

TOMASZ WARZECHA**HALINA GÓRAL**Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa
Akademia Rolnicza w Krakowie

Zdolność kombinacyjna linii cms oraz rodów i odmian pszenżyta pod względem podatności na zgorzel siewek wywołaną *Fusarium culmorum*

Combining ability of cms lines, strains and cultivars of triticale for susceptibility to seedling blight caused by *Fusarium culmorum*

Badano podatność 4 męskosterylnych linii pszenżyta, 5 rodów i odmian ojcowskich oraz 20 mieszańców F_1 otrzymanych z krzyżowania tych form w układzie czynnikowym, na zgorzel siewek wywołaną przez *Fusarium culmorum*. Ziarniaki inokulowano izolatem IPO348-01 pochodzącym z Instytutu Ochrony Roślin w Wageningen w Holandii. Pojedyncze izolaty *F. culmorum* hodowano na pożywce PDA (Potatoe Dextrose Agar-Sigma) na płytkach Petriego. Inkubację prowadzono w stałych warunkach laboratoryjnych przez 7 dni w temperaturze 22°C. Mieszańce F_1 charakteryzowały się średnio nieco mniejszym porażeniem liści niż rodzice i podobnym porażeniem korzeni. Wykazano istotną korelację między stopniem porażenia liści u mieszańców a ogólną wartością kombinacyjną (GCA) rodziców, co świadczy o możliwości typowania komponentów rodzicielskich pod kątem większej odporności na podstawie GCA. Porażenie siewek zależało jednak w większym stopniu od swoistej wartości kombinacyjnej (SCA) par rodzicielskich niż GCA rodziców. Współczynniki korelacji między porażeniem liści i korzeni u mieszańców a efektami SCA par rodzicielskich były dodatnie i statystycznie istotne (odpowiednio $r = 0,642^{**}$ i $0,881^{**}$). Wyniki wskazują, że poziom odporności u mieszańców był kształtowany także w wyniku nieaddytywnego działania genów i sama wartość GCA rodziców może być zawodna w przewidywaniu ich odporności na *F. culmorum*.

Słowa kluczowe: *Fusarium culmorum*, GCA, SCA, pszenżyto, siewki

The following triticale genotypes were examined for susceptibility to *fusarium* seedling blight: 4 male sterile lines, 5 male fertile genotypes and 20 F_1 hybrids received from crosses between parental genotypes in factorial design. Grains of triticale were inoculated with isolate IPO 348-01 originated from Institute of Plant Protection, Wageningen. Single isolates of *Fusarium culmorum* were cultivated on the PDA medium (Potato Dextrose Agar-Sigma) on Petri dishes. The inoculated grains were incubated for 7 days at 22°C. The hybrids showed average lower leaf infection score and similar root infection score in relation to the parents. Significant correlation coefficient between leaf infection score of hybrids and GCA of parents was proved, it gives opportunity to select parental components towards

higher resistance on the GCA base. Seedling infection was more dependant on SCA of parental couples then on GCA of the parents. Correlation coefficients between leaf and root infection of hybrids and SCA effects of parental couples were positive and significant (respectively $r=0,642^{**}$ and $0,881^{**}$). The received results indicated out that resistance level of hybrids to *F. culmorum* was also dependant on nonadditive gene effects and prediction based only on GCA of parents could be not reliable enough.

