

**HALINA GÓRAL**

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

## Męska płodność pszenżyta ozimego w zależności od rodzaju cytoplazmy i formy ojcowskiej\*

### Male fertility of winter triticale depending on the cytoplasm and male parent

W latach 2008–2012 otrzymano i oceniono pod względem męskiej płodności cztery grupy mieszańców pszenżyta ozimego: 16 mieszańców  $F_1$  pochodzących z krzyżowania 8 męskosterylnych linii z cytoplazmą *T. timopheevi* z 2 odmianami, 36 mieszańców  $F_1$  z krzyżowania 4 linii, każda w innej cytoplazmie (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa*) z 9 odmianami, 21 mieszańców (pokolenia  $F_1$ – $BC_4$ ) 7 linii w trzech cytoplazmach (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*) oraz 55 mieszańców  $F_1$ – $BC_3$  w cytoplazmie *Ae. ovata*. Mieszańce wykazywały różny stopień męskiej płodności. Indeks restoracji wynosił od 0 do 100% w zależności od linii matecznej, rodzaju cytoplazmy i genotypu ojcowskiego. W każdej grupie mieszańców z cytoplazmą *T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa* występowała interakcja matki  $\times$  ojcowie. Wszystkie mieszańce z cytoplazmą *Ae. ovata* były męskosterylne. Otrzymany materiał umożliwia wytworzenie odrębnych od cms-*T. timopheevi* systemów cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility z udziałem cytoplazm *Ae. sharonensis* i *Pampa*.

**Słowa kluczowe:** męska płodność, obce cytoplazmy, pszenżyto ozime

In 2008–2012 four groups of winter triticale hybrids were obtained and evaluated for male fertility: 16  $F_1$  hybrids obtained from crossing 8 male sterile lines having *T. timopheevi* cytoplasm with 2 cultivars, 36  $F_1$  hybrids from crossing 4 lines, each with a different cytoplasm (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*, and *Ae. ventricosa*) with 9 cultivars, 21 hybrids ( $F_1$  to  $BC_4$  generations) of 7 lines with three cytoplasm (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*) and 55 hybrids  $F_1$ – $BC_3$  with *Ae. ovata* cytoplasm. The hybrids displayed various male fertility level. The restoration index was from zero to 100% depending on the maternal line, the cytoplasm and the male parent genotype. In each group of hybrids with *T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* and *Ae. ventricosa* cytoplasm an interaction of female  $\times$  male parent was found. All the hybrids with *Ae. ovata* cytoplasm were male sterile. The plant material obtained in these studies makes it possible to develop male sterility systems with *Ae. sharonensis* and *Pampa* cytoplasm, different from that with *T. timopheevi* cytoplasm.

**Key words:** alien cytoplasm, male fertility, winter triticale

---

\* Wyniki badań zrealizowane w ramach tematu DS 3129/KHRiN/2008–2012 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez MNiSW.

## WSTĘP

Brak w pełni funkcjonalnego systemu cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility, niezbędnego w hodowli odmian mieszańcowych pszenżyta, jest obecnie głównym czynnikiem ograniczającym wykorzystanie zjawiska heterozji. W badaniach największą uwagę skupiono dotychczas na sterylizującej pyłek cytoplazmie *T. timopheevi*. System cms-*T. timopheevi* charakteryzuje się małą frekwencją genotypów dopełniających w polskich materiałach (Góral i Spiss, 2005; Góral in., 2007), niestabilnych w różnych środowiskach (Nalepa, 2003; Góral i in., 2006) przy częstej, ale niepełnej restoracji (Góral i in., 2007). Meksykańskie materiały pszenżyta jarego zawierają więcej, bo kilkanaście procent genotypów dopełniających i restorujących dla systemu cms-*T. timopheevi* (Ammar i in., 2006). System cms-*Ae. sharonensis*, odrębny od cms-*T. timopheevi*, charakteryzuje duża frekwencja stabilnych dopełniaczy i bardzo mała frekwencja restorerów (Nalepa, 2003). System cms-*Pampa*, wprowadzony do pszenżyta z żyta cechuje większa częstość dopełniania niż restoracji u pszenżyta tetraploidalnego w porównaniu z heksaploidalnym (Łapiński, 2005). Wobec niedoskonałości i ograniczeń wykorzystania istniejących źródeł cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility w hodowli odmian mieszańcowych pszenżyta konieczne jest badanie innych obcych cytoplazm pod względem efektu sterylizacji pyłku pszenżyta i tworzenie alternatywnych systemów cms.

