

**IRENA KOLASIŃSKA**

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie

## Postęp w hodowli komponentów ojcowskich odmian mieszańcowych żyta o wysokiej zdolności przywracania męskiej płodności w cytoplazmie Pampa

### Progress in the breeding program of the male components of rye hybrids for fertility restoration in the Pampa cytoplasm

W latach 2013–2016 przeprowadzono badania, których celem było określenie zdolności przywracania męskiej płodności w cytoplazmie Pampa różnych genotypów żyta, pochodzących z aktualnego programu hodowlanego HR Smolice Sp. z o.o. Materiał badań stanowiły linie wsobne pokolenia S<sub>2</sub> i S<sub>3</sub>, wyprowadzone z nowych populacji hodowlanych z udziałem donorów genów przywracających płodność (R-pol, R-pop, R-tur) i komponenty ojcowskie mieszańców tzw. syntetyki restorery (Syn-R) oraz mieszańce testowe wytworzone poprzez krzyżowanie w/w genotypów z CMS-testerem trudnym do przywrócenia płodności (CMS-Tt). Zdolność przywracania płodności wszystkich grup genotypów żyta określono poprzez krzyżowanie ich z tym samym męskosterylnym testerem trudnym do przywrócenia płodności (CMS-Tt) i ocenę męskiej płodności mieszańców testowych w dwóch warunkach uprawy (tunele foliowe, pole). Męską płodność mieszańców testowych oceniono poprzez wizualną bonitację intensywności pylenia roślin na poletkach obserwacyjnych i/lub bonitację męskiej sterylności/płodności pojedynczych roślin. Następnie wyznaczono indeksy restoracji według wzoru:  $IR = \% \text{ roślin płodnych } (\%mf) + 1/2\% \text{ roślin częściowo płodnych } (\%pmf)$ . Badania wykazały, że większość genotypów (linie wsobne, komponenty ojcowskie), charakteryzowała się wysoką zdolnością przywracania płodności w cytoplazmie Pampa. W ostatnich latach (2013–2016) osiągnięto znaczny postęp w hodowli efektywnych restorerów w porównaniu z poprzednim okresem 2009–2013. W każdej grupie ocenionych genotypów (linie wsobne pokolenia S<sub>2</sub> i S<sub>3</sub>, komponenty ojcowskie) stwierdzono wysoką frekwencję restorerów o zadawalającej (IR>70%) i pełnej zdolności przywracania płodności. Wyselekcjonowano genotypy o różnym pochodzeniu, które prawie całkowicie lub całkowicie przywróciły płodność pylników roślin mieszańców testowych (IR = 100%) w obu warunkach uprawy. Niektóre pełne i stabilne restorery mogą być bezpośrednio użyte do tworzenia odmian mieszańcowych żyta o wysokiej męskiej płodności. Ponadto najlepsze z nich powinny zostać

wykorzystane, jako donory genów przywracających płodność, w kolejnych etapach programu hodowli odmian mieszańcowych żyta.

**Słowa kluczowe:** cytoplazma Pampa, hodowla odmian mieszańcowych, męska sterylność, przywracanie męskiej płodności, żyto

Abilities to restore male fertility in the Pampa cytoplasm were studied for numerous rye genotypes in the years 2013–2016. Plant material involved S<sub>2</sub> and S<sub>3</sub> inbred lines, male parents (restorer synthetics) and their test hybrids derived from the current breeding program in Smolice Plant Breeding Ltd. The S<sub>2</sub> i S<sub>3</sub> inbred lines were developed from new breeding populations including donors of restorer genes with different origins (R-pol, R-pop, R-tur). The inbred lines and the male parents were crossed to the same hard-restoration tester (CMS-Tt) under isolation bags, between isolation walls and in foil tunnels. The level of male fertility of tested hybrids was assessed in two growing conditions (foil tunnel, field) by pollen shedding visual scores of plant plots and/or by anther dehiscence visual scores of single plants with a 1–9 scale. The restoration indices (RI%) were calculated according to the formula: RI = % of male fertile (%mf) plants + 1/2% of partially male fertile plants (%pmf). In the years 2013–2016, a considerable progress was achieved in the improvement of male fertility restoring ability in the Pampa cytoplasm compared to the previous period 2009–2013. Majority of the newly developed inbred lines and created male parents were highly effective in restoration of male fertility in the Pampa cytoplasm. High frequency of effective restorers (IR>70%) and full restorers was found in each group of genotypes. Several genotypes with different origins were able to restore completely pollen fertility (IR = 100%) of their test hybrids cultivated in both growing conditions — foil tunnel and field. Very effective restorers directly could be used for creation of Pampa-based rye hybrids with improved male fertility. In addition, the best of them should be also utilized as restoring gene donors in breeding program of rye hybrids.

