

TOMASZ GÓRAL

Pracownia Chorób Roślin, Zakład Fitopatologii
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Radzików

Odporność odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc.*

Resistance of winter wheat cultivars to *Fusarium* head blight caused by *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc.

Badano odporność 40 odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów. Większość odmian znajduje się obecnie w Krajowym Rejestrze odmian. Badania prowadzono w latach 2002–2004 na polach doświadczalnych IHAR Radzików. Kłosa pszenicy ozimej inokulowano izolatami *Fusarium culmorum*. Oceniano stopień porażenia kłosa, porażenie ziarniaków oraz redukcję komponentów plonu. Większość odmian była podatna na fuzariozę kłosów, z tym że wystąpiło znaczne zróżnicowanie tej cechy. Znalezione zarówno odmiany o niskiej podatności na porażenie kłosa (np. Turnia, Alba, Tonacja, Liwilla), jak i liczne odmiany o bardzo wysokiej podatności (Liryka, Maltanka, Clever, Kris, Soraja). Część odmian podatnych (Begra, Kobra, Symfonia) wykazała tolerancję na porażenie kłosa przejawiającą się średnim porażeniem ziarniaków i średnią redukcją plonu. Równocześnie wśród odmian o niskim porażeniu kłosa obserwowano odmiany o znacznym porażeniu ziarniaków (Liwilla, Sukces, Wilga). Termin kwitnienia i wysokość odmian pszenicy ozimej miały istotny wpływ na obserwowane nasilenie fuzariozy kłosów. Odmiany wyższe były z reguły słabiej porażane przez *F. culmorum* niż odmiany niskie. Część odmian niskich i średniej wysokości wykazała odchylenie od tej zależności (np. Symfonia, Izolda, Sukces, Tonacja, Alba), co wskazuje, że mogą one posiadać geny odporności na fuzariozę kłosów.

Słowa kluczowe: *Fusarium*, fuzarioza kłosów, odmiany, odporność, pszenica

Resistance of 40 winter wheat cultivars from the Polish National List to *Fusarium* head blight was studied. Experiments were conducted in the years 2002–2004 in the experimental fields of PBAI Radzików, Poland. Heads of winter wheat were inoculated with *Fusarium culmorum*. Head infection, number of *Fusarium* damaged kernels and reductions of yield components were evaluated. Winter wheat cultivars were on average medium susceptible, however the wide variability of reaction occurred. Several resistant cultivars (e.g. Turnia, Alba, Tonacja, Liwilla) and a number of highly susceptible ones (e.g. Liryka, Maltanka, Clever, Kris, Soraja) were distinguished. In spite of the high level of head infection, some susceptible cultivars (Begra, Kobra, Symfonia) showed medium resistance to kernel

* Praca wykonana w ramach projektu finansowanego przez MRiRW "Wyprowadzenie form pszenicy ozimej i jarej odpornych na fuzariozę kłosów"

damage and medium tolerance to yield reduction. In contrast, some cultivars with low head infection were characterized by a relatively large number of *Fusarium* damaged kernels (Liwill, Sukces, Wilga). Flowering time and straw height significantly influenced the head blight severity. Heads of the tall cultivars, as compared with those of the short ones, were usually infected with *F. culmorum* at the lower level. However, some short and medium cultivars (e.g. Symfonia, Izolda, Sukces, Tonacja, Alba) showed some deviations from the general tendency. This suggests the presence of resistance genes in these cultivars.

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

WSTĘP

Fuzarioza kłosów zbóż jest chorobą powodowana przez grzyby należące do rodzaju *Fusarium*. Występowanie tej choroby obserwowane jest na wszystkich zbożach uprawianych w naszej strefie klimatycznej (pszenica, pszenżyto, żyto, owies, jęczmień, kukurydza). Największe znaczenie fuzarioza kłosów (kolb) ma dla upraw pszenicy i kukurydzy (Góral i in., 1995; Liu i in., 1997; Arseniuk i in., 1993; Langevin i in., 2004). Wynika to z dużej podatności tych zbóż, powszechności występowania patogena oraz ze znacznej powierzchni uprawy pszenicy i kukurydzy.

W Polsce fuzariozę kłosów pszenicy powodują głównie gatunki *F. culmorum*, *F. graminearum* i *F. avenaceum* (Wakuliński i Chełkowski, 1993; Bottalico, 1998). Zmienne warunki klimatyczne w Polsce powodują zmiany procentowego udziału tych gatunków, z tym że dwa pierwsze gatunki są znacznie bardziej patogeniczne niż *F. avenaceum*. Mogą, więc w sprzyjających warunkach powodować silne porażenia kłosów pszenicy. *Fusarium avenaceum* i inne gatunki (*F. poae*, *F. sporotrichioides* i in.) mają niższą patogeniczność, jednakże występują dość powszechnie w uprawach pszenicy. W ostatnich latach obserwuje się w Polsce wzrost znaczenia *F. graminearum* jako sprawcy fuzariozy kłosów (Chełkowski i in., 1987; Wakuliński i Chełkowski, 1993). Wiąże się to z podniesieniem się średniej temperatury występującej wiosną i latem oraz wzrostem powierzchni uprawy kukurydzy na ziarno, której resztki poźniwne są głównym źródłem inokulum *F. graminearum*.

Ziarno pochodzące z porażonych kłosów może być skażone mikotoksynami fuzaryjnymi (Perkowski 1999). Grzyby powodujące fuzariozę kłosów wytwarzają liczne metabolity toksyczne zwane mikotoksynami. Do najważniejszych i najczęściej występujących w Polsce w ziarnie zbóż należą: deoksyniwalenol, niwalenol, zearalenon i moniliformina (Marasas i in., 1984; Bottalico, 1998; Perkowski, 1999). Mikotoksyny fuzaryjne charakteryzują się różnym stopniem toksyczności. Do organizmu mogą przenikać nie tylko przez przewód pokarmowy, ale także przez inhalację oraz przez skórę. Oprócz ogólnego działania toksycznego mikotoksyny te mogą powodować zaburzenia rozrodu (zearalenon), a część z nich uznaje się za potencjalnie kancerogenne dla ludzi (fumonizyny) (Riley i in., 1993; D'Mello i in., 1999; Arseniuk i Góral, 2005).

Celem pracy było zbadanie odporności odmian pszenicy ozimej uprawianych ostatnich latach w Polsce. Informacja na ten temat jest bardzo ważna zarówno dla producentów zbóż jak i dla hodowców pszenicy. Wiąże się to z faktem wydania, po wieloletnich pracach, rozporządzenia Komisji Europejskiej Nr 856/2005 z dnia 6 czerwca 2005. Wprowadza ono

nowelizację do rozporządzenia Nr 466/2001, dotyczącego zanieczyszczeń w żywności, rozszerzając je o toksyny fuzaryjne. Dopuszczalną zawartość deoksyniwalenolu w nieprzetworzonej pszenicy twardej, owsie i kukurydzy ustalono na 1750 µg/kg ziarna, a w innych nieprzetworzonych zbożach 1250 µg/kg. W przypadku zearalenonu limity te wynoszą 100 µg/kg ziarna zbóż innego niż kukurydza i 200 µg/kg ziarna kukurydzy.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiło 40 odmian pszenicy ozimej, z których większość znajdowała się w latach 2002–2004 w polskim rejestrze odmian (tab. 1). Badania prowadzono w latach 2002–2004 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 kłosów (Tilt CB 37,5 WP).