Celem pracy było wytworzenie i zbadanie męskiej płodności mieszańców F<sub>1</sub> oraz wczesnych pokoleń z krzyżowań wypierających, pochodzących z krzyżowania linii w cytoplazmach *T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis*, *Ae. ventricosa* i *Ae. ovata* z liniami, rodami i odmianami pszenżyta.

## MATERIAŁ I METODY

W latach 2008–2012, w Stacji Doświadczalnej Prusy Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, wytworzono i oceniono pod względem męskiej płodności 4 grupy mieszańców pszenżyta ozimego: 16 mieszańców F<sub>1</sub>, pochodzących z krzyżowania 8 męskosterylnych linii z cytoplazmą *T. timopheevi* z 2 odmianami (tab. 1), 36 mieszańców F<sub>1</sub>, otrzymanych z krzyżowania 4 męskosterylnych linii, każda z inną cytoplazmą (*T. timopheevi*, *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa*) z 9 odmianami (tab. 2), 21 mieszańców (pokolenia F<sub>1</sub>–BC<sub>4</sub>) siedmiu linii w cytoplazmie *T. timopheevi*, *Pampa* i *Ae. sharonensis* (tab. 3) oraz 55 mieszańców (pokolenia F<sub>1</sub>–BC<sub>3</sub>) pochodzących z krzyżowania męskosterylnej linii z cytoplazmą *Ae. ovata* z różnymi odmianami, rodami i liniami DH pszenżyta (tab. 4). Wyjściowe linie do krzyżowań, posiadające cytoplazmę *T. timopheevi*, *Ae. ventricosa*, i *Ae. sharonensis* wytworzono w czasie wcześniejszych badań (Spiss i Góral 1994, Góral i Spiss 2000, Warzecha i Góral 2009). Linie pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Pampa* wytworzono poprzez krzyżowania wypierające linii pszenżyta jarego z tą cytoplazmą, udostępnionych z kolekcji IHAR w Radzikowie, z rodami i odmianami, a linię męskosterylną pszenżyta z cytoplazmą *Ae. ovata* otrzymano od dr Nalepy z USA.

Wszystkie mieszańce (po 10–20 roślin) wysiano w rozstawie 40 × 20 cm oraz oceniono wizualnie męską płodność w skali pięciostopniowej (5 — męskopłodne, 1 — męskosterylne) w czasie kwitnienia roślin oraz na podstawie osadzenia ziaren w izolowanych kłosach, według metodyki opisanej przez Góral (2002). Indeks restoracji obliczono według Geigera i Morgensterna (1975):  $N + 0,5 P$ , gdzie N oznacza procent roślin męskopłodnych, a P — procent roślin pośrednich, ocenionych w skali pięciostopniowej jako 2, 3 i 4.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Mieszańce  $F_1$ , pochodzące z krzyżowania linii męskosterylnych z cytoplazmą *T. timopheevi* z dwiema odmianami charakteryzowały się indeksem restoracji od 23,9% do 100% (dane nie pokazane). Liczba ziaren zawiązanych w kłosach izolowanych przed kwitnieniem wynosiła odpowiednio od 0,5 do 64,0 ziaren na kłos (tab. 1) i była zgodna ze stopniem przywrócenia męskiej płodności, mierzonej indeksem restoracji. Średnio, mieszańce z odmianą Moderato zawiązywały trzy razy mniej ziaren w kłosie w porównaniu do mieszańców z odmianą Grenado, które charakteryzowały się pełnym przywróceniem męskiej płodności. Liczba ziaren w izolowanych kłosach u mieszańców z odmianą Moderato różniła się istotnie w zależności od genotypu linii matecznej. Najmniejsza była u mieszańców z mateczną linią Salvo 15 i CHD 1 (tab. 1). Odmiana Moderato nie ma kompletu genów kasujących męską sterylność. Podobnie, jak sygnalizowano we wcześniejszych badaniach (Góral i in. 2006, 2007), stwierdzono istotną interakcję genotyp linii matecznej × genotyp linii ojcowskiej w fenotypowej ekspresji przywrócenia męskiej płodności u mieszańców  $F_1$ . Interakcja ta utrudnia selekcję uniwersalnych genotypów restorujących w systemie *cms-T. timopheevi*.