**Key words:** hybrid breeding, male sterility, Pampa cytoplasm, restorer identification, restoration of male fertility, rye

#### WSTĘP

W programach hodowli i produkcji nasion odmian mieszańcowych żyta głównie jest wykorzystywany genetyczno-cytoplazmatyczny system męska sterylność — przywracanie płodności typu Pampa (CMS-Pampa) (Geiger i Schnell, 1970). Męska sterylność tego typu jest łatwa do zachowania, ponieważ genotypy dopełniające męską sterylność (non-restorery) często występują w populacjach żyta oraz jest ona stabilna w szerokim zakresie warunków uprawy w Europie (Geiger i in., 1995). Znaczne problemy stwarza natomiast pełne przywrócenie męskiej płodności mieszańcom ze sterylizującą cytoplazmą Pampa, co jest spowodowane niską frekwencją występowania genotypów przywracających płodność (restorerów) w europejskich populacjach żyta (Geiger i Morgenstern, 1975; Geiger i in., 1995) oraz złożonym uwarunkowaniem genetycznym tej cechy (Madej, 1976; Scoles i Evans, 1979; Ruebenbauer i in., 1984; Geiger i Miedaner, 1996). Ponadto ekspresja płodności pylników zależy od warunków środowiska (Geiger i in., 1995) oraz od interakcji restorera z linią mateczną (Kolasińska, 2009, 2011). Wszystkie odmiany mieszańcowe żyta, wytworzone z udziałem CMS-Pampa, wykazują niższy poziom męskiej płodności niż tradycyjne odmiany populacyjne. Niepełna płodność tego typu odmian i związana z tym obniżona produkcja pyłku sprzyjają zakażeniu roślin zarodnikami sporyszu (*Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.), szczególnie w warunkach zimnej i deszczowej pogody w okresie kwitnienia, co prowadzi do zanieczyszczenia ziarna

przetrwalnikiemami zawierającymi toksyczne alkaloidy (Kolasińska i Małuszyńska, 2004). Jest to bardzo niebezpieczne, gdyż ziarno żyta jest przeznaczone głównie na paszę i konsumpcję. Wymagania dotyczące niskiej zawartości przetrwalników sporyszu w handlowych partiach ziarna konsumpcyjnego i paszowego mogą prowadzić do wysokich kosztów czyszczenia ziarna. Niektórzy hodowcy próbują zrekompensować mniejsze pylenie odmian mieszańcowych niewielką domieszką ziarna odmiany populacyjnej do mieszańca handlowego (Miedaner i in., 2005). Stąd głównym problemem w hodowli odmian mieszańcowych żyta z cytoplazmą Pampa jest zwiększenie poziomu męskiej płodności roślin, co zdecydowanie zabezpieczy je przed zakażeniem zarodnikami *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.). Poprawienie tej cechy u odmian mieszańcowych żyta można osiągnąć poprzez wykorzystanie takich komponentów ojcowskich, które efektywnie przywracają płodność w sterylizującej cytoplazmie Pampa. Jest to jednak zadanie bardzo trudne, gdyż frekwencja restorerów w europejskich populacjach żyta jest niska (1 do 5%), a ich działanie w dużym stopniu zależy od genotypu komponentów matecznych i warunków środowiska. Ponadto restorery muszą jednocześnie charakteryzować się wysoką wartością *per se* i zdolnością kombinacyjną oraz tworzyć mieszańce przewyższające odmiany wzorcowe poziomem plonowania i innych ważnych cech agronomicznych.

W Hodowli Roślin Smolice podjęto prace nad wytworzeniem wartościowych komponentów ojcowskich efektywnie przywracających męską płodność odmian mieszańcowych żyta z cytoplazmą Pampa. W programie hodowlanym wykorzystano wcześniej zidentyfikowane genotypy całkowicie przywracające męską płodność, które zostały wprowadzone do ojcowskiej puli genowej (Kolasińska, 2014). Następnie zastosowano skuteczną metodę oceny i selekcji wyprowadzanych linii i tworzonych populacji syntetycznych przywracających płodność.