Key words: *Fusarium culmorum*, GCA, SCA, triticales

WSTĘP

Odmiany mieszańcowe oprócz wyrównania i plenności mogą charakteryzować się także zwiększoną odpornością na choroby. Jeżeli odporność warunkowana jest allelami dominującymi wystarczy, aby jeden z komponentów rodzicielskich był odporny. Przy odpowiednim doborze komponentów mieszańca odpornych na różne choroby możliwe jest uzyskanie kompleksowej odporności odmiany mieszańcowej na kilka chorób. Znajomość podatności form rodzicielskich i mieszańców F_1 pszenżyta na choroby grzybowe z rodzaju *Fusarium* może być ważna dla hodowców ze względu na zainteresowanie możliwością hodowli odmian mieszańcowych. Do wytwarzania nasion mieszańcowych pszenżyta proponuje się wykorzystanie systemu cytoplazmatyczno-genowej męskiej sterility opartej na cytoplazmie *Triticum timopheevi* (Cauderon i in., 1985; Nalepa, 1990; Spiss i Góral, 1994; Warzecha i Salak-Warzecha, 2002). We wcześniejszych badaniach wykazaliśmy, że męskosterylne linie pszenżyta z cytoplazmą *T. timopheevi* charakteryzowały się większą podatnością siewek i korzeni na *F. culmorum* niż ich męskopłodne analogi z cytoplazmą *T. aestivum* (Warzecha i Góral, 2005). W doświadczeniach z próbnymi mieszańcami pszenżyta obserwowano jednak mimo bardzo dużego porażenia rdzą żółtą męskosterylną linią mateczną cms Grado 2 z cytoplazmą *T. timopheevi* odporność mieszańca pochodzącego z krzyżowania tej linii z odpornym komponentem ojcowskim (Woś i in., 2002).

Celem pracy było zbadanie podatności męskosterylnych linii matecznych, rodów hodowlanych, użytych jako formy ojcowskie i mieszańców F_1 na infekcję *Fusarium culmorum* w stadium siewek oraz oszacowanie ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej form rodzicielskich.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły 4 męskosterylne linie pszenżyta: cms 19 B₁₂, cms Grado 2 B₁₇, cms Purdy 5/5 B₁₀, cms Salvo 15/1 B₁₇, 5 form ojcowskich: Danko 127, Danko 185, Danko 601, Danko 225 i Pronto oraz 20 mieszańców F_1 otrzymanych z krzyżowań tych form w układzie czynnikowym.

Ziarniaki inokulowano *F. culmorum*, izolatem IPO348-01, pochodzącym z Instytutu Ochrony Roślin w Wageningen w Holandii. Pojedyncze izolaty *F. culmorum* hodowano na pożywce PDA (Potatoe Dextrose Agar-Sigma) na płytkach Petriego. Inkubację prowadzono w stałych warunkach laboratoryjnych przez 7 dni w temperaturze 22°C.

Ocenę podatności linii pszenżyta na zgorzel siewek powodowaną przez *Fusarium culmorum* przeprowadzono w komorze fitotronowej. Doświadczenie założono w układzie

całkowicie losowym w trzech powtórzeniach. Badano 50 siewek w każdym powtórzeniu. Ziarniaki dezynfekowano powierzchniowo 3% NaClO przez 3 minuty, przemywano sterylną wodą, a następnie moczone przez 24 godziny w wodzie sterylnej. Po tym czasie wykładano je na krążki pożywki PDA o średnicy 4 mm przerośniętej kulturą grzyba. Szalki z inokulowanymi oraz nieinokulowanymi ziarniakami, stanowiącymi kontrolę, przenoszono do szafy fitotronowej, gdzie pozostawały przez siedem dni w temperaturze 22°C/20°C (dzień/noc), oświetleniu 10000 lx, fotoperiodzie 12h/12h i wilgotności 100%. Po tym czasie dokonano oceny stopnia porażenia korzenia i liścia siewek w pięciostopniowej skali, opisaną przez Chełkowskiego i Mańkę (1983), gdzie 1 oznacza bardzo słabe porażenie, 2 — słabe, 3 — średnie, 4 — duże, 5 — bardzo duże. Otrzymane wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji według modelu stałego. Zmienność obiektów została podzielona na zmienność rodziców, mieszańców i kontrast rodzice-mieszańce. Zmienność mieszańców podzielono na zmienność ogólnej zdolności kombinacyjnej (GCA) matek i ojców oraz swoistą zdolność kombinacyjną (SCA) form rodzicielskich. Oszacowania efektów GCA i SCA dokonano zgodnie z czynnikiem układem krzyżowań (Ubysz-Borucka i in., 1985).

WYNIKI I DYSKUSJA

Stwierdzono wysoce istotne zróżnicowanie stopnia porażenia liści i korzeni u rodziców i mieszańców (tab. 1). W kombinacji kontrolnej nieinokulowanej, gdzie ziarniaki sterylizowano w sposób identyczny jak w kombinacji inokulowanej, nie stwierdzono porażenia, co pozwoliło na wyeliminowanie wpływu innych czynników infekcyjnych niż szczep *Fusarium culmorum* na porażenie badanych obiektów.