Tabela 1

Charakterystyka 40 odmian pszenicy ozimej badanych w latach 2002–2004
Characteristics of 40 cultivars of winter wheat investigated in the years 2002–2004

Odmiana Cultivar	Pochodzenie Pedigree	Rok rejestracji Registration year	Klasa jakościowa Quality group
1	2	3	4
Alba	Weique/Dańkowska-Biała//Luna/3/Grana/4/Maris Huntsman/L832 ₇₀	1987 ^w	C
Aleta	Emika/Maris-Huntsman	1994	C
Almari	Maris-Huntsman/Alcedo//Grana	1989	C
Begra	Grana/Bezostaja 1	1982 ^w	A
Clever ^{rh}	Haven/Slejpner//Torfrida	2001	B
Elena	STH-1262/SMH-1320	1995	C
Emika	Etoile-de-Choisy/Mironowska-808//Perdix	1985 ^w	C
Izolda	Maris-Nimrod/Langensteiner-817-72//P-3567-73	1996	C
Jawa	Eureka/Grana//Cebeco-72/Sylvia	1985	C
Jubilatka	Maris-Huntsman/Niwa/3/Orla/Niwa//DED-739-75	1991 ^w	C
Juma	Mironowska-Jubilejna/2*Maris-Huntsman	1992 ^w	B
Kaja	Liwilla/Maris-Huntsman	1997	C
Kamila	Kranich/WW-153-1//Beta	1989	C
Kobra	Maris-Huntsman/Krasnodarska-39//Mironowska-808/Luna	1992	B
Korweta	CHD-3672-72-77/Gama	1997	A
Kris ^{rh}	Disponent/Norman//Rendezvous/3/Torfrida	2000	B
Liryka	FCS-137/Oda	1998	C
Liwilla	Etoile-de-Choisy//Mironowska-808/Perdix	1980 ^w	-
Maltanka	Kaukaz/Grana//Maris-Huntsman	1993	C
Mewa ^o	CHD-756-78/FD-303//Gama	1998	B
Mikon	Fakon//Gaines/3*Mironowska-808	1994	B
Mikula	Compal/DED-130-77//SMH-1695	1999	C
Mobela	Begra/Monopol//Lanca	1998 ^w	B
Nutka	Jubilatka/SMH-2182	2001	B
Pegassos	RPB-49-75/3/Maris-Huntsman/Glaucus//Urban	2001	A
Roma	AR-112-74/Maris-Huntsman//Niwa/Maris-Huntsman	1992	B
Rysa	Cariplus/Mironowska-808//POB-8182-80	1998	B
Sakwa	SMH-1321/UH-318//STH-1527	1996	B

1	2	3	5
Sława	Lanca/Juwell 15	2001	B
Soraja	STH-1623/Almari	2000	B
Sukces	Jubilatka/SMH-2182	2001	A
Symfonia	Jawa/KOC-7903-80//CHD-661-79	1999	C
Tercja	Emika/Maris-Huntsman	1995 ^w	C
Tonacja	Jubilatka/SMH-2182	2001	B
Tortija	Alidos/Jawa	2000	B
Turnia	Polanka/DED-739-75//Polanka/TAW-6505-74	2001	A
Wanda	N-320/Maris-Huntsman//Lanca	1997 ^w	C
Wilga	Juwell/Lanca	1994 ^w	C
Zorza	Maris-Nimrod/Langensteiner-817-72//P-3567-73	1995	K
Zyta	Jubilatka/SMH-2182	1999	A
STH-1262	Jubilejna-50/Maris-Huntsman//Hohenthurn-8174/Grana/3/Maris-Huntsman		
SMH-1320	Maris-Huntsman//NS-736/Mironowska-808		
SMH-1632	Alcedo/Sava//Maris-Huntsman/3/Mironowska-10		
SMH-2182	CHD-473-73 /3/ Kaukaz / Grana // Grana		

^{nt} — Odmiany posiadające gen *Rht2*; ° — Odmiana oścista; ^w — Odmiana skreślona z krajowego rejestru; A — Odmiany jakościowe, B — Odmiany chlebowe, K — Odmiany na ciastka, C — Pozostałe (COBORU 2005).

^{nt} — Cultivars with *Rht2* gene; ° — Awned cultivar; ^w — Cultivar removed from the National List; A — Quality wheat, B — Bread wheat, K — Biscuit wheat, C — Other (COBORU 2005)

Kłosa odmian pszenicy ozimej inokulowano izolatami *F. culmorum*. Metodyka produkcji inokulum i charakterystyka izolatów została opisana w pracy Górala (2005). Zastosowano metodę inokulacji przez opryskiwanie. Kłosa pszenicy opryskiwane były zawiesiną zarodników w ilości około 100 ml zawiesiny na poletko. Inokulację przeprowadzono po zakwitnięciu około 50% kłosów na poletku i powtarzano 3–4 dni później. Zabiegi wykonywano w godzinach wieczornych, kiedy spadała temperatura i wzrastała względna wilgotność powietrza. Ocenę porażenia odmian rozpoczęto po pojawieniu się pierwszych objawów choroby. Przeprowadzono trzy oceny w odstępach 7-dniowych. Nasilenie fuzariozy kłosów określano na podstawie liczby porażonych kłosków w kłosie, tylko w kłosach z objawami choroby (porażenie kłosa) oraz liczby kłosów prażonych na poletku (wystąpienie fuzariozy). Parametry te posłużyły do wyliczenia indeksu fuzariozy (IFK) określającego procentowy udział kłosków z objawami choroby we wszystkich kłosach na poletku.

W okresie żniw zebrano ręcznie po 20 kłosów 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). Proporcja ziarniaków uszkodzonych przez *Fusarium* (ang. *Fusarium* damaged kernels) została określona wizualnie poprzez podział próby ziarniaków na ziarniaki zdrowe (normalne i pomarszczone) oraz ziarniaki w różnym stopniu porażone przez *Fusarium*: białe lub różowo przebarwione, białe pomarszczone (Chełkowski, 1989; Argyris i in., 2003).

Analizę wariacji przeprowadzono przy pomocy systemu SAS® produkcji SAS Institute Sp. z o.o. (SAS Institute, 2004). Zastosowano procedurę GLM ze względu na zróżnicowanie liczby terminów obserwacji i powtórzeń w kolejnych latach badań.

Odmiany grupowano przy zastosowaniu analizy metodą *k*-średnich wykorzystując procedurę FASTCLUS systemu SAS. Zastosowano dane zestandaryzowane. Dla zobrazowania wyników zastosowano procedurę CANDISC.

