

TOMASZ GÓRALPracownia Chorób Roślin, Zakład Fitopatologii
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie

Źródła odporności pszenicy na fuzariozę kłosa powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc.

**Sources of wheat resistance to *Fusarium* head blight caused by *Fusarium culmorum*
(W. G. Smith) Sacc.**

Badano odporność genotypów pszenicy ozimej i jarej na fuzariozę kłosa. Materiałem do badań były genotypy opisane w literaturze jako źródła odporności na fuzariozę kłosa oraz genotypy, które mogą stanowić potencjalne, alternatywne źródła odporności. Kłosa pszenicy inokulowano zarodnikami *Fusarium culmorum* i oceniano nasilenie choroby oraz redukcję komponentów plonu. Uzyskane wyniki pozwoliły na zidentyfikowanie genotypów pszenicy ozimej i jarej o wysokiej odporności na fuzariozę kłosa oraz zweryfikowanie publikowanych danych w polskich warunkach. W grupie najodporniejszych genotypów znalazły się głównie genotypy pszenicy jarej pochodzące z Chin i Japonii, takie jak Sumai 3, Ning 8343, Ning 8331, Shinchunaga, Wangshuibai i W14. W grupie pszenic ozimych najwyższą odporność wykazały genotypy Praag 8, Novokrymka-102, SVP 72017-17-5-10-1. Zidentyfikowane najodporniejsze genotypy o najlepszych cechach agronomicznych, zostaną wykorzystane do ulepszania odporności polskich odmian pszenicy.

Słowa kluczowe: *Fusarium*, fuzarioza kłosa, odporność, źródła odporności, pszenica

Resistance of winter and spring wheat genotypes to *Fusarium* head blight was evaluated. The genotypes known as the valuable sources of resistance to this disease, as well as the genotypes which could be prospective alternative resistance sources, were used. Wheat heads were inoculated with *Fusarium culmorum* spores, and both disease severity and reductions of yield components were estimated. Based on the results highly resistant genotypes of winter and spring wheat were identified, and the published data concerning resistance sources could be verified under Polish conditions. The most resistant were spring wheat genotypes originating from China and Japan, such as: Sumai 3, Ning 8343, Ning 8331, Shinchunaga, Wangshuibai, and W14. As regards winter wheat genotypes, the most resistant were: Praag 8, Novokrymka-102, and SVP 72017-17-5-10-1. The most resistant genotypes, with acceptable agronomic characters, will be used to improve the resistance of Polish wheat cultivars.

Key words: *Fusarium*, head blight, resistance, resistance sources, wheat

WSTĘP

Porażenie kłosów pszenicy przez grzyby z rodzaju *Fusarium* powoduje ilościowe i jakościowe starty w plonie ziarna. Efektem fuzariozy kłosa może być obniżenie masy ziarniaków, pomarszczenie ziarniaków, osłabienie siły kiełkowania, zasiedlenie ziarniaków przez *Fusarium* spp. oraz zakażenie mikotoksynami fuzaryjnymi (Snijders i Perkowski, 1990; Riley i in., 1993; Parry i in., 1995; D'Mello i in., 1999; Placinta i in., 1999; Perkowski, 1999; Góral i in., 2002 a, 2002 b, 2002 c). W ostatnim czasie podejmowane są wysiłki w celu ustalenia limitów zawartości toksyny fuzaryjnej deoksyniwalenolu w żywności i paszach w krajach Unii Europejskiej (w tym i w Polsce). Stwarzają one potrzebę obniżenia zawartości mikotoksyn w ziarnie pszenicy i innych zbóż (Gimeno, 2003; Anonim, 2005 a). Sposobem redukcji zawartości mikotoksyn fuzaryjnych może być zmniejszenie porażenia upraw zbóż przez fuzariozę kłosa poprzez stosowanie fungicydów. Jednakże wiele fungicydów jest mało efektywnych w zwalczaniu porażenia kłosów pszenicy przez *Fusarium* (Milus i Parsons, 1994; Mesterhazy i Bartok, 1996; Jones, 2000). Co więcej, niektóre fungicydy nie zabezpieczają przed skażeniem ziarna przez mikotoksyny (Simpson i in., 2001). Skażenie takie może występować mimo braku wyraźnych objawów choroby (Müller i Schwadorf, 1993; Perkowski, 1999). Dlatego też, najbardziej skutecznym sposobem redukcji start powodowanych przez fuzariozę kłosa pszenicy jest uprawa odmian odpornych (Bai i Shaner, 1994; Miedaner, 1997; Mesterhazy, 1995; 2002; Parry i in., 1995; McMullen i in., 1997). Odmiany takie, o stabilnej odporności, charakteryzują się brakiem lub bardzo niską akumulacją deoksyniwalenolu w ziarnie (Mesterhazy i in., 1999; Bai i in., 2001).

Zmienność genetyczna odporności na fuzariozę kłosa jest dobrze udokumentowana u pszenicy i gatunków pokrewnych (Mesterhazy, 1983; Mesterhazy i Bartok, 1993; Snijders, 1990 b; Lemmens i in., 1993; Buerstmayr i in., 1996 a, b). Nieznane są źródła odporności pełnej tzn. jak dotąd u żadnego z badanych geotypów pszenicy nie zaobserwowano immunii (Mesterhazy, 1983, 1995; Saur, 1991; Lemmens i in., 1993; Buerstmayr i in., 1999 a; Góral, 2005). Jednakże liczne wysoko odporne genotypy zostały zidentyfikowane i opisane. Są to głównie pszenice jare pochodzące z Chin (Sumai 3, linie Ning, linie Wuhan, Wangshuibai), Japonii (Nobeokabozu-komugi, Shinchunaga) i Brazylii (Frontana, Encruzilhada). Również wśród genotypów pszenicy ozimej znaczna zmienność odporności została znaleziona i zidentyfikowano genotypy o wysokiej odporności, takie jak np. Arina, Praag 8, Bence, Ringo Star, linie SVP (Snijders, 1990 a, 1990 c; Buerstmayr i in., 1996 a; Mesterhazy, 2002).

Odmiany pszenicy ozimej znajdujące się obecnie w rejestrze odmian są w dużym stopniu podatne na fuzariozę kłosa. W warunkach sztucznego zakażenia grzybem *Fusarium culmorum* większość odmian okazuje się podatna lub bardzo podatna na fuzariozę kłosa, w porównaniu ze znanymi odpornymi pszenicami ozimymi, takimi jak np. Arina lub linie SVP (Snijders, 1990 a; 1990 c; Arseniuk i in., 1993; Góral, 2005). Hodowla w kierunku odporności na fuzariozę kłosa w polskich programach hodowli odpornościowej pszenicy zyskuje na znaczeniu, chociaż wciąż jest problemem drugoplanowym. Powodem takiego stanu rzeczy może być to, że fuzarioza kłosa nie jest w Polsce zaliczana do chorób

mających ekonomiczne znaczenie w obniżce plonu ziarna. Epidemie fuzariozy kłosa występują sporadycznie i tylko w niektórych regionach (Chełkowski i in., 1987; Łacicowa i in., 1985; Łacicowa, 1980, 1989). Mimo to, skażenie ziarna mikotoksynami fuzaryjnymi było stwierdzane wielokrotnie (Chełkowski i in., 1988; Tanaka i in., 1988; Perkowski i in., 1990; Lew i in., 1993; Perkowski, 1999), co wskazuje na konieczność poprawy odporności odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosa.

