,034	0,054	0,068	0,067
Długość dokłosa Uppermost internode length	X ₂	0,076	<u>0,043</u>	0,047	0,043	0,051
Długość kłosa Ear length	X ₃	0,053	0,020	<u>0,099</u>	0,087	0,061
Liczba ziaren z kłosa Number of grains per ear	X ₄	0,029	0,080	0,038	<u>0,228*</u>	0,067
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	X ₅	0,033	0,011	0,031	0,078	<u>0,198*</u>

* — Istotność na poziomie P = 0,05

* — Significant at P = 0,05

** — Istotność na poziomie P = 0,01

** — Significant at P = 0,01

WNIOSKI

1. Współczynniki korelacji między masą ziaren z kłosa a pozostałymi cechami linii wsobnych żyta były statystycznie istotnie skorelowane.
2. W badanej kolekcji linii wsobnych najwyższy bezpośredni istotny wpływ na masę ziaren z kłosa u linii wsobnych żyta miały liczba ziaren z kłosa oraz masa 1000 ziaren.
3. Metoda współczynników ścieżek umożliwiła określenie cech najsilniej determinujących masę ziaren z kłosa.

LITERATURA

- Davey D. R., Lu K. H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheatgrass seed production. *Agron. J.* 51: 515 — 518.
- Gołaszewski J., Koczowska I., Korona A., Idżkowska M. 1993. Metoda współczynników ścieżek w ocenie współzależności wybranych cech żyta ozimego i pszenżyta jarego. *Zesz. Nauk AR Wroc.* 223: 157 — 163.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994 a. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnej wybranych linii wsobnych żyta ozimego o żółtym ziarnie. Cz. I. Wstępna ocena wartości hodowlanej linii krzyżowanych z formami SMH 108 i Motto. *Biul. IHAR* 190: 3 — 8.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994 b. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnej wybranych linii wsobnych żyta ozimego o żółtym ziarnie. Cz. II. Ocena hodowlana linii krzyżowanych z populacją CHDM 16. *Biul. IHAR* 190: 9 — 15.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. *Plant Breed. Seed Sci.* 40, 3/4: 37 — 47.
- Idżkowska M., Gołaszewski J., Koczowska I., Grabowski S. 1993 a. Analiza współczynników ścieżek u żyta ozimego. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult.* 56: 25 — 30.
- Idżkowska M., Gołaszewski J., Koczowska I., Grabowski S. 1993 b. Analiza współczynników ścieżek u żyta ozimego (*Secale cereale* L.). Cz. I Analiza współczynników ścieżek w ocenie współzależności cech determinujących plon ziarna z kłosa. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricult.* 56: 17 — 24.
- Kadłubiec W., Bujak H., Kaczmarek J. 1995. Wielocechowa analiza kształtowania się masy ziarna z kłosa w liniach wsobnych i pokoleniach F₁, F₂, F₃ żyta ozimego. *Zesz. Nauk AR Wroc.* 278: 103 — 108.

- Mądry W., Pietrzykowski R. 1995. Analiza współczynników ścieżek dla cech rozwijających się w trakcie ontogenezy oraz plony ziarna pszenżyta ozimego. *Rocz. Nauk Rol., seria A*, t. III, z. 3/4: 9 — 21.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T., Grochowski L. 1996. Zmienność i współzależność cech oraz ocena zjawisk genetycznych w kolekcji roboczej żyta ozimego 1977–1992. *Biul. IHAR* 200: 69 — 84.

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI**STANISŁAW WĘGRZYN**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Kraków

Zmienność i współzależność niektórych cech struktury plonu żyta ozimego

Variability and correlation of some traits of yield structure in winter rye

Badano zmienności 12 cech, ich genetyczne uwarunkowanie oraz korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy tymi cechami. Materiałem badawczym było 154 odmian, rodów i mieszańców żyta. Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 1998–2000 w siedmiu miejscowościach: Choryni, Dańkowie, Laskach, Sobiejuchach, Wierzenicy, Radzikowie i Smolicach. Ocenie poddano 12 cech: przetrzymywanie, wysokości roślin, wyrównanie, termin kłoszenia, odporność na wyłęganie i rdzę brunatną, zdolność pylenia kwiatostanów, plon (dt/ha), masa 1000 ziaren oraz ciężar hektolitra, liczba opadania i zawartość białka. Dla każdej cechy obliczono średnie wartości, współczynniki zmienności (CV %), współczynniki genetycznego uwarunkowania cech (H) oraz współczynniki korelacji fenotypowej (rP) oraz genotypowej (rG). Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono, że badane w latach 1998–2000 formy żyta ozimego w zespołowych doświadczeniach wstępnych plonowały stabilnie na poziomie ok. 70 dt/ha. Niektóre cechy charakteryzowały się wysoką zmiennością. Wartości współczynników zmienności dla pylenia kwiatostanów wahały się od 33,6 do 41,4% (CV), odporności na wyłęganie od 22,1 do 29,8% (CV) oraz liczby opadania od 23,1 do 40,9% (CV). Stwierdzono nieliczne wysoce istotne, dodatnie lub ujemne wartości współczynników korelacji fenotypowych (rP) i genotypowych (rG) pomiędzy badanymi cechami u żyta. Najwyższe istotne dodatnie wartości współczynników korelacji obliczono pomiędzy wysokością a pyleniem ($rP =$ od 0,33 do 0,67), ujemne zaś zależności pomiędzy plonem a pyleniem ($rP =$ od -0,37 do -0,75) oraz wyrównaniem roślin a pyleniem ($rP =$ od -0,51 do -0,73). Współczynniki korelacji genotypowej charakteryzowały się wyższymi wartościami od współczynników korelacji fenotypowej. Oznacza to, że obserwowane zależności są uwarunkowane czynnikami genetycznymi w wysokim stopniu dziedzicznymi a w mniejszym środowiskowymi.

Słowa kluczowe: genetyczne uwarunkowanie cech, współczynniki korelacji fenotypowe i genotypowe, żyto ozime, współczynniki zmienności

The variability, heritability, and coefficients of phenotypic (rP) and genotypic (rG) correlation between 12 traits in winter rye were calculated from the results of breeding experiments with 154 varieties, strains and hybrids carried out the in years 1998–2000 in 7 localities: Choryń, Dańków, Laski, Sobiejuchy, Wierzenica, Radzików and Smolice. The estimated traits were following: grain yield, 1000 grain yield, test weight, winterhardiness, heading date, plant height, pollen fertility, uniformity, lodging, brown rust resistance, falling number and protein content. The mean value, coefficient of variability (CV), coefficient of heritability (H) and coefficients of phenotypic (rP) and genotypic (rG) correlation

were calculated for each trait. The statistic analysis showed that yield of the investigated rye forms was rather stable and amounted about 70 dt/ha. Some traits showed very high-level of variability. The values of CV for pollen fertility varied from 33,6% to 41,4%, for lodging — 22,1% to 29,8%, and for falling number — 23,1% to 40,9%. Only few r_P and r_G values were highly significant. The highest positive values of correlation coefficient were found between plant height and pollen fertility ($r_P = 0,33$ to $0,67$), and negative significant values of correlation between grain yield per plot and pollen fertility ($r_P = -0,37$ to $-0,75$), and between uniformity and pollen fertility ($r_P = -0,51$ to $-0,73$). The values of coefficients of genotypic correlations were higher than those of phenotypic correlation. It signified that the observed interrelationships resulted mainly from genetic factors and to less extent from environmental factors.

Key words: coefficient of variability, coefficient of correlation phenotypic and genotypic, heritability, winter rye

WSTĘP

Przeprowadzona analiza zmienności cech ich genetycznych uwarunkowań oraz korelacji wykonana w oparciu o zróżnicowane botanicznie formy żyta badane w kolekcji roboczej latach 1977–1992 oraz na rodach i odmianach badanych w zespołowych doświadczeniach wstępnych w latach 1992–1997 (Węgrzyn i in., 1996; Śmiałowski, 2000) ujawniła występowanie wielu interesujących zjawisk genetycznych w badanych materiałach. Wynikały one z doboru zróżnicowanego materiału badawczego oraz odmiennych warunków środowiskowych.

Kontynuując w latach 1988–2000 monitoring zespołowych doświadczeń wstępnych z rodami, odmianami i mieszańcami żyta ozimego przeprowadzono obliczenia, których celem było poznanie dynamiki zmian w plenności, w zróżnicowaniu badanych cech u żyta, a także określenie zależności fenotypowej i genotypowej pomiędzy tymi cechami, oraz ujawnienie ich genetycznego uwarunkowania.

MATERIAŁ I METODA

Do obliczeń statystycznych zastosowano program komputerowy FEGEKOR 3 (TP) opracowany w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie przez Stanisława Węgrzyna. Analiza statystyczna wykonana przez ten program obejmowała obliczenie w każdym roku: średnich wartości cech (tab. 1), współczynników zmienności (CV%), korelacji fenotypowych (r_P) i genotypowych, (r_G), określenie ich wartości krytycznych oraz określenie współczynników genetycznego uwarunkowania cech (H), (tab. 1).

Materiał badawczy stanowiło łącznie 154 rody, odmiany i mieszańce (od 42 do 56 obiektów w roku) badane w doświadczeniach wstępnych w latach 1998–2000, w siedmiu miejscowościach: Choryni, Dańkowie, Laskach, Sobiejuchach, Wierzenicy, Radzikowie i Smolicach. Ocenie poddano 12 cech: przezimowanie, wysokości roślin, wyrównanie, termin kłoszenia, odporność na wyleganie i rdzę brunatną, obfitość pylenia kwiatostanów w okresie kwitnienia, plon (dt/ha), masa 1000 ziaren oraz ciężar hektolitra, liczba opadania i zawartość białka.

WYNIKI I DISKUSJA

Uzyskane wyniki wskazują, że podczas trzech lat badań nie odnotowano postępu w plonowaniu nowych form żyta ozimego, biorących udział w doświadczeniach wstępnych (tab. 1). Przeciętne plony żyta w kolejnych latach przekraczały 70 dt/ha, jednak najwyższy plon uzyskano w 1998 roku (tab. 1). Odnotowany w latach 1992–1994 postęp w plenności uległ zahamowaniu w latach późniejszych (Śmiałowski, 2000). Podniesienie plenności wynikało z sukcesywnego wprowadzania do doświadczeń mieszańców, które przewyższały plennością rody populacyjne. Osiągnięta w latach 1994–2000 wysoka plennosc ustabilizowała się na wysokim poziomie, podlegającym tylko nieznacznym wahaniom w kolejnych latach. Również większość badanych cech charakteryzowała się zbliżonymi przeciętnymi, średnimi wartościami (tab. 1). Obserwowano jednak w poszczególnych latach dla kilku cech szerszy zakres zmienności. Wynikał on z różnic pomiędzy badanymi obiektami oraz interakcji genotypów z miejscowościami. Najwyższymi współczynnikami zmienności (CV) charakteryzowała się zdolność do pylenia (33,6–41,4% CV), liczba opadania (23,1–40,9% CV) oraz odporność na wyleganie (22,1–29,8% CV), (tab. 1). Podobną, wysoką zmienność dla odporności na wyleganie i liczby opadania odnotowano również w latach 1977–1992 (Węgrzyn i in., 1996) oraz 1992–1997, (Śmiałowski i in., 2000). Oznacza to, że nadal wśród badanych form żyta ozimego były zarówno odporne, jak i silnie wylegające oraz o zróżnicowanej jakości ziarna. Zatem poprawienie sztywności słomy u nowych form żyta stanowi nadal poważny problem dla hodowców żyta. Inna silnie zróżnicowana cecha; pylenie kwiatostanów żyta w trakcie kwitnienia wcześniej pomijana w ocenie, nabiera ostatnio znaczenia w związku z rosnącą rolą form mieszańcowych w uprawie żyta. Im wyższą zdolność do produkcji pyłku będą się charakteryzowały zapylacze używane w mieszańcach, tym wyższe plony uzyska się w zasiewach produkcyjnych. Natomiast inne, decydujące o plonie ważne cechy struktury plonu: masa 1000 ziaren oraz ciężar hektolitra charakteryzowały się niskimi, ustabilizowanymi wartościami CV, (tab. 1). Niskie współczynniki zmienności dla masy 1000 ziaren i masy hektolitra stwierdzono również w latach 1992–1997. (Śmiałowski, 2000). Można przypuszczać, że prace hodowlane w zakresie poprawiania tych cech osiągnęły wysoki pułap wyczerpując różnorodność źródeł genetycznych. Zatem źródło poprawiania plenności na drodze selekcji pośredniej z wykorzystaniem tych cech ulega ograniczeniu i postępu należy poszukiwać w innych elementach struktury plonu.

Ważnym czynnikiem, który należy brać pod uwagę przy podejmowaniu prac selekcyjnych jest genetyczne podłoże obserwowanych zmienności. Informacje o genetycznym uwarunkowaniu badanych cech żyta ozimego przedstawiono w ostatniej kolumnie w tabeli 1. Badane cechy, z wyjątkiem prezimowania, charakteryzował wysoki wskaźnik genetycznego uwarunkowania cech (H). Szczególnie wysoką i wyrównaną wartość tego wskaźnika odnotowano dla kłoszenia, pylenia i wysokości roślin, natomiast zróżnicowane, niskie lub wysokie dla zawartości białka w ziarnie. Najwyższą wartością wskaźnika (H) charakteryzowała się wysokość roślin oraz pylenie. W przypadku obu tych cech oznacza to, że są one w wysokim stopniu uwarunkowane genetyczne, a w mniejszym kształtowane przez czynniki środowiskowe. Pylenie w przeciętnych warunkach środowiska, pomijając

drastycznie niekorzystne warunki pogodowe w okresie kwitnienia, będzie zależeć od genetycznych właściwości komponentów mieszańcowych.