Tabela 1

Analiza wariancji porażenia liści i korzeni przez *F. culmorum*
Analysis of variance of root and leaf infection score caused by *F. culmorum*

Źródło Source	Stopnie swobody Degrees of freedom	Średnie kwadraty — Mean squares	
		liście — leaves	korzenie — roots
Rodzice — Parents	8	2,27**	1,13**
Rodzice/mieszańce — Parents vs. hybrids	1	2,67**	0,20
Mieszańce — Hybrids	19	1,06**	0,76**
Matki — Females (GCA) ¹	3	1,73**	0,47**
Ojcowie — Males (GCA) ¹	4	1,63**	0,53**
SCA ²	12	0,70**	0,91**
Błąd — Error	58	0,05	0,06

¹ GCA — Ogólna wartość kombinacyjna; General combining ability

² SCA — Swoista wartość kombinacyjna; Specific combining ability

** Istotne przy $\alpha = 0,01$; Significant at $\alpha = 0.01$

Zróżnicowaną reakcję odmian i materiałów hodowlanych na infekcję wywołaną przez *Fusarium culmorum* wykazano wcześniej u pszenżyta (Oettler i in., 2004; Warzecha i Góral, 2005) i innych gatunków zbóż (Gray i Mahere, 1988; Wiśniewska i Chełkowski, 1997; Wiśniewska i Kowalczyk, 2004). Istotny kontrast rodzice-mieszańce w przypadku porażenia liści świadczy o występowaniu przeciętnej heterozji u mieszańców. Mieszańce

charakteryzowały się jednak niewiele mniejszym porażeniem liści i podobnym jak u rodziców porażeniem korzeni (tab. 2).

Tabela 2

Średnie porażenie liści i korzeni u rodziców i mieszańców oraz efekty ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej
Root and leaf infection score mean values of the parents and hybrids and GCA, SCA effects

Obiekt Entry	Liście — Leaves		Korzenie — Roots	
	średnia — mean ¹	GCA ²	średnia — mean ¹	GCA ²
Matki Females				
Cms 19 (f ₁)	0,4	-0,47**	3,2	-0,26**
Cms Grado 2 (f ₂)	2,3	0,24**	4,4	0,07
Cms Purdy 5/5 (f ₃)	2,2	0,26**	3,7	0,13*
Cms Salvo 15/1 (f ₄)	0,6	-0,02	3,1	0,07
Średnia — Mean	1,4		3,6	
Ojcowie Males				
Danko 127 (m ₁)	0,6	-0,51**	3,1	-0,26**
Danko 185 (m ₂)	1,7	-0,21**	3,5	0,06
Danko 601 (m ₃)	2,7	0,42**	4,5	0,25**
Danko 225 (m ₄)	1,2	0,04	3,1	0,13*
Pronto (m ₅)	0,6	0,26**	2,7	-0,16*
Średnia — Mean	1,4		3,4	
Mieszańce Hybrids				
		SCA ³		SCA ²
f ₁ × m ₁	0,7	0,69**	3,6	0,76**
f ₁ × m ₂	0,4	0,09	3,6	0,41**
f ₁ × m ₃	0,6	-0,34**	3,1	-0,28**
f ₁ × m ₄	0,6	0,01	3,0	-0,23*
f ₁ × m ₅	0,3	-0,45**	2,3	-0,67**
f ₂ × m ₁	0,6	-0,12	3,1	-0,10
f ₂ × m ₂	1,3	0,31**	3,3	-0,19
f ₂ × m ₃	1,3	-0,35**	3,3	-0,35**
f ₂ × m ₄	1,6	0,33**	4,3	0,71**
f ₂ × m ₅	1,3	-0,19	3,2	-0,07
f ₃ × m ₁	0,6	-0,17	3,3	0,07
f ₃ × m ₂	0,7	-0,37**	3,1	-0,42**
f ₃ × m ₃	2,3	0,60**	4,2	0,46**
f ₃ × m ₄	0,6	-0,66**	3,0	-0,59**
f ₃ × m ₅	2,1	0,62**	3,8	0,44**
f ₄ × m ₁	0,1	-0,39**	2,4	-0,74**
f ₄ × m ₂	0,7	-0,03	3,7	0,18
f ₄ × m ₃	1,5	0,08	3,8	0,15
f ₄ × m ₄	1,3	0,32**	3,7	0,11
f ₄ × m ₅	1,2	0,00	3,6	0,30**
Średnia — Mean	1,0		3,4	
NRI _(0,05) — LSD _(0,05)	0,36		0,42	