Celem pracy było badanie odporności genotypów pszenicy ozimej i jarej na fuzariozę kłosa w polskich warunkach. Materiał do badań stanowiły genotypy opisane w literaturze jako źródła odporności na fuzariozę kłosa oraz genotypy, które mogą stanowić potencjalne, alternatywne źródła odporności. Potwierdzone źródła odporności będą mogły być wykorzystane w hodowli do poprawy odporności polskich odmian pszenicy na fuzariozę kłosa.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły genotypy pszenicy ozimej i jarej: 18 odmian i linii pszenicy ozimej oraz 44 odmiany i linie pszenicy jarej (tab. 1, 2). Wśród pszenic ozimych były głównie genotypy pochodzące ze środkowej i wschodniej Europy (stare odmiany, odmiany lokalne), a także linie SVP pochodzące z programu hodowli odpornościowej na fuzariozę kłosa prowadzonego w Holandii (Snijders 1990 a; 1990 c). Wśród pszenic jarych znalazły się głównie genotypy pochodzące z Azji wschodniej (Chiny, Japonia) i Ameryki Łacińskiej, w tym takie znane źródła odporności, jak: odmiany Sumai 3, Nobeoka-bouzu i Frontana, oraz kilka genotypów z Europy i Stanów Zjednoczonych. Odmiany Bezostaja 1, Hela, Frontana, Shinchunaga, Sumai 3 i linia Ning 8331 zastosowano w kilku wariantach. Pochodzą one z różnych źródeł lub w danym banku genów występowały pod różnymi numerami. Odporność genotypów podana w tabelach 1 i 2 została określona na podstawie danych publikowanych w literaturze i dokumentacji banków genów. Pszenice uzyskano z następujących źródeł: Centre for Genetic Resources, the Netherlands (CGN), Plant Research International, Wageningen, Holandia; Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych IHAR, Radzików; USDA-ARS National Small Grains Research Facility, Aberdeen, USA; MAFF Genebank, National Institute of Agrobiological Sciences, Tsukuba, Japonia; H. Buerstmayr, Department for Agrobiotechnology (IFA Tulln), University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Tulln, Austria; H. Wiśniewska, Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań. Do doświadczeń włączono 8 odmian pszenicy ozimej i jarej o zróżnicowanej odporności będących aktualnie w polskim rejestrze odmian. Odporne — Turnia, Wilga, Torka, Napola; podatne — Liryka, Juma, Begra, Kobra, Griwa, Banti (Góral, 2005).

Doświadczenia prowadzono w latach 2003 i 2004 na polach doświadczalnych IHAR Radzików. Badane obiekty wysiano na poletkach o powierzchni 1 m² w trzech powtórzeniach oraz w kombinacji kontrolnej. Kombinacja kontrolna, po wykłoszeniu roślin, chroniona była fungicydem zwalczającym fuzariozę kłosa (Tilt CB 37,5 WP).

Tabela 1

Pochodzenie i rodowód genotypów pszenicy ozimej o potencjalnie wysokiej odporności na fuzariozę kłosa

Origin and pedigree of winter wheat genotypes of possible high resistance to *Fusarium* head blight

Genotyp Genotype	Pochodzenie Origin	Rodowód Pedigree	Odporność na fuzariozę kłosa Resistance to FHB*
Alana	Czechy	Hana / Mercia	MR ¹²
Arina	Szwajcaria	Moisson / Zenith	VR/R ^{5, 8, 9, 10, 11}
Bezostaja	Rosja	Odmiana / Cultivar	MS ^{7, 8}
Bezostaja 1	Rosja	Lutescens 17 / Skorospelka 2	MS ^{7, 8}
CHD 181-CHD 503/76	Polska	Materiał hodowlany (= odmiana Lanca) / Breeding material (= cultivar Lanca)	MR ¹
Ertus	Szwecja	Eroica LI / Virtus	MR ¹
"Frontana"	?	?	R ^{3, 11}
Hela	Czechy	Moisson / Mironovskaja 808	MR ¹
Kooperatorka	Ukraina	Odmiana / Cultivar	R/MR ^{3, 9, 13}
Kubanskaya 122	Rosja	—	R ¹
Novokrymka-102	Ukraina	Selekcja z odmiany 'Krymka' / Selection from 'Krymka' cv	VR/R ^{3, 8}
Praag 8	Czechy	Odmiana lokalna / Local cultivar	VR/R ^{3, 8, 9, 11}
Rotor	Niemcy	Benno / Jubilar	MR ¹
SVP 72017-17-5-10-1	Holandia	Selekcja z SVP 72017-17-5-10 (= Marzotto // Dippes Triumph / Mironovskaja 808 Selection from SVP 72017-17-5-10 (= Marzotto // Dippes Triumph / Mironovskaja 808)	VR ^{2, 4, 8}
SVP 75059-28	Holandia	Petit Quinquin / 3 / Vogel 222 // Halle 101 / Comanche	VR/R ^{2, 4, 10}

VR — Wysoko odporna; R — Odporna, MR — Średnio odporna; MS — Średnio podatna; S — Podatna; VR — Very resistant; R — Resistant, MR — Medium resistant; MS — Medium susceptible; S — Susceptible

* Na podstawie opublikowanych wyników badań:

* According to published results:

¹ — Góral, 1988; ² — Snijders, 1990a; ³ — Snijders, 1990b; ⁴ — Snijders, 1990c; ⁵ — Saur, 1991; ⁷ — Szunics i Szunics, 1992; ⁸ — Grausgruber i in., 1996; ⁹ — Šip i Stuchlikowa 1997; ¹⁰ — Mesterhazy i in., 1999; ¹¹ — Ruckebauer i in., 2001;

¹² — Bartoš i in., 2002; ¹³ — Liu i Andreson, 2003.

Do produkcji inokulum zastosowano 10 izolatów *Fusarium culmorum*, wytwarzających deoksyniwalenol *in vitro* w zakresie 4,0–241,2 mg/kg (Góral i in., 2002 b). Izolaty te zostały uprzednio przetestowane pod względem agresywności wobec pszenicy i pszenżyta i były już używane do oceny odporności w warunkach polowych (Góral i in., 2002 a). Izolaty inkubowano na autoklawowanym ziarnie pszenicy w szklanych kolbach przez około 4 tygodnie a następnie naświetlano ciągłym światłem UV przez 4 do 7 dni w temperaturze około 18°C. Ziarno zasiedlone przez *F. culmorum* było następnie suszone i przechowywane w temperaturze 4°C do momentu inokulacji.

W dniu, kiedy wykonywana była inokulacja, ziarno z grzybnią i zarodnikami konidialnymi *F. culmorum* było moczone w wodzie przez około dwie godziny, a następnie filtrowane przez gazę w celu uzyskania zawiesiny zarodników bez fragmentów grzybni. Zawiesiny wszystkich izolatów mieszano i ustalono stężenie zarodników na około 10⁶ zar./ml za pomocą hematokrytu.

Tabela 2

Pochodzenie i rodowód genotypów pszenicy jarej o potencjalnie wysokiej odporności na fuzariozę kłosa
Origin and pedigree of spring wheat genotypes of possible high resistance to *Fusarium* head blight

Nr No.	Genotyp Genotype	Pochodzenie Origin	Rodowód Pedigree	Odporność na fuzariozę kłosa Resistance to FHB*
1	20	Japonia	Materiał hodowlany / Breeding material	MR ¹¹
2	2433	Rosja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ¹¹
3	4006	Turcja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ¹¹
4	8475-59	Brazylia	Trapeano / Cajeme 54	MS/MR ¹¹
5	Abura	Brazylia	Odmiana Cultivar	R/MR ^{10, 11}
6	Asakaze-komugi	Japonia	Hiyoku-komugi / Shirogane-komugi	MR ⁷
7	BacUp	USA UMN	Nuy Bay / Pioneer 2375 // Marshall	MR ^{9, 12}
8	CM-82036	Meksyk	Sumai 3 / Thornbird	VR ^{3, 8, 12}
9	Cologne Abastardado	Włochy	Odmiana lokalna Local cultivar	MR ¹¹
10	Colotana 266(51)	Brazylia	Colonista / Frontana	R/MR ^{10, 11}
11	Emai 9	Chiny	Selekcja z Emai 6 [= (M)Nanda-2419] / Selection from Emai 6 [= (M)Nanda-2419]	R ^{6, 12}
12	Estanzuela Young	Urugwaj	Bage /4/ Thatcher /3/ Frontana // Kenya 58 / Newthatch	MR ¹¹
13	Eureka F.C.S.	Argentyna	Barleta / Ruso // Kanred	MR ¹¹
14	Fram I	Norwegia	Jo3 / No 07	MR ¹¹
15	Frontana	Brazylia	Fronteira / Mentana	MS/R ^{1, 2, 8, 10}
16	Lebarata	Wenezuela	Odmiana lokalna / Local cultivar	R ¹¹
17	MG 27043	Grecja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ¹¹
18	MULT 760	Peru	Materiał hodowlany / Breeding material	MS/MR ¹¹
19	Ning 7840	Chiny	Aurora /An Hui 11 (F ₂) // Sumai 3	VR/R ^{5, 6, 9}
20	Ning 8331	Chiny	Yang mai 4 / Ning 7071, (F ₆)	R ^{6, 9}
21	Ning 8343	Chiny	Yang mai 3 // (F ₁) Ning 701 / Sumai 1 /3/ Aurora (F ₁), F ₉	VR ^{1, 3, 12}
22	Ninmai 3	Chiny	Odmiana / Cultivar	R ¹¹
23	Nobeokabouzu-komugi	Japonia	Odmiana lokalna / Local cultivar	VR ^{1, 3, 8, 10}
24	Norin 61	Japonia	Fukuoka-komugi / Shinchunaga	MR ⁷
25	PI 197664	Argentyna	Thatcher // La Estanzuela / R6	R/MR ¹¹
26	PI 202770	Peru	Galgals / Com Agron Junin	MS/MR ¹¹
27	Pilgrim	Włochy	Odmiana lokalna Local cultivar	MR ¹¹
28	Saikai 165	Japonia	Sumai 3 / Asakaze-komugi	MR/R ^{5, 7}
29	Saporro Haru Komugi Jugo	Japonia	Odmiana / Cultivar	R ^{10, 11}
30	Sel. 49-4830 H944	Argentyna	H684 / Renow	R ¹¹
31	Shinchunaga	Japonia	Selekcja z odmiany lokalnej Nakanaga / Selection from local cultivar Nakanaga	R ^{3, 7, 9}
32	Shirogane-komugi	Japonia	Shiragasi-komugi / Saikai 104	R/MR ²
33	Sichuan 9418	Chiny	Odmiana / Cultivar	MR ¹⁰
34	Sofie Alekseevskoe	Rosja	Odmiana lokalna / Local cultivar	MR ⁹
35	Sumai 3	Chiny	Funo / Taiwanmai	VR ^{1, 3, 7, 8, 9, 10}
36	Tokai 63	Japonia	Norin 26 / Shinchunaga	R ⁷
37	Trintecino	Brazylia	Alfredo Chaves 3-21 / Alfredo Chaves 4-21	R ¹¹
38	Veneny 3787	Węgry	Odmiana / Cultivar	R ¹¹
39	W14	Chiny	Odmiana / Cultivar	R ^{5, 12}
40	Wangshuibai	Chiny	Odmiana lokalna / Local cultivar	VR ^{4, 9, 10, 12}
41	William	Szwecja	Weibulls-13-69 / Weibulls-41-69	?
42	Wuhan #2-37E	Chiny	Odmiana / Cultivar	VR ^{3, 8, 12}
43	WW 19018	Szwecja	Materiał hodowlany / Breeding material	?
44	Yumai 7	Chiny	Predgomaya-2 / Yanshi-4	MR ^{6, 12}