Tabela 1

Porównanie średnich, współczynników zmienności oraz współczynników genetycznego uwarunkowania cech dla rodów żyta ozimego badanych w doświadczeniach wstępnych 1998–2000
The average values of traits, coefficients of variability and coefficients of heritability for the rye varieties and strains investigated in preliminary experiments in 1998–2000

Cechy Traits	Średnia Mean			Współczynnik zmienności CV(%) Coefficient of variability			Współczynnik odziedziczalności H Coefficient of heritability		
	Lata badań Years of study			Lata badań Years of study			Lata badań Years of study		
	1998	1999	2000	1998	1999	2000	1998	1999	2000
Plon Yield	77,9	72,2	75,7	12,6	15,4	10,9	0,91	0,89	0,84
Kłoszenie Days to heading	10,2	12,4	5,9	13,6	15,8	30,3	0,89	0,89	0,89
Pylenie Pollen fertility	7,5	6,9	7,1	33,6	41,2	41,4	0,92	0,90	0,97
Wysokość roślin Height of plant	149,6	154,5	133,5	8,6	9,3	8,2	0,97	0,97	0,92
Wyrównanie Uniformity	6,7	6,5	6,7	16,0	15,1	17,0	0,89	0,85	0,81
Wyleganie Lodging	7,2	7,0	7,1	28,3	29,8	22,1	0,88	0,89	0,89
Rdza brunatna Brow rust	6,3	5,7	5,6	16,2	17,8	17,8	0,93	0,73	0,82
MTZ 1000 grain yield	30,8	31,1	33,3	10,2	10,3	7,3	0,79	0,87	0,79
Masa hektolitra Test weight	75,9	74,2	75,5	1,8	2,2	1,3	0,79	0,71	0,77
Liczba opadania Falling number	157,4	155,5	139,4	40,9	23,1	36,2	0,72	0,74	0,87
Przezimowanie Winterhardiness	8,6	8,1	8,5	9,5	8,8	7,2	0,44	0,34	0,29
Białko Protein content	9,8	11,3	9,5	6,8	3,2	2,2	0,14!	0,85	0,76

Znaczenie korelacji w hodowli roślin podkreśla Węgrzyn (1983). W celu poznania zależności pomiędzy badanymi cechami u żyta ozimego zostały obliczone współczynniki korelacji fenotypowej (r_P) i genotypowej (r_G). Tabela 2 przedstawia współczynniki korelacji fenotypowej, które są umieszczone powyżej diagonalnej, natomiast współczynniki korelacji genotypowej znajdują się poniżej diagonalnej. Zestawione w tabeli 2

współczynniki korelacji można podzielić na trzy grupy. Pierwsza grupa współczynników korelacji charakteryzuje się wysoce istotnymi wartościami o tym samym kierunku dodatnim lub ujemnym przez trzy lata. Do tej grupy należy tylko jeden wysoce istotny dodatni współczynnik korelacji pomiędzy wysokością a pyleniem. Liczniejsze, ale ujemne współczynniki korelacji odnotowujemy pomiędzy; pyleniem a plonem, plonem a liczbą opadania, przezimowaniem a kłoszeniem, wysokością a kłoszeniem, wysokością a wyrównaniem, wysokością a wyleganiem, wyrównaniem a pyleniem (tab. 2). Obliczone współczynniki korelacji fenotypowej r_P i genotypowej r_G nie dały odpowiedzi na pytanie, które ważne cechy struktury plonu korzystnie wpływały na plenność badanych form żyta ozimego. Należy przypuszczać, że cecha plenności u badanych obiektów zależała od innych pośrednio tylko zależnych od plonu cech struktury plonu. Analizując współczynniki korelacji pomiędzy cechami okazało się, że wyższe formy żyta silnie wylegające, charakteryzują się lepszą zdolnością do pylenia, niższe obiekty zaś słabszą. Ponieważ wysokie formy żyta o dużej produkcji pyłku są z reguły populacjami o mniejszym potencjale plonowania, więc współczynnik korelacji pomiędzy tymi cechami okazał się ujemny (tab. 2). Ujemny współczynnik korelacji pomiędzy plonem a liczbą opadania wskazuje, że nie przełamano niekorzystnej zależności pomiędzy tymi cechami. W związku z tym prace nad doskonaleniem cech technologicznych u żyta ozimego powinny być uwzględniane w programach hodowlanych tego gatunku.

Druga grupa obejmuje współczynniki korelacji również o tym samym kierunku, dodatnim lub ujemnym (od 1998 do 2000 roku), ale o wartościach wysoce istotnych w dwóch latach lub tylko jednym roku. W tej grupie na uwagę zasługują współczynniki dodatnie pomiędzy; wyrównaniem a plonem, przezimowaniem a plonem, przezimowaniem a wysokością, kłoszeniem a wyleganiem, kłoszeniem a liczbą opadania, obfitością pyłku a odpornością na rdzę brunatną, wyrównaniem a odpornością na wyleganie, wyleganiem a wysoką odpornością na rdzę brunatną, odpornością na rdzę brunatną a wysoką masą 1000 ziaren, wysokim ciężarem hektolitra a masą 1000 ziaren. Uwagę zwracają też w tej grupie liczne współczynniki korelacji o wysoce istotnych, ale o ujemnych wartościach. Obserwacje te dotyczą zależności pomiędzy; plonem a wczesnością kłoszenia, plonem a wyleganiem, plonem a rdzą brunatną, plonem a zawartością białka, kłoszeniem a ciężarem hektolitra, pyleniem a masą 1000 ziaren, wysokością a masą 1000 ziaren, wyrównaniem a przezimowaniem, wyleganiem a liczbą opadania. Pomimo, że przedstawione powyżej współczynniki korelacji są istotne tylko w dwóch latach lub jednym roku, to możemy wyciągnąć wnioski podobne jak dla pierwszej grupy. Obserwowane zależności nie wskazują jednak na przełamanie korelacji odnotowanych we wcześniejszych badaniach (Węgrzyn, 1996; Śmiałowski, 2000).

Trzecią grupę badanych zależności stanowią wysoce istotne współczynniki korelacji, ale o wyraźnie rozbieżnych kierunkach, w jednym roku wysoce istotnie dodatnie w kolejnym ujemne lub odwrotnie. W tej grupie znajdują się ważne zależności pomiędzy takimi cechami, jak: wczesność kłoszenia a zawartość białka, pylenie a liczba opadania, wyrównanie a odporność na porażenie rdzą brunatną. Zaliczone do tej grupy współczynniki korelacji mogą ujawniać zmiany zachodzące w badanym materiale.

Tabela 2

Korelacje fenotypowe i genotypowe pomiędzy cechami żyta ozimego
Phenotypic and genotypic correlation

rP rG	Lata Years	Cechy Traits											
		Plon Yield	Kłoszenie Days to heading	Pylenie Pollen fertility	Wysokość Plant height	Wyrównanie Uniformity	Wyleganie Lodging	Rdza brunatna Brown rust	MTZ 1000 Grain yield	Masa Hektolitra Test weight	Przezimo- wanie Winter hardiness	Liczba opadania Falling number	% białka Protein content
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Plon	1998		-0,04	-0,75**	-0,29	0,44**	0,05	-0,21	-0,05	-0,22	0,19	-0,37**	0,12
Yield	1999		-0,51*	-0,37**	0,27*	0,19	-0,44**	-0,31*	-0,03	-0,10	0,53**	-0,26*	-0,57**
	2000		-0,08	-0,60**	-0,11	0,39**	0,11	-0,18	0,20	0,10	0,50	-0,25*	-0,25
Kłoszenie	1998	-0,02		0,12	-0,15	0,17	0,12	0,18	0,29	-0,57**	-0,49**	0,10	-0,31*
Date of	1999	-0,55**		-0,14	-0,29*	0,05	0,48**	0,16	0,24	0,17	-0,39**	0,30*	0,27*
heading	2000	-0,07		0,04	-0,27*	-0,06	0,02	-0,13	0,11	-0,07	-0,34*	0,11	0,05
Pylenie	1998	-0,86**	0,14		0,67**	-0,51**	-0,38**	0,33**	-0,07	-0,11	-0,11	0,22	0,01
Pollen fertility	1999	-0,43**	-0,12		0,63**	-0,73**	0,42**	0,4**	0,01	-0,07	0,04	-0,18	0,08
	2000	-0,71**	0,06		0,33	-0,57**	-0,14	-0,09	-0,31*	0,01	-0,22	0,26*	0,15
Wysokość	1998	-0,30*	-0,15	0,72**		-0,69**	-0,50**	0,02	0,12	0,0	0,19	-0,01	0,23
Plant height	1999	0,28*	-0,31*	0,68**		-0,81**	-0,71**	0,05	0,0	-0,07	0,51**	-0,1	-0,19
	2000	-0,15	-0,28*	0,35**		-0,70**	-0,36**	-0,36**	-0,35**	-0,20	0,25	-0,06	-0,02
Wyrównanie	1998	0,50*	0,18	-0,63**	-0,73**		0,12	0,08	-0,23	-0,36**	-0,30*	-0,0	-0,01
Uniformity	1999	0,23	0,05	-0,81**	-0,86**		0,34**	-0,30*	-0,21	0,09	-0,33**	0,14	-0,13
	2000	0,47**	-0,03	-0,67**	-0,90**		0,32**	0,33**	0,08	0,05	-0,25	-0,001	-0,36**
Wyleganie	1998	0,06	0,20	-0,46**	-0,53**	0,11		0,44**	0,61**	-0,23	-0,38**	-0,30*	0,14
Lodging	1999	-0,48**	0,54**	-0,46**	-0,86**	0,39**		0,04	0,28*	0,21	-0,21	-0,33**	0,40**
	2000	-0,11	-0,001	-0,14	-0,41**	0,30*		0,41**	0,44**	-0,02	-0,02	-0,05	0,02

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

*,** — Significant at P = 0,05 and P = 0,01, respectively

Korelacje fenotypowe (rP) powyżej diagonalnej

Correlation of coefficient (rP) above the diagonal

Korelacje genotypowe (rG) poniżej diagonalnej

Correlation of coefficient (rG) beneath the diagonal

c.d. Tabela 2

rP rG	Lata Years	Cechy Traits											
		Plon Yield	Kłoszenie Days to heading	Pylenie Pollen fertility	Wysokość Plant height	Wyrównanie Uniformity	Wyleganie Lodging	Rdza brunatna Brown rust	MTZ 1000 Grain yield	Masa Hektolitra Test weight	Przezi- mowanie Winter hardiness	Liczba opadania Falling number	% białka Protein content
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Rdza brunatna Brown rust	1998	-0,21	0,20	0,44**	0,02	0,09	0,52**		0,37**	0,15	0,03	0,001	-0,03
	1999	-0,41**	0,20	0,61**	0,07	-0,35**	0,03		0,05	-0,28**	0,10	0,11	-0,09
	2000	-0,22	-0,14	0,12	-0,40**	0,37**	0,46**		0,04	-0,14	0,20	0,06	-0,02
MTZ 1000 grain weight	1998	-0,12	0,35**	-0,12	0,15	-0,44**	-0,44**	0,71**		0,03	-0,37*	0,09	-0,28
	1999	-0,04	0,20	0,05	0,12	-0,20	0,29	0,04		0,28*	-0,15	-0,01	0,01
	2000	0,19	0,12	-	-0,22	-	0,46**	0,01		0,26*	-	-0,02	0,15
Masa hektolitra Test weight	1998	-0,15*	-0,62**	-0,15	0,15	-0,54**	0,27	0,14	-0,05		0,27	-0,18	0,22
	1999	-0,19	0,27	-0,02	-0,09	0,16	0,32**	-0,47**	0,27		-0,08	-0,14	-0,11
	2000	0,10	-0,07	-	-0,23	-	-0,001	-0,21	0,30*		-	0,04	0,19
Przezimowanie Winter hardiness	1998	0,21	-0,70**	-0,58**	0,23	-0,45**	-0,45**	-0,05	0,001	0,001		0,001	0,001
	1999	0,73**	-0,54**	-0,04	0,77**	-0,44**	-0,91**	-0,08	-0,24	-0,41**		-0,35**	-0,51**
	2000	0,79**	-0,70**	-0,49**	0,15	-0,44**	-	-0,09	-	-		-	-
Liczba opadania Falling number	1998	-0,52**	0,11	0,27	0,27	-0,02	-0,01	-0,17	-0,13	-0,10	-0,25		-0,11
	1999	-0,31*	0,42**	-0,31**	-0,19	-0,19	0,07	0,14	0,22	0,001	-0,03		0,25
	2000	-0,30*	0,21	-	-0,07	-	-0,06	0,06	0,03	0,03	-		0,23
% białka Protein content	1998	-0,49**	-0,85**	0,10	0,77**	0,10	-0,20	-0,001	-1,09	1,23	0,001	-0,08	
	1999	-0,55**	0,35**	0,001	-0,20	-0,26**	0,46**	0,001	0,001	0,001	0,001	0,29*	
	2000	-0,34*	-0,02	-	-0,05	-	0,11	0,03	0,03	0,18	-	0,28*	

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

*,** — Significant at P = 0,05 and P = 0,01, respectively

Korelacje fenotypowe (rP) powyżej diagonalnej

Correlation of coefficient (rP) above the diagonal

Korelacje genotypowe (rG) poniżej diagonalnej

Correlation of coefficient (rG) beneath the diagonal

Sygnalizują pojawienie się nowych genotypów, które przełamują niekorzystne korelacje lub pogarszają osiągnięty wcześniej postęp hodowlany. Wysoce istotne korelacje fenotypowe są równocześnie uwarunkowane wysoce istotnymi korelacjami genetycznymi, których wartości zostały umieszczone poniżej diagonalnej (tab. 2). W prezentowanych obliczeniach mogą również pojawić się współczynniki korelacji genotypowych przekraczające wartość 1,0 (tab. 2). Sytuacja taka jest możliwa, wtedy gdy wartość współczynnika korelacji genotypowej obejmuje korelację środowiskową. Zjawisko takie obserwowano we wcześniejszych badaniach obejmujących lata 1992–1997, (Śmiałowski i in., 2000). Przyczyną może być silny wpływ środowiska na jedną lub obydwie korelowane cechy. Również pleiotropowe działanie genów może wpływać na wynik obliczanych współczynników korelacji genotypowych (Węgrzyn, 1983). Zjawisko takie należy uwzględnić przy porównaniu lub interpretacji wyników odbiegających od spodziewanych rezultatów.

WNIOSKI.

1. Uzyskane wyniki badań wskazują stabilizację plenności w latach 1998–2000 form żyta ocenianych w zespołowych doświadczeniach wstępnych.
2. Wysokie wartości współczynników zmienności dla zdolności pylenia kwiatostanów, odporności na wyleganie, i wysokiej liczby opadania u badanych form żyta stwarzają możliwość wyboru form o zadawalających parametrach tych cech.
3. Stwierdzono nieliczne, wysoce istotne o tym samym kierunku dodatnim lub ujemnym współczynniki korelacji fenotypowej (r_P) i genotypowej (r_G) pomiędzy niektórymi cechami u żyta w ostatnich trzech latach badań. Wyniki te są dowodem stabilizacji poziomu cech oraz zależności pomiędzy nimi. Odnotowano również grupę cech pomiędzy, którymi występują współczynniki korelacji wysoce istotne, ale o różnym kierunku w kolejnym roku, co może wskazywać na przełamywanie zależności pomiędzy nimi zarówno w kierunku korzystnym, jak i niekorzystnym.
4. Współczynniki korelacji genotypowej charakteryzowały się wyższymi wartościami od współczynników korelacji fenotypowej. Oznacza to, że obserwowane zależności są uwarunkowane czynnikami w wysokim stopniu dziedzicznymi, a w mniejszym środowiskowymi.

LITERATURA

- Śmiałowski T., Węgrzyn S. 2000. Zmienność i zależność oraz genetyczne uwarunkowania wybranych cech u odmian i rodów żyta ozimego. Biul. IHAR 216 (1): 61 — 68.
- Węgrzyn S., Śmiałowski T., Grochowski L. 1996. Zmienność i współzależność cech oraz ocena zjawisk genetycznych w kolekcji roboczej żyta ozimego 1977–1992, Biul. IHAR 200: 69 — 84.
- Węgrzyn S. 1983. Znaczenie korelacji w hodowli roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol. 290: 15 — 21.

Podziękowanie

Autorzy pracy serdecznie dziękują hodowcom i Zespołowi Grupy Problemowej d.s. Hodowli Żyta za udostępnienie wyników przeprowadzonych doświadczeń.

TADEUSZ ŚMIAŁOWSKI**STANISŁAW WĘGRZYN**

Zakład Roślin Zbożowych

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Krakowie

Przydatność punktów doświadczalnych do oceny materiałów hodowlanych żyta ozimego

Usefulness of trial sites for testing winter rye breeding materials

Na podstawie wyników plonowania rodów, odmian i mieszańców żyta ozimego w zespołowych doświadczeniach wstępnych, przeprowadzonych w siedmiu miejscowościach w latach 1992–2000, wykonano analizę przydatności poszczególnych miejscowości do oceny plenności materiałów hodowlanych. W tym celu wykorzystano wskaźnik (w_j) opracowany w Zakładzie Roślin Zbożowych IHAR w Krakowie. Wskaźnik (w_j), który może przyjmować wartości od 0 do 1 wskazuje na poziom interakcji genotypowo-środowiskowej. Jeśli wartość wskaźnika zbliża się do 0 to poziom interakcji badanych genotypów ze środowiskiem jest najwyższy, a zatem miejscowość jest najkorzystniejsza dla oceny plenności. Jeśli wskaźnik (w_j) przybiera dla miejscowości wartość 1 interakcja jest najmniej korzystna, ponieważ miejscowość ta ukrywa interakcję genotypowo-środowiskową, a zatem nie ujawnia zróżnicowania plenności badanych genotypów. Na tej podstawie uszeregowano miejscowości według ich przydatności do oceny plenności rodów żyta ozimego. Najniższym wskaźnikiem (w_j) charakteryzowały się Smolice (0,72), najwyższym Dańków (0,81). Różnice pomiędzy wskaźnikiem pierwszej miejscowości a ostatniej okazały się nieduże, wyniosły 12%. Następnie obliczono współczynniki korelacji plonu pojedynczej miejscowości ze średnim plonem z wszystkich miejscowości, potem kolejno dodawano plon drugiej miejscowości i średni plon z obu korelowano ze średnim plonem z wszystkich miejscowości itd., wykorzystując korelacje zwykłe Pearsona i kolejnościami Spearmana. Na tej podstawie obliczono współczynniki determinacji według wzoru $r_j^2 = 100 \cdot r_p \cdot r_s$. Pozwoliły one uszeregować miejscowości według zróżnicowania badanych genotypów. W największym stopniu zmienność badanych genotypów wyjaśniały Smolice (47%), następnie Radzików (20%) oraz Wierzenica (16%). Pozostałe 4 miejscowości; Sobiejuchy, Laski, Choryń, Dańków dodawały przeciętnie po 5% informacji.

