

HALINA GÓRALKatedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza w Krakowie

Wpływ odległości źródła pyłku na efektywność zapyłania linii męskosterylnych pszenżyta ozimego

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

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

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

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

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

WSTĘP

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

MATERIAŁ I METODY

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

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

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

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

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

WYNIKI

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

Tabela 1

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

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

¹ Liczby w indeksie oznaczają potomstwa z kolejnych krzyżowań wypierających

¹ Subscripts denote successive backcross generations

Tabela 2

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

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

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

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

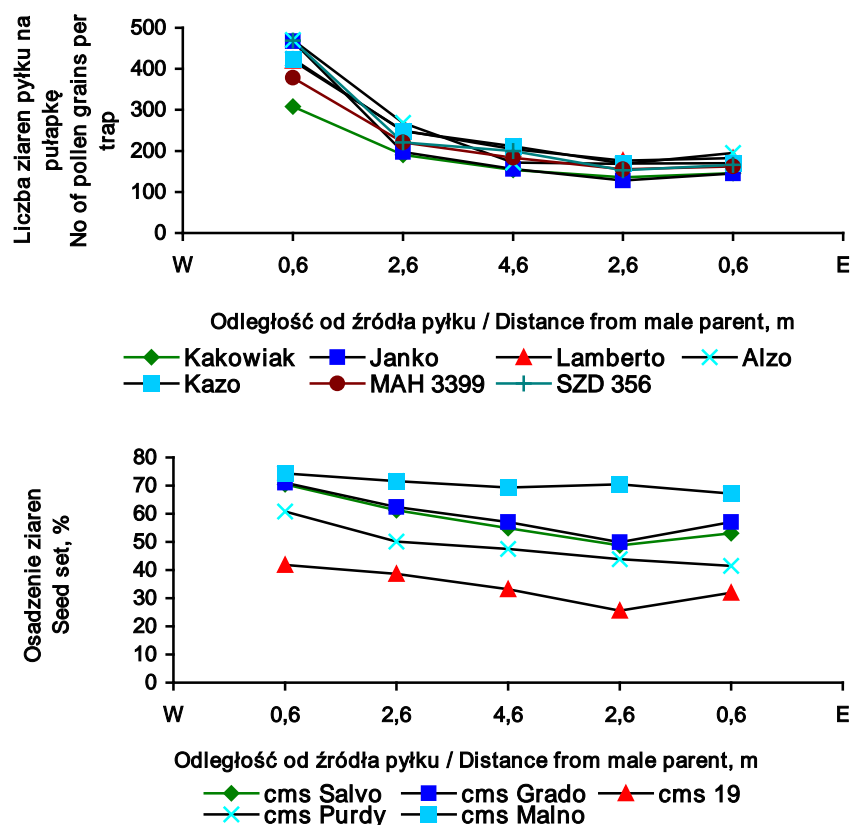
Linia — Line	2001	2002
cms Salvo 15/1, B ₁₂₋₁₃ ¹	0,40 (38) ²	0,48 (29)
cms Grado 2, B ₁₂₋₁₃	0,56 (39)	0,45 (33)
cms 19, B ₇₋₈	0,49 (39)	0,00 (30)
cms Purdy 5, B ₆₋₇	1,33 (42)	0,62 (29)
cms Tm 105/6, B ₁₄	—	1,23 (30)
cms Malno 53/3, B ₅₋₆	11,90 (139)	4,37 (30)

¹ Liczby w indeksie oznaczają potomstwa z kolejnych krzyżowań wypierających

¹ Subscripts denote successive backcross generations

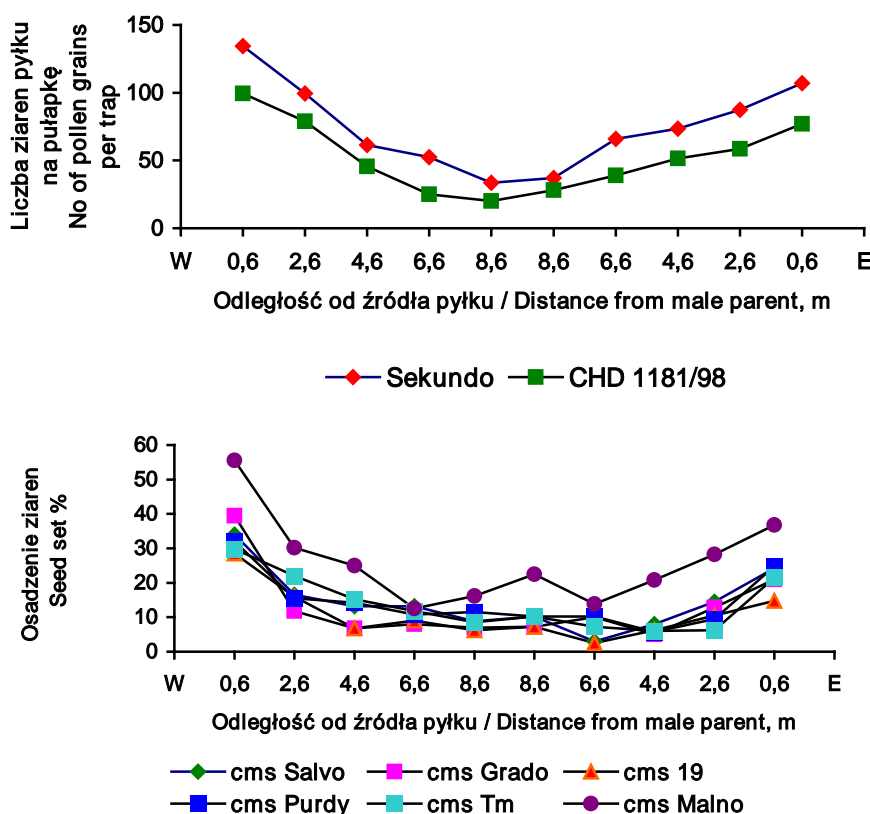
² W nawiasach podano liczbę badanych kłosów

² Number of examined ears is given in brackets



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

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



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

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

Tabela 4

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DYSKUSJA

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

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

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

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

WNIOSKI

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

LITERATURA

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