Celem badań było określenie zdolności przywracania męskiej płodności w cytoplazmie Pampa różnych genotypów żyta, pochodzących z poszczególnych etapów programu hodowlanego.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał badań stanowiły genotypy żyta, pochodzące z aktualnego programu hodowli odmian mieszańcowych, prowadzonego w Pracowni Żyta IHAR-PIB dla Spółki Hodowla Roślin Smolice:

- linie wsobne pokolenia S<sub>2</sub> i S<sub>3</sub> wyprowadzone z nowych populacji hodowlanych żyta, wytworzonych z udziałem donorów genów efektywnie przywracających płodność o różnym pochodzeniu, oznaczonych R-pol, R-pop, R-tur (Kolasińska, 2014),
- komponenty ojcowskie mieszańców (populacje syntetyczne przywracające płodność, tzw. syntetyki restorery (Syn-R),
- mieszańce testowe wytworzone poprzez krzyżowanie w/w genotypów z CMS-testerem trudnym do przywrócenia płodności (CMS-Tt).

Zdolność przywracania płodności wszystkich grup genotypów żyta określono poprzez krzyżowanie ich z tym samym męskosterylnym testerem trudnym do przywrócenia

plodności (CMS-Tt) i ocenę męskiej plodności mieszańców testowych w dwóch warunkach uprawy (tunele foliowe, pole). Krzyżowanie linii wsobnych S<sub>2</sub> z męskosterylnym testerem wykonano ręcznie, używając kilku pojedynczych roślin każdej linii. Nasiona wytworzonych mieszańców testowych wysiano na poletkach obserwacyjnych. Następnie wykonano wizualną bonitację w skali 1–9° intensywności pylenia roślin mieszańców testowych (Geiger i Morgenstern, 1975). Krzyżowanie linii wsobnych S<sub>3</sub>R i komponentów ojcowskich (Syn-R) z męskosterylnym testerem CMS-Tt prowadzono pomiędzy ścianami izolacyjnymi lub w tunelach foliowych. Produkcję nasion eksperymentalnych mieszańców F<sub>1</sub> o formule CMS-SC×Syn-R przeprowadzono na polach przestrzennie izolowanych. Dokładną ocenę męskiej plodności roślin mieszańców pochodzących z krzyżowania CMS-Tt z liniami S<sub>3</sub>R i z Syn-R wykonano w dwóch warunkach uprawy — w tunelach foliowych i w polu. Oznaczono sterylność/ plodność pojedynczych 30–60 roślin każdego mieszańca metodą wizualnej bonitacji pylników w skali 1–9° (Morgenstern, 1983), przy czym 1 oznacza pylniki silnie zdegenerowane, puste i niepękające, a 9 pylniki normalnej wielkości, pękające i obficie pyłące. Rośliny ocenione na 1, 2, 3 sklasyfikowano jako męskosterylne [ms], rośliny 4, 5, 6 jako częściowo-plodne [pmf], a rośliny 7, 8, 9 jako płodne [mf]. Następnie obliczono procentowy udział roślin o różnym stopniu męskiej plodności oraz wyznaczono indeksy restoracji według wzoru:  $IR = \% mf + 1/2 \% pmf$ .

## WYNIKI

W latach 2013–2016 przeprowadzono wstępną ocenę zdolności przywracania plodności ogółem 1847 linii wsobnych pokolenia S<sub>2</sub>, wyprowadzonych z nowych populacji hodowlanych, wytworzonych z udziałem efektywnych donorów genów restorujących o różnym pochodzeniu (tab. 1). Donory genów zostały wyselekcjonowane z różnych polskich odmian (R-pol), z populacji hodowlanych o zwiększonej częstości restorerów (R-pop) i z tureckich populacji miejscowych (R-tur) (Kolasińska, 2014).

