

IRENA KOLASIŃSKA

Zakład Genetyki i Hodowli Roślin

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Przywracanie płodności pyłku u mieszańców żyta CMS-Pampa $\times$ restorer

Pollen fertility restoration in the CMS-Pampa $\times$ 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 $\times$ 3 linie R) w warunkach szklarniowych i polowych, a w 2000 roku oceniano 50 mieszańców (10 linii P $\times$ 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 $\times$ 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 $\times$ 3 R lines) was evaluated in greenhouse and in field. In 2000 pollen fertility of 50 single crosses (10 P lines $\times$ 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 sterylność — 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

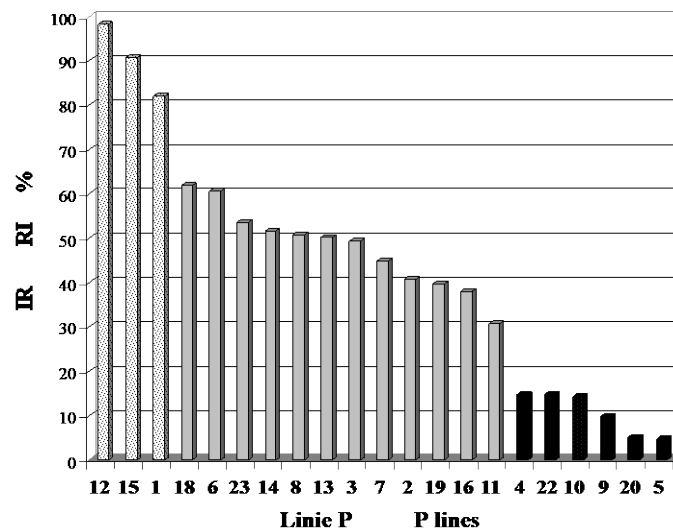
NIR (P=0,05) dla porównania linii R w szklarni — 1,2; w polu — 1,2

LSD (P=0,05) for comparison of R lines in the greenhouse — 1,2; in the field — 1,2

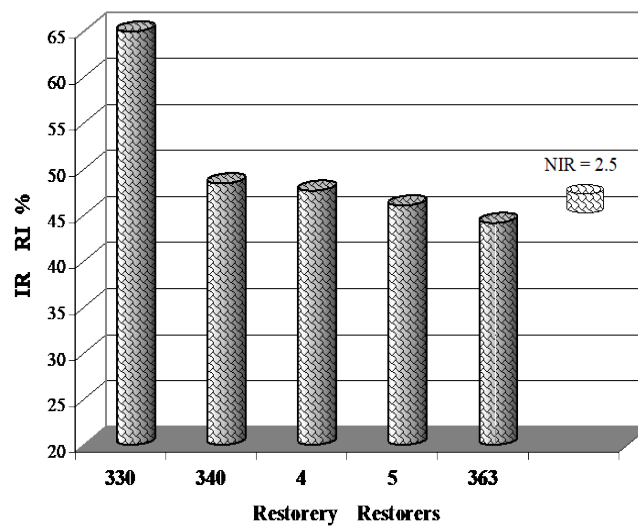
NIR (P=0,05) dla porównania interakcji P×R w szklarni — 5,9; w polu — 4,8

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.

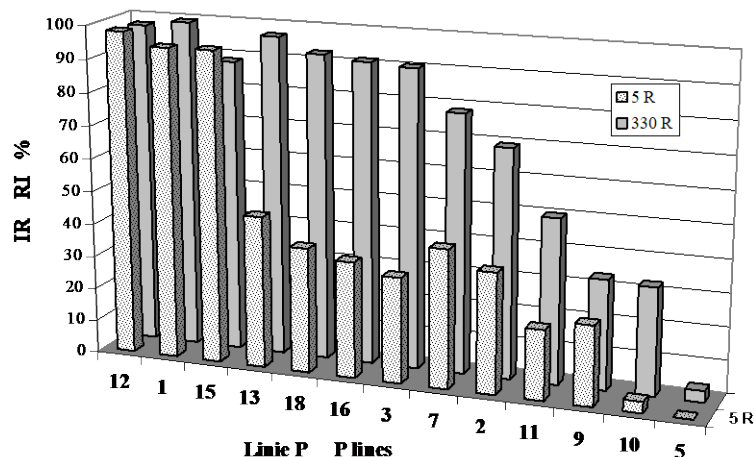
W warunkach polowych 2000 roku oceniano płodność pyłku 50 mieszańców pochodzących z krzyżowania 10 linii P z 5 restorerami. Następnie obliczono średnie indeksy restoracji dla linii P i restorerów. Restorery — 4 R, 5 R, 340 R i 363 R charakteryzowały się średnią zdolnością przywracania płodności (IR od 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.