Słowa kluczowe: punkty doświadczalne, żyto ozime.

The analysis of usefulness of 7 trial sites for testing yields of winter rye breeding materials was carried out on the base of results of preliminary breeding experiments from the years 1992–2000. For this purpose the usefulness index (w_j) was elaborated. The w_j index may assume values from 0 to 1 and indicates the level of genotype-environment interaction. If the index value is near 0, the level of genotype-environment interaction is high and the locality is very useful for the testing of yield. If the index is close to 1, the locality is less useful because the genotype-environment interaction is suppressed, so the locality does not show differences in yield potential. The localities were ranked: according to the value of usefulness index the lowest index was for Smolice (0,72), and the highest for

Dańków (0,81). Difference between the lowest and the highest values of the index appeared to be little — about 12%. The Pearson's coefficient of correlation and Spearman's rank correlation between yield of a single locality and the total mean yield of all localities, and subsequently between yields of two, three etc. localities and the total mean yield were also calculated to designate determination coefficients $r_j^2 = 100 * r_p * r_s$. Using the coefficient r_j^2 the investigated localities were ranked to show to what extent they explain variability of tested genotypes. The most of information on variability of genotypes was contributed by Smolice (47%), then Radzików (20%) and Wierzenica (16%). The remaining 4 localities: Sobiejuchy, Laski, Choryń, and Dańków gave not more than 5 % of information.

Key words: trial sites, winter rye

WSTĘP

Hodowla nowych odmian żyta ozimego zarówno populacyjnych jak i szczególnie mieszańcowych zalicza się do bardzo kosztownych. Zatem ocena wyhodowanych materiałów zarówno pod względem plonu, jak i pozostałych cech powinna być przeprowadzana w odpowiednio dobranych miejscowościach (pod względem liczby i charakteru), w których zostanie ujawniony postęp hodowlany. Złe dobrana lokalizacja doświadczeń, która słabo ujawnia efekty interakcji genotypów ze środowiskiem, powoduje błędne decyzje w stosunku do ocenianych materiałów, przyczyniając się równocześnie do obniżenia efektów ekonomicznych prowadzonej hodowli. W ostatnich latach podjęto intensywne badania mające na celu rozwiązanie tych zagadnień. Wyniki tych prac zostały opublikowane w czasopismach zagranicznych (Campbell, 1980; Altin i in., 1989; Braun i in., 1992; Ceccarelli i in., 1998) oraz nielicznych krajowych (Drzazga i in., 1997; Krajewski i in., 1999; Węgrzyn, 1999). W tych badaniach wykorzystano różne metody sprawdzenia przydatności miejscowości w ocenie plonowania, od prostych liniowych współczynników korelacji (Campbell i in., 1980) do bardzo skomplikowanych statystyk łączących w sobie współczynniki zmienności, odziedziczalności i korelacji (Węgrzyn, 1999). Uzyskane oceny plonowania rodów i odmian różnych gatunków i form wskazują potrzebę weryfikacji miejscowości, wysuwając na pierwszy plan wielkość interakcji genotypowo-środowiskowej, a nie poziom plonowania.

Dlatego celem niniejszej pracy jest określenie przydatności krajowych miejscowości do oceny plonowania rodów i mieszańców żyta ozimego. Stosownie do założenia uznano za najlepszą lokalizację tę, która najsilniej ujawnia różnice genetyczne między genotypami oraz efektami interakcji genotypu ze środowiskiem. Miejscowości, które słabo ujawniają efekty interakcji genotypowo-środowiskowej będą mało przydatne.

MATERIAŁ I METODA

Do oceny przydatności miejscowości dla potrzeb wyboru najlepszych pod względem plonowania rodów i odmian żyta ozimego wykorzystano wyniki wstępnych doświadczeń zespołowych z lat 1992–2000. Doświadczenia wysiewano w stacjach hodowli roślin i zakładach doświadczanych IHAR początkowo w 10 miejscowościach. W następnych latach ze względu na likwidację stacji hodowli roślin liczbę miejscowości zredukowano do 7 (tab. 1). Stosowane dawki nawożenia, przedplony oraz długość okresu wegetacji były zbliżone. Natomiast zestaw badanych obiektów był odmienny w każdym roku i obejmował

od 10 do 62 rodów i mieszańców (tab. 1). Doświadczenia w latach 1992–1994 przeprowadzano metodą losowanych bloków, a następnych metodą kraty kwadratowej podwójnie powtórzonej, czyli inaczej niekompletnych bloków w 4 powtórzeniach. Wielkość poletek wynosiła 10 m². Zebrane plony przeliczano na ha i w tej postaci użyto do dalszych obliczeń.

Podstawą obliczeń stanowił ogólnie znany model matematyczno-statystyczny opisany w pracy Węgrzyna (1999), który dla dowolnej obserwacji ma postać:

$$x_{ij} = \mu + a_i + b_j + g_{ij}, \quad (1)$$

gdzie

x_{ij} = plon i -tego genotypu w j -tej miejscowości;

μ = średnia ze wszystkich obserwacji;

a_i = efekt genetyczny dla i -tego genotypu;

b_j = efekt dla j -tej miejscowości;

g_{ij} = efekt interakcji i -tego genotypu w j -tej miejscowości.

Parametry genetyczne w równaniu (1) szacuje się z równań:

$$\hat{\mu} = \bar{x}_{..};$$

$$\hat{a}_i = \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{..};$$

$$\hat{b}_j = \bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..};$$

$$\hat{g}_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..}$$

gdzie $\bar{x}_{..}$ = średnia generalna;

$$\bar{x}_{i.} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_{ij} = \mu + a_i = \text{średnia dla } i\text{-tego genotypu};$$

$$\bar{x}_{.j} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{ij} = \mu + b_j = \text{średnia dla } j\text{-tej miejscowości};$$

m = liczba miejscowości;

k = liczba genotypów w miejscowości.

Jeśli z równości (1) wyeliminujemy średnią miejscowość ($\bar{x}_{.j}$) to otrzymamy:

$$x'_{ij} = x_{ij} - \bar{x}_{.j} = a_i + g_{ij} \quad (2)$$

Wartości x'_{ij} podane wzorem (2) zawierają tylko efekt genetyczny (a_i) efekt interakcji genotypowo-środowiskowej (g_{ij})

Jeśli te wartości skorelujemy ze średnimi ($\bar{x}_{i.}$), to otrzymamy współczynnik korelacji genetycznej dla dowolnej miejscowości:

$$r(x'_{ij}, \bar{x}_{i.}) = \frac{\sum_{i=1}^k a_i^2 + \sum_{i=1}^k a_i g_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^k a_i^2 * \sum_{i=1}^k (a_i + g_{ij})^2}} \quad (3)$$

Współczynnik określony wzorem (3), jako współczynnik korelacji pomiędzy plonami danej miejscowości a średnimi ze wszystkich miejscowości będzie równy 1,0, gdy efekty interakcji genotypowo-środowiskowej są równe zero. Do oceny przydatności miejscowości wykorzystano trzy parametry. Pierwszy parametr stanowi współczynnik korelacji (r_j) oszacowany łącznie dla 9 lat według wzoru:

$$r_j = \frac{C}{\sqrt{A * B}} \quad (4)$$

gdzie

$$A = \sum_{l=1}^9 \left(\sum_{i=1}^k a_i^2 \right); B = \sum_{l=1}^9 \left(\sum_{i=1}^k (a_i + g_{ij})^2 \right); C = \sum_{l=1}^9 \left(\sum_{i=1}^k a_i^2 + \sum_{i=1}^k a_i g_{ij} \right)$$

Współczynnik korelacji (r_j) podany wzorem (4) stanowi pierwszy parametr wskaźnika przydatności miejscowości. Drugim parametrem jest współczynnik genetycznego uwarunkowania lub inaczej mówiąc współczynnik odziedziczalności (H_j), i wreszcie trzecim parametrem jest współczynnik zmienności (CV_j), obliczony z komponentu interakcji genotypowo-środowiskowej. Współczynniki (H_j) i (CV_j) oszacowano z komponentów analizy wariancji. Drugim parametrem wskaźnika przydatności jest współczynnik genetycznego uwarunkowania (odziedziczalności H_i) oszacowany według wzoru; $H_j = (m1-m2)/m1$; trzecim zaś współczynnik zmienności;

$$CV_j = 100 * \sqrt{m2 / \bar{x}_{.j}},$$

gdzie $m1$ i $m2$ są średnimi kwadratami w latach, zaś $\bar{x}$, jest średnim plonem z lat dla j -tej miejscowości.

Na tej podstawie opracowano wskaźnik przydatności miejscowości (w_j), który jest średnią geometryczną z ww. trzech parametrów i przybiera następującą postać;

$$w_j = \sqrt[3]{|r_j| * H_j * e^{-CV_j/100}} \quad (2)$$

Ocenę skuteczności wyboru najbardziej przydatnych do przeprowadzania doświadczeń miejscowości na podstawie wskaźnika (w_j) wykonano za pomocą współczynnika determinacji według wzoru

$$(r_j^2 = 100 * r_p * r_s), \quad (3)$$

w którym r_p oznacza współczynnik korelacji Pearsona, zaś r_s współczynnik korelacji Spearmana.

Tabela 1

Wybrane warunki agrotechniczne doświadczeń z żytem
Some agrotechnical conditions of the preliminary trial with winter rye

Warunki agrotechniczne Agrotechnics conditions	Lata Years									Średnia Mean
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
	Choryń									
NPK — kg/ha	274	148	235	183	252	265	202	234	234	225
Długość wegetacji Vegetation season	297	307	304	308	319	311	308	308	298	306
Przedplon Fore crop	Owies Oat									
	Laski									
NPK — kg/ha	165	227	244	231	279	243	267	231	254	237
Długość wegetacji vegetation season	282	322	310	305	323	319	314	313	308	310
Przedplon Fore crop	Groch Pea					Owies Oat	Groch Pea		Gorczyca Mustard	
	Wierzenica									
NPK — kg/ha	222	199	155	165	239	172	217	220	241	204
Długość wegetacji Vegetation season	—	—	307	—	323	309	312	305	314	311
Przedplon Fore crop	Mieszaniki Mixture	Łubin Lupine	Rzepak Rape	Jęczmień Barley	Rzepak Turnip	Jęczmień Barley		Rzepak Rape		
	Dańków									
NPK — kg/ha	285	241	217	219	213	276	266	223	258	244
Długość wegetacji Vegetation season	—	—	311	310	313	312	305	305	310	309
Przedplon Fore crop	Groch Pea		Mieszaniki Mixture		Groch Pea		Mieszaniki Mixture		Rzepak Rape	
	Sobiejuhy									
NPK — kg/ha	220	184	171	198	163	220	216	198	227	199
Długość wegetacji Vegetation season	302	305	310	310	314	330	311	309	299	310
Przedplon Fore crop	Łubin Lupine	Gryka Buck wheat	Groch Pea	Lucerna Lucerne	Bobik Faba bean	Owies Oat			Rzepak Rape	
	Radzików									
NPK — kg/ha	—	202	241	140	154	258	254	245	224	216
Długość wegetacji Vegetation season	—	309	306	—	317	308	304	308	303	307
Przedplon Fore crop	—	Mieszanika na zielonkę Mixture of green					Jęczmień Barley	Rzepak Rape	Jęczmień Barley	
	Smolice									
NPK — kg/ha	270	—	226	234	244	249	249	220	220	239
Długość wegetacji vegetation season	297	—	304	310	315	304	307	308	303	306
Przedplon Fore crop	Groch Pea		Owies Oat							
Metoda Methods	Losowane bloki Randomized block			Bloki niekompletne Incomplete block						
Liczba obiektów No. objects	17	10	13	20	42	49	42	56	56	

WYNIKI

W tabeli 2 przedstawiono średnie plony (dt/ha) dla siedmiu miejscowości uzyskane w latach 1992–2000. Najwyżej plonowały rody, odmiany i mieszańce żyta ozimego w Choryni, najslabiej w Wierzenicy. Pomiedzy tymi miejscowościami różnica przekraczała 10 q/ha pomimo zbliżonych warunków przyrodniczych, agrotechnicznych (nawożenia, długości okresu wegetacji i przedplonu).

Tabela 2

Średnie plony w 7 miejscowościach w okresie 9 lat
Mean yield (dt/ha) at 7 localities for 9 years of winter rye trials

Miejscowość Locality	Średnie dla miejscowości Means for locality									Średnia Mean
	lata years									
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	
Choryń	68,0	82,7	78,4	94,5	85,6	74,3	87,1	77,9	73,7	79,6
Laski	67,1	79,1	67,8	68,3	70,7	62,5	78,8	72,3	82,1	72,7
Wierzenica	45,4	60,2	63,5	53,5	65,6	56,8	61,3	72,0	68,7	63,2
Dańków	69,9	87,9	86,2	86,8	63,9	71,0	84,2	82,2	85,1	78,7
Sobiejuhy	60,0	71,0	85,2	83,1	—	74,1	84,4	77,7	78,3	77,7
Radzików	65,8	81,0	66,7	71,7	68,0	61,8	71,0	53,8	90,5	69,4
Smolice	66,6	—	78,6	82,5	66,8	65,7	78,9	69,7	51,5	67,6
Średnia Mean	63,3	77,0	75,2	77,2	70,1	66,6	77,9	72,2	75,7	

Również różnice obserwujemy pomiędzy latami, najwyższe plony były w 1998 roku, najniższe w 1992 (tab. 3). Różnice można wytłumaczyć wpływem różnych czynników: przyrodniczych i agrotechnicznych obserwowanych między latami. Najważniejszym jednak czynnikiem była zmiana składu genetycznego badanych obiektów w okresie 1992–1994, w którym formy populacyjne zastępowano sukcesywnie plenniejszymi formami mieszańcowymi. Na podstawie trzech parametrów genetycznych obliczono wartość wskaźnika (w_j) służący do oceny przydatności miejscowości dla prowadzenia doświadczeń, który podano w tabeli 3 wraz z wartościami trzech parametrów genetycznych.