Tabela 1

**Frekwencja genotypów (%) o różnej zdolności przywracania plodności wśród linii wsobnych S<sub>2</sub> w latach 2013–2016**

**Frequency of genotypes with various restoring abilities among S<sub>2</sub> inbred lines in 2013–2016**

Rok Year	Liczba genotypów Number of genotypes	Pylenie w skali bonitacyjnej 1–9 Pollen shedding in 1–9 scale					
		1–3	>3–4	>4–5	>5–6	>6–7	>7
2013	528	8,5	26,5	30,0	32,0	3,0	0,0
2014	408	0,0	2,9	18,1	42,2	25,7	11,1
2015	468	0,2	5,1	38,7	38,9	15,2	1,9
2016	443	0,0	4,3	24,3	37,0	26,0	8,4

Okazało się, że większość linii wsobnych S<sub>2</sub> częściowo przywróciła męską plodność mieszańców testowych. Stopień pylenia ich mieszańców mieścił się w granicach od ponad 4 do 6. Linie takie stanowiły od 60,3% (2014 rok) do 77,6% (2015 rok) ogólnej liczby ocenianych obiektów. Ponadto frekwencja linii S<sub>2</sub>, które prawie całkowicie lub

całkowicie przywróciły męską płodność mieszańcom testowym (pylenie roślin ponad 6 stopni) wynosiła około 35% w latach 2014 i 2016. Linie takie w 2013 roku stanowiły tylko 3% ogólnej liczby testowanych.

W latach 2013–2016 oceniono zdolność przywracania płodności 139 linii wsobnych pokolenia S<sub>3</sub>, wyselekcjonowanych spośród wstępnie testowanych linii S<sub>2</sub>, wyprowadzonych z nowych populacji hodowlanych żyta (tab. 2). Zdecydowana większość tych linii zadawalająco lub całkowicie przywróciła męską płodność mieszańców testowych. Linie o indeksie restoracji ponad 70% stanowiły średnio 85%, wynosząc od 74,3% (2016 rok) do 94,6% (2013 rok). Na uwagę zasługuje wysoka frekwencja linii prawie całkowicie lub całkowicie przywracających płodność (IR>90–100%). Pełne restorery stanowiły średnio 45% ocenianych linii S<sub>3</sub>, wynosząc od 29% (2015 rok) do 70,3% (2013 rok).

Tabela 2

**Frekwencja restorerów wśród linii wsobnych S<sub>3</sub> ocenianych w warunkach polowych w latach 2013–2016**

**Frequency of restorers among S<sub>3</sub> inbred lines screened in the field conditions in 2013–2016**

Rok Year	Liczba genotypów* Number of genotypes*	Udział (%) restorerów Frequency (%) of restorers		
		IR >50–70	IR >70–90	IR >90–100
2013	37	5,4	24,3	70,3
2014	36	10,0	40,0	45,5
2015	31	9,7	58,1	29,0
2016	35	17,1	37,1	37,2

\* Oceniono 20–40 roślin każdego genotypu; \* 20–40 plants of each genotype were assessed

Bezpośrednimi komponentami ojcowskimi odmian mieszańcowych żyta są populacje syntetyczne (Syn-R), wytworzone w wyniku krzyżowania linii przywracających płodność (linie R). W latach 2013–2016 oceniono zdolność przywracania płodności 62 komponentów ojcowskich w warunkach uprawy w tunelach foliowych i w polu (tab. 3).

Tabela 3

**Frekwencja restorerów wśród komponentów ojcowskich (Syn-R) ocenianych w warunkach polowych w latach 2013–2016**

**Frequency of restorers among male parents (Syn-R) screened in the field conditions in 2013–2016**

Rok Year	Liczba genotypów* Number of genotypes*	Udział (%) restorerów Frequency (%) of restorers		
		IR >50–70	IR >70–90	IR >90–100
2013	15	33,3	46,7	6,7
2014	12	0,0	83,3	16,7
2015	20	5,0	20,0	75,0
2016	15	40,0	6,7	53,3

\* Oceniono 20–40 roślin każdego genotypu; \* 20–40 plants of each genotype were assessed

W poszczególnych latach zdecydowana większość, a nawet wszystkie komponenty ojcowskie wytworzyły mieszańce o zadawalającej lub pełnej płodności (IR ponad 70%). Genotypy takie stanowiły 95% w 2015 roku i nawet 100% w 2016 roku. W okresie badań stwierdzono w tej grupie genotypów wyraźny wzrost frekwencji pełnych restorerów

(IR>90–100%). I tak, indeks restoracji ponad 90% wykazało w 2013 roku tylko 6,7%, a w 2015 roku już 75% komponentów ojcowskich. Większość tych komponentów ojcowskich charakteryzowała się pełną i stabilną zdolnością przywracania płodności (tab. 4).