WYNIKI

Średni indeks fuzariozy kłosów powodowanej przez *F. culmorum* dla odmian pszenicy ozimej wynosił 34,6% (tab. 2). Zakres reakcji wynosił 19,0–57,3%. Różnice pomiędzy odmianami pszenicy pod względem tej cechy były istotne statystycznie. Zmienność indeksu fuzariozy kłosów była wysoka – współczynnik zmienności 51,0%.

Tabela 2

Reakcja 40 odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów powodowaną przez *F. culmorum* w latach 2002–2004

Resistance of 40 cultivars of winter wheat to *Fusarium* head blight caused by *F. culmorum* in the years 2002–2004

Odmiana ¹ Cultivar ¹	Termin kwitnienia ² Flowering date ²	Wysokość Height (cm)	Wystą- pienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	FDK (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościo- wej Test weight reduction (%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alba	44,5	107,3	76,1	24,4	19,0	41,4	58,5	37,3	14,8
Turnia	44,0	116,7	78,3	25,8	20,4	47,9	63,8	39,7	15,8
Aleta	42,0	114,7	77,2	29,7	23,4	58,9	58,0	29,2	11,1
Jubilatka	45,0	112,0	76,7	30,3	23,9	67,8	66,6	41,0	15,1
Tonacja	44,0	108,7	79,4	30,3	24,1	55,8	60,3	29,0	13,3
Liwilla	41,0	117,0	75,0	31,7	24,1	52,0	47,9	32,7	17,2
Roma	44,0	117,7	77,2	32,5	25,5	53,5	55,3	26,8	8,3
Sukces	45,0	109,3	78,9	32,2	25,6	58,3	62,4	24,3	13,5
Wanda	44,0	120,7	77,8	32,8	26,0	47,1	63,6	35,2	12,6
Wilga	42,0	118,3	76,7	35,0	27,6	64,9	62,3	37,5	12,6
Sława	43,0	115,0	79,4	35,8	28,5	47,4	55,0	23,8	10,6
Zyta	44,0	115,0	78,3	37,2	29,4	66,4	64,5	33,0	14,6
Izolda	42,0	103,7	77,8	37,5	29,7	61,5	58,9	30,5	10,9
Mewa	41,5	112,7	75,6	38,3	29,9	44,3	49,6	32,1	10,1
Symfonia	41,5	96,7	78,3	37,8	30,0	53,0	66,8	36,5	18,2
Kaja	44,0	118,3	77,8	39,4	31,1	66,8	63,8	38,4	17,7
Juma	45,0	111,0	78,3	41,7	32,9	67,7	66,2	38,1	16,8
Emika	43,0	115,0	78,3	42,5	33,0	64,6	66,0	48,4	18,9
Mobela	42,0	113,7	79,4	42,2	33,2	45,8	64,3	38,5	15,1
Tercja	45,5	106,0	78,3	43,3	34,3	66,6	71,7	45,9	19,9
Nutka	44,0	106,7	78,9	44,4	34,4	63,8	65,5	36,1	18,2
Mikula	43,0	116,7	78,3	45,6	36,1	67,3	70,6	44,1	18,9
Elena	45,0	99,3	78,9	46,7	36,4	65,1	73,0	39,3	20,8
Korweta	43,0	108,3	80,0	46,1	36,9	63,2	70,0	40,5	17,2
Mikon	40,0	105,0	77,8	47,2	37,4	61,5	59,8	41,5	14,8
Pegassos	43,0	107,3	78,3	48,6	37,9	58,4	65,1	38,8	18,7
Tortija	44,5	106,7	77,2	48,9	38,6	73,8	70,3	39,2	20,9
Begra	38,0	104,0	78,3	50,0	39,4	55,9	56,5	25,2	8,1
Kamila	41,0	111,0	77,8	50,6	39,9	59,6	70,2	43,1	17,3

c.d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kobra	38,0	98,0	78,3	51,7	40,8	68,4	68,2	40,3	19,3
Sakwa	44,0	108,3	80,0	52,8	41,2	74,1	72,3	43,9	23,2
Almari	44,0	104,3	78,3	52,8	41,7	66,4	69,1	43,6	20,2
Zorza	41,5	102,3	80,0	53,3	42,7	65,3	63,9	42,0	15,4
Jawa	38,0	101,0	78,3	53,9	43,0	56,1	59,1	32,4	12,3
Kris	45,0	89,3	80,0	54,4	43,6	82,0	80,1	49,1	27,8
Rysa	42,0	107,7	80,0	55,6	44,4	67,5	67,0	40,5	21,0
Clever	43,5	92,3	80,0	57,2	45,5	83,8	77,8	49,0	22,8
Soraja	39,0	104,7	78,3	58,9	46,2	70,1	67,4	42,6	21,1
Maltanka	38,0	101,0	80,6	60,3	47,9	65,9	55,6	36,9	16,9
Liryka	38,0	105,3	80,6	70,6	57,3	78,6	72,9	47,8	28,5
Średnia Mean	42,4	107,3	78,4	43,8	34,6	62,0	64,5	37,8	16,7
NIR _{0,05}	—	—	n.i. ns	15,4	13,0	14,9	12,7	13,0	8,5
LSD _{0,05}	—	—	n.i. ns	15,4	13,0	14,9	12,7	13,0	8,5
Współ. zmienności CV (%)	—	—	5,9	48,3	51,0	21,2	17,6	33,1	46,4

¹ — Odmiany uszeregowane wg wzrastającego indeksu fuzariozy kłosów; ² — Liczba dni od 1 maja; FDK — Uszkodzenie ziarniaków przez *F. culmorum*; MZK — Masa ziarna z kłosa; MTZ — Masa 1000 ziarniaków

¹ — Cultivars ranked according to increasing values of FHB index; ² — Number of days from May 1; FDK — Fusarium damaged kernels; GWH — Grain weight per head; TKW — 1000 kernels weight

W kolejnych latach badań wartości IFK były następujące: rok 2002 — 36,8%, zakres reakcji 16,3–73,7%; rok 2003 — 30,3%, zakres reakcji 11,5–43,5%; rok 2004 — 36,6%, zakres reakcji 18,0–64,3%. Współczynniki korelacji indeksu fuzariozy kłosów w trzech latach badań były wysokie i istotne statystycznie (tab. 3). Wskazuje to na dobrą powtarzalność uzyskiwanych wyników.

Tabela 3

Współczynniki korelacji indeksów fuzariozy kłosa dla 40 odmian pszenicy ozimej z trzech kolejnych lat badań
Coefficients of correlation between FHB indexes for 40 winter wheat cultivars from three years of the study

Indeks fuzariozy kłosa (%) FHB index (%)	2002	2003
2003	0,383*	—
2004	0,455**	0,516**

*, ** Istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$; Significant for $P < 0,05$ and $0,01$

Odmiany różniły się terminem kwitnienia w zakresie od 38 do 45,5 dnia od 1 maja oraz wysokością w zakresie od 89,3 do 120,7 cm (tab. 2). Nie stwierdzono różnic pomiędzy odmianami odnośnie wystąpienia fuzariozy kłosów. Zmienność tego parametru była niewielka. Przeciętnie ponad 78% kłosów na poletku wykazywało porażenie fuzariozą. Natomiast odmiany istotnie różniły się porażeniem kłosa. Zmienność tej cechy była wysoka w zakresie od 24,4 do 70,6% i właśnie ta cecha decydowała o wielkości indeksu fuzariozy kłosów. Wskazują na to również uzyskane współczynniki korelacji (tab. 4). Średni poziom uszkodzenia ziarniaków przez *F. culmorum* był wysoki i wyniósł 62,0%.