VR — Wysoko odporna, R — Odporna, MR — Średnio odporna, MS — Średnio podatna, S — Podatna; VR — Very resistant, R — Resistant, MR — Medium resistant, MS — Medium susceptible, S — Susceptible; * Na podstawie opublikowanych wyników badań; * According to published results:¹ — Snijders, 1990b; ² — Singh i Rajaram, 1995; ³ — Grausgruber i in., 1996; ⁴ — Wan i in., 1997; ⁵ — Griffey i in., 1999; ⁶ — Hu i in., 1999; ⁷ — Ban, 2001; ⁸ — Ruckebauer i in., 2001; ⁹ — Bai i in., 2003; ¹⁰ — Liu i Andreson, 2003; ¹¹ — Anonim, 2005b; ¹² — Buerstmayr (informacja ustna / personal communication)

Zastosowano metodę inokulacji przez opryskiwanie. Metoda ta w pewnym stopniu symuluje naturalne warunki infekcji kłosa przez *Fusarium* (Buerstmayr i in., 2003) i pozwala na określenie odporności typu I lub (bardziej poprawnie) połączonych typów odporności I i II (Buerstmayr i in., 1999 a; van Ginkel i Gilchrist, 2002; Miedaner i in., 2003). Kłosa pszenicy opryskiwane były zawiesiną zarodników w ilości około 100 ml zawiesziny na 1 m⁻² na początku kwitnienia i ponownie około trzy dni później w fazie pełni kwitnienia (Buerstmayr i in., 1999 a). W fazie tej pszenica jest najbardziej wrażliwa na infekcje kłosa przez *Fusarium* (Bushnell, 2001). Inokulację wykonywano w godzinach wieczornych, kiedy wzrastała względna wilgotność powietrza. Ocenę porażenia genotypów rozpoczęto około 10 dni od ostatniej inokulacji po pojawieniu się pierwszych objawów choroby. Przeprowadzono trzy oceny w odstępach 7-dniowych. Nasilenie fuzariozy kłosa określano na podstawie proporcji porażonych kłosek w kłosie, tylko w kłosach z objawami choroby (porażenie kłosa) oraz proporcji kłosek prażonych na poletku (wystąpienie fuzariozy). Parametry te posłużyły do wyliczenia indeksu fuzariozy wskazującego na procent kłosek z objawami choroby we wszystkich kłosach na poletku. W czasie żniw zebrano ręcznie po 20 kłosek z każdego poletka. Kłosa wymłócone zostały przy pomocy młocarni laboratoryjnej o słabym nawiewie zapobiegającym utracie lekkich, porażonych ziarniaków. Określono względną redukcję komponentów plonu ziarna — masy ziarna z kłosa (MZK), masy tysiąca ziarniaków (MTZ), masy objętościowej ziarniaków (g/100 cm³).

WYNIKI I DYSKUSJA

Średni indeks fuzariozy kłosek dla genotypów pszenicy ozimej wyniósł 28,7% (tab. 3), a reakcja genotypów zawierała się w zakresie 9,5%–59,2%. Genotypami słabo porażanymi przez fuzariozę kłosa były — Praag 8, SVP 72017-17-5-10-1, Novokrymka-102, Arina, Kooperatorka, Kubanskaya 122, Ertus, CHD 181-CHD 503/76. Spośród odmian polskich najmniej podatna okazała się Turnia, której reakcja była zbliżona do reakcji odpornej linii SVP 75059-28. Odmiana oznaczona w bazie danych banku genów jako ozima forma odmiany Frontana była bardzo podatna na fuzariozę kłosek i pokrojem przypominała odmianę Bezostaja. Genotypy ozime charakteryzowały się różną wczesnością, Formą najpóźniejszą była odmiana Ertus. Termin kwitnienia miał istotny wpływ na tempo rozwoju choroby (tab. 6). Genotypy późniejsze wykazywały niższe porażenie fuzariozą kłosa np. Ertus, Praag 8, CHD 181-CHD 503/76, Turnia. Może to wskazywać, że w ich przypadku mogło wystąpić zjawisko unikania choroby. Zaobserwowano jednakże, że inne genotypy o wczesnym terminie kwitnienia wykazały niskie porażenie przez *F. culmorum* np. Novokrymka-102, Kooperatorka, Kubanskaya 122, SVP 75059-28. Podobny wpływ na nasilenie choroby miała wysokość roślin (tab. 6). Większość genotypów wysokich była słabiej porażana przez fuzariozę kłosa. Wyjątek stanowiły wysoka i podatna Bezostaja (4962) oraz niska i odporna linia SVP 72017-17-5-10-1. Zjawiska te wskazują, że przy analizie odporności pszenicy na fuzariozę kłosa należy brać pod uwagę również cechy fenotypowe takie jak np. wczesność i wysokość. Mogą mieć one znaczny wpływ na

wystąpienie i rozwój choroby i utrudniać wykrycie rzeczywistej, genetycznej odporności na fuzariozę kłosa (Schroeder i Christiansen, 1963; Mesterhazy, 1995, 2002).