Tabela 3

Wartości współczynników korelacji (r), odziedziczalności (H), współczynników zmienności (CV) i wskaźników przydatności (w)

Coefficients of correlation (r), heritability (H), variability (CV) and suitability indices (w)

Miejscowość Locality	r	H	CV	w
SMH — Smolice	0,73	0,54	4,80	0,7217
RAH — Radzików	0,70	0,62	4,67	0,7438
WIE — Wierzenica	0,78	0,59	3,82	0,7629
SOB — Sobiejuhy	0,75	0,64	3,65	0,7742
LAD — Laski	0,70	0,71	4,32	0,7834
CHD — Choryń	0,74	0,71	3,30	0,7987
DAD — Dańków	0,77	0,71	3,24	0,8100

Współczynniki korelacji genetycznej pomiędzy plonem w poszczególnych miejscowościach a średnim plonem okazały się wysokie, co świadczy o zgodności w uszeregowaniu genotypów pod względem plenności w miejscowościach. Nieco niższe i wyraźniej zróżnicowane okazały się współczynniki genetycznego uwarunkowania (H) dla poszczególnych miejscowości (tab. 3). Różnica pomiędzy najniższym (H) = 0,54 w Smolicach a najwyższym w Dańkowie = 0,71 wynosiła 28%. Wartości te dowodzą, że duże znaczenie w plonowaniu odgrywał wpływ środowiska i jego interakcja z genotypem. Niskie i stosunkowo wyrównane wartości odnotowano dla współczynników zmienności (CV_j). Rozpiętość wartości wskaźnika (w_j) pomiędzy Smolicami (0,72) a Dańkowem (0,81) wynosiła 12%. Wielkość tego wskaźnika zależy w dużym stopniu od udziału interakcji genotypowo-środowiskowej w trzech parametrach. Im wyższy będzie udział interakcji genotypowo-środowiskowej w parametrach składnikowych wskaźnik (w_j), tym wyższą wartość osiąga ten wskaźnik i odwrotnie. Zależność poszczególnych parametrów od plonu przedstawiono w tabeli 4. Okazało się, że w znacznym stopniu współczynnik genetycznego uwarunkowania (H) zależy od średnich plonów w miejscowościach. Im wyższa wartość plonu w danej miejscowości, tym wyższa okazała się wartość współczynnika H (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji pomiędzy plonem a parametrami oceny przydatności miejscowości
Coefficient of correlation between yield and the site suitability evaluation parameters

Parametry The parameters	Średni plon Mean yield
r	0,04
(H)	0,77
(CV)	-0,66
(w _j)	0,74

Wyniki te znajdują potwierdzenie w pracach Pedersona i Rathjena (1981) oraz Simmondsa (1991). Również wysoką, ale ujemną wartością charakteryzowała się zależność współczynnika zmienności (CV) od średniego plonu w danej miejscowości ($r_p = -0,66$). Podobny wynik odnotował Węgrzyn w 1999 roku. Wyniki świadczą, o tym że miejscowości o niższym poziomie plonowania charakteryzują się wyższą interakcją genotypowo-środowiskową tzn. taką, której wartość wskazuje, że środowisko w znacznie silniejszym stopniu wpływa na wysokość plonowania badanych genotypów. Dużą zależność ($r_p = 0,74$) od średniego plonu w miejscowościach odnotowano dla wskaźnika przydatności (w_j) (tab. 4). W kontekście przedstawionych rezultatów oznacza to, że raczej genetyczne właściwości badanych obiektów ich uwarunkowania do plonowania, a w mniejszym stopniu zmienność środowiska miała wpływ na plonowanie odmian żyta w badanych środowiskach.

Wykorzystując obliczone współczynniki przydatności (w_j) utworzono 7 kombinacji miejscowości (tab. 5), rozpoczynając od pojedynczej miejscowości o najniższej wartości wskaźnika i dodając kolejno miejscowości według wielkości tego wskaźnika. Następnie obliczono współczynniki korelacji plonu pojedynczej miejscowości ze średnim plonem z wszystkich miejscowości, potem kolejno dodawano plon drugiej miejscowości i średni

plon z obu korelowano ze średnim plonem z wszystkich miejscowości itd., wykorzystując korelacje zwykłe Pearsona i kolejności Spearmana (tab. 5). Okazało się, że wartości obu rodzajów współczynnika korelacji są bardzo podobne. Umożliwiło to obliczenie współczynnika determinacji według wzoru:

$$r_j^2 = 100 * r_p * r_s,$$

który może służyć do oceny skutecznego wyboru miejscowości do przeprowadzania doświadczeń. Wartość tego współczynnika wskazuje, że miejscowość Smolice wyjaśnia w 47% zmienność pomiędzy badanymi genotypami w badanym zestawie środowisk. Kolejna miejscowość Radzików dodawała aż 22% informacji, a Wierzenica 19% (tab. 5). Następne środowiska już w mniejszym stopniu informują nas o zmienności między badanymi genotypami, przeciętnie o 5%, ale są to również cenne informacje. Wynika stąd wniosek, że wszystkie omawiane środowiska okazywały się przydatne do przeprowadzania doświadczeń hodowlanych. Stopień i proporcje tej przydatności zmniejszały w miarę dochodzenia kolejnej miejscowości, ale każde następne środowisko wносиło nowe elementy istotne do pełnej oceny badanych genotypów. Analizując uzyskane wyniki, a także rozmieszczenie wykorzystywanych obecnie do doświadczeń wstępnych miejscowości w kraju, celowe byłoby poszerzenie listy środowisk o miejscowości znajdujące się na wschodzie i północy kraju. Brak informacji o plonowaniu i zachowaniu się w odmiennych warunkach przyrodniczo-agrotechnicznych stanowić może duże zagrożenie dla procesu ekspansji nowych odmian i wymiany na kwalifikowany materiał siewny uprawianych odsiewów żyta ozimego.

Tabela 5

Współczynniki korelacji Pearsona (r_p), i Spearmana (r_s) oraz współczynniki determinacji (r_j^2) dla 7 kombinacji miejscowości
Coefficients of correlation: Pearson's (r_p), Spearman's (r_s) and determination coefficients (r_j^2) for the 7 sites

Kombinacje miejscowości Sites combination	r_p	r_s	(r_j^2) (%)
0+SMH=1	0,73	0,64	46,70
1+RAH=2	0,84	0,80	67,07
2+WIE=3	0,92	0,90	82,77
3+SOB=4	0,94	0,93	87,45
4+LAD=5	0,97	0,96	93,40
5+CHD=7	0,99	0,98	96,47
6+DAD=7	1,00	1,00	100,0

WNIOSKI

1. Przydatność ocenianych miejscowości dla przeprowadzania atestacji rodów i mieszańców żyta ozimego okazała się wysoka. Najwięcej informacji wносиły trzy miejscowości: Smolice, Radzików i Wierzenica. Duże jest również znaczenie pozostałych środowisk: Sobiejuchy, Laski, Dańków i Choryń.
2. Stwierdzono wysoką dodatnią korelację pomiędzy wskaźnikiem przydatności (w_j) a średnimi plonami w miejscowościach oraz wskaźnikiem genetycznego uwarunkowania

- (H) a średnimi plonami w miejscowościach, natomiast wysoką ujemną zależność pomiędzy średnimi plonami a współczynnikiem zmienności (CV). Oznacza to, że na ocenę materiałów hodowlanych żyta ozimego większy wpływ mają genetyczne właściwości obiektów, a w mniejszym stopniu środowiska.
3. Dla przeprowadzania pełnej oceny nowych genotypów żyta ozimego jest konieczne poszerzenie listy środowisk o miejscowości zlokalizowane we wschodniej i północnej części kraju.

LITERATURA

- Altin G. N., Frey K. J. 1989. Predicting the relative effectiveness of direct versus indirect selection for oats yield in tree types of stress environments. *Euphytica*, 44: 137 — 142.
- Braun H. J., Pfeiffer W. H., Pollmer W. G. 1992. Environments for selecting widely adapted spring wheat. *Crop.Sci.* 32: 1420 — 1427.
- Campbell L. G., Lafever H.N. 1980. Effects of locations and years upon relative yields in the soft red winter wheat region. *Crop Sci.* 20: 23 — 28.
- Ceccarelli S., Grando S., Impiglia A. 1998. Choise of selection strategy in breeding barley for stress environments. *Euphytica*, 103: 301 — 318.
- Drzazga T., Krajewski P., Pietrzykowski R. 1997. Stabilność i intensywność rodów pszenicy jarej w seriach doświadczeń genetycznych i hodowlanych. *Hodowla Roślin. Materiały z I Krajowej Konferencji*: 175 — 179.
- Krajewski P., Drzazga T. 1999. Interakcja rodów pszenicy jarej ze środowiskiem na podstawie doświadczeń hodowlanych przeprowadzonych w latach 1981–1998. *Biul. IHAR* 211: 23 — 29.
- Pederson D. G., Rathjen A. J. 1981. Choosing trial sites to maximize selection response for grain yield in spring wheat. *Aust. Agric. Res.* 32: 411 — 424.
- Simmonds N. W. 1991. Selection for local adaptation in plant breeding programme. *Theor. Appl. Genet.* 82: 363 — 367.
- Singh M., Cecarelli S., Hamblin J. 1993. Estimation of heritability from varieties trials data. *Theor. Appl. Genet.* 86: 437 — 441.
- Węgrzyn S. 1999. Wybór miejscowości do oceny plonowania rodów pszenicy ozimej. *Biul. IHAR*. 211: 5 — 11.

RENATA GALEK
JAN KACZMAREK

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza, Wrocław

Wartość hodowlana wybranych form żyta jarego w kolekcji

Breeding value of chosen forms from a spring rye collection

Przeprowadzone badania miały na celu oszacowanie przydatności 20 genotypów pochodzących z różnych stref klimatycznych dla wznowionej hodowli żyta jarego. Określono również współzależności pomiędzy cechami bonitacyjnymi, technologicznymi i ilościowymi. Synteza wyników obejmuje lata 1995–1997. Wśród zgromadzonych obiektów w kolekcji znajdują się interesujące materiały, o szerokim spektrum zmienności analizowanych cech, do badań genetycznych i dalszej hodowli. Spośród 20 badanych populacji kilka wykazywało całkowitą odporność na mączniaka prawdziwego. Na wyróżnienie zasługuje ród SMH–01, którego cechowała wysoka zawartość białka ogólnego (15,4%) i lizyny w ziarnie (5,02 mg/g ziarna), skrócone źdźbło do 131 cm, wysoka wartość masy 1000 ziaren (zaliczanego do ziarna grubego, co jest rzadko spotykane u form jarych). Do poważnych wad badanych rodów i odmian żyta należała długość słomy powyżej 150 cm i duża podatność na wyleganie. Najwięcej korzystnych cech łączyła w sobie odmiana Petka, która charakteryzowała się dobrymi wschodami, odpornością na mączniaka i dobrym plonowaniem.

Słowa kluczowe: cechy bonitacyjne, cechy technologiczne, cechy ilościowe, kolekcja żyta jarego

The study was aimed at evaluation of the usefulness of 20 genotypes from different climatic zones for re-established cultivation of spring rye. Correlations between valuation, seed quality and quantitative traits have been determined. The synthesis covers the results from the period of 1995–1997. The collected material includes interesting objects of a wide spectrum of variability of the analysed traits, which would be useful for genetic research and further breeding. Among the 20 populations studied, a few displayed absolute resistance to the powdery mildew. One that should be distinguished is the strain SMH–01, characterised by high contents of protein (15,4%) and lysine (5,02 mg/g of grain) in grain, straw shortened to 131 cm, and a high value of 1000-grain mass (ranked with thick grain, which is a rare case in spring forms). Serious defects of the examined strains and varieties of rye included the length of straw exceeding 150 cm and high susceptibility to lodging. The highest number of favourable traits were concentrated in the Petka variety, which was characterised by good emergence, resistance to the powdery mildew and a good yield.

Key words: collection of spring rye, valuation, grain quality, quantitative traits

WSTĘP

Obecnie obserwuje się coraz większe zainteresowanie możliwością uprawy żyta jarego jako rośliny alternatywnej w stosunku do innych zbóż. Związane jest ono z tym, że posiadamy dużo gleb lekkich ze złymi właściwościami wodnymi o dużej przepuszczalności, słabym podsiąkaniem, szybkim wysychaniem i silnie zakwaszonych. Żyto jare może sprostać tym warunkom, szczególnie z uwagi na to, że ma wysoką tolerancyjność na toksyczne działanie jonów glinu (Grochowski, Galek, 1997) oraz charakteryzuje się stosunkowo małymi wymaganiami glebowymi, termicznymi i wodnymi. Można je również wykorzystać w celu rekultywacji gleb zdegradowanych (Reimann-Philipp, 1986; Fortin, Hamil, 1994). Formy jare żyta są użytkowane na nawóz zielony, zielonkę, ziamo. Zapotrzebowanie na uprawę żyta jarego wynika również z poszukiwania dobrej rośliny podporowej w mieszankach z roślinami motylkowymi.

Postęp w hodowli żyta jarego jest ściśle związany z dostępem do wartościowych materiałów wyjściowych oraz wykonaniem ich oceny pod kątem przydatności do krzyżowań i wytworzenia pożądanych rekombinantów. Już wcześniejsze badania określające interakcję genotypowo-środowiskową (Kaczmarek i in., 2000) pozwoliły ustalić przydatność niektórych genotypów do rekultywacji różnych gleb po powodzi, a prace Grochowskiego (1995), Grochowskiego i wsp. (1996), Kaczmarka i wsp. (1998) oraz Galek i Grochowskiego (1998) określiły zmienność cech bonitacyjnych, jakościowych i struktury plonu form kolekcyjnych pochodzących z różnych stref klimatycznych.

Celem niniejszych badań było wykonanie oceny kolekcyjnych form żyta jarego pod względem cech gospodarczych na podstawie doświadczeń prowadzonych w latach 1995–1997, w dwóch miejscowościach.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 20 populacji żyta jarego pochodzących z różnych warunków geograficzno-klimatycznych. Były wśród nich:

- formy zgromadzone w Banku Genów w Radzikowie
- formy otrzymane z Ogrodu Botanicznego PAN w Warszawie
- populacje hodowli smolickiej oraz Żyto jare P. Grandosa z Woli Malkowskiej, gmina Bogoria, woj. tarnobrzeskie

Pochodzenie badanych genotypów żyta jarego podano w tabeli 2. Synteza wyników obejmuje okres 1995–1997. Doświadczenia zakładano co roku w dwóch miejscowościach, metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach, stosując siew punktowy, w rozstawie 5 x 20 cm na poletkach o powierzchni 1 m². W trakcie wegetacji roślin przeprowadzono ocenę wschodów, wyrównania, wylegania oraz stopnia porażenia przez choroby grzybowe (mączniak prawdziwy, rdza brunatna i żdźbłowa) według 9-stopniowej skali polecanej przez COBORU. Nota 9 oznacza najkorzystniejszy stan roślin, zaś nota 1 — rolniczo najgorszy. Odnotowano również wysokość roślin (cm), termin kłoszenia (w dniach od 1.05), liczbę kłosów przypadającą na poletko (krzewistość ogólna). Po zbiorach określono następujące cechy: plon (g/poletko), masę tysiąca ziaren (g), masę hektolitra (kg),

zawartość białka ogólnego w ziarnie (%), zawartość lizyny (mg/g) oraz włókna (mg/g śruty) w ziarnie. Ostatnie trzy cechy oceniono przy pomocy analizatora INFRATEK.

W celu oceny stałych efektów genetycznych genotypów żyta jarego przyjęto mieszany model analizy wariancji (Ubysz-Borucka i in., 1985). Przed analizą statystyczną wartości cech ocenianych w skali bonitacyjnej transformowano poprzez pierwiastkowanie. Średnie wartości cech pogrupowano na rozłączne grupy jednorodne według testu Haufe-Geidela (1984). Wyniki testu umieszczono w tabelach 2 i 3, stosując oznaczenie literowe („a”, „b”...). W nawiasach podano wartości średnich transformowanych.

WYNIKI BADAŃ

Otrzymane wyniki pozwoliły na wykonanie oceny przydatności 20 form pochodzących z różnych stref klimatycznych do prac hodowlanych. Badano 15 cech, w tym siedem bonitacyjnych, 5 użytkowych i 3 technologiczne.