Zmienność tej cechy była wysoka w zakresie od 41,4 do 83,8%. Jednakże zmienność ta była niższa niż zmienność indeksu fuzariozy.

Redukcja masy ziarna z kłosa była wysoka i wyniosła średnio 64,5%. Reakcja odmian zawierała się w zakresie 47,9–80,1%. Różnice pomiędzy odmianami były istotne statystycznie, jednakże zmienność tej cechy nie była wysoka. Średnia redukcja MTZ wyniosła 37,8%. Reakcja odmian zawierała się w zakresie 23,8–49,1%. Współczynnik zmienności był wyższy niż dla redukcji MZK i wynosił 33,1%. Redukcja masy objętościowej ziarniaków wynosiła średnio 16,7%. Reakcja odmian zawierała się w zakresie 8,1–28,5%. Cecha ta charakteryzowała się najwyższą zmiennością spośród komponentów plonu (współczynnik zmienności 46,4%).

Stwierdzono istotność współczynników korelacji terminu kwitnienia odmian pszenicy z porażeniem kłosa i indeksem fuzariozy kłosów (tab. 4).

Tabela 4

Współczynniki korelacji cech morfologicznych, fuzariozy kłosa oraz redukcji komponentów plonu dla 40 odmian pszenicy ozimej
Coefficients of correlation between morphological characters, *Fusarium* head blight and reductions of yield components for 40 winter wheat cultivars

	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	FDK (%)	Redukcja MZK GWH reduction (%)	Redukcja MTZ TKW reduction (%)
Wysokość Height (cm)	0,228							
Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)	-0,097	-0,463**						
Porażenie kłosa Disease severity (%)	-0,508**	-0,590**	0,618**					
Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	-0,507**	-0,593**	0,633**	0,999**				
FDK (%)	0,010	-0,468**	0,530**	0,828**	0,830**			
Redukcja MZK GWH reduction (%)	0,285	-0,476**	0,529**	0,508**	0,512**	0,708**		
Redukcja MTZ TKW reduction (%)	0,040	-0,381*	0,311	0,573**	0,570**	0,742**	0,773**	
Redukcja masy objętościowej Test weight reduction (%)	0,014	-0,471**	0,416**	0,627**	0,621**	0,684**	0,772**	0,838**

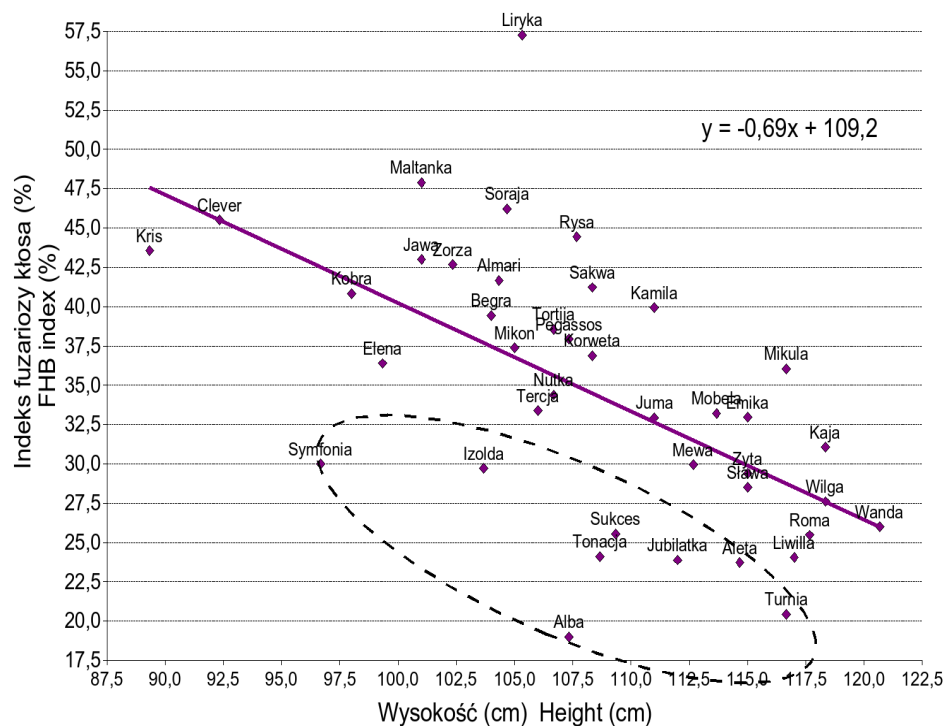
*, ** - istotne dla $\alpha < 0,05$ i $0,01$; *, ** - significant for $P < 0,05$ and $0,01$

FDK - uszkodzenie ziarniaków przez *F. culmorum*; MZK - masa ziarna z kłosa; MTZ - masa 1000 ziarniaków

FDK - Fusarium damaged kernels; GWH - grain weight per head; TKW - 1000 kernels weight

Współczynniki były ujemne, co wskazuje że odmiany późniejsze były słabiej porażane przez chorobę. Cecha ta determinowała 25,7% zmienności indeksu fuzariozy kłosów. Część odmian średnio wczesnych była słabo porażana przez fuzariozę kłosów np. Liwilla, Aleta, Wilga, Symfonia, Izolda, Mewa. Natomiast niektóre późne odmiany były silnie porażane przez chorobę np. Kris, Clever, Almari. Stwierdzono również wyraźną zależność pomiędzy wysokością roślin a fuzariozą kłosów. Wskazuje to, że nasilenie choroby

w dużym stopniu ($r^2 = 35,1\%$) determinowane było przez tę cechę morfologiczną a nie genetyczną odporność odmian. Część odmian wykazała znaczne odchylenie od regresji liniowej (rys. 1). Były to: Symfonia, Izolda, Sukces, Tonacja, Alba, Jubilatka, Aleta, Turnia. Odmiany te charakteryzowały się małą lub średnią wysokością oraz niższymi wartościami indeksu fuzariozy niż inne odmiany o podobnej wysokości.



Rys. 1. Regresja liniowa zależności indeksu fuzariozy kłosa od wysokości roślin pszenicy ozimej ($r = -0,593$; $r^2 = 35,1\%$)

Fig. 1. Linear regression of the FHB index on plant height of winter wheat ($r = -0.593$; $r^2 = 35.1\%$)

Indeks fuzariozy korelował istotnie z redukcjami komponentów plonu oraz stopniem uszkodzenia ziarniaków przez *F. culmorum* (tab. 4). Najwyższy współczynnik znaleziono dla tej ostatniej cechy. Uszkodzenie ziarniaków również korelowało z redukcjami komponentów plonu.