Tabela 1

**Liczba ziaren z kłosa u mieszańców  $F_1$  w systemie *cms-T. timopheevi*  
Number of kernels per ear in  $F_1$  hybrids with *T. timopheevi* cytoplasm**

| Linia mateczna<br>Female line (a) | Odmiana ojcowska<br>Male parent (b) |         | Średnia<br>Mean             | NRI (a) <sup>(0,05)</sup><br>LSD (a) <sup>(0,05)</sup> |
|-----------------------------------|-------------------------------------|---------|-----------------------------|--|
|                                   | Moderato                            | Grenado |                             |  |
| Salvo 15, BC16                    | 4,2                                 | 37,3    | 20,8                        |  |
| 19, BC12                          | 20,6                                | 36,9    | 28,7                        |  |
| Purdy 5, BC9                      | 19,7                                | 37,6    | 28,7                        |  |
| Malno 111, BC4                    | 25,5                                | 47,5    | 36,5                        |  |
| Grado 2, BC17                     | 21,3                                | 55,0    | 38,2                        | 8,19   |
| SZD 1, BC5                        | 18,4                                | 57,0    | 37,7                        |  |
| CHD 1, BC3                        | 0,5                                 | 53,0    | 26,8                        |  |
| DED 1, BC3                        | 8,8                                 | 64,0    | 36,4                        |  |
| Średnia, Mean                     | 14,9                                | 48,5    | 31,7                        |  |
| NRI (b) <sup>(0,05)</sup>         | 4,10                                |         | NRI (a×b) <sup>(0,05)</sup> | 11,58  |
| LSD (b) <sup>(0,05)</sup>         |                                     |         | LSD (a×b) <sup>(0,05)</sup> |  |

Wszystkie mieszańce  $F_1$  odmian z liniami w cytoplazmie *T. timopheevi* i *Ae. sharonensis* i prawie wszystkie w cytoplazmie *Pampa* były w pełni męskopłodne (tab. 2).

W cytoplazmie *Ae. ventricosa* mieszańce F<sub>1</sub> miały zróżnicowany indeks restoracji, wynoszący 30–100%. Większość potomstw w tej cytoplazmie była niejednorodna. Męska płodność mieszańców zależała od odmiany ojcowskiej. Różny poziom męskiej płodności w badanych cytoplazmach wskazuje na występowanie współdziałania rodzaju cytoplazmy z genotypem odmiany ojcowskiej w fenotypowej ekspresji męskiej płodności.

Tabela 2

**Indeks restoracji (%) mieszańców F<sub>1</sub>, otrzymanych z krzyżowania 4 linii w różnych cytoplazmach z 9 odmianami**  
**Restoration index (%) of F<sub>1</sub> hybrids obtained from crossing four lines having various cytoplasm with nine cultivars**

| Odmiana<br>Cultivar | Cytoplazma / Linia<br>Cytoplasm / Line                |  |   |   |
|---------------------|---|--|---|---|
|                     | <i>T. timopheevi</i><br>(Salvo 15, BC <sub>19</sub> ) | <i>Pampa</i><br>(Salvo 15, BC <sub>3</sub> ) | <i>Ae. sharonensis</i><br>(Zorro 1, BC <sub>3</sub> ) | <i>Ae. ventricosa</i><br>(Salvo 15, BC <sub>3</sub> ) |
| Atletico            | 100,0   | 60,0   | 100,0   | 100,0   |
| Bereniko            | 100,0   | 100,0  | 100,0   | 55,0  |
| Elpaso              | 100,0   | 95,0   | 100,0   | 80,0  |
| Fredro              | 100,0   | 100,0  | 100,0   | 90,0  |
| Gringo              | 100,0   | 100,0  | 100,0   | 80,0  |
| Leontino            | 100,0   | 100,0  | 100,0   | 30,0  |
| Pizarro             | 95,0  | 100,0  | 100,0   | 95,0  |
| Remiko              | 100,0   | 100,0  | 95,0  | 50,0  |
| Trismart            | 100,0   | 100,0  | 100,0   | 80,0  |