W tabeli 1 przedstawiono średnie kwadraty zmienności i liczby stopni swobody. Wykazano, że czynnik środowiskowy istotnie wpływał na ekspresję wszystkich badanych cech. Stwierdzono również istotne genetyczne zróżnicowanie badanych genotypów na podstawie statystyki F dla prawie wszystkich analizowanych cech, z wyjątkiem wschodów, rdzy brunatnej, zawartości włókna. Reakcje poszczególnych form kolekcyjnych na warunki środowiskowe były zróżnicowane. Świadczą o tym istotne wartości kwadratów zmienności dla interakcji „G × E”, z wyjątkiem wschodów, wylegania i zawartości włókna w ziarnie.

Wstępną ocenę wartości 20 populacji żyta jarego, po odrzuceniu hipotez zerowych o braku różnic między obiektami, dla 15 cech dokonano na podstawie podziału ich na grupy jednorodne według testu Haufe-Geidela (1984). Pozwolił on na wydzielenie jednorodnych grup populacji wyraźnie rozgraniczonych od siebie. W tabeli 2 i 3 przedstawiono wyniki tego grupowania.

Wschody roślin były wyrównane, oceniono je przeciętnie na poziomie 7,8° (tab. 2). Badane genotypy przy ocenie wylegania zostały podzielone na cztery grupy jednorodne. Najmniej wylegającymi formami okazały się krótkosłome rody smolickie SMH-02, SMH-01, Petka, aneuploidalna forma Gotav, oraz Sorom. Odmiana Sorom i Petka wykazywały się jednocześnie dobrym plonowaniem (tab. 3). Pozostałe obiekty silnie wylegały (3°), co było przyczyną niskiego plonowania. Potwierdziły się spostrzeżenia o większej podatności na wyleganie wyższych form żyta (współczynnik korelacji — 0,58), (tab. 4). Bardzo zbliżone wartości współczynnika korelacji (-0,54) uzyskał Węgrzyn i wsp. (1996), przy ocenie kolekcji roboczej żyta ozimego. Ocena populacji żyta jarego pod względem zdrowotności pozwoliła na wydzielenie 2 grup jednorodnych dla rdzy żółtobłowej i 3 dla mączniaka prawdziwego (tab. 2). Należy podkreślić fakt, iż nie obserwowano porażenia mączniakiem aż u 11 obiektów. Największe porażenie wykazywało Gotav (7°).

Tabela 1

Średnie kwadraty zmienności z analizy wariancji dla cech bonitacyjnych, technologicznych i ilościowych

The mean squares of variability for valuation traits, technological and quantitative traits

Cechy Traits	Źródło zmienności Source of variability							
	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Środowiska (E) Environments	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Genotypy (G) Genotypes	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Interakcja (G×E) Interaction	Liczba stopni swobody Degrees of freedom	Błąd Error
Wschody Emergence	5	1,9**	19	0,03	95	0,03	342	0,018
Wyleganie Lodging	4	17,3**	19	1,2**	76	0,2	285	0,1
Mączniak prawdziwy Powdery mildew	3	0,9**	19	0,06**	57	0,03**	228	0,01
Rdza brunatna Brown rust	3	6,2**	19	0,1	57	0,5**	228	0,09
Rdza żółta Stem rust	3	14,9**	19	0,09**	57	0,2**	228	0,03
Kłoszenie Date of heading	3	1020,3**	19	34,2**	57	5,3**	228	3,5
Wyrównanie Uniformity of plants	2	1,7**	19	0,18**	38	0,08**	171	0,02
Plon ziarna Grain yield	5	73645**	19	44454,3**	95	15694,9**	342	5660,4
Wysokość roślin Plant height	5	27913,8**	19	2631,5**	95	205,6**	342	84,3
Krzewistość ogólna Number of ears	5	209632,0**	19	8107,6**	95	4370,3**	342	3023,4
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	5	936,5**	19	242,1**	95	14,8**	342	5,1
Masa hektolitra Hectolitre weight	5	972,4**	19	70,5**	95	42,5**	342	30,7
Zawartość białka Protein content	5	65,7**	19	19,9**	95	2,5**	342	1,2
Zawartość lizyny Lysine content	5	5,1**	19	1,6**	95	1,0**	342	0,6
Zawartość włókna Fiber content	5	418,6**	19	44,9	95	43,5	342	42,9

* — Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$

* — Significant at $\alpha = 0,05$

** — Istotne na poziomie $\alpha = 0,01$

** — Significant at $\alpha = 0,01$

Odporność na mączniaka prawdziwego miała istotny dodatni wpływ na takie cechy ilościowe jak plonowanie (0,72) oraz masę hektolitra (0,46) (tab. 3). We wcześniejszych pracach dotyczących kolekcji żyta jarego (Kaczmarek i in., 1997) czy ozimego (Węgrzyn i in., 1996) również stwierdzono istotną dodatnią korelację między odpornością na mączniaka prawdziwego a plonowaniem roślin.

Tabela 2

Średnie wartości cech bonitacyjnych dla 20 genotypów żyta jarego
Mean values for valuation traits of 20 genotypes of spring rye

Genotypy Genotypes	Pochodzenie Origin	Wschody Emergence (9° – score)	Wyleganie Lodging (9° – score)	Mączniak prawdziwy Powdery mildew (9° – score)	Rdza brunatna Brown rust (9° – skala)	Rdza żółtobłowa Stem rust (9° – score)	Termin kłoszenia (liczba dni od 1 maja) Date of heading days from the 1 May	Wyrównanie Uniformity of plants (9° – skala)
Bred Bosche	ROM	8 (2,78)	3 (1,74) c	8 (2,86) b	6 (2,37)	7 (2,63) a	35,6 c	6 (2,39) c
DL 67/176	ZAF	8 (2,81)	3 (1,67) d	8 (2,89) a	6 (2,47)	7 (2,66) a	36,8 b	6 (2,39) c
DL 67/190	ZAF	8 (2,77)	3 (1,84) c	8 (2,91) a	7 (2,55)	7 (2,64) a	36,2 b	6 (2,49) b
Gazelle	CAN	8 (2,80)	3 (1,79) c	8 (2,83) b	6 (2,35)	7 (2,65) a	37,0 b	6 (2,47) b
Gotav	—	8 (2,74)	6 (2,44) a	7 (2,72) c	5 (2,27)	7 (2,58) b	35,2 c	6 (2,53) b
Karlshulder	DEU	8 (2,86)	3 (1,76) c	9 (2,94) a	6 (2,45)	8 (2,86) a	37,0 b	6 (2,54) b
Ludowe	POL	8 (2,83)	3 (1,82) c	9 (2,92) a	6 (2,46)	7 (2,69) a	35,9 c	6 (2,49) b
Petka	DEU	8 (2,84)	4 (2,12) b	9 (2,97) a	6 (2,50)	7 (2,65) a	36,5 b	7 (2,73) a
Priaborschi	ROM	8 (2,77)	3 (1,86) c	8 (2,87) b	7 (2,56)	7 (2,59) b	36,6 b	6 (2,45) b
SMH 01	POL	8 (2,83)	5 (2,29) b	9 (2,92) a	6 (2,52)	8 (2,74) a	39,1 a	7 (2,60) b
SMH 02	POL	8 (2,80)	6 (2,49) a	9 (2,95) a	6 (2,45)	7 (2,71) a	38,0 a	7 (2,59) b
Somro	DEU	8 (2,78)	4 (1,97) c	9 (2,92) a	6 (2,41)	7 (2,61) a	37,6 a	7 (2,72) a
Sorom	DEU	8 (2,87)	5 (2,20) b	8 (2,91) a	6 (2,44)	8 (2,75) a	37,5 a	7 (2,70) a
Strzekęcińskie	POL	8 (2,86)	4 (1,89) c	8 (2,90) a	7 (2,57)	7 (2,63) a	37,2 a	7 (2,56) b
Tiroler	AUT	8 (2,78)	4 (1,91) c	9 (2,97) a	6 (2,36)	7 (2,57) b	38,4 a	7 (2,67) a
Tiroler Smolicki	AUT	8 (2,74)	4 (1,96) c	9 (2,99) a	6 (2,44)	7 (2,67) a	38,2 a	7 (2,66) a
Tosevski	BGR	8 (2,79)	3 (1,81) c	9 (2,95) a	6 (2,52)	7 (2,71) a	36,8 b	5 (2,27) d
Wrens Abruzzi	USA	7 (2,72)	3 (1,68) d	9 (2,95) a	7 (2,55)	7 (2,55) b	37,6 a	6 (2,48) b
Zenit	CS	8 (2,80)	3 (1,76) c	8 (2,86) b	6 (2,43)	8 (2,79) a	36,5 b	6 (2,46) b
Żyto Jare P. Grandosa	POL	8 (2,76)	3 (1,78) c	9 (2,96) a	5 (2,31)	7 (2,67) a	33,8d	7 (2,56) b
Srednia Mean		7,8	3,8	8,5	6,3	7,3	36,9	6,4
NIR LSD		—	0,20	0,067	—	0,12	1,1	0,11

W nawiasach podano wartości średnich transformowanych; a, b, c ... — grupy jednorodne wg testu Haufe – Geidela,
 Values of transformed means in brackets; a, b, c ... — homogenous groups according to the Haufe-Geidel test

Porażenie roślin rdzą żółtobłową było nieco silniejsze (średnio 7,3°) w porównaniu do mączniaka prawdziwego (średnio 8,5°), a słabsze niż rdzą brunatną (6,3°). Rdza żółtobłowa różnicowała formy na dwie grupy jednorodne. Do grupy „a” zaliczono 16 obiektów, natomiast pozostałe 4 formy przypisano do grupy „b” z oceną 7° w skali 9°.

Test „F” nie wykazał istotnej zmienności genotypów dla stopnia porażenia roślin przez rdzę brunatną. Jednak istotna interakcja „G × E” wskazuje na odmienną reakcję genotypów w różnych środowiskach.

Wyrównanie roślin na poletkach nie było najlepsze. Oceniono je średnio dla 20 badanych obiektów na 6,4°. Rozpiętość oceny w skali wahała się od 5° do 7°. Badane formy pogrupowano na cztery grupy jednorodne. Do grupy „a” — najlepiej wyrównanych form zaliczono 5 obiektów.

Tabela 3

Średnie wartości cech ilościowych i technologicznych dla 20 genotypów żyta jarego
The mean values for quantitative and technological traits of 20 genotypes of spring rye

Genotypy Genotypes	Plon ziarna Grain yield (g/plot)	Wysokość roślin Plant height (cm)	Krzewistość ogólna Number of ears (ears per sq.m)	Masa 1000 ziaren 1000 grain yield (g)	Masa hektolitra Hectolitre weight (kg)	Białko ogólne Protein content in grain (%)	Lizyna Lysine content in grain (mg/g grain)	Włókno Fiber content in grain (mg/g grain)
Bred Bosche	243,1c	148,7b	373,3a	27,2e	62,9a	14,9b	4,84a	57,1
DL 67/176	227,5c	145,5c	366,7a	26,8e	62,7a	13,7c	4,56a	55,5
DL 67/190	247,5c	156,3a	358,4a	28,7d	61,9b	14,4b	4,79a	56,3
Gazelle	300,1b	157,8a	365,0a	26,2f	61,8b	14,2b	4,66a	57,4
Gotav	79,6e	137,1d	384,2a	33,2b	60,8b	16,0a	5,28a	55,8
Karlshulder	334,1a	161,0a	352,0a	30,1d	64,5a	14,7b	4,84a	59,4
Ludowe	326,1a	154,1b	342,5b	29,1d	64,1a	15,4a	4,93a	59,1
Petka	384,4a	151,6b	350,2a	33,5b	67,3a	13,2c	4,27b	55,6
Priaborschi	272,2b	147,9b	372,1a	27,7e	63,7a	13,5c	4,59a	57,7
SMH 01	190,3d	131,1e	374,9a	36,6a	61,7b	15,4a	5,02a	56,4
SMH 02	270,6b	119,8f	373,6a	31,8c	63,3a	13,6c	4,49a	56,6
Somro	343,4a	152,8b	357,8a	31,5c	66,4a	12,8d	4,15b	57,0
Sorom	353,0a	148,1b	370,9a	30,7c	68,4a	12,8d	4,15b	56,9
Strzekecińskie	286,3b	152,3b	356,3a	31,3c	63,6a	14,1b	4,55a	55,8
Tiroler	312,9b	160,4a	330,3b	27,5e	62,6a	13,1d	4,23b	59,5
Tiroler Smolicki	357,1a	158,6a	347,8b	28,5d	64,1a	13,7c	4,41b	58,0
Tosevschi	256,7b	137,9d	375,5a	28,2d	63,6a	13,5c	4,53a	57,4
Wrens Abruzzi	302,3b	148,6b	372,3a	27,4e	65,6a	13,8c	4,51a	59,3
Zenit	236,4c	141,7c	406,8a	26,2f	65,5a	14,1b	4,62a	55,8
Żyto Jare Grandosa	274,2b	141,3c	401,2a	23,8g	66,1a	15,3a	4,84a	58,0
Średnia Mean	278,9	147,6	369,5	29,3	63,7	14,1	4,65	56,8
NIR LSD	42,6	5,2	31,1	1,3	3,14	0,60	0,44	—

a, b, c ... — grupy jednorodne wg testu Haufe-Geidela — homogenous groups according to the Haufe-Geidel test

Pod względem wczesności populacji wyróżniono 4 grupy jednorodne (tab. 2). Termin kłoszenia mieścił się w granicach od 33,8 do 39,1 dni. Najszybciej kłosiło się Żyto jare P. Grandosa, a najpóźniej SMH-01, SMH-02, Tiroler Smolicki i Tiroler. Termin kłoszenia wykazywał ujemną korelację z zawartością lizyny i białka w ziarnie oraz krzewistością ogólną, a dodatnią z masą 1000 ziaren (tab. 4).

W warunkach mikrodoswiadczenia i przy punktowym siewie 105 ziaren na 1 m² poprzez plon należy rozumieć zdolność roślin do większej lub mniejszej produktywności. Plon z poletka dla poszczególnych obiektów wahał się od 79,6 g do 384,4 g. Bardzo niska produktywność odmiany Gotav wynika z jej aneuploidalności, gdyż musiała być to kiedyś forma tetraploidalna. Pod względem plonowania odmian zaliczono je do 5 grup jednorodnych (tab. 3). Do najwyższych plonujących zaliczono 6 obiektów o plonie od 326,1 do 384,4 g. Dodatnie istotne zależności stwierdzono między plonem ziarna a masą hektolitra, odpornością na mączniaka, wyrównaniem, zawartością włókna w ziarnie i wysokością roślin (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji między 15 badanymi cechami 20 populacji żyta jarego
Correlation coefficients between the investigated traits of twenty populations of spring rye

Cechy Traits	Wyleganie Lodging	Mączniak prawdziwy Powdery mildew	Rdza brunatna Brown rust	Rdza żółtobłowa Stem rust	Wschody Emergence	Wyrównanie Uniformity of plants	Plon ziarna Grain yield	Wysokość roślin Plant height	Krzewistość ogólna Number of ears	Masa 1000 ziaren 1000 grain weight	Masa hektolitra Hectolitre weigh	Zawartość białka Protein content	Zawartość lizyny Lysine content	Zawartość włókna Fiber content
Kłoszenie Date of heading	0,27	0,37	0,39	0,09	0,20	0,36	0,27	0,00	-0,44*	0,45*	-0,06	-0,49*	-0,46*	0,10
Wyleganie Lodging		-0,17	-0,17	-0,04	0,12	0,51*	-0,26	-0,58*	0,05	0,76*	-0,09	0,06	0,06	-0,37
Mączniak prawdziwy Powdery mildew			0,38	0,17	0,12	0,32	0,72*	0,15	-0,39	-0,07	0,46*	-0,45*	-0,55*	0,41
Rdza brunatna Brown rust				0,06	0,25	-0,15	0,25	0,02	-0,21	0,22	0,11	-0,33	-0,23	-0,07
Rdza żółtobłowa Stem rust					0,62*	-0,03	0,13	-0,14	0,20	0,12	0,22	0,11	0,11	-0,04
Wschody Emergence						0,20	0,31	0,07	-0,23	0,38	0,26	-0,12	-0,15	-0,20
Wyrównanie Uniformity of plants							0,46*	0,17	-0,37	0,47*	0,44	-0,30	-0,45*	0,00
Plon ziarna Grain yield								0,55*	-0,54*	-0,13	0,67*	-0,62*	-0,73*	0,41
Wysokość roślin Plant height									-0,63*	-0,31	0,13	-0,19	-0,25	0,42
Krzewistość ogólna Number of ears										-0,21	0,08	0,29	0,35	-0,38
Masa 1000 ziaren 1000 grain weight											-0,07	0,07	0,08	-0,36
Masa hektolitra Hectolitre weight												-0,51*	-0,60*	0,09
Zawartość białka Protein content													0,97*	0,01
Zawartość lizyny Lysine content														-0,05

* — Istotne na poziomie $\alpha = 0,05$ — Significant at $\alpha = 0,05$

Wysokość roślin u żyta to cecha, na którą zwraca się szczególną uwagę w procesie hodowlanym. Skrócenie źdźbła jest jednym z celów współczesnej hodowli, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej plenności. Jest to zadanie trudne do osiągnięcia, ponieważ skrócenie słomy jest ujemnie skorelowane z plonem. Większość badanych form charakteryzowało się długą i wiotką słomą, co było przyczyną podatności na wyleganie. Wysokość roślin mieściła się w przedziale od 119,8 (SMH-02) do 161 cm (Karlshulder). Pod względem tej cechy badaną kolekcję podzielono na 6 grup jednorodnych. Stwierdzono dodatnią korelację pomiędzy tą cechą a plonem (tab. 4), co jest zgodne z wynikami uzyskanymi przez Shakoor i wsp. (1979) oraz Küchn i Linser (1977). Dla odmian żyta ozimego Węgrzyn i wsp. (1996) stwierdzili ujemną korelację wysokości roślin z plonem, co świadczy o daleko posuniętych pracach hodowlanych nad skróceniem źdźbła u żyta ozimego.