Analizę skupień metodą k -średnich przeprowadzono dla zmiennych charakteryzujących cechy morfologiczne (termin kwitnienia, wysokość), odporność (indeks fuzariozy kłosów, FDK), tolerancję (redukcja MTZ, redukcja masy objętościowej). Do analizy nie wzięto następujących zmiennych: nasilenie fuzariozy kłosów, porażenie kłosa, redukcja MZK. Pierwsza zmienna nie różnicowała istotnie odmian, druga korelowała na poziomie $r = 0,99$ z indeksem fuzariozy kłosów. Natomiast redukcja MZK była zmienną o najmniejszej

wariancji spośród zmiennych charakteryzujących strukturę plonu, a jej wartość zależała od wartości dwóch pozostałych zmiennych (redukcja MTZ, redukcja masy objętościowej).

W wyniku analizy kanonicznej uzyskano trzy istotne statystycznie zmienne kanoniczne. Wyjaśniały one kolejno 55,1; 17,4 i 8,7% zmienności w badanej populacji pszenicy. Na wartość zmiennej Can1 największy wpływ miała redukcja MTZ, FDK i IFK (tab. 5). Na wartość zmiennej Can2 największy wpływ miał termin kwitnienia i wysokość. Wartość zmiennej Can3 zależała głównie od redukcji masy objętościowej.

Tabela 5

Ogólne standaryzowane wagi kanoniczne
General standardized canonical weights

Zmienna — Variable	Can1	Can2	Can3
Termin kwitnienia — Flowering date	0,29	1,91	-1,06
Wysokość — Height (cm)	-0,67	1,49	1,13
Indeks fuzariozy kłosa — FHB index (%)	0,79	1,25	-0,06
FDK (%)	0,81	-0,44	-0,54
Redukcja MTZ — TKW reduction (%)	0,82	0,13	-0,91
Redukcja masy objętościowej — Test weight reduction (%)	0,18	0,55	2,33

FDK — Uszkodzenie ziarniaków przez *F. culmorum*; *Fusarium* damaged kernels

MTZ — Masa 1000 ziarniaków; TKW — 1000 kernels weight

Tabela 6

Wartości zmiennych kanonicznych dla centroidów skupień
Values of canonical variates for the cluster centroids

Skupienie — Cluster	Can1	Can2	Can3
1	-2,88	0,44	0,21
2	1,07	1,40	-0,36
3	4,16	-0,46	5,06
4	-0,04	-3,80	-0,36
5	6,14	-0,39	-2,30

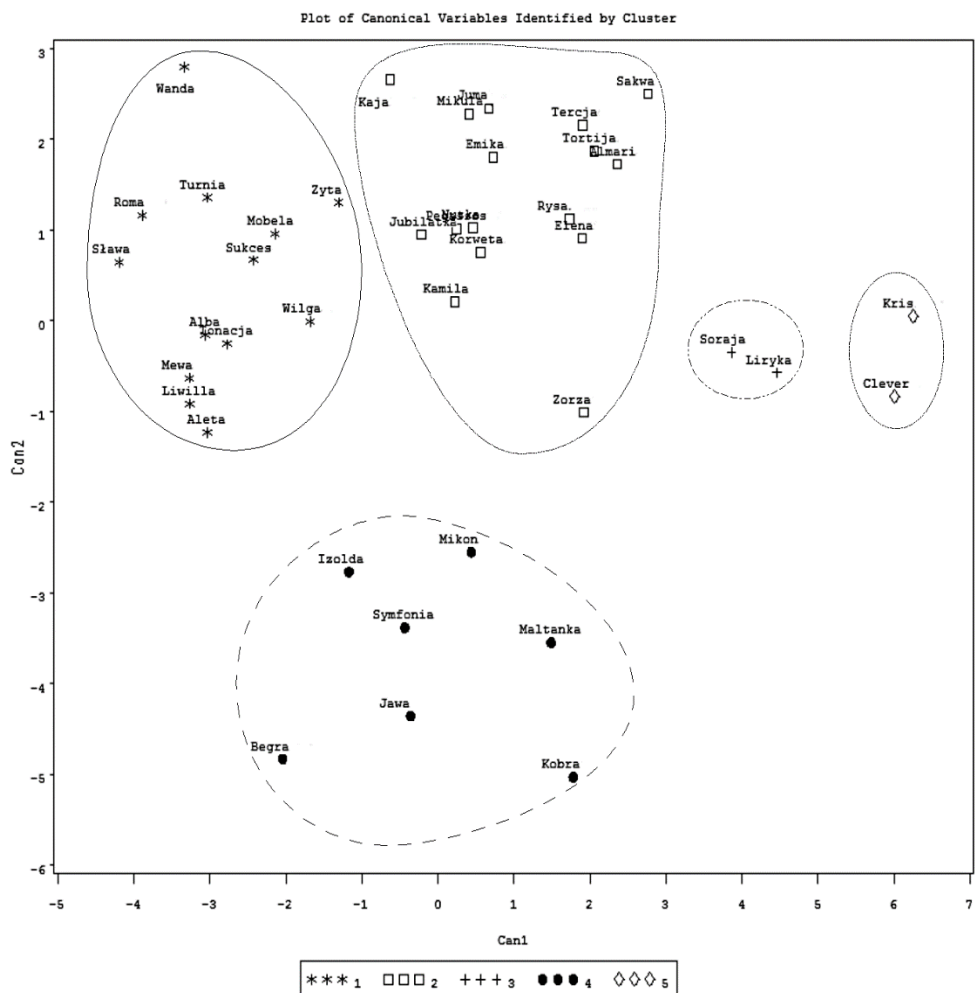
Tabela 7

Statystyki podsumowujące dla skupień
Summary statistics for the clusters

Skupienie Cluster	Liczebność Frequency	Odchylenie standardowe śr. kwadratu Root MS std deviation	Największa odległość od ziarna do obserwacji Max. distance from seed to observation	Najbliższe skupienie Nearest cluster	Odległość między centroidami skupień Distance between cluster centroids
1	13	0,5949	1,92	2	2,65
2	16	0,5327	1,79	4	2,57
3	2	0,6331	1,10	5	3,52
4	7	0,6991	1,98	2	2,57
5	2	0,3343	0,58	3	3,52

Analiza skupień metodą k -średnich pozwoliła na podział odmian pszenicy ozimej na 5 grup (skupień) (rys. 2). Trzy grupy o podobnej liczebności (1, 2, 4) były zbliżone do siebie, natomiast dwie grupy dwuelementowe (3, 5) były w wyraźnym dystansie od pozostałych,

a także od siebie (tab. 7). Wskazuje na to wysoka dla tych skupień wartość zmiennej kanonicznej Can3, nie uwidocznionej na rysunku 1 (tab. 6). Największym zróżnicowaniem elementów charakteryzowały się grupy 4 i 1, nieco mniejszym grupa 2 (tab. 7).