Tabela 3

Reakcja genotypów pszenicy ozimej na fuzariozę kłosa (lata 2003–2004)
Resistance of cultivars and lines of winter wheat to *Fusarium* head blight (2003–2004)

Nr No.	Genotyp Genotype	Termin kwitnienia ¹ Flowering date ¹	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzario-zy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)
1	Praag 8	44,0	140,7	60,3	14,4	9,5	15,4	4,8	2,8
2	SVP 72017-17-5-10-1	43,3	100,0	59,7	15,1	9,7	22,5	30,7	13,0
3	Novokrymka-102 (o)	40,0	138,3	64,2	16,5	11,6	12,6	6,6	8,7
4	Arina	43,3	117,3	69,7	17,8	12,8	25,3	12,5	5,9
5	Kooperatorka (o)	40,0	133,3	68,1	18,8	13,9	18,0	10,9	6,1
6	Kubanskaya 122 (o)	40,0	137,3	72,2	19,4	14,3	8,5	3,4	2,7
7	Ertus	50,0	130,0	68,3	21,7	16,1	31,9	21,1	14,8
8	CHD 181-CHD 503/76	44,0	121,0	72,2	21,9	16,6	22,7	17,6	8,7
9	SVP 75059-28 (o)	40,3	118,0	65,3	26,1	17,2	22,6	14,7	7,6
10	Turnia ²	44,3	116,7	75,0	23,9	18,0	31,1	22,4	13,8
11	Alana	44,0	117,3	71,9	25,0	18,9	20,9	11,7	7,0
12	Wilga ²	44,7	118,3	79,4	28,9	23,0	30,1	16,1	12,8
13	Rotor	44,7	111,0	72,5	30,8	23,2	39,6	26,7	17,1
14	Kobra ²	40,7	98,0	78,6	41,7	33,0	51,7	33,9	18,3
15	Begra ²	40,7	104,0	79,4	44,7	35,6	42,8	27,3	14,2
16	Hela (5352)	40,7	115,0	77,5	46,9	36,4	42,5	27,4	17,2
17	Bezostaja 1 (2687)	37,7	113,3	78,9	48,1	36,5	31,1	21,0	12,5
18	Bezostaja (4962)	38,0	125,7	78,9	46,9	37,2	17,5	16,4	11,0
19	Hela (5708)	40,7	110,3	77,8	49,2	37,9	51,3	35,6	17,4
20	Juma ²	45,0	111,0	79,2	56,4	44,9	66,9	41,2	22,6
21	Bezostaja 1 (7)	37,7	111,7	79,7	62,8	50,8	60,2	38,6	16,0
22	Bezostaja 1 (4961)	37,7	108,3	81,1	68,6	53,7	58,8	39,1	18,6
23	Liryka ²	38,0	105,3	81,1	66,1	53,9	64,4	46,4	29,8
24	“Frontana”	37,7	107,7	81,1	72,8	59,2	67,0	37,9	21,8
Średnia Mean		41,6	117,1	73,8	36,9	28,7	35,6	23,5	13,4
NIR 0,05		—	—	4,4	5,1	4,3	10,3	9,0	4,6
LSD 0.05		—	—	—	—	—	—	—	—
Współczynnik zmienności CV (%)		—	—	9,0	21,2	23,0	25,1	33,2	30,1

o — Kłos ościsty; ¹ — Liczba dni od 1 maja, ² — Odmiany polskie

o — Awned head; ¹ — Number of days from May 1, ² — Polish cultivars

GWH — Grain weight per head

Stwierdzono znaczne zróżnicowanie w redukcji składników plonu (tab. 3). Reakcja genotypów zawierała się w zakresie 8,5%–67,0% dla masy ziarna z kłosa, 3,4%–46,4% dla MTZ i 2,7%–29,8% dla masy objętościowej ziarniaków. Genotypy wykazujące odporność na porażenie kłosa charakteryzowały się niską redukcją masy ziarna, na co wskazuje wysoki współczynnik korelacji (tab. 6). Zaobserwowanymi wyjątkami były odmiana Ertus o znacznej redukcji masy ziarna i odmiana Bezostaja (4962), która mimo silnego porażenia

kłosa wykazała niski spadek masy ziarna. Podobnie było z redukcją MTZ i masą objętościową ziarniaków. W przypadku odpornej linii SVP 72017-17-5-10-1 wystąpiła znaczna redukcja MTZ i masy objętościowej, na poziomie form podatnych.

Średni indeks fuzariozy kłosów dla genotypów pszenicy jarej wyniósł 18,6% (tab. 4).

Tabela 4

Reakcja genotypów pszenicy jarej na fuzariozę kłosa (lata 2003–2004).
Resistance of cultivars and lines of spring wheat to *Fusarium* head blight (2003–2004)

Nr No.	Genotyp Genotype	Termin kwitnienia ¹ Flowering date ¹	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)
1	Ning 7840	58,0	92,3	40,8	6,7	3,1	36,0	5,1	4,0
2	Sumai 3	61,0	114,0	28,9	7,2	5,0	2,4	0,2	5,7
3	Shinchunaga (4)	53,3	98,0	31,1	8,3	6,1	1,7	1,9	4,2
4	Nobeokabouzu (b)	53,3	110,0	57,5	9,4	6,3	23,6	0,0	0,2
5	Ninmai 3	54,3	96,0	42,2	11,7	7,3	44,2	20,6	9,2
6	Tokai 63	52,0	87,3	53,1	14,2	8,6	3,8	3,2	3,8
7	Colotana 266(51)	59,0	131,7	50,3	15,1	8,6	50,4	23,9	9,8
8	Veneny 3787	59,0	129,0	56,9	15,3	10,1	12,6	20,5	13,1
9	Saporro Haru Komugi	59,0	136,3	60,0	15,4	10,3	39,4	11,8	11,6
10	Frontana (1)	55,0	124,0	30,0	13,9	11,1	42,8	22,9	10,5
11	PI 197664	53,0	-	60,8	16,9	11,1	57,5	19,9	9,6
12	Abura (b)	52,0	101,3	63,9	16,7	11,5	19,2	3,7	2,2
13	Shirogane-komugi	53,0	83,3	62,5	17,6	11,8	5,2	7,8	9,3
14	Trintecino	56,7	116,7	61,1	17,5	12,6	1,0	9,3	6,2
15	Shinchunaga (2)	52,3	96,7	64,7	18,1	12,9	25,7	13,3	4,1
16	20	52,0	107,0	61,9	19,4	13,4	40,7	12,6	7,4
17	Saikai 165	53,0	82,3	53,6	21,9	14,6	27,6	13,2	2,6
18	Eureka F.C.S.	53,7	103,7	55,0	21,9	14,8	40,8	13,0	2,2
19	Norin 61	52,0	94,0	66,7	21,7	15,4	33,2	3,6	4,7
20	Sichuan 9418 (b)	52,0	72,7	69,7	20,8	15,6	0,0	10,8	6,9
21	Napola (b) ²	58,3	106,3	65,6	21,5	16,4	45,6	28,8	10,1
22	MULT 760	54,0	111,3	71,1	31,1	22,6	39,5	10,6	6,4
23	Frontana (2)	55,0	130,0	72,5	34,2	25,5	31,6	4,3	4,5
24	Torka (b) ²	59,0	108,3	79,2	32,5	25,9	42,2	39,5	15,9
25	8475-59 (b)	55,0	113,0	76,7	42,8	33,6	43,9	19,0	7,9
26	WW 19018 (b)	55,3	95,7	80,0	42,8	34,2	29,8	26,6	17,0
27	PI 202770 (b)	53,3	110,7	77,5	45,0	35,0	40,4	16,0	8,7
28	William (b)	59,0	102,7	78,1	46,9	36,9	76,9	53,0	31,1
29	Sel. 49-4830 H944 (b)	53,0	107,3	78,3	48,3	38,2	45,5	28,7	14,9
30	Griwa (b) ²	54,0	99,3	80,0	60,3	48,2	47,8	30,7	20,9
31	Banti (b) ²	53,0	96,7	81,7	68,3	56,2	34,3	25,2	17,2
Średnia Mean		54,9	101,8	63,6	25,4	18,6	31,8	16,1	9,1
NIR _{0,05}		—	—	5,8	4,5	3,6	13,4	7,4	5,4
SD _{0,05}		—	—	—	—	—	—	—	—
Współczynnik zmienności CV (%)		—	—	14,0	26,8	29,3	25,7	28,1	36,1

b — Kłos bezostny; ¹ — Liczba dni od 1 maja, ² — Odmiany polskie

b — Awnless head; ¹ — Number of days from May 1, ² — Polish cultivars

GWH — Grain weight per head

Tabela 5

Reakcja genotypów pszenicy jarej na fuzariozę kłosa (rok 2004)
Resistance of cultivars and lines of spring wheat to *Fusarium* head blight (2004)