Tabela 4

**Zdolność przywracania płodności komponentów ojcowskich (Syn-R) oceniona w tunelach foliowych i w polu w 2015 roku**  
**Restoring ability (IR %) of male parents (Syn-R) tested in foil tunnel and in field, 2015**

Komponent ojcowski* Male parent*	Indeks restoracji (%) Restoration index (%)	
	tunel foliowy foil tunnel	pole field
500	69,1	77,3
505	85,7	90,7
510	100	100
515	60,2	73,5
520	89,4	77,9
525	99,1	98,9
530	100	100
535	100	100
540	100	100
545	98,1	95,1
600	71,6	68,2
603	72,6	88,5
606	100	94,2
609	95,6	97,2
612	98,7	98,9
615	97,3	98,8
618	98,7	100
621	69,4	87,2
624	100	98,9
627	97,4	96,7

\* Oceniono 20–40 roślin każdego genotypu; \* 20–40 plants of each genotype were assessed

Na szczególną uwagę zasługują restorery 510, 530, 535 i 540, które całkowicie przywróciły płodność roślin mieszańców testowych (IR = 100%) w obu warunkach uprawy. Ponadto 9 dalszych restorerów zapewniło prawie całkowitą płodność (IR>95%) mieszańcom uprawianym w warunkach tunelu foliowego i pola. Spośród ocenianych komponentów ojcowskich 8 (53,3%) prawie całkowicie (IR>95%) lub całkowicie (IR = 100%) przywróciło płodność mieszańców w obu warunkach uprawy w 2016 roku (tab. 5). Najbardziej wartościowymi okazały się restorery 10, 12 i 13, które wytworzyły całkowicie płodne potomstwo (IR = 100%) w obu warunkach uprawy. O postępie uzyskanym w programie hodowli komponentów ojcowskich odmian mieszańcowych żyta pod względem ich efektywności w przywracaniu płodności w cytoplazmie Pampa świadczą także wyniki oceny męskiej płodności mieszańców eksperymentalnych badanych w doświadczeniach zakładowych i doświadczeniu wstępnym w 2016 roku. Wszystkie mieszańce eksperymentalne Hodowli Roślin Smolice z wyjątkiem jednego (5 spośród 6) charakteryzowały się prawie całkowitą lub całkowitą męską płodnością roślin rosnących w tunelu foliowym i w polu (tab. 6).

Tabela 5

**Zdolność przywracania płodności komponentów ojcowskich (Syn-R) oceniona w tunelach foliowych i w polu 2016 roku**

**Restoring ability (IR %) of male parents (Syn-R) tested in foil tunnel and in field, 2016**

Komponent ojcowski* Male parent*	Indeks restoracji (%) Restoration index (%)	
	tunel foliowy foil tunnel	pole field
1	50,0	67,4
2	60,6	70,6
3	55,2	64,0
4	49,1	52,4
5	58,3	62,5
6	63,3	57,9
7	100	98,3
8	100	96,9
9	97,8	100
10	100	100
11	98,0	100
12	100	100
13	100	100
14	62,0	64,1
15	97,4	96,3

\* Oceniono 20–40 roślin każdego genotypu; \* 20–40 plants of each genotype were assessed

Tabela 6

**Męska płodność mieszańców F<sub>1</sub> żyta ocenianych w doświadczeniu wstępnym w 2016 roku**

**Male fertility of F<sub>1</sub> rye hybrids tested in preliminary trial in 2016**

Mieszańce * Hybrids*	Indeks restoracji (%) Restoration index	
	tunele foliowe foil tunnel	pole field
SMH 4512	100	100
SMH 4514	99,1	100
SMH 4532	99,1	100
SMH 4534	100	100
SMH 4547	89,4	100
SMH 4549	88,9	88,9
TD 5111	47,4	84,1
TD 5113	35,1	72,2
TT 5191	69,4	85,0

\* Oceniono 20–40 roślin każdego genotypu; \* 20–40 plants of each genotype were assessed

Badania wykazały, że w latach 2015–2016 mieszańce testowe uprawiane w warunkach tuneli foliowych i pola niewiele różniły się pod względem męskiej płodności roślin (tab. 4, tab. 5). W 2015 roku średni indeks restoracji wynosił 90,1% i 92,1%, odpowiednio w tunelu i w polu. W 2016 roku średni indeks restoracji wynosił 79,4% i 82%, odpowiednio w tunelu i w polu. Największe różnice w płodności ocenionej w tych dwóch warunkach uprawy wystąpiły u mieszańców o częściowo przywróconej płodności (IR>50–70%). Natomiast mieszańce o prawie całkowicie lub całkowicie przywróconej płodności zachowywały taki sam lub zbliżony poziom płodności w obu warunkach

uprawy. Stwierdzono występowanie wysokiej i istotnej na poziomie  $\alpha = 0,01$  korelacji pomiędzy wynikami oceny płodności pylników mieszańców w tunelach foliowych i w polu ( $r = 0,91$ ).