¹ 1 — Bardzo słabe; Very weak, 2 — Słabe; Weak, 3 — Średnie; Medium, 4 — Duże; High, 5 — Bardzo duże porażenie; Very high infection

² GCA — Ogólna wartość kombinacyjna; General combining ability

³ SCA — Swoista wartość kombinacyjna; Specific combining ability

** Istotne odpowiednio przy $\alpha = 0,05$ i $0,01$; Significant at $\alpha = 0,05$ and $0,01$, respectively

Oettler i wsp. (2004) także nie wykazali znaczącej heterozji u mieszańców F_1 pod względem odporności na fuzariozę kłosa. Porażenie korzeni u rodziców i mieszańców było ponad dwukrotnie większe niż porażenie liści, podobnie jak w badaniach Warzecha i Góral (2005).

Zmienność ogólnej i swoistej zdolności kombinacyjnej badanych form rodzicielskich była wysoce istotna (tab. 1) podobnie jak w badaniach Oettler i wsp. (2004). Średni kwadrat ogólnej zdolności kombinacyjnej matek i ojców był ponad dwukrotnie większy niż swoistej zdolności kombinacyjnej w przypadku porażenia liści i prawie dwukrotnie mniejszy w przypadku porażenia korzenia. Sugeruje to odmienny typ genetycznej zmienności, tj. przewagę addytywnej zmienności w przypadku odporności liści i nieaddytywnej w przypadku odporności korzeni na *F. culmorum*.

Liście i korzenie linii matecznych cms 19 i cms Salvo oraz odmiany ojcowskiej Pronto i rodu Danko 127 były w mniejszym stopniu porażane niż u innych form rodzicielskich. Linia cms 19 oraz rody Danko 127 i Danko 185 charakteryzowały się ujemnymi, istotnie różnymi od zera efektami GCA pod względem porażenia liści przekazując potomstwu większą odporność na *F. culmorum* (tab. 2). Większość mieszańców pochodzących z krzyżowania tych rodziców charakteryzowała się mniejszym porażeniem liści. Najmniejsze porażenie liści wystąpiło u mieszańca cms Salvo × Danko 127 dzięki ujemnym efektom GCA komponenta ojcowskiego i SCA tej pary rodziców. Największym porażeniem charakteryzowały się mieszańce form rodzicielskich wykazujących dodatnie efekty GCA i SCA, tj. cms Purdy × Danko 601 i cms Purdy × Pronto.

Tylko linia cms 19, ród Danko 127 i odmiana Pronto charakteryzowały się ujemnymi efektami GCA w przypadku porażenia korzeni, ale tylko dwa mieszańce (cms 19 × Pronto i cms Salvo × Danko 127) były bardziej odporne od pozostałych dzięki ujemnym efektom SCA tych par rodzicielskich (tab. 2). Niektóre mieszańce, np. cms 19 × Danko 127 wykazywały większą podatność niż można by się spodziewać na podstawie ujemnych efektów GCA z powodu dodatnich efektów SCA. Porażenie korzeni zależało w większym stopniu od SCA par rodzicielskich niż GCA rodziców i było największe, wtedy gdy formy rodzicielskie charakteryzowały się dodatnimi efektami GCA i SCA. Korelacja między stopniem porażenia liścia u mieszańców a efektami GCA matek i ojców była istotna ($r = 0,512^*$ i $0,566^*$), co świadczy o możliwości typowania komponentów rodzicielskich mieszańca pod kątem większej odporności na podstawie ich GCA. W przypadku porażenia korzeni nie wykazano takiej zależności. Oettler i in. (2004), badając odporność na fuzariozę kłosa w pokoleniu F_1 , pochodzącym z krzyżowania odmian i rodów pszenżyta, wykazali także możliwość prognozowania odporności mieszańców F_1 na fuzariozę kłosa na podstawie odporności rodziców. Autorzy wykazali ścisłą korelację między oceną porażenia mieszańców F_1 a średnim porażeniem rodziców oraz związek między porażeniem rodziców a ich efektami GCA.