Krzewistość roślin jest cechą, na którą istotny wpływ mają czynniki siedliskowe, środowiskowe i agrotechniczne. W badanym materiale wahała się ona od 330 do 407 kłosów na 1 m². Przy pomocy testu Haufe-Geidela wyodrębniono tylko 2 grupy jednorodne. Średnia krzewistość form jarych (370 kłosów na poletko) jest mniejsza od ozimych o 23% (Węgrzyn i in., 1996).

Selekcja materiałów hodowlanych nastawiona jest na otrzymanie odmian o masie tysiąca ziaren powyżej 27 gram. Poniżej tej wartości ziarno uznawane jest za drobne a powyżej 35 gram za grube. Wśród ocenianych materiałów tylko ród SMH-01 charakteryzował się grubym ziarnem. Zdecydowana większość, bo 15 form wykształcała ziarno o średniej grubości od 27 do 35 gram. U form ozimych masa 1000 ziaren kształtuje się na granicy 37,5 gram (Węgrzyn i in., 1996). Na podstawie testu wydzielono siedem grup jednorodnych.

U badanych obiektów wyróżniono dwie grupy jednorodne przy ocenie masy hektolitra. Do grupy „a” zaliczono 16 obiektów o masie hektolitra od 62,6 u Tirolera do 68,4 kg u Sorom. Formy jare ustępują znacznie, bo ponad 10 kg, pod względem tej cechy formom ozimym (Grochowski i in., 1996), co jest związane z drobniejszym ziarnem. Średnia wartość tej cechy u badanych populacji żyta jarego wynosiła 63,7 kg.

Ilość białka w ziarnie żyta oraz bilans aminokwasów egzogennych decyduje o jego wartości odżywczej. Wysoka zawartość polisacharydów nieskrobiowych oraz włókna powoduje obniżenie strawności białka w ziarnie żyta (Rakowska, 1988, 1994), z drugiej jednak strony włóknik zawarty w ziarnie żyta powoduje wzrost walorów dietetycznych mąki żytniej w diecie człowieka. Stale poszukiwane są nowe źródła genotypów o podwyższonej zawartości białka i o podwyższonym bilansie aminokwasów egzogennych, a zwłaszcza lizyny, pomimo ujemnej korelacji (Grochowski i in., 1994; Osiński, Rakowska, 1994).

Ocena badanych materiałów pod względem cech technologicznych (zawartość białka ogólnego, lizyny i włókna), mających wpływ na wartość żywieniową pozwoliła na wyodrębnienie cennych obiektów do hodowli (tab. 3). Średnia zawartość białka u badanych populacji wyniosła 14,1%, co przewyższa uprawiane w Polsce odmiany żyta ozimego oraz jego rody z doświadczeń hodowlanych. Formy ozime zawierają średnio 12,5% białka ogólnego (Węgrzyn i in., 1996). Zawartość białka u badanych form wahała się od 12,8% u

Sorom i Somro do 16% u aneuploidalnej formy Gotav. Test Haufe-Geidela pozwolił na wydzielenie 4 grup jednorodnych. Formy polskie SMH-01, Ludowe, Żyto jare P. Grandosa odznaczyły się zawartością białka powyżej 15% i zaliczone zostały do grupy pierwszej.

Średnia zawartość lizyny w ziarnie wynosiła 4,65 mg/g ziarna. Na podstawie testu Haufe-Geidela wyróżniono 2 grupy jednorodne (tab 3), przy tym do grupy „a” zaliczono 15 obiektów. Zakres zmienności tej cechy zawierał się od 4,15 mg/g dla Somro i Sorom do powyżej 5 mg/g ziarna u Gotav i SMH-01. Formy ozime charakteryzują się węższym zakresem zmienności pod względem zawartości lizyny w ziarnie od 2,49 do 4,25 mg/g ziarna (Rakowska, 1984).

Pod względem zawartości włókna nie stwierdzono zróżnicowania obiektów (tab.3). Madej (1990, cyt. za Jagodzińskim i Rakowską, 1996), Rybka (1992 cyt. za Jagodzińskim i Rakowską, 1996) podają, że odmiany populacyjne nie różnią się między sobą pod względem zawartości włókna pokarmowego w ziarnie. Istotną zmienność tej cechy obserwuje się za to w liniach wsobnych. Poszukiwane są formy o zawartości włókna poniżej 58 mg/g ziarna. Zawartość włókna u badanych obiektów zawierała się w przedziale od 55,5 u DL 67/176 do 59,5 mg/g ziarna u Tirolera.

Pod względem cech technologicznych na wyróżnienie zasługuje ród SMH-01, którego cechowała wysoka zawartość białka ogólnego (15,4%) i lizyny w ziarnie (5,02 mg/g ziarna), skrócone źdźbło do 131 cm, wysoka wartość masy 1000 ziaren (zaliczanego do grubego, co jest rzadko spotykane u form jarych).

Analizując współczynniki korelacji (tab. 4) istotną rzeczą z hodowlanego punktu widzenia jest wystąpienie u żyta jarego wysokiej dodatniej korelacji pomiędzy zawartością białka i lizyny w ziarnie (0,97), co jest zbieżne z uzyskanymi wcześniej wynikami przez Grochowskiego i wsp. (1996) – współczynnik korelacji 0,85. Niestety potwierdziła się również inna prawidłowość, o wysoce istotnej, ale ujemnej korelacji pomiędzy plennością a zawartością białka i lizyny w ziarnie (-0,62, -0,73). Podobne wartości współczynników korelacji uzyskał Węgrzyn i wsp. (1996) dla żyta ozimego. Analiza ta wyjaśnia istotną przyczynę znanych trudności w otrzymywaniu drogą selekcji materiałów żyta przełamujących tę niekorzystną korelację. Jednakże McLeod (1979) wykazał w swoich badaniach na liniach wsobnych żyta jarego dodatnią korelację pomiędzy zawartością białka a plonem. U uzyskanych następnie mieszańców również wystąpiła analogiczna zależność.

Przeprowadzona ocena wartości hodowlanej form kolekcyjnych żyta jarego pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków.

WNIOSKI

1. Spośród 20 badanych populacji kilka wykazywało całkowitą odporność na mączniaka prawdziwego.
2. Ocena badanych materiałów pod względem cech technologicznych mających wpływ na wartość żywieniową pozwoliła na wyodrębnienie cennych obiektów dla hodowli, z uwagi na stosunkowo wysoką zawartość białka ogólnego oraz aminokwasu ograniczającego — lizyny.

3. Otrzymane wyniki wskazują na dodatnią korelację pomiędzy wysokością roślin a plonem, co świadczy o mało posuniętych pracach hodowlanych w tym kierunku.
4. Na wyróżnienie zasługuje ród SMH—01, którego cechowała wysoka zawartość białka ogólnego (15,4%) i lizyny w ziarnie (5,02 mg/g ziarna), skrócone źdźbło do 131 cm, wysoka wartość masy 1000 ziaren (zaliczanego do ziarna grubego, co jest rzadko spotykane u form jarych).
5. Badane populacje żyta jarego charakteryzowały się niższą masą hektolitra w stosunku do odmian ozimych, co jest związane z drobniejszym ziarnem.

LITERATURA

- Fortin M. C., Hamil A. S. 1994. Rye residue geometry for faster corn development. *Agron. J.* 86, 2: 238 — 243.
- Galek R., Grochowski L. 1998. Zróżnicowanie cech plonu i jakości w kolekcji żyta jarego. *Biul. IHAR* 205/206: 45 — 50.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1994. Analiza zmienności i zdolności kombinacyjnej linii wsobnych żyta o żółtym ziarnie. Cz. II. Ocena hodowlana linii krzyżowanych z populacją CHDM 16. *Biul. IHAR* 190: 9 — 15.
- Grochowski L. 1995. Wstępna ocena kolekcyjnych form żyta jarego. *Biul. IHAR*, 195/196: 317 — 321.
- Grochowski L., Galek R., Śmiałowski T. 1996. Zmienność i współzależność wybranych cech ilościowych kolekcyjnych form żyta jarego. *Biul. IHAR*, 200: 85 — 91.
- Grochowski L., Kaczmarek J., Kadłubiec W., Bujak H. 1996. Genetic analysis of variability and combining ability of rye hybrid cultivars. *Plant Breed. Seed Sci.* 40, 3/4: 37 — 47.
- Grochowski L., Galek R. 1997. Genetyczno-hodowlana ocena wybranych cech ilościowych rodów żyta jarego. *Hodowla Roślin. Materiały z I Krajowej Konferencji Poznań, 19–20 listopada*: 187 — 190.
- Haufe W., Geidel H. 1984. Vorschlag eines Schätzverfahrens zur Klassifizierung von Versuchsergebnissen. In: *Arbeitstagung 1984 der „Arbeitsgemeinschaft der Vereinigung Österreichischer Pflanzenzüchter, gehalten vom 27. bis 29. November an der Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, Irnding*: 257 — 290.
- Jagodziński J., Rakowska M. 1996. Wartość żywieniowa ziarna linii wsobnych i mieszańców żyta. *Biul. IHAR* 200: 119 — 124.
- Kaczmarek J., Bujak H., Gandecki R. 2000. Reakcja genotypów żyta jarego na czynniki środowiska glebowego związane z rekultywacją. *Biul. IHAR* 216, 1: 87 — 93.
- Kaczmarek J., Galek R., Bujak H., Grochowski L. 1998. Influence of powdery mildew, brown rust and steam rust on growth and yield of spring rye. *Plant Breed. Seed Sci.* 42, 1: 15 — 19.
- Küchn H., Linser H. 1977. Combined application of chlormequat and ethephon for shortening straw length in rye (pot trials). *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 140, 2: 233 — 238.
- McLeod J. G. 1979. Aspects of protein content in spring rye. *Dissertation — Abstracts — International*. 3911 B, 5165 B.
- Osiński R., Rakowska M. 1994. Variability of protein and lysine content in rye inbred lines. *Hod. Rośl. Aklim.* 38, 5: 21 — 42.
- Rakowska M. 1984. Żyto — czynniki obniżające jego wartość żywieniową, kierunki prac selekcyjnych i technologicznych zmierzające do jej poprawy. *Post. Nauk Rol.* 5/84: 41 — 59.
- Rakowska M. 1988. Grain structure and protein digestibility in rye and wheat. *Proc. of the Eucarpia Symposium of Rye Breeding, 4–9 July, Leningrad, USSR*.
- Rakowska M. 1994. Antinutritive compounds in rye grain. *Hod. Rośl. Aklim.* 38, 5: 21 — 42.
- Reimann-Philipp R. 1986. Perennial spring rye as crop alternative. *J. Agron. Crop. Sci.* 4: 281 — 285.
- Shakoor A., Yaqub-Mujahid M., Sher-Muhammad, Afzal M. 1979. Bahrain, a semi-dwarf spring rye. *Wheat Information Service*. 50: 32 — 33; 3 ref.

- Ubysz-Borucka L., Mądry W., Muszyński S. 1985. Podstawy statystyczne genetyki cech ilościowych w hodowli roślin. Wydawnictwo SGGW-AR, Warszawa.
- Węgrzyn St., Śmiałowski T., Grochowski L. 1996. Zmienność i współzależność cech oraz ocena zjawisk genetycznych w kolekcji roboczej żyta ozimego 1977–1992. Biul. IHAR. 200: 69 — 84.

ANDRZEJ RAFALSKI¹**IWONA WIŚNIEWSKA**¹**KRZYSZTOF KLIMONT**²¹Zakład Biochemii i Fizjologii Roślin²Zakład Nasiennictwa i Nasionoznawstwa

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Zmiany obrazu fragmentów DNA po traktowaniu nasion jęczmienia promieniowaniem laserowym*

The changes of amplified DNA fragment profiles after laser irradiation of barley seeds

Nasiona dwóch odmian jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.) Klimek i Rataj naświetlano trzema dawkami promieniowania laserowego. Analizę DNA otrzymanego z siewek badanych odmian przeprowadzono metodą PCR z zastosowaniem starterów częściowo komplementarnych do sekwencji styku intron-egzon genów roślinnych. Porównanie profili powielonych fragmentów DNA wykazało u obu badanych odmian wyraźny polimorfizm między siewkami z nasion kontrolnych a siewkami z nasion poddanych naświetlaniu. Otrzymane wyniki wskazują, że naświetlanie nasion wywołuje zmiany na poziomie DNA ujawniające się w okresie wegetatywnego rozwoju roślin. Trwałość niektórych zmian DNA sugeruje mutagenne działanie promieniowania laserowego.

Słowa kluczowe: jęczmień, nasiona, PCR, promieniowanie laserowe

The seeds of two varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.), Klimek and Rataj were irradiated with three doses of laser radiation. The semi-specific primers targeting consensus sequences of intron-exon junction of plant genes were used for PCR analysis of DNA prepared from seedlings of these varieties. The comparison of amplification profiles of DNA fragments of both varieties revealed distinct polymorphism between control seedlings and seedlings from the laser treated seeds. The obtained results indicate, that the irradiation of seeds generates some changes of DNA structure, which appear during vegetative growth of plants. The persistence of some changes on DNA level suggests the mutagenic effects of laser radiation.

Key words: barley, PCR, seeds, laser radiation

* Praca finansowana w ramach projektu KBN 5PO6B 037 13

WSTĘP

Zainteresowanie działaniem promieniowania laserowego wynika z szeregu doniesień o korzystnym wpływie tego promieniowania na wartość siewną nasion oraz plonowanie roślin uzyskanych z nasion poddanych naświetlaniu (Zubał, 1990; Dziambai Koper, 1992). Dostarczenie energii drogą napromieniowania wpływa prawdopodobnie na procesy fizjologiczne podczas kiełkowania nasion, lecz mechanizm tego działania nie jest poznany. Podkreśla się również, że stymulujące działanie czynnika fizycznego jest bezpieczne, bo nie wywołuje żadnych zmian środowiskowych.

