

HALINA GÓRAL<sup>1</sup>  
MIROSLAW S. POJMAJ<sup>2</sup>  
RENATA POJMAJ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa Akademia Rolnicza w Krakowie

<sup>2</sup> Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o.

## Frekwencja genotypów dopełniających i restorujących dla systemu *cms-T. timopheevi* u pszenżyta ozimego\*

### Frequency of maintainer and restorer genotypes for the *cms-T. timopheevi* system winter triticales

W latach 2003–2006 otrzymano i oceniono pod względem męskiej płodności mieszańce F<sub>1</sub> pszenżyta ozimego pochodzące z krzyżowania męskosterylnych linii z cytoplazmą *T. timopheevi* z 169 rodami i odmianami, 52 liniami DH otrzymanymi z 6 rodów i odmian oraz 203 liniami DH wyprowadzonymi z 24 mieszańców F<sub>1</sub> (donor genów nierestorujących × ród/odmiana). Osiem rodów i odmian (4,7%) przywracało w pełni męską płodność u mieszańców F<sub>1</sub>, a połowa z nich (52%) charakteryzowała się indeksem restoracji 80–100%. Wśród linii DH otrzymanych z rodów i odmian częściowo restorujących jedna (1,9%) w pełni przywracała płodność, a większość charakteryzowała się indeksem restoracji powyżej 40%. W obu populacjach nie zidentyfikowano linii dopełniających. Dziewiętnaście dopełniających linii DH (9,4%) otrzymano z pokolenia F<sub>1</sub> (donor genów nierestorujących × ród/odmiana). Połowa linii z tej populacji (50,7%) charakteryzowała się indeksem restoracji poniżej 40%, a 3 linie (1,5%) w pełni przywracały płodność. Obserwowano interakcję linia męskosterylna × restorer pod względem stopnia przywrócenia męskiej płodności u mieszańców F<sub>1</sub>.

**Słowa kluczowe:** męska sterylność, przywracanie płodności, pszenżyto ozime

In 2003–2006 we evaluated male fertility of winter triticales F<sub>1</sub> hybrids obtained from crossing male sterile lines (*T. timopheevi* cytoplasm) with 169 cultivars and breeding strains, 52 DH lines from 6 cultivars and lines, and 203 DH lines derived from 24 F<sub>1</sub> hybrids (non-restoring form × cultivar/strain). Eight cultivars and strains (4.7%) fully restored male fertility in hybrids, a half of them (52%) exhibited the restoration index of 80–100%. Among the DH lines from partially restoring cultivars and strains one line (1.9%) fully restored fertility and the majority showed restoration index over 40%. In these first two groups of the investigated material no sterility maintaining lines were identified. However, nineteen maintaining type DH lines (9.4%) were obtained from the F<sub>1</sub> hybrids. A half of the DH lines (50.7%) showed restoration index below 40% and 3 lines (1.5%) fully restored fertility. An interaction of male sterile line × restorer was observed with regard to fertility restoration.

\* Pracę wykonano w ramach projektu nr P06 2002C/05926

**Key words:** male sterility, fertility restoration, winter triticale

## WSTĘP

Do produkcji nasion mieszańcowych pszenżyta można wykorzystać chemiczną kastrację matek lub system cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterylności, która jest powszechnie używana w hodowli odmian mieszańcowych wielu gatunków. Nalepa (1990, 2003) podaje, że w hodowli heterozyznej pszenżyta największe znaczenie będą miały cytoplazmy *timopheevi* i *sharonensis*. Utrzymanie męskiej sterylności w systemie *Ae. sharonensis* nie sprawia problemu, natomiast tylko 1–2% odmian przywraca płodność u mieszańców F<sub>1</sub> (Nalepa, 2003). Drugi system, *cms-T.timopheevi* charakteryzuje mała frekwencja genotypów dopełniających (Spiss i Góral, 1994; Warzecha i in., 1996, 1998; Góral, 2002 b; Góral i Spiss, 2005), w dodatku niestabilnych w różnych środowiskach (Nalepa, 2003; Góral i in., 2006). Większość rodów i odmian najczęściej w dużym stopniu, ale nie w pełni przywraca męską płodność (Góral, 2002 b; Góral i Spiss, 2005). Ostatnie badania wykazały kilkunastoprocentową frekwencję zarówno dopełniaczy jak i restorerów dla systemu *cms-T.timopheevi* w meksykańskich materiałach pszenżyta jarego (Ammar i in., 2006). Ze względu na małą frekwencję genotypów utrzymujących męską sterylność w polskich materiałach, konieczne jest ich poszukiwanie wśród dużej liczby odmian i rodów oraz ich planowe wytwarzanie.