Nr No.	Genotyp Genotype	Termin kwitnienia ¹ Flowering date ¹	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)
1	Wangshuibai	55,0	121,3	17,8	5,0	1,4	18,3	6,1	5,1
2	Sumai 3 (PI)	58,3	112,7	23,3	5,0	1,6	24,0	10,1	3,6
3	CM-82036	59,0	96,0	32,2	3,3	1,6	31,1	12,4	8,1
4	Ning 8331	52,0	84,0	28,9	6,1	1,9	25,2	6,3	3,1
5	Ning 8343 (2)	57,3	95,0	34,4	3,9	2,1	9,4	0,0	4,8
6	W14	53,7	98,3	25,6	8,9	2,5	9,8	7,3	2,1
7	Sumai 3 (IGR)	53,8	113,7	24,4	3,9	2,6	2,4	0,8	3,5
8	Wuhan #2-37E	54,3	91,0	30,0	8,9	3,3	13,7	5,4	4,7
9	Emai 9	57,3	97,3	41,1	16,1	7,2	35,1	20,1	7,1
10	Estanzuela Young	46,7	114,0	57,8	12,2	8,1	14,3	6,8	4,1
11	Ning 8343	54,3	82,7	48,9	13,9	8,9	24,2	8,0	2,5
12	2433	54,0	131,0	58,9	16,7	10,9	39,3	12,0	9,6
13	BacUp	52,0	93,3	63,3	16,7	11,2	13,9	7,1	8,0
14	4006	52,0	113,3	56,7	18,3	12,0	23,4	11,2	10,1
15	Pilgrim	55,0	117,7	60,0	20,0	13,8	39,6	18,7	9,2
16	Napola ²	58,3	106,3	57,8	18,9	13,8	45,6	28,8	10,1
17	Lebarata	52,0	108,3	66,7	20,0	14,3	49,8	21,7	14,5
18	Fram I	54,0	133,3	56,7	23,3	14,4	37,5	15,9	3,8
19	Cologne Abastardado	52,0	128,0	67,8	21,1	15,1	15,5	19,8	11,1
20	Asakaze-komugi	49,3	97,0	64,4	22,8	16,4	48,1	26,5	10,6
21	Torka ²	59,0	108,3	78,3	25,0	19,8	48,0	33,3	13,2
22	MG 27043	46,7	116,7	62,2	28,9	20,1	50,5	32,2	13,3
23	Sofie Alekseevskoe	59,0	130,7	62,2	30,0	22,6	39,6	17,5	17,4
24	Yumai 7	52,0	60,0	74,4	37,8	29,1	43,2	21,2	18,1
25	Griwa ²	54,0	99,3	80,0	55,6	44,4	63,4	41,5	23,6
26	Banti ²	53,0	96,7	80,0	63,3	50,7	34,3	25,2	17,2
Średnia Mean		54,0	105,6	50,4	17,7	11,9	30,6	15,6	8,9
NIR _{0,05}		—	—	8,9	5,8	4,1	14,7	8,1	5,2
LSD _{0,05}		—	—	—	—	—	—	—	—
Współczynnik zmienności CV (%)		—	—	18,8	35,0	37,3	29,3	31,6	35,4

b — Kłos bezostny; ¹ — Liczba dni od 1 maja, ² — Odmiany polskieb — Awnless head; ¹ — Number of days from May 1, ² — Polish cultivars

GWH — Grain weight per head

Reakcja genotypów zawierała się w zakresie 3,1%–56,2%. Wysoką odpornością na fuzariozę kłosa charakteryzowały się Sumai 3, Shinchunaga, Nobeokabouzu-komugi, Ning 7840, Tokai 63. Część genotypów określonych w literaturze jako odporne (tab. 2) w warunkach zastosowanych w obecnej pracy okazała się podatna na fuzariozę kłosa (MULT 760, Frontana (2), Sel. 49-4830). Nie stwierdzono zależności pomiędzy terminem kwitnienia genotypów pszenicy jarej a wielkością indeksu fuzariozy kłosa (tab. 7). Genotypy odporne były zarówno wczesne (Tokai 63) jak i późne (Sumai 3). Podobnie nie znaleziono zależności pomiędzy wysokością roślin a wielkością indeksu fuzariozy kłosa.

Genotypy odporne charakteryzowały się żdźbłem zarówno krótkim (Ning 7840, Tokai 63, Shirogane) jak i długim (Saporro Haru Komugi, Frontana, Sumai 3). Szczególnie widoczne było to w przypadku bardzo niskiej odmiany Sichuan 9418, która charakteryzowała się indeksem fuzariozy kłosów na poziomie najodporniejszej polskiej odmiany Napola.

Tabela 6

Współczynniki korelacji pomiędzy wczesnością, wysokością, miernikami nasilenia fuzariozy i redukcją składników struktury plonu dla 24 genotypów pszenicy ozimej
Coefficients of correlation between earliness, height, disease parameters and reductions of yield components for 24 genotypes of winter wheat

Pszennica ozima Winter wheat	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)
Wysokość Height (cm)	0,198						
Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	-0,422*	-0,514**					
Porażenie kłosa Disease severity (%)	-0,588**	-0,574**	0,834**				
Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	-0,578**	-0,570**	0,846**	0,999**			
Redukcja MZK GWH reduction (%)	-0,255	-0,706**	0,713**	0,874**	0,877**		
Redukcja MTZ TKW reduction (%)	-0,253	-0,811**	0,623**	0,818**	0,817**	0,938**	
Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)	-0,189	-0,700**	0,656**	0,791**	0,796**	0,898**	0,931**

*, ** Istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P < 0.05$ and 0.01

GWH — Grain weight per head

Stwierdzono znaczne zróżnicowanie w redukcji składników plonu (tab. 4). Reakcja genotypów zawierała się w zakresie 0,0%–76,9% dla masy ziarna z kłosa, 0,0%–53,0% dla MTZ i 0,2%–31,1% dla masy objętościowej ziarniaków. Współczynniki korelacji z indeksem fuzariozy kłosa były niższe niż w przypadku genotypów ozimych (tab. 7). Liczne genotypy słabo porażane przez fuzariozę wykazały bardzo silną redukcję komponentów plonu, czyli niską tolerancję. Były to, w przypadku redukcji masy ziarna z kłosa, takie genotypy jak: Ning 7840, Ninmai 3, Colotana 266, Saporro Haru Komugi, Frontana (1); a w przypadku redukcji MTZ: Ninmai 3, Colotana 266, Frontana (1). Dla redukcji masy objętościowej współczynnik korelacji z indeksem fuzariozy kłosa był wyższy i większość genotypów odpornych charakteryzowała się niską redukcją tego komponentu. Kilka genotypów porażonych przez fuzariozę w średnim stopniu charakteryzowało się znaczną tolerancją. Były to przede wszystkim Sichuan 9418 oraz Frontana (2) i Norin 61. Z punktu widzenia przydatności do hodowli genotypów odpornych na fuzariozę kłosa cecha tolerancji jest niekorzystna. Genotypy, które nie reagują spadkiem plonu na porażenie kłosa przez *Fusarium* mogą kumulować w ziarnie znaczne ilości mikotoksyn. Niekorzystne jest także, zaobserwowane tu zjawisko spadku plonu przy

niewielkim porażeniu kłosa. Odporność na fuzariozę kłosa jest cechą złożoną i przy selekcji materiału lub wyborze źródeł odporności do krzyżowań należy brać pod uwagę wszystkie typy odporności opisane np. przez Mesterhazy'ego (1995, 2002) i Miedanera (1997).

Tabela 7

Współczynniki korelacji pomiędzy wczesnością, wysokością, miernikami nasilenia fuzariozy i redukcją składników struktury plonu dla 31 genotypów pszenicy jarej
Coefficients of correlation between earliness, height, disease parameters and reductions of yield components for 31 genotypes of spring wheat

Pszennica jara Spring wheat	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)
Wysokość Height (cm)	0,562**						
Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	-0,193	-0,088					
Porażenie kłosa Disease severity (%)	-0,143	-0,052	0,806**				
Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	-0,132	-0,053	0,792**	0,998**			
Redukcja MZK GWH reduction (%)	0,174	-0,036	0,405*	0,498**	0,484**		
Redukcja MTZ TKW reduction (%)	0,340	0,015	0,674**	0,719**	0,726**	0,710**	
Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)	0,362*	0,046	0,689**	0,821**	0,822**	0,556**	0,885**

*, ** Istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P < 0.05$ and 0.01

Średni indeks fuzariozy kłosów dla genotypów pszenicy jarej badanych jedynie w roku 2004 wyniósł 11,9% (tab. 5). Ich reakcja zawierała się w zakresie 1,4%–50,7%. Wysoką odpornością na fuzariozę kłosa charakteryzowały się genotypy: Sumai 3 (PI) i (IGR), Wangshuibai, Ning 8331, Ning 8334, W14. W tej grupie genotypów także nie stwierdzono zależności pomiędzy terminem kwitnienia a wielkością indeksu fuzariozy kłosa (tab. 8). Genotypy odporne były zarówno wczesne (Estanzuela Young) jak i późne (CM-82036, Sumai 3 PI). Podobnie nie znaleziono zależności pomiędzy wysokością roślin a wielkością indeksu fuzariozy kłosa. Genotypy odporne charakteryzowały się źdźbłem zarówno krótkim (linie Ning) jak i długim (Wangshuibai).