Rys. 2. Wykres dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych przedstawiający przestrzenny układ skupień dla 40 odmian pszenicy ozimej
 Fig. 2. Plot of first two canonical variates illustrating spatial separation of clusters for 40 winter wheat cultivars

- Charakterystyka odmian w poszczególnych skupieniach jest następująca (tab. 8):
- Grupa 1: trzynaście odmian (np. Turnia, Tonacja, Sukces, Zyta). Wczesność powyżej średniej, wysokie, odporne na fuzariozę, małe uszkodzenie ziarniaków przez *F. culmorum*, redukcja komponentów plonu poniżej średniej.
 - Grupa 2: szesnaście odmian (np. Nutka, Pegassos, Korweta). Wczesność powyżej średniej, dość wysokie, średnio podatne na fuzariozę, o dużym uszkodzeniu ziarniaków przez *Fusarium* i średniej redukcji komponentów plonu.
 - Grupa 3: dwie odmiany (Soraja, Liryka). Wczesne, o średniej wysokości, bardzo podatne na fuzariozę, o dużym uszkodzeniu ziarniaków przez *F. culmorum* i bardzo dużej redukcji komponentów plonu.
 - Grupa 4: siedem odmian (np. Begra, Kobra, Symfonia). Wczesne, niskie, podatne na fuzariozę, średnie uszkodzenie ziarniaków przez *F. culmorum*, średnia redukcja komponentów plonu.
 - Grupa 5: dwie odmiany (Kris i Clever). Średnio późne, bardzo niskie, podatne na fuzariozę kłosów, bardzo duże uszkodzenie ziarniaków przez *F. culmorum*, bardzo duża redukcja komponentów plonu.

Tabela 8

Średnie skupień
Cluster means

Skupienie, liczebność Cluster, frequency	Termin kwitnienia Flowering date	Wysokość Height (cm)	<i>Wystąpienie fuzariozy Disease incidence (%)</i>	Porażenie kłosa Disease severity (%)	Indeks fuzariozy kłosa FHB index (%)	FDK (%)	<i>Redukcja MZK GWH reduction (%)</i>	Redukcja MTZ TKW reduction (%)	Redukcja masy objętościo- wej Test weight reduction (%)
1 (13)	43,2	114,4	<i>77,6</i>	32,9	25,9	52,6	<i>58,9</i>	32,2	13,0
2 (16)	43,6	108,8	<i>78,6</i>	46,4	36,6	66,1	<i>68,2</i>	41,4	18,8
3 (2)	38,5	105,0	<i>79,5</i>	64,8	51,8	74,4	<i>70,2</i>	45,2	24,8
4 (7)	39,4	101,3	<i>78,5</i>	48,3	38,3	60,3	<i>60,7</i>	34,8	14,4
5 (2)	44,3	90,8	<i>80,0</i>	55,8	44,6	82,9	<i>79,0</i>	49,1	25,3
Średnia ogólna General mean	42,4	107,3	<i>78,4</i>	43,8	34,6	62,0	<i>64,5</i>	37,8	16,7

Kursywą oznaczono zmienne nie włączone do analizy; Variables written in italics were not included in the analysis
FDK — Uszkodzenie ziarniaków przez *F. culmorum*; MZK — Masa ziarna z kłosa; MTZ — Masa 1000 ziarniaków
FDK — *Fusarium* damaged kernels; GWH — Grain weight per head; TKW — 1000 kernels weight

DYSKUSJA

W oparciu opublikowane do chwili obecnej wyniki badań można przyjąć, że nie występuje specyficzna odporność na poszczególne gatunki *Fusarium* powodujące fuzariozę kłosów. Przedstawiają to zagadnienie np. Van Eeuwijk i wsp. (1995), Miedaner (1997) oraz Mesterhazy i wsp. (1999). W związku z tym uprawnione jest rozszerzenie

wniosków wynikających z badań przedstawionych w niniejszej pracy, na fuzariozę kłosów w znaczeniu ogólnym.

Badane odmiany były średnio podatne na fuzariozę kłosów (IFK = 34,6%), jeżeli porównamy je ze znanymi odpornymi genotypami pszenicy np. Sumai 3 (IFK = 5,0%), Nobeokabouzu (IFK = 6,1%), Frontana (IFK = 11,1%) oraz Arina (IFK = 12,8%) (Góral, 2005). Wystąpiło znaczne zróżnicowanie odmian pod względem tej cechy i znaleziono grupę odmian o niskiej podatności na porażenie kłosa. Minimalny indeks fuzariozy kłosów dla tych odmian wynosił poniżej 20%

Odmiany zostały podzielone na grupy, które można scharakteryzować przy pomocy poszczególnych typów odporności na fuzariozę kłosów (Mesterhazy, 1995, 2002; Miedaner, 1997). W grupie 1 znalazły się odmiany o wysokiej odporności typu I i/lub II, czyli odmiany wykazujące niskie porażenie kłosa. Było ono zróżnicowane od 19,0% dla Alby do 33,2% dla Mobeli. Większość tych odmian wykazała również odporność typu III na porażenie ziarniaków. Część jednakże miała znaczne uszkodzenie ziarniaków mimo słabego porażenia kłosa np. Liwilla, Sukces, Wilga, Aleta. Dwie odmiany z tej grupy — Alba i Liwilla — opisane zostały już wcześniej jako odporne na fuzariozę kłosów (Arseniuk i in., 1999). Należy jednak dodać, że Liwilla miała znaczne porażenie ziarniaków, a obie odmiany charakteryzowały się względnie dużą zawartością mikotoksyny deoksyniwelenolu.

Goliński i wsp. (1999) stwierdzili, że odmiany Aleta, Almari i Begra były odporne na fuzariozę kłosów powodowaną przez *F. avenaceum*, odmiany Kamila i Kobra podatne, a odmiana Maltanka reagowała pośrednio. Autorzy badali uszkodzenie ziarniaków przez *Fusarium* oraz redukcję komponentów plonu. Wyniki uzyskane w niniejszej pracy potwierdzają jedynie odporność odmiany Aleta. Almari znalazła się w grupie 3. odmian o dużym uszkodzeniu ziarniaków i średniej redukcji plonu. Analizując wyniki Golińskiego i wsp. (1999) można zauważyć, że odmiana Almari mimo małego uszkodzenia ziarniaków przez *F. avenaceum* miała jedną z najwyższych zawartości moniliforminy w ziarnie. W przypadku MZK odmiana ta mimo średnio najniższej redukcji tego komponentu, miała w jednej z lokalizacji najwyższy poziom redukcji. Na sprzeczność tych wyników zwracają zresztą uwagę autorzy pracy. Arseniuk i wsp. (1999) stwierdzili, że odmiana Almari mimo średniego porażenia kłosa wykazała znaczną redukcję liczby i masy ziarniaków z kłosa. Odmiana Begra, znalazła się w grupie 4. odmian podatnych, jednakże o średnim uszkodzeniu ziarniaków i redukcji plonu. Spośród tych odmian Begra charakteryzowała się najniższym uszkodzeniem i redukcją komponentów plonu (tab. 2). Redukcja MTZ i masy objętościowej u tej odmiany była, odpowiednio, jedną z najniższych i najniższą wśród wszystkich badanych odmian. W pracy Golińskiego i wsp. (1999) Begra wykazała wyższe od średniej uszkodzenie ziarniaków przez *Fusarium* — wyższe niż określona jako podatna Parada. Podobnie Begra miała najwyższą redukcję MZK i liczby ziarniaków w kłosie (choć dla tych cech nie stwierdzono istotnych różnic). Begra wyróżniała się natomiast małą redukcją MTZ i średnią zawartością moniliforminy. W pracy Arseniuka i wsp. (1999) porażenie kłosa odmiany Begra było średnie dla 13 badanych odmian. Redukcja plonu i porażenie ziarniaków również przyjmowały wartości średnie. Wyjątkiem była redukcja MTZ i akumulacja DON w ziarniakach, które to wartości były poniżej