Celem badań było porównanie trzech populacji hodowlanych (rodów i odmian, linii DH otrzymanych z rodów nie w pełni przywracających męską płodność oraz linii DH otrzymanych z mieszańców F<sub>1</sub>: donor genów nierestorujących × ród/odmiana) pod względem zdolności dopełniania i restoracji.

## MATERIAŁ I METODY

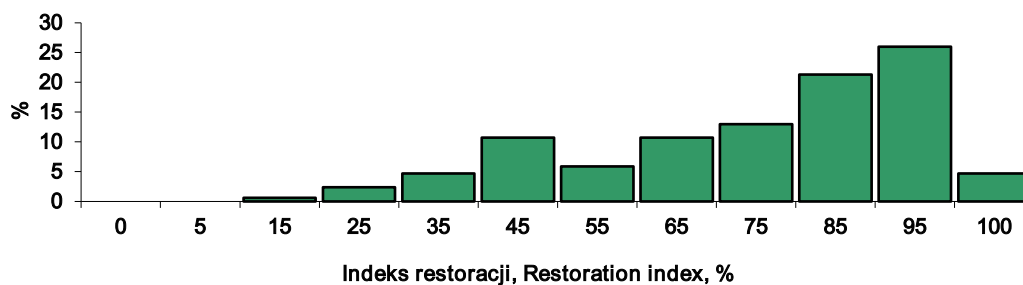
W latach 2003–2006 w Stacji Doświadczalnej Prusy AR w Krakowie oraz w Hodowli Roślin Danko, Oddział Laski wytworzono i oceniono pod względem męskiej płodności 424 mieszańce F<sub>1</sub> pszenżyta ozimego. Mieszańce otrzymano w wyniku krzyżowania męskosterylnych linii pszenżyta ozimego: *cms Salvo 15/1*, *cms Grado* i *cms 19* (cytoplazma *T. timopheevi*) uzyskanych wcześniej (Spiss i Góral, 1994; Góral, 2002 a) z 169 rodami i odmianami pochodzącymi z Hodowli Roślin Danko, 52 liniami DH wyprowadzonymi z 6 rodów i odmian oraz 203 liniami DH otrzymanymi z 24 mieszańców F<sub>1</sub> (linia dopełniająca × ród/odmiana). Linie DH wytworzone zostały w Hodowli Roślin Danko, Oddział Choryń oraz Instytucie Fizjologii Roślin PAN w Krakowie z mieszańców F<sub>1</sub> wytworzonych w Katedrze Hodowli Roślin i Nasiennictwa AR w Krakowie lub wprost z rodów i odmian, sprawdzonych wcześniej pod względem przywracania męskiej płodności.

Mieszańce F<sub>1</sub> (średnio po 28 roślin) wysadzano w rozstawie 40 × 20 cm oraz oceniono męską płodność w skali pięciostopniowej (5 — męskopłodne, 1 — męskosterylne) w czasie kwitnienia roślin oraz na podstawie osadzenia ziaren w izolowanych kłosach, według metodyki opisaną przez Góral (2002 b) i Góral i wsp. (2006). Frekwencję rodów i odmian o różnej zdolności przywracania męskiej płodności w potomstwie roślin

męskosterylnych określono na podstawie indeksu restoracji:  $N + 0,5 P$ , gdzie N oznacza procent roślin męskopłodnych, a P — procent roślin pośrednich (Geiger i Morgenstern, 1975).

