

TOMASZ GÓRAL**DOROTA WALENTYN-GÓRAL**

Zakład Fitopatologii

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Radzików

Zróznicowanie podatności odmian pszenicy ozimej i jarej na fuzariozę kłosów badanych w latach 2009–2016. Komunikat

Variation for resistance to *Fusarium* head blight in winter and spring wheat varieties studied in 2009–2016. Short communication

W latach 2009–2016 w doświadczeniach infekcyjnych badano podatność na fuzariozę kłosów ogółem 142 odmian pszenicy ozimej oraz 53 odmian pszenicy jarej. Kłosa zakażano sztucznie izolatami *Fusarium culmorum*. Ze względu na duże zróżnicowanie średniego nasilenia fuzariozy kłosów w kolejnych latach, wartości indeksów fuzariozy kłosów w poszczególnych latach poddano standaryzacji. Z wartości standaryzowanych wyliczono średnie wieloletnie dla odmian. Wśród odmian pszenicy ozimej najmniejszą podatność na fuzariozę kłosów wykazały wzorce odporne oraz odmiany Fregata, Olivin, Petrus, Turnia, Nateja, Piko i Dorota. Najbardziej podatne na fuzariozę kłosów były odmiany: Muszelka, Rapsodia, Kris, Kampana, Bagou, Belenus, Alcazar, Torrild, Banderola, Forkida. Wśród odmian pszenicy jarej najmniejszą podatność na fuzariozę kłosów wykazały również wzorce odporne oraz odmiany Pasteur, Jasna, Histra, Raweta i Izera. Najbardziej podatne były odmiany pszenicy twardej: SMH 87 i Strongfield oraz pszenicy zwyczajnej Banti, Nawra, Griwa, Radocha, Cytra i Helia.

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

In 2009–2016 in the field experiments resistance to *Fusarium* head blight of 142 varieties of winter wheat and 53 varieties of spring wheat was evaluated. Wheat heads were inoculated with *Fusarium culmorum* isolates. Due to the large diversity of medium severity of *Fusarium* head blight in subsequent years, the values of the *Fusarium* head blight indexes in different years were standardized. With the standardized value, averages for individual varieties were calculated. Among winter wheat varieties, the highest resistance to *Fusarium* head blight showed resistant check varieties and varieties 'Fregata', 'Olivin', 'Petrus', 'Turnia', 'Nateja', 'Piko' and 'Dorota'. The most susceptible to *Fusarium* head blight were varieties: 'Muszelka', 'Rapsodia', 'Kris', 'Kampana', 'Bagou', 'Belenus', 'Alcazar', 'Torrild', 'Banderola' and 'Forkida'. Among the varieties of spring wheat, the highest resistance to *Fusarium* head blight also showed resistant check varieties and varieties 'Pasteur',

;Jasna', 'Histra', 'Raweta', 'Izera'. The most susceptible were varieties of durum wheat: 'SMH 87', and 'Strongfield' and bread wheat 'Banti', 'Nawra', 'Griwa', 'Radocha', 'Cytra' and 'Helia'.

Key words: *Fusarium culmorum*, Fusarium head blight, resistance, varieties, wheat