Wysoce istotna korelacja między stopniem porażenia liści i korzeni a efektami SCA par rodzicielskich ($r = 0,642^{**}$ i $0,881^{**}$ odpowiednio) sugeruje jednak, że poziom odporności u mieszańców był kształtowany także w wyniku nieaddytywnego działania genów i sama wartość GCA rodziców może być zawodna w przewidywaniu odporności mieszańców na *F. culmorum*.

WNIOSKI

1. Stwierdzono wysoce istotne różnicowanie stopnia porażenia liści i korzeni przez *Fusarium* w stadium siewek u rodziców i mieszańców F_1 oraz ogólnej i swoistej wartości kombinacyjnej badanych form rodzicielskich.
2. Porażenie liści i korzeni mieszańców F_1 było mniejsze gdy przynajmniej jedna z form rodzicielskich charakteryzowała się ujemnymi efektami GCA przy ujemnych efektach SCA.
3. Istotna zmienność SCA i wyraźny związek między porażeniem siewek u mieszańców F_1 a efektami SCA par rodzicielskich uniemożliwia pełne przewidywanie odporności mieszańców na podstawie odporności rodziców.

LITERATURA

- Cauderon Y., Cauderon A., Gay G., Roussel J. 1985. Alloplasmic lines and nucleo-cytoplasmic interactions in triticale. In: Proc. Eucarpia meet. „Genetics and breeding of Triticale”. Clermont-Ferrand, France, INRA, Paris, 2–5 July 1984: 177 — 191.
- Grey W. E., Mathre D. E. 1988. Evaluation of spring barleys for reaction to *Fusarium culmorum* seedling blight and root rot. Can. J. Plant Sci. 68: 23 — 30.
- Nalepa S. 1990. Hybrid triticale: present and future. In: Proc. 2nd Int. Triticale Symp., Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil, 1–5 October 1990: 402 — 407.
- Oettler G., Heinrich N., Miedaner T. 2004. Estimates of additive and dominance effects for *Fusarium* head blight resistance of winter triticale. Plant Breeding 123 (6): 525 — 530.
- Spiss L., Góral H. 1994. Hodowla form męskosterylnych i przywracających płodność u pszenżyta. Zesz. Nauk. AR w Szczecinie, 162, ser. Rolnictwo 58: 243 — 246.
- Ubysz-Borucka L., Mądry W., Muszyński S. 1985. Podstawy statystyczne genetyki cech ilościowych. SGGW-AR, Warszawa.
- Warzecha T., Góral H. 2005. Podatność auto- i alloplazmatycznych linii pszenżyta na zgorzel siewek wywołaną przez *Fusarium culmorum* (W.G.Sm.) Sacc. Biul. IHAR 236: 109 — 113.
- Warzecha R., Salak-Warzecha K. 2002. Hybrid triticale — prospects for research and breeding — Part II: Development of male sterile lines. In: Proc. 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June — 5 July 2002, vol. I: 193 — 198.
- Wiśniewska H., Kowalczyk K. 2005. Resistance of cultivars and breeding lines of spring wheat to *Fusarium culmorum* and powdery mildew. J. Appl. Genet. 46 (1): 35 — 40.
- Wiśniewska H., Chełkowski J. 1997 b. Comparison of barley cultivars tolerance to frost and seedling blight. J. Appl. Genet. 38 B: 134 — 140.
- Woś H., Góral H., Woś B., Spiss L. 2002. Heterosis in winter triticale with *T. timopheevi* cytoplasm. In: Proc. 5th Int. Triticale Symp., IHAR Radzików, Poland, 30 June — 5 July 2002, vol. II: 311 — 315.