Wystąpiło znaczne zróżnicowanie u genotypów pod względem redukcji składników plonu (tab. 5). Zakres ich reakcji wyniósł: 2,4%–63,4% dla masy ziarna z kłosa, 0,0%–1,5% dla MTZ i 2,1%–3,6% dla masy objętościowej ziarniaków. Współczynniki korelacji z indeksem fuzariozy kłosa były wyższe niż w przypadku pierwszej grupy genotypów jarych (tab. 8). Jedynie kilka genotypów słabo porażanych przez fuzariozę wykazało silną redukcję komponentów plonu. Były to w przypadku redukcji masy ziarna z kłosa genotypy CM 82036, Emai 9, 2433, a w przypadku redukcji MTZ — CM-82036 i Emai 9. Natomiast dla redukcji masy objętościowej współczynnik korelacji z indeksem

fuzariozy kłosa był wysoki i genotypy odporne charakteryzowały się niską redukcją tego komponentu.

Tabela 8

Współczynniki korelacji pomiędzy wczesnością, wysokością, miernikami nasilenia fuzariozy i redukcją składników struktury plonu dla 26 genotypów pszenicy jarej (rok 2004)
Coefficients of correlation between earliness, height, disease parameters and reductions of yield components for 26 genotypes of spring wheat (year 2004)

Pszenica jara Spring wheat 2004	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)
Wysokość Height (cm)	0,055						
Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	-0,260	0,027					
Porażenie kłosa Disease severity (%)	-0,176	-0,081	0,814**				
Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	-0,156	-0,087	0,823**	0,994**			
Redukcja MZK GWH reduction (%)	0,022	0,024	0,663**	0,633**	0,625**		
Redukcja MTZ TKW reduction (%)	-0,036	0,041	0,747**	0,749**	0,744**	0,887**	
Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)	-0,035	-0,039	0,792**	0,844**	0,862**	0,738**	0,793**

*, ** Istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$

*, ** Significant at $P < 0.05$ and 0.01

GWH — Grain weight per head

Przedstawione wyniki pozwoliły na zidentyfikowanie genotypów pszenicy ozimej i jarej o wysokiej odporności na fuzariozę kłosa oraz zweryfikowanie publikowanych danych w polskich warunkach. W grupie najodporniejszych genotypów znalazły się głównie odmiany i linie pszenicy jarej pochodzące z Chin i Japonii. Duża część genotypów pszenicy jarej, które wykazały wysoką odporność na fuzariozę kłosa była spokrewniona ze sobą. Posiadają one główne *loci* cech ilościowych (QTL) odporności na fuzariozę kłosa zlokalizowane na chromosomach 3B i 5A pochodzące z odmiany Sumai 3 (Yao i in. 1997; Bai i in., 1999; Waldron i in., 1999; Anderson i in., 2001; Buerstmayr i in., 2002a; Zhou i in., 2002). Są to takie genotypy: jak Sumai 3, linie Ning, Shinchunaga, Tokai 63, CM-82036 i Wuhan #2. Do genotypów mających najprawdopodobniej inne podłoże genetyczne odporności należą odmiana chińska Wangshuibai, odmiana Nobeoka-bouzu i pozostałe genotypy japońskie niespokrewnione z Sumai 3 (Ban, 2001; Gonzales-Hernandes i in., 2003, 2004; Bai i in., 2003; Liu i Anderson, 2003). Osobną grupę stanowią genotypy z Ameryki Łacińskiej mające podłoże genetyczne inne niż genotypy azjatyckie. Najbardziej znana odmiana Frontana, w odróżnieniu od Sumai 3, posiada liczne QTL o małym efekcie, z których najważniejszy znajduje się na chromosomie 3A (Sigh i Rajaram, 1995; Buerstmayr i in., 2002a; Liu i Anderson, 2003). Mniej poznana jest genetyka odporności pszenicy ozimej. Z dostępnych źródeł wiadomo, że podobnie jak

u pszenic jarych pochodzących z Ameryki Łacińskiej, odporność pszenic ozimych determinowana jest przez liczne QTL o małym efekcie (Gervais i in., 2003, Shen i in., 2003). U pszenicy ozimej Ariny zidentyfikowano dwa główne QTL na chromosomach 6D, 4A oraz pięć innych o mniejszym efekcie 2AL, 3AL, 3BL, 3DS i 5A (Paillard i in., 2004).

Z powyższych danych wynika, że analizowany zestaw genotypów pszenicy odpornych na fuzariozę kłosa jest zróżnicowany pod względem genów odporności. Jest to istotne ze względu na możliwość kumulowania różnych genów odporności w ulepszonych genotypach (Van Ginkel i in., 1996; Buerstmayr i in., 1999 a; Van Ginkel i Gilchrist, 2002). W programach hodowlanych na świecie wykorzystywane są najczęściej geny odporności obecne w odmianie Sumai 3 i odmianach z nią spokrewnionych (Stack i in., 1997; Miedaner, 1997; Mesterhazy, 2002). Genotypy te uważane są za, jak dotąd, najbardziej efektywne źródła odporności. Jednakże, powszechne stosowanie tak ograniczonej liczby źródeł odporności może indukować presję selekcyjną na patogena i prowadzić do spadku efektywności genów (Ruckenbauer i in., 2001).

Do przedstawionych wyników i charakterystyki genów odporności należy dodać ważną dla hodowli odpornościowej informację wskazującą, że odporność na fuzariozę kłosów jest określana jako pozioma lub rasowo-niespecyficzna (van Euwijk i in., 1995; Mesterhazy i in., 1999). Wynika z tego, że odporność na porażenie różnymi izolatami określonego gatunku z rodzaju *Fusarium* spp., a także różnymi gatunkami takim jak np. *F. culmorum*, *F. graminearum* i *F. avenaceum*, ma to samo podłoże genetyczne (Mesterhazy, 1987; van Euwijk i in., 1995; Mesterhazy, 1995; Miedaner, 1997; Stack i in., 1997; Buerstmayr i in., 2003). Zidentyfikowanie genotypy pszenicy o wysokiej odporności na fuzariozę kłosa powodowaną przez *F. culmorum* będą wykazywały odporność również na porażenie kłosa innymi gatunkami z rodzaju *Fusarium*.

Genotypy odporne mogą być wykorzystane do ulepszania odporności polskich odmian pszenicy, które w większości wykazują podatność na fuzariozę kłosa (Góral, 2005). Jednakże znaczna część tych genotypów charakteryzuje się niekorzystnymi cechami użytkowymi (np. długie źdźbło, niski plon ziarna, podatność na inne choroby). Może to powodować trudności i wydłużać proces wprowadzania odporności na fuzariozę kłosa do wysokowydajnych odmian polskich. Stąd konieczna jest selekcja i wybór genotypów odpornych najlepiej adaptujących się do warunków lokalnych Polski.

WNIOSKI

1. Zidentyfikowano nowe oraz potwierdzono wysoką odporność znanych źródeł odporności pszenicy na fuzariozę kłosa.
2. Stwierdzono istotny związek pomiędzy wczesnością i wysokością a nasileniem choroby w grupie genotypów pszenicy ozimej. Zależność ta nie występowała u genotypów pszenicy jarej. Wpływ cech morfologicznych na nasilenie fuzariozy kłosa wymaga dalszych, szczegółowych badań.
3. Większość genotypów pszenicy charakteryzowała się niską tolerancją na porażenie kłosa przez *F. culmorum*. Znaleziono genotypy o wysokiej tolerancji, która to cecha

jest jednak niekorzystna ze względu na możliwość kumulowania w ziarnie mikotoksyn fuzaryjnych.

4. Zidentyfikowane źródła odporności mogą być wykorzystane do poprawienia odporności polskich odmian pszenicy. Przy wyborze genotypu odpornego należy zwrócić uwagę na inne jego cechy użytkowe, aby uniknąć wprowadzenia cech niekorzystnych.