średniej. Wyniki dla Kamili i Kobry uzyskane przez Golińskiego i wsp. (1999) potwierdziły się w obecnej pracy, natomiast wg Arseniuka i wsp. (1999) odmianę Kamila można określić jako średnio odporną.

Bardzo dużą podatnością wyróżniały się cztery odmiany, które znalazły się w grupach 3 i 4 — Soraja, Liryka, Kris i Clever. Dwie pierwsze są to odmiany wczesne, o średniej wysokości. Można więc stwierdzić, że na uzyskane dla nich wyniki wpływ miał w pierwszym rzędzie brak genetycznej odporności oraz w pewnym stopniu ich wczesność. Ciekawe są dwie pozostałe odmiany, które oprócz dużej podatności na porażenie kłosa, wykazały najwyższe stopień uszkodzenia ziarniaków przez *Fusarium*. Są to formy o skróconej słomie posiadające gen *Rht2* (*Rht-D1b*) (http://genbank.vurv.cz/wheat/pedigree/gene1_2.asp; Skorpik 1991, 2001; Chrпова i in., 2002). Negatywny efekt obecności genów karłowatości *Rht1* i *Rht2* na odporność na fuzariozę kłosów został już opisany w pracy Hilton i wsp. (1999). Autorzy badali wilgotność względną powietrza na poziomie kłosów i wykluczyli wpływ mikroklimatu na rekację linii izogenicznych pszenicy na fuzariozę kłosów. Zarówno wysokość roślin, jak i odporność na fuzariozę kłosów są kontrolowane przez liczne geny, dlatego też trudno postulować istnienie licznych sprzężeń pomiędzy tymi dwiema cechami. Jednakże autorzy stwierdzają, że mimo to najbardziej prawdopodobnym wyjaśnieniem opisanej zależności są sprzężenia. Pomijając negatywny efekt genów karłowatości, należy dodać, że w wielu opublikowanych pracach wskazywano, że już samo skracanie słomy powoduje wzrost nasilenia fuzariozy kłosów i septorioz (Scott i in., 1982; Baltazar i in., 1990; Hilton i in., 1999). W dużym stopniu może to wynikać z łatwiejszego dostępu do kłosów genotypów niskich inokulum *Fusarium*, które rozprzestrzeniane jest z kroplami deszczu (Sutton, 1992).

Analiza rodowodów odmian pszenicy nie daje jasnego obrazu jakie mogą być ewentualne źródła odporności na fuzariozę kłosów (tab. 1, 2). Odmiana Mironowska-808 wykazująca odporność na fuzariozę kłosów (Tomasovic i Javor, 1997) wystąpiła zarówno w rodowodzie odmiany odpornej Liwilla, jak i podatnych Kobra i Rysa. Kilka odmian o identycznym rodowodzie (Jubilatka/SMH-2182) okazało się być odporne do średnio odpornych. Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że źródłem odporności w tej kombinacji jest odporna odmiana Jubilatka. Prawidłowa selekcja w kierunku odporności pozwoliła zachować pozytywne cechy wniesione przez Jubilatkę i uzyskać zestaw odmian o dobrej zdrowotności. W rodowodzie kilku odmian występuje odmiana Lanca, która została określona przez Górala (2005) jako odporna na fuzariozę kłosów. Odporność tego składnika kombinacji krzyżówkowych została utrzymana w odmianach Wilga, Wanda i Sława i w mniejszym stopniu w odmianie Mobela. Ta ostatnia zawiera jednakże w rodowodzie podatną odmianę Begra, będącą z kolei potomstwem bardzo podatnej odmiany Bezostaja 1 (Góral, 2005). O znaczeniu selekcji w materiale hodowlanym o średniej podatności na fuzariozę kłosów świadczą również przykłady innych odmian o zbliżonym rodowodzie a różniących się podatnością np. Aleta i Tercja, Liwilla i Emika.

Prace nad określeniem zawartości mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie badanych odmian pszenicy są w toku i zostaną opublikowane w następnych opracowaniach.

WNIOSKI

1. Odmiany pszenicy ozimej różniły się istotnie statystycznie pod względem podatności na fuzariozę kłosów powodowaną przez *Fusarium culmorum*.
2. Średnie nasilenie fuzariozy kłosów było wysokie oraz znaleziono liczne odmiany o bardzo wysokiej podatności. Wskazuje to na duże zagrożenie upraw pszenicy przez tę chorobę w momencie wystąpienia sprzyjających warunków pogodowych i obecności źródeł inokulum pierwotnego.
3. Znaleziono grupę odmian o niskiej podatności na porażenie kłosa. W przeciętnych warunkach pogodowych występujących w Polsce poziom ich odporności powinien być wystarczający do uzyskania ziarna nieskażonego mikotoksynami.
4. Wysokość odmian pszenicy ozimej miały istotny wpływ na obserwowane nasilenie fuzariozy kłosów. Odmiany niskie były silniej porażane przez chorobę niż odmiany wysokie.
5. Selekcja materiałów hodowlanych na odporność na fuzariozę kłosów pozwala na uzyskanie form o podwyższonej odporności mimo braku znanych źródeł odporności w rodowodzie.