Wpływ działania światła laserowego może mieć charakter bardziej trwały, gdyż zmiany obserwuje się w różnych okresach generatywnego rozwoju roślin wyprowadzonych z nasion traktowanych promieniowaniem laserowym. Przy wyższych dawkach nie jest wykluczone działanie mutagenne promieniowania laserowego (Injuszin, 1977; Rybiński i in., 1993).

Badania zmian na poziomie DNA wywołanych działaniem promieniowania laserowego nie były dotychczas prowadzone. Możliwość szybkiej analizy różnic genetycznych stwarzają metody oparte na łańcuchowej reakcji polimerazy (PCR). Jedną z metod PCR jest system z zastosowaniem starterów o sekwencji częściowo komplementarnej do semikonserwatywnych sekwencji styku intron-egzon genów roślinnych. Uniwersalność i czułość tej metody sprawdzono w badaniach dystansu genetycznego linii wsobnych kukurydzy i żyta, tożsamości odmianowej grochu i soi oraz w poszukiwaniach markerów tolerancyjności na glin u żyta (Rafalski i in., 2000).

Celem niniejszej pracy było wykorzystanie tej metody dla wykrycia ewentualnych różnic genetycznych między siewkami wyprowadzonymi z nasion kontrolnych i z nasion poddanych napromieniowaniu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał stanowiły nasiona dwóch odmian jęczmienia Rataj i Klimek poddane naświetlaniu promieniowaniem lasera helowo-neonowego konstrukcji Kopera i Drygały (1993). Analiza DNA obejmowała próby kontrolne badanych odmian oraz nasiona naświetlane 2, 4 i 6 dawkami promieniowania przygotowane do oceny laboratoryjnej i polowej w latach 1998–2000.

Preparatykę DNA przeprowadzano według metodyki opisanej przez Davisa i wsp. (1986). DNA otrzymywano z liści 20–25 siewek rosnących na pożywce płynnej przez 5–7 dni. Stężenie DNA oznaczano fluorymetrycznie zgodnie z instrukcją fluorymetru TKO 100 (Hoefer Scientific Instruments).

Amplifikację fragmentów DNA przeprowadzano w układzie zawierającym w objętości 20 µl: 10 ng DNA roślinnego, 1 x bufor (MBI Fermentas, Wilno), 2,5 mM MgCl₂, 200 µM dATP, dGTP, dCTP, dTTP, 1–1,2 µM startera i 1 jednostkę termostabilnej polimerazy (MBI Fermentas). Amplifikacja była prowadzona dwustopniowo, w pierwszych siedmiu cyklach temperatura przyłączania startera była o 2°C wyższa od wyliczonej na podstawie sekwencji i długości startera, a w następnych 33 cyklach temperaturę podwyższano o

dalsze 4°C. We wszystkich cyklach powielania denaturację przeprowadzano przez 40 sek. w temperaturze 94°C, przyłączanie startera trwało 1 min., a wydłużanie łańcuchów DNA 2 min. w 72°C.

Produkty amplifikacji rozdzielano elektroforetycznie w 1,5% żelu agarozowym w buforze TBE i wizualizowano przy użyciu bromku etydyny. Fotografie rozdzielów elektroforetycznych analizowano przy użyciu programu "Fragment NT" (Molecular Dynamics, Sunnyvale, CA, USA). Przy użyciu tego programu tworzone macierz wyników przedstawioną systemem dwójkowym, gdzie obecność fragmentu o określonej wielkości oznaczano jako "1", a brak tego fragmentu jako "0". Wyniki te stanowiły podstawę do wyliczenia, przy użyciu programu "Excel", współczynników dystansu genetycznego według wzoru:

$$DG_{(a,b)} = 1 - (2N_{(a,b)} / (N_{(a)} + N_{(b)})),$$

gdzie $2N_{(a,b)}$ oznacza liczbę pasm wspólnych dla genotypów a i b, natomiast $(N_{(a)} + N_{(b)})$ liczbę wszystkich pasm występujących w obu genotypach (Nei i Li, 1979).

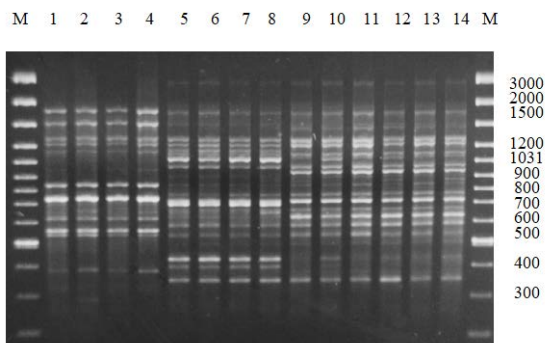
WYNIKI

Wyniki oceny dystansu genetycznego badanych prób pochodzą z doświadczeń PCR, w których stosowano startery o sekwencjach ukierunkowanych na styki intron-egzon genów roślinnych. Przedstawione wyniki pochodzą z 13 doświadczeń, w których zastosowano cztery startery z grupy ET18 (5'ACTTACCTG*****3'), trzy startery z grupy ET15 (5'ACTTACCTG*****3'), trzy startery z grupy IT15 (5'*****CAGGTAAG3') i trzy startery IT10 (5'ACGTCCA***3').

Przykłady rozdzielów elektroforetycznych fragmentów DNA powielonych przy użyciu takich starterów przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Różnice spektrum powielonych fragmentów DNA między próbkami kontrolnymi a próbkami z nasion traktowanych promieniowaniem widoczne są na obu rysunkach. Różnice te bardziej wyraźne są na rysunku 2, gdzie powielenie dość ograniczonej liczby fragmentów uzyskano przy użyciu startera IT2/10. W tabelach 1–2 przedstawiono wyniki wyliczeń dystansu genetycznego (Nei i Li, 1979) uzyskane w doświadczeniach prowadzonych w latach 1998–2000. Wyraźny dystans genetyczny między próbkami kontrolnymi a próbkami traktowanymi laserem wskazuje, że działanie to wywołuje zmiany na poziomie DNA. W obu badanych odmianach wzrastające dawki promieniowania powodują niewielki wzrost dystansu genetycznego w stosunku do prób kontrolnych.

Zmiany profilu powielonych fragmentów DNA mogą mieć charakter trwały lub przejściowy. W celu sprawdzenia, czy różnice w spektrum powielonych fragmentów DNA są trwałe, w latach 1999 i 2000 analizą objęto również DNA siewek uzyskanych z potomstwa roślin traktowanych laserem (6 dawek) i potomstwa roślin kontrolnych jęczmienia odmiany Klimek. Porównanie spektrum powielonych fragmentów wykazało istnienie dystansu genetycznego również między tymi próbkami. Indeks dystansu genetycznego wyliczony na podstawie analizy 214 fragmentów DNA wynosił 0,17 i był

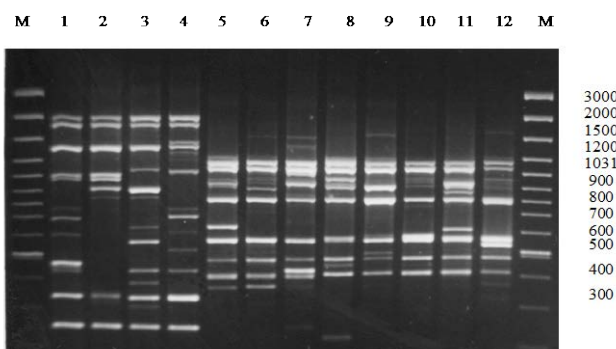
niższy od indeksu dystansu między kontrolą a próbami naświetlanymi, z których DNA uzyskiwano bezpośrednio po traktowaniu laserem.



M — wzorzec wielkości DNA (ilość par nukleotydów). Odmiana Rataj: 5 — kontrola, 6 — laser 2 dawki, 7 — laser 4 dawki, 8 — laser 6 dawek. Odmiana Klimek: 9 — potomstwo z nasion kontrolnych, 10 — potomstwo z nasion traktowanych laserem, 11 — kontrola, 12 — laser 2 dawki, 13 — laser 4 dawki, 14 — laser 6 dawek
M — DNA size markers. Variety Rataj: 5 — control, 6 — laser 2 doses, 7 — laser 4 doses, 8 — laser 6 doses. Variety Klimek: 9 — progeny of control plants, 10 — progeny from laser treated seeds, 11 — control, 12 — laser 2 doses, 13 — laser 4 doses, 14 — laser 6 doses

Rys. 1. Wyniki powielania DNA z siewek badanych odmian jęczmienia przy użyciu startera ET36/15 ($5'ACCTACCTGGGGCTC^3$). Fragment pogrubiony jest komplementarny do sekwencji styku intron-egzon

Fig.1. Amplification of DNA of two varieties of barley with the use of primer ET36/15 ($5'ACCTACCTGGGGCTC^3$). The bases that match intron-exon sequence are shown in bold type



M — wzorzec wielkości DNA (ilość par nukleotydów). Odmiana Rataj: 5 — kontrola, 6 — laser 2 dawki, 7 — laser 4 dawki, 8 — laser 6 dawek. Odmiana Klimek: 9 — kontrola, 10 — laser 2 dawki, 11 — laser 4 dawki, 12 — laser 6 dawek.
M — DNA size markers. Variety Rataj: 5 — control, 6 — laser 2 doses, 7 — laser 4 doses, 8 — laser 6 doses. Variety Klimek: 9 — control, 10 — laser 2 doses, 11 — laser 4 doses, 12 — laser 6 doses

Rys.2. Wyniki powielania DNA z siewek badanych odmian jęczmienia przy użyciu startera IT2/10 ($5'ACGTCCAGGT^3$). Fragment pogrubiony jest komplementarny do sekwencji styku intron-egzon

Fig.2. Amplification of DNA of two varieties of barley with the use of primer IT2/10 ($5'ACGTCCAGGT^3$). The bases that match intron-exon sequence are shown in bold type

Tabela 1

Indeksy dystansu genetycznego siewek jęczmienia odmiany Rataj otrzymanych z nasion traktowanych laserem. Dane uzyskane z analizy 331 fragmentów DNA

The indices of dissimilarity of barley seedlings var. Rataj grown from the laser treated seeds. The data are based on analysis of 331 DNA fragments

	Kontrola Control	Laser 2 dawki Laser 2 doses	Laser 4 dawki Laser 4 doses	Laser 6 dawek Laser 6 doses
Kontrola Control	0	0,16	0,18	0,22
Laser 2 dawki Laser 2 doses			0,16	0,21
Laser 4 dawki Laser 4 doses				0,16

Tabela 2

Indeksy dystansu genetycznego siewek jęczmienia odmiany Klimek otrzymanych z nasion traktowanych laserem. Dane uzyskane z analizy 319 fragmentów DNA

The indices of dissimilarity of barley seedlings var. Klimek grown from the laser treated seeds. The data are based on analysis of 319 DNA fragments

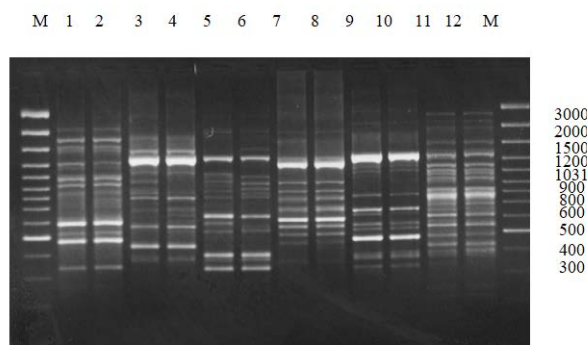
	Kontrola Control	Laser 2 dawki Laser 2 doses	Laser 4 dawki Laser 4 doses	Laser 6 dawek Laser 6 doses
Kontrola Control	0	0,21	0,23	0,26
Laser 2 dawki Laser 2 doses			0,17	0,23
Laser 4 dawki Laser 4 doses				0,18

DYSKUSJA

Wpływ działania promieniowania laserowego interpretowany jest zwykle jako efekt czynnika fizycznego dostarczającego energię powodującą przerwanie stanu spoczynku nasion, wzrost energii i zdolności ich kiełkowania oraz przyspieszenie tempa wzrostu koleoptylów (Drozd i Szajsner, 1997). Jakkolwiek mechanizm działania promieniowania nie jest poznany, obserwowane efekty interpretuje się zmianami stanu fizjologicznego nasion po przekształceniu energii fizycznej w chemiczną (Drozd i in., 1997). Zmiany stanu fizjologicznego nie powinny wpływać na podstawową strukturę DNA, a tym samym na spektrum fragmentów powielonych techniką PCR. Jednak działanie promieniowania laserowego porównywane jest również z działaniem mutagenów chemicznych, gdzie przy odpowiednich dawkach obserwuje się wpływ stymulujący (Rybiński i in., 1993). Wykrycie znacznych różnic, wyliczonych jako dystans genetyczny między próbami kontrolnymi a próbami z nasion poddanych napromienianiu jest jednak dość zaskakujące tym bardziej, że DNA otrzymywano nie z nasion, lecz z części zielonych siewek wyprowadzonych z tych nasion.

Obserwowane różnice w spektrum powielonych fragmentów DNA, jakkolwiek są trudne do wyjaśnienia wydają się być dość dobrze udokumentowane. Stosowane startery reakcji PCR nie ujawniają polimorfizmu między formami identycznymi lub blisko

spokrewnionymi. Porównanie spektrum DNA dwóch pokrewnych rodów soi przy użyciu 12 starterów wykazało obecność tylko dwóch pasm polimorficznych spośród 146 powielonych fragmentów DNA (Rafalski i in., 2000). Podobnie porównanie dwóch rodów wiechliny łąkowej, u których zjawisko apomiksji powoduje stabilizację układu genetycznego wykazało, że ich dystans genetyczny wyliczony z doświadczeń PCR (ponad 400 fragmentów DNA) wynosi tylko 0,04. Przykład powielania DNA badanych rodów wiechliny przy użyciu sześciu starterów z grupy IT15 przedstawiono na rysunku 3.



M — wzorec wielkości DNA (ilość par nukleotydów), ścieżki 1, 3, 5, 7, 9, 11 — ród 1, ścieżki 2, 4, 6, 8, 10, 12 — ród 2
M — DNA size markers, lanes 1, 3, 5, 7, 9, 11—strain 1, lanes 2, 4, 6, 8, 10, 12 — strain 2

Rys. 3. Wyniki powielania DNA dwóch rodów wiechliny łąkowej przy użyciu 6 starterów IT15
(5'*****CAGGTAAG3')

Fig. 3. Amplification of DNA of two strains of *Poa pratense* with the use of 6 starters IT15
(5'*****CAGGTAAG3')

Obserwowany polimorfizm wynikać może z rearanżacji trzeciorzędowej (superhelikalnej) struktury DNA, która zmienia możliwość przyłączania starterów reakcji PCR (Caetano-Annoles i in., 1993). Tego rodzaju zmiany mają charakter przejściowy i nie wyjaśniają różnic w spektrum fragmentów DNA, jakie ujawniają się w potomstwie. Cytologiczne obserwacje aberracji chromosomowych w zarodkach nasion poddanych naświetlaniu (Szajnsner, 1999) oraz liczne doniesienia o zmianach cech morfologicznych po naświetlaniu laserem wskazują na mutagenne działanie promieniowania. Dla tego typu działania promieniowania laserowego wprowadzono termin "mutageneza fotoindukcyjna" (Injuszin, 1977).

WNIOSKI

1. U obu badanych odmian jęczmienia, analiza DNA siewek uzyskanych z nasion poddanych działaniu promieniowania laserowego wykazała ich wyraźny dystans genetyczny w stosunku do siewek z nasion kontrolnych.
2. Przy wzrastających dawkach promieniowania obserwuje się niewielkie zwiększanie dystansu genetycznego w stosunku do prób kontrolnych.