#### WYNIKI I DYSKUSJA

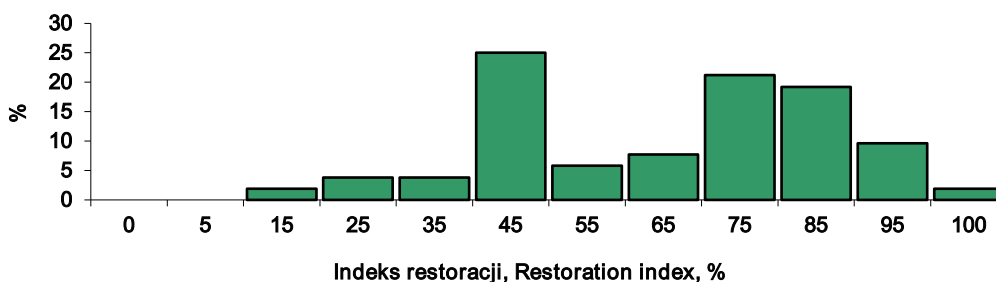
Osiem rodów i odmian (4,7%) przywracało w pełni męską płodność u mieszańców  $F_1$ . Połowa (52%) charakteryzowała się indeksem restoracji 80–100% (rys. 1).



**Rys. 1. Udział rodów i odmian (n = 169) pszenżyta ozimego o różnym indeksie restoracji**  
**Fig. 1. Distribution of restoration index in the group of winter triticale cultivars and strains (n = 169)**

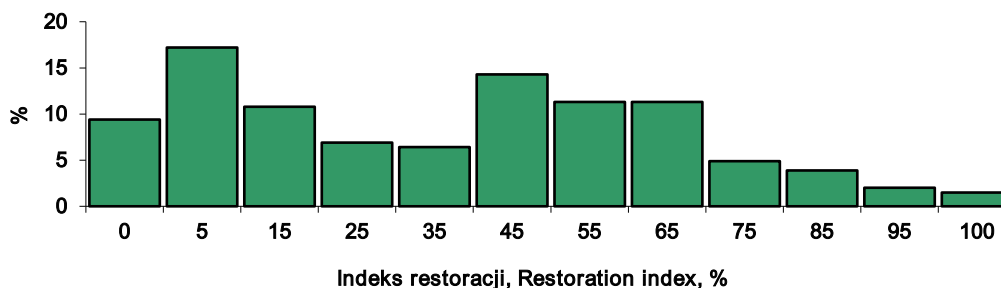
Większość potomstw  $F_1$  składała się z roślin męskopłodnych, pośrednich i męskosterylnych, z przewagą roślin męskopłodnych. Otrzymane dane są zgodne z wcześniejszymi wynikami badań uwzględniającymi pszenżyto ozime i jare z różnych ośrodków hodowlanych oraz z kolekcji AR w Lublinie (Góral, 2002 b; Góral i Spiss, 2005), na podstawie których stwierdzono bardzo małą frekwencję genotypów w pełni restorujących, brak lub pojedyncze genotypy dopełniające oraz większość nie w pełni restorujących. Nalepa (1990, 2003) oraz Warzecha i wsp. (1996, 1998) także stwierdzili większą częstość przywracania płodności niż utrzymywania męskiej sterylności u pszenżyta z cytoplazmą *T. timopheevi*. Ammar i wsp. (2006) informują natomiast o 17% frekwencji dopełniaczy i 14% restorerów w meksykańskich materiałach pszenżyta jarego.

Różne schematy hodowli homozygotycznych linii dopełniających u pszenżyta ozimego z wykorzystaniem techniki otrzymywania linii podwojonych haploidów zaproponowali Góral (2002 a), Warzecha i Salak-Warzecha (2002) oraz Góral i Spiss (2005). Sama homozygotyzacja rodów i odmian częściowo restorujących za pomocą techniki linii DH nie przyniosła oczekiwanych rezultatów, prawdopodobnie z powodu braku u nich kompletu genów nierestorujących, a nie ich heterozygotyczności. Wśród 52 linii DH otrzymanych z rodów i odmian o częściowej restoracji nie zidentyfikowano linii dopełniających. Jedna linia w pełni przywracała męską płodność, 5 linii charakteryzowało się 10–40% indeksem restoracji, a pozostałe — większym niż 40% (rys. 2).