LITERATURA

- Argyris J., TeKrony D. M., VanSanford D. 2001. Effect of *Fusarium graminearum* infection during wheat seed development on seed quality. In: Proceedings of the 2001 National *Fusarium* Head Blight Forum. Erlanger, K. Y., December 8–10, 2001. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 100 — 103.
- Arseniuk E., Foremska E., Góral T., Chełkowski J. 1999. Fusarium head blight reactions and accumulation of deoxynivalenol (DON) and some of its derivatives in kernels of wheat, triticale and rye. *J. Phytopathology* 147: 577 — 590.
- Arseniuk E., Góral T. 2005. Mikotoksyny fuzaryjne w ziarnie zbóż i kukurydzy. *Hodowla Roślin i Nasiennictwo* 3/2005: 27 — 33.
- 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.
- Baltazar B. M., Scharen A. L., Kronstad W. E. 1990. Association between dwarfing genes 'Rht1' and 'Rht2' and resistance to Septoria tritici blotch in winter wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell). *Theoretical and Applied Genetics* 79: 422 — 426.
- 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.
- Bottalico A. 1998. *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles, in Europe. *J. Plant Path.* 80: 85 — 103.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Grausgruber H., Ruckenbauer P. 1996 a. Scab resistance of international wheat germplasm. *Cereal Res. Commun* 24: 195 — 202.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Patschka G., Grausgruber H., Ruckenbauer P. 1996 b. Head blight (*Fusarium* spp.) resistance of wheat cultivars registered in Austria. *Die Bodenkultur* 47: 183 — 190.
- Chełkowski J., Mańka M., Kwaśna H., Visconti A., Goliński P. 1989 *Fusarium sporotrichioides* Sherb., *F. tricinatum* (Corda) Sacc. and *F. poae* (Peck) Wollenw. — cultural characteristics, toxinogenicity and pathogenicity toward cereals. *J. Phytopathology* 124: 155 — 161.
- 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 r. *Biul. IHAR* 164: 207 — 214.

- Chrpova J., Skorpik M., Šip V., Bobkova L. 2002. The presence of Norin 10 dwarfing genes in winter wheat cultivars. Annual Wheat Newsletter, volume 48 [<http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/awn/48/>].
- COBORU. 2002. Lista odmian roślin rolniczych. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wlk.: 220 str.
- COBORU. 2003. Lista odmian roślin rolniczych. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wlk.: 220 str.
- COBORU. 2005. Lista opisowa odmian. Rośliny Rolnicze. Część 1. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wlk.: 26 — 27.
- 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.
- Goliński P., Perkowski J., Kostecki M., Grabarkiewicz-Szczęsna J., Chełkowski J. 1996. *Fusarium* species and *Fusarium* toxins in wheat in Poland — a comparison with neighbour countries. Sydowia 48: 12 — 22.
- Goliński P., Kiecana I., Kaczmarek Z., Kostecki M., Kaptur P., Wiśniewska H., Chełkowski J. 1999. Scab response of selected winter wheat cultivars after inoculation with *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. J. Phytopathol. 147: 717 — 723.
- Goliński P., Kaczmarek Z., Kiecana I., Wiśniewska H., Kaptur P., Kostecki M., Chełkowski J. 2002. *Fusarium* head blight of common Polish winter cultivars — comparison of effects of *Fusarium avenaceum* and *Fusarium culmorum* on yield components. J. Phytopathol. 150: 135 — 141.
- Góral T. 2005. Źródła odporności pszenicy na fuzariozę kłosów powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. Biul. IHAR 235: 115 — 132.
- 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.
- Hilton A. J., Jenkinson P., Hollins T. W., Parry D. W. 1999. Relationship between cultivar height and severity of *Fusarium* ear blight in wheat. Plant Pathology 48: 202 — 208.
- Lemmens M., Buerstmayr H., Ruckebauer P. 1993. Variation in *Fusarium* head blight susceptibility of international and Austrian wheat breeding material. Die Bodenkultur 44: 65 — 78.
- Łacicowa B. 1980. Fuzarioza kłosów pszenicy ozimej w 1979r. Ochrona Roślin 73: 6 — 8.
- Łacicowa B. 1989. *Fusarium* diseases of wheat and triticale in some regions of Eastern Europe. In: Chełkowski J. (ed.): *Fusarium — Mycotoxins, Taxonomy and Pathogenicity*. Elsevier, Amsterdam: 283 — 296.
- Łacicowa B., Wagner A., Kiecana I. 1985. Fuzariozy pszenicy uprawianej na Lubelszczyźnie. Roczn. Nauk Roln. S. E 15: 67 — 86.
- Marasas, W. F. O., Nelson P. E., Toussoun T. A. 1984. Toxigenic *Fusarium* species. Identity and mycotoxicology. Pennsylvania State University Press, University Park, PA, USA.
- Mesterhazy A. 1983. Breeding wheat for resistance to *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. Z. Pflanzenzüchtg. 91: 295 — 311.
- 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., 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.
- Perkowski J. 1999. Badania zawartości toksyn fuzaryjnych w ziarnie zbóż. Roczn. Akademii Roln. w Poznaniu, Rozprawy Naukowe, Zeszyt 295.
- Riley R. T., Norred W. P., Bacon C. W. 1993. Fungal toxins in food. Recent concerns. Annu. Rev. Nutr. 13: 167 — 189.
- SAS Institute. 2004. The SAS system for Windows. Release 9.1.3. SAS Inst., Cary, NC.
- Saur L. 1991. Sources of resistance to head blight caused by *Fusarium culmorum* in bread wheat and related species. Agronomie 11:535 — 541. (in French).

- Scott P. R., Benedikz P. W., Cox C. J. 1982. A genetic study of the relationship between height, time of ear emergence and resistance to *Septoria nodorum* in wheat. *Plant Pathology* 31: 45 — 60.
- 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.
- Skorpik M. (ed.). 1991. Catalogue of wheat varieties with evaluation of important characters.: Czechoslovak Board on Genetic Resources of Cultivated Plants. Research Institute of Crop Production, Prague: 107 p.
- Skorpik M. (ed.). 2001. Common wheat. Reaction to applied gibberellin. Dwarfing genes *Rht*. Winterhardiness. Pedigree of varieties and new breedings. Research Institute of Crop Production, Prague.
- Snijders C. H. A. 1990 b. Genetic variation for resistance to *Fusarium* head blight in bread wheat. *Euphytica* 50: 171 — 179.
- Tomasovic S., Javor P. 1997. Improvement of resistance to *Fusarium* head blight (*Fusarium graminearum* Schw.) in common wheat at the Bc Institute-Zagreb. *Annual Wheat Newsletter* 43.
- 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.
- Wakuliński W., Chełkowski J. 1993. *Fusarium* species causing scab of wheat, rye and triticale in Poland. *Hod. Rośl. Aklim. (Special Edition)* 37 (4): 137 — 142.
- Wiśniewska H., Kowalczyk K. 2005. Resistance of cultivars and breeding lines of spring wheat to *Fusarium culmorum* and powdery mildew. *J. Appl. Genet.* 46: 35 — 40.
- Strony internetowe:
- Commission Regulation (EC) No 466/2001 of 8 March 2001. setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs [http://europa.eu.int/comm/food/fs/sfp/fcr/fcr02_en.pdf].
- Rozporządzenie komisji (WE) Nr 856/2005 z dnia 6 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie nr 466/2001 w odniesieniu do toksyn *Fusarium* [http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/site/pl/oj/2005/l_143/l_14320050607p100030008.pdf]
- Wheat Pedigree and Identified Alleles of Genes On Line, weryfikacja: 2005. <http://genbank.vurv.cz/wheat/pedigree/>.
- Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Rejestracja odmian, weryfikacja: 2006. <http://www.coboru.pl/>.