3. Zmiany na poziomie DNA wywołane najwyższymi dawkami promieniowania mają charakter trwały, co wskazuje na mutagenne działanie promieniowania laserowego.

LITERATURA

- Caetano-Annoles G., Bassam B. J., Gresshoff P. M. 1993. Enhanced detection of polymorphic DNA by multiple arbitrary amplicon profiling of endonuclease-digested DNA: identification of markers tightly linked to supernodulation locus in soybean. *Mol. Gen. Genet.* 241: 57 — 64.
- Davis L. G., Dibner M. D., Battey J. F. 1986. *Basic methods in molecular biology*. Elsevier Sci. Publ., New York: 42 — 43.
- Drozd D., Szajsner H., Laszkiewicz E. 1999. Wykorzystanie biostymulacji laserowej w uprawie pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 211: 85 — 90.
- Drozd D., Szajsner H., Jezierski A. 1997. Zastosowanie elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) do oceny promieniowania laserowego na ziarniaki pszenicy jarej. *Biul. IHAR* 204: 181 — 186.
- Drozd D., Szajsner H. 1997. Laboratoryjna ocena wczesnych faz rozwojowych pszenicy jarej poddanej działaniu promieniowania laserowego. *Biul. IHAR* 204: 187 — 190.
- Dziamba J., Koper R. 1992. The influence of laser irradiation of seeds on crop of spring wheat. *Seeds. Fragm. Agron.* 1 (33): 88 — 93.
- Injusz W. 1977. Technika laserowa w służbie rolnictwa. *Nowe Rolnictwo* 21 — 22: 21 — 26.
- Koper R., Dygała Z. 1993. Urządzenie do obróbki przedsiewnej nasion promieniem laserowym. Patent. UP.R.P. Nr 182 598.
- Nei M., Li W. H. 1979. Mathematical model for studying genetic variation in terms of restriction. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 76: 5269 — 5273.
- Rafalski A., Wiśniewska I., Gawel M. 2000. Semirandom approach to genetic fingerprinting and screening for markers. 3rd Int. Crop. Sci. Congress, 17–20 Aug. Hamburg. Poster, materials: 221.
- Rybiński W., Patyna H., Przewoźny T. 1993. Mutagenic effect of laser and chemical mutagenes in barley. *Genet. Pol.* 34 (4): 337 — 343.
- Szajsner H. 1999. Reakcja genotypów pszenicy jarej na stresowe oddziaływanie promieniowania laserowego. I. Badania cytologiczne. *Zeszyty Naukowe A. R. we Wrocławiu.* 367: 45 — 65.
- Zubal P. 1990. Effect of laser treatment of seeds on yields of cereals and legumes. *Vedecke Prace*, 23: 141 — 156.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Stanisław Węgrzyn	Możliwości wykorzystania metod statystycznych do opracowania wyników doświadczeń w hodowli roślin An application of some statistical methods in plant breeding trials	5
Barbara Zagdańska	Mechanizmy degradacji białek i ich znaczenie w odporności roślin na mróz i suszę Mechanisms of protein degradation and their role in plant resistance to frost and drought	15
Magdalena Gut	Rola genów indukowanych przez niską temperaturę w mrozoodporności zbóż — przegląd literatury The role of cold-responsive genes in frost resistance of cereals — a review	29
Tadeusz Wojas Stanisław Węgrzyn	Źródła genetyczne cech użytkowych pszenicy ozimej (<i>Triticum aestivum</i> L.) w kolekcji roboczej Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Genetic sources of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) traits in the working collection of the Institute of Plant Breeding and Acclimatization	39
Danuta Miazga Anthony J. Worland Krzysztof Kowalczyk Maria Chrzastek Edyta Paczos	Pleiotropowe efekty genu <i>Ppd1</i> na plon i jego komponenty w liniach rekombinacyjnych pszenicy zwyczajnej Pleiotropic effects of <i>Ppd1</i> gene on yield and its components in recombinant lines of common wheat	49
Mirosław Tyrka Grażyna Stefanowska	Ocena zróżnicowania cech plonotwórczych mieszańców <i>Aegilops juvenalis</i> i <i>Aegilops ventricosa</i> z pszenicą Estimation of diversity of yield forming traits in hybrids of <i>Aegilops juvenalis</i> and <i>Aegilops ventricosa</i> with wheat	57
Tadeusz Drzazga	Wykorzystanie heterozji w hodowli pszenicy Use of heterosis in wheat breeding	69
Dariusz Zalewski	Ocena zdolności kombinacyjnej siedmiu linii pszenicy ozimej Estimation of combining ability of seven winter wheat lines	75
Czesław Tarkowski Krzysztof Kowalczyk	Wpływ rozmieszczenia kwiatów w kłosach pszenicy, pszenżyta i żyta na ich płodność, masę 1000 ziaren i zawartość białka w ziarnie. Komunikat Influence of distribution of flowers in spikes of wheat, triticale and rye on their fertility, 1000 grains weight and protein content in kernels. Short communication	83
Tadeusz Zajac Maciej Gierdziewicz Robert Witkiewicz	Kształtowanie się parametrów ulistnienia źdźbła i łanu pszenicy ozimej oraz ich współzależności Leavage parameters of winter wheat culm and stand and their mutual dependencies	91

Spis treści

Stanisław Węgrzyn	Wpływ zmniejszonej liczby powtórzeń na skuteczność oceny plonowania rodów pszenicy ozimej (<i>Triticum aestivum</i> L.) Effect of reduced number of replications on efficiency of yield estimation of new winter wheat strains (<i>Triticum aestivum</i> L.)	103
Tadeusz Drzazga Paweł Krajewski	Zróżnicowanie środowisk pod względem stopnia interakcji w seriach doświadczeń z pszenicą ozimą Differentiation of locations with respect to the interaction with genotypes for series of winter wheat experiments	111
Bogdan Kulig Stanisław Kania Wiesław Szafrąński Tadeusz Zajac	Reakcja wybranych odmian pszenicy ozimej na intensywność uprawy Response of selected winter wheat cultivars to low- and high-input cultivation technologies	117
Grażyna Podolska Sławomir Stankowski	Plonowanie i jakość ziarna pszenicy ozimej w zależności od gęstości siewu i dawki nawożenia azotem Yielding and grain quality of winter wheat depending on sowing density and on nitrogen fertilization doses	127
Czesław Zamorski Bogdan Nowicki Wojciech Wakuliński Małgorzata Schollenberger	Źródła odporności na rdzę żółtą, rdzę brunatną i rdzę żdźbłową w polskich materiałach hodowlanych pszenicy The sources of yellow rust, leaf rust and stem rust resistance in the Polish wheat breeding materials	137
Wojciech Wakuliński Czesław Zamorski Bogdan Nowicki Małgorzata Schollenberger	Podatność pszenicy i pszenżyta na porażenie przez <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Died.) Drechsler. Komunikat Susceptibility of wheat and triticale to infection by <i>Pyrenophora tritici-repentis</i> (Died.) Drechsler. Short communication	147
Sławomir Stankowski Grażyna Podolska Grzegorz Stypuła	Wpływ wybranych sposobów ochrony roślin na jakość ziarna odmian pszenicy ozimej. Komunikat The effect of some plant protection systems on yield and grain quality of winter wheat cultivars. Short communication	155
Roman Prażak	Ocena tolerancyjności siewek mieszańców <i>Aegilops ventricosa</i> Tausch. i <i>Aegilops juvenalis</i> (Thell.) Eig. z <i>Triticum durum</i> Desf. i <i>Triticum aestivum</i> L. na toksyczne stężenie jonów glinu Evaluation of seedling tolerance to toxic concentrations of aluminium ions in hybrids of <i>Aegilops ventricosa</i> Tausch. and <i>Aegilops juvenalis</i> (Thell.) Eig. with <i>Triticum durum</i> Desf. and <i>Triticum aestivum</i> L.	161
Mariusz Wiewióra	Tolerancyjność polskich odmian pszenicy ozimej na toksyczne działanie glinu Aluminium tolerance of the Polish varieties of winter wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	169
Alicja Ceglińska Grażyna Cacak-Pietrzak Tadeusz Haber Zygmunt Nita	Właściwości przemiałowe i wypiekowe wybranych odmian pszenicy ozimej The milling and baking properties of some varieties of winter wheat	179
Marian Górski	Reakcja odmian pszenicy ozimej na długoterminowe przechowywanie w banku genów Reaction of winter wheat cultivars to long-term storage in gene bank	185
Tadeusz Drzazga Ludwik Spiss	Postęp genetyczny w plonowaniu pszenicy jarej w Polsce Genetic progress in yields of spring wheat in Poland	195

Spis treści

Stanisław Jedyński	Odziedziczalność i analiza ścieżkowa komponentów plonu pszenicy jarej Heritability and path coefficient analysis of yield components in spring wheat	203
Stanisław Jedyński	Wpływ ościwości na wielkość ziarniaków pszenicy jarej Influence of awns on seed size in spring wheat	211
Szymon Dziamba Izabella Jackowska	Wpływ niektórych czynników na skład chemiczny ziarna pszenicy jarej. Komunikat Effect of some factors on chemical composition of spring wheat grain. Short communication	217
Szymon Dziamba Michał Dziamba Joanna Dziamba	Wpływ przedśiewnej biostymulacji nasion światłem w warunkach zróżnicowanego nawożenia azotowego na plonowanie i właściwości technologiczne ziarna pszenicy jarej. Komunikat Influence of pre-sowing light bio-stimulation of seed under conditions of various nitrogen fertilization levels on yielding and seed quality parameters of spring wheat. Short communication	223
Hanna Szajsner Danuta Drozd	Ocena efektu biostymulacji laserowej genotypów pszenicy jarej w doświadczeniach polowych Biostimulation effect estimation for spring wheat genotypes in field experiments	229
Danuta Drozd Hanna Szajsner	Efekt biostymulacji laserowej u roślin zbożowych Laser biostimulation effect in cereal crops	235
Stanisław Węgrzyn Helena Grzesik	Zdolność kombinacyjna i efekt heterozji elementów struktury plonu kilku odmian pszenżyta ozimego (<i>X Triticosecale</i> Witt.) Combining ability and heterosis effect of yield structure traits of some winter triticale varieties	243
Elżbieta Małuszyńska Jerzy Drzewiecki Bogusław Łapiński	Tożsamość nietypowych roślin pszenżyta na podstawie analizy elektroforetycznej i cytogenetycznej ziarniaków Identity of triticale off-type plants on the basis of electrophoretic and cytogenetic analysis of kernels	251
Paweł Milczarski Aneta Banek-Tabor Piotr Masojć	Wykorzystanie markerów RAPD do identyfikacji odmian pszenżyta Application of RAPD markers for fingerprinting of triticale cultivars	261
Helena Grzesik Magdalena Gut Stanisław Węgrzyn Andrzej Cygankiewicz	Związek porastania z innymi cechami heksaploidalnego pszenżyta ozimego (<i>X Triticosecale</i> Witt.) Preharvest sprouting and other traits of winter hexaploid triticale (<i>X Triticosecale</i> Witt.)	269
Edward Pałys Czesław Tarkowski Robert Kuraszkiewicz Piotr Kraska	Dynamika masy korzeniowej pszenżyta ozimego na glebie lekkiej Root mass dynamics of winter triticale on light soil	277
Andrzej Oleksy Aleksander Szmigiel	Reakcja odmian pszenżyta na uprawę w mieszance z pszenicą w zależności od udziału komponentów Response of triticale cultivars to cultivation in mixtures with wheat depending on proportion of the components	285

Spis treści

Szymon Dziamba Izabella Jackowska Elżbieta Małuszyńska Jacek Kwiatkowski	Następczy wpływ pochodzenia materiału siewnego na skład chemiczny ziarna pszenżyta. Komunikat Consequent influence of sowing material origin on chemical composition of triticale grain. Short communication	293
Bogusława Jaśkiewicz	Wykorzystanie nawożenia azotem przez odmianę pszenżyta ozimego Fidelio w zależności od gęstości siewu The effectiveness of nitrogen fertilization of the winter triticale cultivar Fidelio in relation to sowing density	299
Wojciech Mikulski Aleksandra Ponitka Aurelia Ślusarkiewicz-Jarzina Paweł Dopierała Maria Surma Tadeusz Adamski Zygmunt Kaczmarek	Ocena wartości gospodarczej linii podwojonych haploidów pszenżyta ozimego. Komunikat Agronomic evaluation of winter triticale doubled haploids. Short communication	307
Alicja Ceglińska Tadeusz Haber	Wartość technologiczna wybranych odmian pszenżyta ozimego The technological value of selected varieties of winter triticale	315
Bogdan Nowicki Czesław Zamorski Małgorzata Schollenberger Wojciech Wakuliński	Podatność na porażenie pszenżyta rdzą żółtą (<i>Puccinia striiformis</i>), rdzą brunatną (<i>Puccinia recondita</i>) i rdzą żdźbłową (<i>Puccinia graminis</i>). Komunikat Susceptibility of triticale to the infections of yellow rust (<i>Puccinia striiformis</i>), leaf rust (<i>Puccinia recondita</i>) and stem rust (<i>Puccinia graminis</i>). Short communication	323
Iwona Wiśniewska Andrzej Rafalski Lucjan Madej	Analiza zmienności genetycznej linii żyta i ich wyrównania The analysis of genetic diversity of rye inbred lines and their uniformity	333
Irena Kolasińska	Przywracanie płodności pyłku u mieszańców żyta CMS-Pampa × restorer Pollen fertility restoration in the CMS-Pampa × restorer crosses of rye	341
Helena Kubicka Dorota Dec	Analiza genetyczna długości i szerokości liścia flagowego i podflagowego u żyta ozimego (<i>Secale cereale</i> L.) Genetical analysis of length and width of flag leaf and subflag leaf in winter rye (<i>Secale cereale</i> L.)	351
Irena Kolasińska Lucjan Madej Stanisław Węgrzyn Andrzej Cygankiewicz	Ocena przydatności linii rodzicielskich żyta do hodowli mieszańców odpornych na porastanie Evaluation of parental lines suitability for the breeding of sprouting resistant hybrids of rye	361
Piotr Masojć	Ocena wartości hodowlanej rodów żyta o podwyższonej odporności na porastanie Assessment of the breeding value of rye strains with increased sprouting resistance	371
Jan Kaczmarek Henryk Bujak Władysław Kadłubiec	Ocena podobieństwa linii wsobnych żyta ozimego na podstawie analizy wybranych cech Estimation of similarity of winter rye inbred lines based on analysis of selected traits	379
Małgorzata Grudkowska Lucjan Madej	Struktura plonu wybranych linii wsobnych żyta ozimego. Komunikat Yield structure of some rye inbred lines. Short communication	389

Spis treści

Jan Kaczmarek Henryk Bujak Władysław Kadłubiec	Ocena współzależności cech ilościowych u linii wsobnych żyta ozimego Evaluation of relationships between some quantitative traits of winter rye inbred lines	395
Tadeusz Śmiałowski Stanisław Węgrzyn	Zmienność i współzależność niektórych cech struktury plonu żyta ozimego Variability and correlation of some traits of yield structure in winter rye	401
Tadeusz Śmiałowski Stanisław Węgrzyn	Przydatność punktów doświadczalnych do oceny materiałów hodowlanych żyta ozimego Usefulness of trial sites for testing winter rye breeding materials	409
Renata Galek Jan Kaczmarek	Wartość hodowlana wybranych form żyta jarego w kolekcji Breeding value of chosen forms from a spring rye collection	419
Andrzej Rafalski Iwona Wiśniewska Krzysztof Klimont	Zmiany obrazu fragmentów DNA po traktowaniu nasion jęczmienia promieniowaniem laserowym The changes of amplified DNA fragment profiles after laser irradiation of barley seeds	431