Rys. 2. Udział linii DH o różnym indeksie restoracji, otrzymanych z rodów i odmian  
Fig. 2. Distribution of restoration index in the group of the DH lines from cultivars and strains

Genotypy dopełniające otrzymano w wyniku przeniesienia genów nierestorujących do rodów i odmian poprzez rekombinację z wykorzystaniem techniki linii DH. Dziewiętnaście linii DH (9,4%) otrzymanych z pokolenia F<sub>1</sub> (linia dopełniająca × ród/odmiana) utrzymywało męską sterność, a 3 (1,5%) w pełni przywracały płodność. Połowa linii (50,7%) charakteryzowała się indeksem restoracji poniżej 40% (rys. 3).



Rys. 3. Udział linii DH o różnym indeksie restoracji, otrzymanych z F<sub>1</sub>: linia dopełniająca × ród/odmiana  
Fig. 3. Distribution of restoration index in the group of the DH lines from F<sub>1</sub> hybrids: maintainer × cultivar/strain

Męska sterność w systemie *cms-T. timopheevi* u pszenżyta warunkowana jest prawdopodobnie kilkoma niezależnie działającymi recesywnymi genami o różnej sile działania (dane niepublikowane). Technika linii podwojonych haploidów pozwoliła na identyfikację dopełniających linii DH w 2<sup>n</sup> razy mniejszej populacji niż byłoby to możliwe w populacji F<sub>2</sub> otrzymanej z krzyżowania linia dopełniająca × biorca genów nierestorujących.

Mimo małej frekwencji genotypów w pełni restorujących przywracanie płodności w systemie *cms-T. timopheevi* nie powinno stwarzać problemów, ponieważ indeks restoracji powyżej 90% może być wystarczający w produkcji nasion mieszańcowych ze

względu na skłonność pszenżyta do obco płodności i związaną z tym pewną tolerancję na niepełne przywrócenie męskiej płodności. Dużym ograniczeniem wykorzystania tego systemu jest mały udział genotypów utrzymujących męską sterylność w polskich materiałach hodowlanych. Geny nierestorujące mogą być wprowadzane do określonych rodów drogą krzyżowania wypierającego z wykorzystaniem techniki linii podwojonych haploidów w celu szybkiej homozygotyzacji i łatwiejszej selekcji linii dopełniających.

Podobnie jak w przypadku cms-*Pampa* u żyta (Geiger i Miedaner, 1996; Kolasieńska, 2001) obserwowano interakcję linia męskosterylna  $\times$  restorer pod względem stopnia przywrócenia męskiej płodności u mieszańców  $F_1$  (tab. 1). Niektóre mieszańce  $F_1$  otrzymane z krzyżowania różnych linii matecznych z tą samą linią ojcowską miały podobny indeks restoracji, inne — bardzo różny.

Tabela 1

**Interakcja linia cms  $\times$  forma ojcowska pod względem przywracania płodności w pokoleniu  $F_1$**   
**Interaction: cms line  $\times$  male form with regard to fertility restoration in  $F_1$  hybrids**

Mieszaniec — Hybrid	Indeks restoracji — Restoration index (%)
cms Salvo $\times$ P 15	86,8
cms 19 $\times$ P15	57,5
cms Salvo $\times$ P 31	95,0
cms 19 $\times$ P 31	100,0
cms Salvo $\times$ P 25	57,5
cms 19 $\times$ P 25	90,0
cms Salvo $\times$ P 31	57,5
cms 19 $\times$ P 31	92,5
cms 19 $\times$ P 35	84,2
cms Malno $\times$ P 35	50,0
cms 19 $\times$ P 41	32,4
cms Malno $\times$ P 41	52,6
cms 19 $\times$ P 43	100,0
cms Malno $\times$ P 43	77,5
cms 19 $\times$ P 46	65,0
cms Malno $\times$ P 46	100,0
cms 19 $\times$ P 52	97,5
cms Malno $\times$ P 52	95,0