LITERATURA

- Anderson J. A., Stack R. W., Liu S., Waldron B. L., Fjeld A. D., Coyne C., Moreno-Sevilla B., Mitchell Fetch J., Song Q. J., Cregan P. B., Froberg R. C. 2001. DNA markers for *Fusarium* head blight resistance QTLs in two wheat populations. *Theor. Appl. Genet.* 102: 1164 — 1168.
- Anonim 2005 a. European Mycotoxin Awareness Network. [online: <http://www.lfra.co.uk/eman2/index.asp>].
- Anonim 2005 b. USDA, ARS, National Genetic Resources Program. Germplasm Resources Information Network — (GRIN). [Online Database] National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. Available: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/desc.pl?65066> (10 March 2005).
- Arseniuk E., Góral T., Czembor H. J. 1993. Reaction of triticale, wheat and rye accessions to *graminaceous Fusarium* spp. at the seedling and adult plant stages. *Euphytica* 70: 175 — 183.
- Bai G. H., Guo P.-G., Kolb F. L. 2003. Genetic relationships among head blight resistant cultivars of wheat assessed on the basis of molecular markers. *Crop Sci.* 43: 498 — 507.
- Bai G. H., Kolb F. L., Shaner G. E., Domier L. L. 1999. Amplified fragment length polymorphisms markers linked to a major quantitative trait locus controlling scab resistance in wheat. *Phytopathology* 89: 343 — 348.
- Bai G. H., Plattner R., Desjardins A., Kolb F. 2001. Resistance to *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in wheat. *Plant Breeding* 120: 1 — 6.
- Bai. G. H., Shaner G. E. 1994. Scab of wheat: prospects for control. *Plant Dis.* 78: 760 — 766.
- Bai G. H., Shaner G. E. 1996. Variation in *Fusarium graminearum* and cultivar resistance to wheat scab. *Plant Dis.* 80: 975 — 979.
- Ban T. 2001. Studies on the genetic resistance to *Fusarium* head blight caused by *Fusarium graminearum* Schwabe in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Bull. Kyushu Ntl. Agric. Exp. Stn.* 38: 27 — 78.
- Bartoš P., Šíp V., Chrpova J., Vacke J., Stuchlikova E., Blažkova V., Šarova J., Hanzalova A. 2002. Achievements and prospects of wheat breeding for disease resistance. *Czech J. Genet. Plant Breed.* 38: 16 — 28.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Grausgruber H., Ruckebauer P. 1996 a. Scab resistance of international wheat germplasm. *Cereal Res. Commun.* 24: 195 — 202.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Patschka G., Grausgruber H., Ruckebauer P. 1996 b. Head blight (*Fusarium* spp.) resistance of wheat cultivars registered in Austria. *Die Bodenkultur* 47: 183 — 190.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Berlakovich S., Ruckebauer P. 1999 a. Combining ability of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* (W.G. Smith) in the F₁ of a seven parent diallel of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 110: 199 — 206.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Fedak G., Ruckebauer P. 1999 b. Back-cross reciprocal monosomic analysis of *Fusarium* head blight resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl. Genet.* 98: 76 — 85.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Hartl L., Doldi L., Steiner B., Stierschneider M., Ruckebauer P. 2002 a. Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. I. Resistance to fungal spread (Type II resistance). *Theor. Appl. Genet.* 104: 84 — 91.
- Buerstmayr H., Steiner B., Griesser M., Hartl L., Lemmens M. 2002 b. Molecular mapping of resistance to *Fusarium* head blight in wheat and prospects for marker assisted breeding. Abstracts of 7th European Seminar *Fusarium* — Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity, September 4–7, 2002, Poznań, Poland: 45 — 46.

- Buerstmayr H., Steiner B., Hartl L., Griesser M., Angerer N., Lengauer D., Miedaner T., Schneider B., Lemmens M. 2003. Molecular mapping of QTLs for *Fusarium* head blight resistance in spring wheat. II. Resistance to fungal penetration and spread. *Theor. Appl. Genet.* 107: 503 — 508.
- Bushnell W. R. 2001. What is known about infection pathways in *Fusarium* head blight? In: *Proceedings of the 2001 National Fusarium Head Blight Forum*. Erlanger, KY, December 8–10, 2001. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 105.
- Chełkowski J., Visconti A., Perkowski J., Wakuliński W., Bottalico. 1988. Mycotoxins and fungi accompanying wheat head fusariosis in Poland. *Mycotoxin Res., Fusarium Seminar*: 57 — 60.
- Chełkowski J., Wakuliński W., Popęda J. 1987. Fuzarioza kłosów w uprawach pszenicy i żyta w 1985 i 1986 roku. *Biul. IHAR* 164: 207 — 214.
- D'Mello J. P. F., Palcinta C. M., Macdonald A. M. C. 1999. *Fusarium* mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80: 183 — 205.
- Gervais L., Dedryver F., Morlais J. Y., Bodusseau V., Negre S., Bilous M., Groos C., Trottet M. 2003. Mapping of quantitative trait loci for field resistance to *Fusarium* head blight in an European winter wheat. *Theor. Appl. Genet.* 106: 961 — 970.
- Gimeno A. 2003. Mycotoxins — deoxynivalenol, a risk mycotoxin for children. *Analytical methods. Deoxynivalenol levels in wheat-based food products*. [online: http://www.engormix.com/e_articles/mycotoxins.asp?ID=58].
- Gonzales Henandez J. L., del Blanco A., Ali S., Berzonsky W. A., Kianian S. F. 2003. Wangshuibai: a hexaploid wheat resistant to the spread of *Fusarium* head blight. In: Canty, S. M., Lewis, J., Siler, L. i Ward, R. W. (eds.). *Proceedings of the National Fusarium Head Blight Forum; 2002 Dec 7–9; Erlanger, KY, USA*. East Lansing: Michigan State University: 14 — 17.
- Gonzales Henandez J. L., del Blanco A., Ali S., Berzonsky W. A., Kianian S. F. 2004. Genetics of the resistance to *Fusarium* head blight in the hexaploid wheat Wangshuibai: the role of epistatic interactions. In: Canty, S.M., Boring, T., Wardwell, J., Ward, R. W. (eds.). *Proceedings of the 2nd International Symposium on Fusarium Head Blight; incorporating the 8th European Fusarium Seminar; 2004, 11–15 December; Orlando, FL, USA*. Michigan State University, East Lansing, MI: 65 — 68.
- Góral T. 1988. Fuzarioza kłosów pszenicy, żyta i pszenżyta w 1987r. Praca magisterska, SGGW, Warszawa: 45.
- Góral T. 2005. Odporność odmian pszenicy ozimej i jarej na fuzariozę kłosa powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. *Biul. IHAR* (w druku).
- Góral T., Foremska E., Chełkowski J., Arseniuk E. 1995. Charakterystyka odmian pszenżyta, pszenicy i żyta pod względem odporności i tolerancji na porażenie kłosa przez *Fusarium* spp. *Biul. IHAR* 195/196: 251 — 259.
- Góral T., Buśko M., Cichy H., Jackowiak H., Perkowski J. 2002 a. Resistance of winter triticale lines and cultivars to *Fusarium* head blight and deoxynivalenol accumulation in kernels. *J. Appl. Genet* 43A: 237 — 248.
- Góral T., Perkowski J., Arseniuk E. 2002 b. Study on *Fusarium* head blight of winter triticale. *Proc. 5th International Triticale Symposium, June 30 July 5, 2002, Radzików, Poland, Vol. I*: 179 — 184.
- Góral T., Żebrowski J., Jackowiak H. 2002 c. Effect of infection with *Fusarium culmorum* on mechanical properties of kernels of winter wheat cultivar Bega. *J. Appl. Genet* 43A: 159 — 166.
- Griffey C. A., Chen J. L., Pridgen T., Chappell M., Shaw J. 1999. Advances in research on *Fusarium* head blight in the Virginia wheat breeding program. *Proc. of the 1999 National Fusarium Head Blight Forum, Sioux Falls, South Dakota, December 5–7, 1999*. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 165 — 172.
- Hu, C. C., Dill-Macky R., Anderson J. A., Busch R. H. 1999. Screening for scab resistance of wheat in the greenhouse. *Proc. of the 1999 National Fusarium Head Blight Forum, Sioux Falls, South Dakota, December 5–7, 1999*. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 176 — 179.
- Jones R. K. 2000. Assessment of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. *Plant Dis.* 84: 1021 — 1030.
- Lemmens M., Buerstmayr H., Ruckenbauer P. 1993. Variation in *Fusarium* head blight susceptibility of international and Austrian wheat breeding material. *Die Bodenkultur* 44: 65 — 78.