Fuzarioza kłosów pszenicy jest chorobą powodowaną przez liczne gatunki grzybów z rodzaju *Fusarium*. W wielu krajach Europy w ostatnich latach choroba ta stanowi problem w uprawie pszenicy (Snijders, 2004; Miller, 2008; van der Fels-Klerx i in., 2012). Grzyby powodujące fuzariozę kłosów wytwarzają szkodliwe toksyczne metabolity — mykotoksyny, będące głównym źródłem zagrożenia dla zdrowia ludzi i zwierząt ze strony sprawców tej choroby (Bottalico i Perrone, 2002). Nasilenie fuzariozy kłosów zależy od wielu czynników, w tym od warunków meteorologicznych podczas kwitnienia, a także czynników agrotechnicznych (odporność odmian, sposób uprawy gleby, przedplon itp.) (West i in., 2012; Czaban i in., 2015). Na zawartość mykotoksyn w ziarnie wpływ ma obecność grzyba powodującego chorobę a także warunki atmosferyczne po kwitnieniu do momentu zbioru ziarna (Xu i in., 2007). Grzyby powodujące fuzariozę kłosów można zwalczać stosując ochronę chemiczną przy użyciu fungicydów (Haidukowski i in., 2005). Warunkiem ich skuteczności jest jednakże właściwy termin zastosowania — po wykłoszeniu (jeżeli warunki sprzyjają infekcji) do fazy dojrzałości wodnej ziarna (jeżeli zaobserwuje się pierwsze objawy choroby) (Heier i Jain, 2005; Nakajima, 2010). Substancje aktywne stosowanych środków grzybobójczych mają nie tylko wpływ na ograniczanie porażenia kłosa, ale także na poziom zawartości mykotoksyn w ziarnie. W warunkach sprzyjających rozwojowi sprawców fuzariozy kłosów (podatne odmiany, warunki meteorologiczne, niewłaściwy przedplon) ochrona chemiczna ogranicza rozwój grzybów. Rozwój choroby i tym samym późniejsze porażenie ziarna można ograniczać poprzez odpowiednią kombinację czynników agrotechnicznych (Bernhoft i in., 2012; Blandino i in., 2017). Jest to istotne w obliczu wdrażania w Polsce integrowanej ochrony roślin. Uprawa odmian odpornych (lub średnio podatnych), stosowanie zmianowania (unikanie monokultury zbożowej), właściwy przedplon (resztki poźniwe kukurydzy są jednym z głównych źródeł zarodników *Fusarium*), pełna uprawa gleby — to czynniki zmniejszające możliwość rozwoju choroby (Dill-Macky i Jones, 2000; Bateman i in., 2007; Hofgaard i in., 2016). Uzyskanie wiarygodnych danych dotyczących odporności odmian na fuzariozę kłosów wymaga przeprowadzenia serii doświadczeń z zastosowaniem sztucznego zakażenia grzybami *Fusarium* (Mesterhazy, 2002; Mesterhazy i in., 2006). Naturalna infekcja jest powodowana przez różne gatunki *Fusarium* i w polskich warunkach klimatycznych jest w większości przypadków zbyt słaba, aby różnicować odmiany pod względem odporności.

W IHAR — PIB w Radzikowie w latach 2009–2016 prowadzono polowe doświadczenia infekcyjne z odmianami pszenicy ozimej i jarej. Ogólnie przebadano 142 odmiany ozime oraz 53 jare, w tym 97 oraz 46 testowano w co najmniej 2 doświadczeniach (tab. 1). Jako wzorce odporne wykorzystano linie pszenicy ozimej: UNG 136.6.1.1 z genem

odporności *Fhb1*, 20828 uzyskana z krzyżowania z Sumai 3 nie posiadająca genu *Fhb1* oraz odmianę Arina (Buerstmayr i in., 1999, 2008; Paillard i in., 2004). W przypadku pszenicy jarej wzorcami były: odmiana Sumai 3 zawierająca gen odporności *Fhb1*, odmiana japońska Nobeokabouzu z genem odporności *QFhs.kibr-2DS*, linie chińskie CJ 9306, CJ 9311 zawierające geny *Fhb1* i *QFhs.nau-2DL* (Jiang i in., 2001, 2006, 2007; Handa i Ban, 2008; Buerstmayr i in., 2009). Kłosa pszenicy zakażano w fazie pełni kwitnienia zawieszając zarodników agresywnych izolatów *F. culmorum* (Góral, 2005; Wiśniewska i in., 2014). Oceniano stopień porażenia kłosów oraz liczbę kłosów porażonych na pojedynczym poletku. Z tych wartości wyliczono indeks fuzariozy kłosów (IFK) odzwierciedlający procentowy udział porażonych kłosków we wszystkich kłosach na poletku na podstawie wzoru:

$$IFK = (\% \text{ porażenia kłosa} \times \% \text{ kłosów porażonych na poletku}) / 100.$$

Ze względu na duże zróżnicowanie średniego nasilenia fuzariozy kłosów w kolejnych latach, wartości indeksów fuzariozy kłosów w poszczególnych latach poddano standaryzacji zgodnie z wzorem: $(IFK_i - \overline{IFK}) / \sigma$, gdzie IFK_i — wartość IFK dla danej odmiany, \overline{IFK} — wartość średnia w danym roku, σ — odchylenie standardowe (tab. 1). Z wartości standaryzowanych wyliczono średnie wieloletnie dla poszczególnych odmian.