#### WNIOSKI

1. Wśród badanych odmian i rodów oraz linii DH otrzymanych z rodów i odmian nie w pełni restorujących nie znaleziono gotowych genotypów dopełniających. Większość rodów i odmian oraz linii DH charakteryzowała się niepełną zdolnością restoracji.
2. Nowe genotypy dopełniające można otrzymać w wyniku przeniesienia do rodów i odmian genów nierestorujących z istniejących linii dopełniających poprzez rekombinację (linia dopełniająca  $\times$  ród/odmiana) i homozygotyzację z wykorzystaniem techniki linii DH. Ponad 9% w ten sposób otrzymanych linii DH utrzymywało męską sterylność.

3. Ze względu na interakcję męskosterylna linia mateczna × linia przywracająca płodność hodowla uniwersalnych restorerów będzie wymagała testowania ich zdolności do restoracji uwzględniającego kilka matek.

#### LITERATURA

- Ammar K., Crossa J., Pfeiffer W. H. 2006. Developing a hybrid seed production system and evaluation of heterosis levels in hybrids from CIMMYT's spring triticale germplasm. Abstracts of 6<sup>th</sup> Int. Triticale Symp. Stellenbosch, South Africa, 3–7 September, 2006: 27 — 28.
- Geiger H. H., Miedaner T. 1996. Genetic basis and phenotypic stability of male-fertility restoration in rye. Vortr. Pflanzenzüchtg. 35: 27 — 38.
- Geiger H. H., Morgenstern K. 1975. Angewandt-genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. Theor. Appl. Genet. 46: 269 — 276.
- Góral H. 2002 a. Biologiczno-hodowlane aspekty wykorzystania heterozji u pszenżyta (X *Triticosecale* Wittmack). Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozprawy, nr 283.
- Góral H. 2002 b. Ocena męskiej płodności mieszańców F<sub>1</sub> pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Triticum timopheevi*. Folia Univ. Agric. Stetin. Agricultura 228 (91): 17 — 22.
- Góral H., Spiss L. 2005. Hodowla dopełniaczy i restorerów dla systemu cms-*T.timopheevi* u pszenżyta jarego. Biul. IHAR 236: 99 — 104.
- Góral H., Warzecha T., Stojalowski S., Pojmaj M., Kurleto D., Trąbka A., Spiss L. 2006. Stability of male sterility and fertility restoration in the cms-*T.timopheevi* system in triticale. Folia Univ. Agric. Stetin. 247 (100): 55 — 62.
- Kolaszińska I. 2001. Przywracanie płodności pyłku u mieszańców żyta CMS-Pampa × restorer. Biul. IHAR 218/219: 341 — 349.
- Nalepa S. 1990. Hybrid triticale: present and future. Proc. of the Second Intern. Triticale Symp. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil, 1–5 October 1990, CIMMYT, Mexico: 402 — 407.
- Nalepa S. 2003. Perspektywy hodowli pszenżyta w Resource Seeds Inc. w USA. Biul. IHAR 230: 143 — 146.
- Spiss L., Góral H. 1994. Hodowla form męskosterylnych i przywracających płodność u pszenżyta. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie 162, ser. Rolnictwo, 58: 243 — 246.
- Warzecha R., Salak-Warzecha K., Staszewski Z. 1996. CMS system in hexaploid triticale. Eds. H. Guedes-Pinto, N. Darvey and V. P. Carnide: Triticale: today and tomorrow. Kluw. Acad. Publ., Dordrecht: 225 — 232.
- Warzecha R., Salak-Warzecha K., Staszewski Z. 1998. Development and use of triticale CMS system in hybrid breeding. Proc. of the 4<sup>th</sup> Intern. Triticale Symp. Red Deer, Alberta, Canada, July 26–31, 1998: 79 — 85.
- Warzecha R., Salak-Warzecha K. 2002. Hybrid triticale — prospects for research and breeding — Part II: Development of male sterile lines. Proc. 5<sup>th</sup> Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June–5 July 2002, vol. I: 193 — 198.