#### DYSKUSJA WYNIKÓW

Przeprowadzone badania wykazały, że większość genotypów (linie restorery, syntetyki restorery), pochodzących z aktualnego programu hodowli komponentów ojcowskich odmian mieszańcowych żyta, charakteryzuje się wysoką zdolnością przywracania płodności w cytoplazmie Pampa. W ostatnich latach osiągnięto znaczny postęp w hodowli efektywnych restorerów w porównaniu z poprzednim okresem 2009–2013 (Kolasińska, 2014). W każdej grupie ocenianych genotypów stwierdzono wysoką frekwencję restorerów o zadawalającej i pełnej zdolności przywracania płodności (tab. 1, tab. 2, tab. 3). Wśród linii wsobnych pokolenia  $S_2$ , wyprowadzonych z nowych populacji hodowlanych frekwencja efektywnych restorerów (pylenie mieszańców testowych  $>6$  stopni) wynosiła 36,8% i 34,4%, odpowiednio w latach 2014 i 2016. Natomiast takie restorery stanowiły średnio zaledwie 2,9% wszystkich linii ocenianych w latach 2009–2013 (Kolasińska, 2014). W latach 2013–2016 zdecydowana większość (średnio 85%) linii wsobnych pokolenia  $S_3$  miała indeks restoracji powyżej 70%, a 45,5% linii prawie całkowicie lub całkowicie przywróciła płodność potomstwa. W latach 2009–2011 linie o indeksie  $>70\%$  stanowiły średnio tylko 10,6%, a pełne restorery płodności ( $IR > 90\%$ ) stanowiły średnio tylko 2,2% (Kolasińska, 2014). O postępie świadczą także wyniki oceny zdolności przywracania płodności komponentów ojcowskich wybranych do tworzenia eksperymentalnych mieszańców. W latach 2014 i 2015 komponenty ojcowskie o indeksie restoracji powyżej 70% stanowiły odpowiednio 95% i 100%, a pełnymi restorerami okazało się odpowiednio 16,7% i 75% spośród nich (tab. 3). Dodatkowo, większość komponentów ojcowskich zapewniła prawie pełną lub pełną męską płodność roślin mieszańców testowych w obu warunkach uprawy. Dotychczasowe badania wykazały, że warunki panujące w tunelach foliowych były mniej korzystne niż warunki polowe dla ekspresji płodności pylników. Większość eksperymentalnych mieszańców charakteryzowała się większą płodnością pylników w polu niż w tunelu foliowym. W warunkach polowych indeks restoracji i udział roślin płodnych były średnio o 12,1% i 17,5% wyższe niż w tunelach (Kolasińska, 2014). Różnice te były znaczące szczególnie u mieszańców z częściowo przywróconą płodnością, które przeważały we wcześniejszych badaniach. W ostatnich latach (2015 i 2016) mieszańce testowe (tab. 4, tab. 5) i mieszańce eksperymentalne (tab. 6) wykazały zbliżony poziom męskiej płodności w warunkach tuneli foliowych i pola. Fakt ten potwierdza wcześniejsze spostrzeżenie, że wybrane pełne restorery charakteryzują się stabilną zdolnością przywracania płodności w różnych warunkach środowiska. Stwierdzono wysoką, istotną ( $\alpha = 0,01$ ) korelację pomiędzy wynikami oceny płodności pylników mieszańców w tunelach foliowych i w polu w obecnych ( $r = 0,91$ ) i wcześniejszych badaniach ( $r = 0,92$ ,  $r = 0,84$ ) (Kolasińska, 2009, 2014). Istnienie silnego związku pomiędzy płodnością pylników mieszańców w tych dwóch warunkach uprawy pozwala na znaczne zwiększenie zakresu i



efektywności prac w tej dziedzinie. Efektem badań nad zdolnością przywracania męskiej płodności dużej liczby genotypów w zróżnicowanych warunkach uprawy jest wyodrębnienie pełnych i stabilnych restorerów. Wyselekcjonowane restorery mogą być bezpośrednio wykorzystane do tworzenia eksperymentalnych mieszańców i/lub stanowić donory genów przywracających płodność w dalszych etapach programu hodowli odmian mieszańcowych żyta.