Mieszańce F<sub>1</sub> i mieszańce wczesnych pokoleń z krzyżowań wypierających charakteryzowały się zróżnicowaną męską płodnością. Indeks restoracji wynosił od 0 do 100%, w zależności od rodzaju cytoplazmy i linii ojcowskiej (tab. 3).

Tabela 3

**Indeks restoracji (%) mieszańców F<sub>1</sub> i BC<sub>1</sub>–BC<sub>4</sub> w różnych cytoplazmach**  
**Restoration index (%) of F<sub>1</sub> and BC<sub>1</sub>–BC<sub>4</sub> hybrids with various cytoplasm**

| Linia ojcowska<br>Male parent | Cytoplazma<br>Cytoplasm  |                          |                          |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                               | <i>T. timopheevi</i>     | <i>Pampa</i>             | <i>Ae. sharonensis</i>   |
| DAD 1                         | 100,0 (BC <sub>4</sub> ) | 100,0 (BC <sub>3</sub> ) | 100,0 (BC <sub>3</sub> ) |
| Presto 1                      | 40,0 (BC <sub>3</sub> )  | 0,0 (BC <sub>3</sub> )   | 85,0 (BC <sub>3</sub> )  |
| Salvo 15                      | 0,0 (BC <sub>4</sub> )   | 0,0 (BC <sub>3</sub> )   | 25,0 (BC <sub>3</sub> )  |
| Baltiko 1                     | 45,0 (BC <sub>1</sub> )  | 0,0 (BC <sub>3</sub> )   | 100,0 (F <sub>1</sub> )  |
| SZD 1                         | 0,0 (BC <sub>4</sub> )   | 5,0 (BC <sub>3</sub> )   | 100,0 (F <sub>1</sub> )  |
| Kitaro 1                      | 45,0 (F <sub>1</sub> )   | 0,0 (BC <sub>3</sub> )   | 95,0 (F <sub>1</sub> )   |
| Zorro 1                       | 100,0 (F <sub>1</sub> )  | 0,0 (F <sub>1</sub> )    | 0,0 (BC <sub>3</sub> )   |

Pięć mieszańców, spośród siedmiu badanych, było w pełni męskosterylnych w żytniej cytoplazmie *Pampa*. Jeden mieszańiec był w pełni męskopłodny w każdej z trzech badanych cytoplazm, dwa inne charakteryzowały się męską sterylnością w dwóch cytoplazmach i częściową lub całkowitą męską płodnością w trzeciej. Pozostałe wykazywały różny stopień restoracji i nie były jednorodne, ale indeks restoracji odzwierciedlał zmienność pomiędzy roślinami mieszańca. Mały indeks restoracji

charakteryzował mieszańce, w obrębie których poszczególne rośliny zawiązywały 0 lub pojedyncze ziarna w wyniku samozapylenia, a duży — mieszańce w pełni męskopłodne lub o nieco, w stosunku do nich, zmniejszonej męskiej płodności. Otrzymany nowy materiał hodowlany umożliwia wytworzenie odrębnych od cms-*T. timopheevi* systemów cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterylności z udziałem cytoplazm *Ae. sharonensis* i *Pampa*, ponieważ dla tych cytoplazm można znaleźć inne niż dla systemu cms-*T. timopheevi* genotypy, utrzymujące i kasujące męską sterylność. Wniosek ten jest zgodny z wynikami badań Nalepy (2003) i Łapińskiego (2005).