- Lew H., Chelkowski J., Wakulinski W., Edinger W. 1993. Moniliformin in wheat and triticale grain. *Mycotoxin Res.* 9: 66 — 71.
- Liu S., Andreson J.A. 2003. Marker assisted selection of *Fusarium* head blight resistant wheat germplasm. *Crop Sci.* 43: 760 — 766.
- Łacicowa B. 1980. Fuzarioza kłosów pszenicy ozimej w 1979 r. *Ochrona Roślin* 73: 6 — 8.
- Łacicowa, B. 1989. *Fusarium* diseases of wheat and triticale in some regions of Eastern Europe. In: Chelkowski J. (ed.): *Fusarium — Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*. Elsevier, Amsterdam: 283 — 296.
- Łacicowa B., Wagner A., Kiecana I. 1985. Fuzariozy pszenicy uprawianej na Lubelszczyźnie. *Rocz. Nauk Roln. S. E* 15: 67 — 86.
- McMullen. M. P., Jones R., Gallenberg D. 1997. Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact. *Plant Dis.* 81: 1340 — 1348.
- Mesterhazy A. 1983. Breeding wheat for resistance to *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. *Z. Pflanzenzüchtg.* 91: 295 — 311.
- Mesterhazy A. 1987. Selection of head blight resistant wheats through improved seedling resistance. *Plant Breeding* 98: 25 — 36.
- Mesterhazy A. 1995. Types and components of resistance to *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Breed.* 114: 377 — 386.
- Mesterhazy A. 2002. Theory and practice of the breeding for *Fusarium* head blight resistance in wheat. *J. Appl. Genet* 43A: 289 — 302.
- Mesterhazy A., Bartok T. 1993. Resistance and pathogenicity influencing toxin (DON) contamination of wheat varieties following *Fusarium* infection. *Hod. Rośl. Aklim. (Special Edition)* 37 (3): 9 — 16.
- Mesterházy, A., Bartok, T. 1996. Control of *Fusarium* head blight of wheat by fungicides and its effect in the toxin contamination of the grains. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer* 49:187 — 205.
- Mesterhazy A., Bartok T., Mirocha C. G., Komoroczy R. 1999. Nature of wheat resistance to *Fusarium* head blight and the role of deoxynivalenol for breeding. *Plant Breeding* 118: 97 — 110.
- Miedaner T. 1997. Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding* 116: 201 — 220.
- Miedaner T., Moldovan M., Ittu M. 2003. Comparison of spray and point inoculation to assess resistance to *Fusarium* head blight in multienvironment wheat trial. *Phytopathology* 93: 1068 — 1072.
- Milus E. A., Parsons C. E. 1994. Evaluation of foliar fungicides for controlling *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Dis.* 78: 697 — 699.
- Müller, H. M., Schwadorf, K. 1993. A survey of the natural occurrence of *Fusarium* toxins in wheat grown in southwestern area of Germany. *Mycopathologia* 121: 115 — 121.
- Paillard S., Schnurbusch T., Tiwari R., Messmer M., Winzeler M., Keller B., Schachermayr B. 2004. QTL analysis of resistance to *Fusarium* head blight in Swiss winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor Appl Genet.* 109: 323 — 332.
- Parry D. W., Jenkinson P., McLeod L. 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals — a review. *Plant Pathol.* 44: 207 — 238.
- Perkowski J. 1999. Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż. *Rocz. Akademii Roln. w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt* 295.
- Perkowski, J., Plattner, R. D., Goliński, P., Vesonder, R. F., Chelkowski, J. 1990. Natural occurrence of deoxynivalenol, 3-acetyl-deoxynivalenol, 15-acetyl-deoxynivalenol, nivalenol, 4,7-dideoxynivalenol and zearalenone in Polish wheat. *Mycotoxin Res.* 6: 7 — 12.
- Palcinta C. M., D'Mello J. P. F., Macdonald A. M. C. 1999. A review of worldwide contamination of cereal grains and animal feed with *Fusarium* mycotoxins. *Animal Feed Sci. Technol.* 78: 21 — 37.
- Riley R. T., Norred W. P., Bacon C. W. 1993. Fungal toxins in food. Recent concerns. *Annu. Rev. Nutr.* 13: 167 — 189.
- Ruckenbauer P., Buerstmayr H., Lemmens M. 2001. Present strategies in resistance breeding against scab (*Fusarium* spp.). *Euphytica* 119: 121 — 127.
- Saur, L. 1991. Recherche de géniteurs de résistance à la fusariose de l'épi causée par *Fusarium culmorum* chez le blé et les espèces voisines. *Agronomie* 11: 535 — 541.

- Shen X., Ittu M., Ohm H. W. 2003. Quantitative trait loci conditioning resistance to *Fusarium* head blight in winter wheat line F201R. *Crop Sci.* 43: 850 — 857.
- Schroeder H. W., Christiansen J. J. 1963. Factors affecting resistance of wheat to scab caused by *Gibberella zeae*. *Phytopathology* 53: 831 — 838.
- Simpson D. R., Weston G. E., Turner J. A., Jennings P., Nicholson P. 2001. Differential control of head blight of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *Eur. J. Plant. Path.* 107: 421 — 431.
- Singh, R. P., Ma H., Rajaram S. 1995. Genetic analysis of resistance to scab in spring wheat cultivar Frontana. *Plant Dis* 79: 238 — 240.
- Šip V., Stuchlikowa E. 1997. Evaluation of the response of winter wheat varieties to artificial infection with *Fusarium culmorum* in field conditions. *Cereal Res. Comm.* 25: 977 — 983.
- Snijders C. H. A. 1990 a. The inheritance of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in winter wheat. *Euphytica* 50: 11 — 18.
- Snijders C. H. A. 1990 b. Genetic variation for resistance to *Fusarium* head blight in bread wheat. *Euphytica* 50: 171 — 179.
- Snijders, C. H. A. 1990 c. Response to selection in F₂ generations of winter wheat for resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum*. *Euphytica* 50: 163 — 169.
- Snijders C. H. A., Perkowski J. 1990. Effects of head blight caused by *Fusarium culmorum* on toxin content and weight of wheat kernels. *Phytopathology* 80: 566 — 570.
- Stack R. W., Frohberg R. C., Casper H. 1997. Reaction of spring wheats incorporating Sumai 3-derived resistance to inoculation with seven *Fusarium* species. *Cereal Res. Comm.* 25: 667 — 671.
- Szunics Lu., Szunics L. 1992. Methods for infecting wheat with ear *Fusarium* and the susceptibility of the varieties. *Novenytermeles* 41: 201 — 210.
- Tanaka, T., Hasegawa, A., Yamamoto, S., Lee, U.-S., Sugiura, Y., Ueno, Y. 1988. Worldwide contamination of cereals by the *Fusarium* mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol, and zearalenone. 1. Survey of 19 countries. *J. Agric. Food Chem.* 36: 979 — 983.
- Van Eeuwijk F.A., Mesterhazy A., Kling Ch. I., Ruckebauer P., Saur L., Bürstmayr H., Lemmens M., Keizer L. C. P., Maurin N., Snijders C. H. A. 1995. Assessing non-specificity of resistance in wheat to head blight caused by inoculation with European strains of *Fusarium culmorum*, *F. graminearum* and *F. nivale*, using a multiplicative model for interaction. *Theor. Appl. Gen.* 90: 221 — 228.
- Van Ginkel, M., Van der Schaar W., Yang Z. P., Rajaram S. 1996. Inheritance of resistance to scab in two cultivars from Brazil and China. *Plant Dis* 80: 863 — 867.
- Van Ginkel M., Gilchrist L. 2002. How to make intelligent crosses to accumulate *Fusarium* head blight resistance genes based on knowledge of the underlying resistance mechanisms. In: Canty, S.M., Lewis, J., Siler, L., Ward R. W. (eds.) *Proc. of the 2002 National Fusarium Head Blight Forum*, Erlanger, KY. 7–9 Dec. 2002. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 268 — 272.
- Waldron B. L., Moreno-Sevilla B., Anderson J. A., Stack R. W., Frohberg R. C. 1999. RFLP mapping of QTL for *Fusarium* Head Blight resistance in wheat. *Crop Sci.* 39: 805 — 811.
- Wan Y. F., Chi Y., Yang J. L. 1997. Sources of resistance to head scab in *Triticum*. *Euphytica* 94: 31 — 36.
- Yao J., Ge Y., Wang S., Yao G., Zhou C., Qian C. 1997. Chromosomal location of genes for scab resistance in wheat cultivar Sumai 3. *Acta Agron. Sinica* 23: 450 — 453.
- Zhou W. C., Kolb F. L., Bai G. H., Shaner G. E., Domier L. L. 2002. Genetic analysis of scab resistance QTL in wheat with microsatellite and AFLP markers. *Genome* 45: 719 — 727.