#### WNIOSKI

1. W ostatnich latach osiągnięto znaczny postęp w hodowli komponentów ojcowskich odmian mieszańcowych żyta o wysokiej zdolności przywracania męskiej płodności w cytoplazmie Pampa.
2. Wysoka frekwencja efektywnych i pełnych restorerów wśród genotypów, pochodzących z różnych etapów programu hodowli, stwarza szanse zwiększenia poziomu męskiej płodności u odmian mieszańcowych.
3. Osiągnięty postęp wykazał skuteczność metody hodowli komponentów ojcowskich, zastosowanej w Hodowli Roślin Smolice Sp. z o.o., opartej na kumulacji w puli ojcowskiej efektywnych genów przywracających płodność o różnym pochodzeniu oraz prowadzeniu skutecznej selekcji pożądaných genotypów.
4. Hodowla Roślin Smolice dysponuje obecnie wartościowymi liniami wsobnymi oraz populacjami syntetycznymi o pełnej i stabilnej zdolności przywracania płodności (różne komponenty mateczne i warunki środowiska), które będą wykorzystywane w programie hodowli odmian mieszańcowych żyta.

#### LITERATURA

- Geiger H. H., Morgenstern K. 1975. Angewandt-genetische Studien zur Cytoplasmatischen Pollensterilität bei Winterroggen. *Theor. Appl. Genet.* 46: 269 — 276.
- Geiger H. H., Schnell F. W. 1970. Cytoplasmic male sterility in rye (*Secale cereale* L.). *Crop Sci.* 10: 590 — 593.
- Geiger H. H., Miedaner T. 1996. Genetic basis and phenotypic stability of male-fertility restoration in rye. *Votr. Pflanzenzüchtg.* 35: 27 — 38.
- 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. and G. Wricke (eds), Paul Parey Sci. Publ., Berlin, Hamburg, *Adv. Plant Breed.* 18: 7 — 17.
- Kolańska I., Małuszyńska E. 2004. Factors influencing the ergot infection of male sterile rye. *Phytopathol. Pol.* 31:15 — 24.
- Kolańska I. 2009. Genetyczno-hodowlane aspekty wykorzystania systemu CMS-Pampa w hodowli heterozyjnej żyta. *Monografie i Rozprawy Naukowe nr 31, IHAR Radzików.*
- Kolańska I. 2011. Identyfikacja genotypów przywracających płodność mieszańców z cytoplazmą Pampa wśród linii wsobnych żyta o różnym pochodzeniu. *Biul. IHAR 260/261*: 241 — 249.
- Kolańska I. 2014. Identyfikacja donatorów genów przywracających męską płodność u mieszańców żyta ze sterylizującą cytoplazmą Pampa. *Biul. IHAR 271*: 17 — 28.
- Madej L. 1976. Charakterystyka genetyczna trzech źródeł męskiej jałowości żyta (*Secale cereale* L.). *Hod. Rośl. Aklim. Nasien.* 20: 157 — 174.
- Miedaner T., Wilde P., Wortmann H. 2005. Combining ability of non-adapted sources for male-fertility restoration in Pampa CMS of hybrid rye. *Plant Breed.* 124: 39 — 43.

- Morgenstern K. 1983. Ausprägung der cytoplasmatisch-genischen Pollensterilität (CMS) bei Roggen in Abhängigkeit von Plasmotyp und Genotyp. Dissertation, Univ. Hohenheim, Stuttgart.
- Ruebenbauer T., Kubara-Szpunar Ł., Pająk K. 1984. Testing of a hypothesis concerning interaction of genes with mutated cytoplasm controlling male sterility of the „Pampa” type in rye (*Secale cereale* L.). Genet. Pol. 25, 1: 1 — 16.
- Scoles G. J., Evans L. E. 1979. The genetics of fertility restoration in cytoplasmic male sterile rye. Can. J. Gen. Cytol. 21, 3: 417 — 422.