Wszystkie z 39 badanych mieszańców F<sub>1</sub>, 10 mieszańców BC<sub>1</sub>, 3 BC<sub>2</sub> i 3 BC<sub>3</sub>, otrzymanych z krzyżowania męskosterylnej linii (4272) z cytoplazmą *Ae. ovata* z różnymi odmianami, rodami i liniami DH pszenżyta (tab. 4) były męskosterylne. Męska sterylność utrzymywała się w pokoleniach z krzyżowań wypierających. Wśród badanych polskich odmian i materiałów hodowlanych nie znaleziono genotypów restorujących dla cytoplazmy *Ae. ovata*.

Tabela 4

**Formy ojcowskie użyte do krzyżowań z męskosterylną linią (4272) w cytoplazmie *T. ovata***  
**Male parents used for crossing with male sterile lines (4272) with *T. ovata* cytoplasm**

| Pokolenie<br>Generation | Forma ojcowska<br>Male parent  |
|-------------------------|--|
| F <sub>1</sub>          | Janko, Krakowiak, Grenado, Kitaro, Kazo, Moderato, Grenado, Baltiko, Zorro, DAD 97, DAD 113, DAD 334, DAD 337, DAD 526, DAD 597, DAD 622, DAD 668, DAD 681, DAD 749, DAD 474, DED 110, DED 130, DED 607, LAD 490, LAD 2779, CHD 187, SZD 416, SZD 643, DH S×T1, DH S×T2, DH S×L1, DH S×L2, Salvo 15/1, Salvo 15/2, Malno 53/3, Malno 111/4, Purdy 5/3, Grado 2, 19 |
| BC <sub>1</sub>         | Kitaro, Moderato, Zorro, DAD 97, DAD 113, DAD 474, DED 130, DH S×T1, Salvo 15/1, Malno 111/4   |
| BC <sub>2</sub>         | DAD 474, Malno 111/4, Salvo 15/1   |
| BC <sub>3</sub>         | DAD 474, Malno 111/4, Salvo 15/1   |

## WNIOSKI

1. System cms-*T. timopheevi* cechuje interakcja linia męskosterylna × genotyp ojcowski pod względem przywrócenia męskiej płodności u mieszańców F<sub>1</sub>.
2. Męska płodność mieszańców F<sub>1</sub> i mieszańców wczesnych pokoleń z krzyżowań wypierających z cytoplazmą *Pampa*, *Ae. sharonensis* i *Ae. ventricosa* zależała od rodzaju cytoplazmy i linii ojcowskiej.
3. Wśród badanych polskich odmian i materiałów hodowlanych nie znaleziono genotypów restorujących dla cytoplazmy *Ae. ovata*.

## 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., Morgenstern K. 1975. Angewandt-genetische Studien zur cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. Theor. Appl. Genet. 46: 269 — 276.

- Góral H. 2002. Ocena męskiej płodności mieszańców  $F_1$  pszenżyta ozimego z cytoplazmą *Triticum timopheevi*. Folia Univ. Agr. Stetin., Agricultura 228 (91): 17 — 22.
- Góral H., Spiss L. 2000. Wpływ cytoplazmy na cechy rolnicze pszenżyta ozimego (*X Triticosecale* Wittm.). Folia Univ. Agric. Stetin. 206 Agricultura 82: 67 — 72.
- 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., Stojałowski S., Pojmaj M., Kurlito 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, Agricultura 100: 55 — 62.
- Góral H., Pojmaj M. S., Pojmaj R. 2007. Frekwencja genotypów dopełniających i restorujących dla systemu *cms T.timopheevi* u pszenżyta ozimego. Biul. IHAR 244: 155 — 160.
- Łapiński B. 2005. Próba zastosowania żytniej cytoplazmy typu Pampa w hodowli heterozyjnej pszenżyta. Biul. IHAR 236: 115 — 123.
- 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, ser. Rol. 162 (58): 243 — 246.
- Warzecha T., Góral H., 2009. Otrzymywanie mieszańców z krzyżowań zwrotnych heksaploidalnej pszenicy z cytoplazmą *Aegilops sharonensis* z pszenżytem. W: Naganowska B., Kachlicki P., Krajewski P. (red.): Genetyka i genomika w doskonaleniu roślin uprawnych. Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu: 305 — 311.