Reakcja odmian pszenicy ozimej i jarej na sztuczne zakażanie kłosów *F. culmorum* była zbliżona (tab. 1). Większa zmienność reakcji odmian pszenicy jarej wynikała z wysokiej odporności jarych odmian wzorcowych, wyższej niż odmian wzorcowych pszenicy ozimej.

Tabela 1
Średnie indeksy fuzariozy kłosów oraz statystyki (minimum, maksimum, odchylenie standardowe) dla odmian pszenicy ozimej i jarej badanych w doświadczeniach infekcyjnych w latach 2009–2016
Mean Fusarium head blight indexes (FHBi) and statistics (minimum, maximum, standard deviation) for winter and spring wheat varieties evaluated in infection experiments in 2009–2016

Rok Year	Liczba odmian No. of varieties	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Średni IFK Mean FHBi	Odchylenie standardowe Standard deviation
Pszenica ozima — Winter wheat					
2009	95	12,4	58,5	35,1	10,504
2010	72	1,3	40,0	19,6	9,614
2011	54	1,0	29,3	15,1	6,529
2012	60	5,3	66,7	35,5	12,132
2013	53	5,0	40,4	24,1	7,676
2014	76	0,5	44,0	24,6	8,666
2015	73	0	37,3	15,4	9,310
2016	90	6,7	53,3	31,7	9,094
Pszenica jara — Spring wheat					
2009	31	0	74,0	45,5	20,181
2010	31	0	52,0	29,4	15,736
2011	34	0	38,3	19,0	9,603
2012	35	0	50,7	26,4	13,636
2013	33	0	32,7	13,0	7,736
2014	34	0	53,3	29,9	13,571
2015	37	0	45,3	15,3	10,426
2016	39	0,3	61,3	34,3	14,909

Wśród odmian pszenicy ozimej najmniejszą podatność na fuzariozę kłosów wykazały wzorce odporne: linia UNG 136.6.1.1, linia 20828, odmiana Arina (tab. 2). Spośród odmian najmniej podatna na fuzariozę kłosów była odmiana Fregata oraz Olivin, Petrus, Turnia, Nateja, Piko i Dorota. Mało podatne na porażenie przez *F. culmorum* były również odmiany Ramanus, Solitar i Symfonia, jednakże były one badane tylko w jednym roku. Najbardziej podatne na fuzariozę kłosów były odmiany: Muszelka, Rapsodia, Kris, Kampana, Bagou, Belenus, Alcazar, Torrild, Banderola, Forkida. Spośród odmian badanych tylko w jednym roku odmiany podatne były: Bona Vita, Bertold, Clever i Kalman.

Tabela 2

Odporność odmian pszenicy ozimej na fuzariozę kłosów badana w doświadczeniach infekcyjnych latach 2009–2016
Resistance of winter wheat varieties to Fusarium head blight evaluated in infection experiments in the years 2009–2016

L.p. No.	Odmiana Varieties	Standaryzowany IFK ¹ Standardised FHB index ¹	Lata badań ² Exp. years ²	L.p. No.	Odmiana Varieties	Standaryzowany IFK ¹ Standardised FHB index ¹	Lata badań ² Exp. years ²
1	2	3	4	5	6	7	8
1	UNG 136.6.1.1	-2,271	6	72	Consus	0,038	1
2	20828	-2,160	7	73	KWS Magic	0,045	3
3	Fregata	-1,984	7	74	Fakir	0,063	2
4	Arina	-1,712	3	75	Bockris	0,068	4
5	Ramanus	-1,544	1	76	Ludwig	0,076	8
6	Solitar	-1,440	1	77	Natula	0,080	6
7	Olivin	-1,436	8	78	Baletka	0,095	6
8	Petrus	-1,379	5	79	Nadobna	0,110	2
9	Turnia	-1,215	5	80	Kepler	0,118	6
10	Symfonia	-1,201	1	81	RGT Kilimanjaro	0,129	1
11	Nateja	-1,136	8	82	Position	0,142	1
12	Piko	-1,124	4	83	Hybrid	0,150	3
13	Alba	-1,105	1	84	Kobra Plus	0,165	1
14	Dorota	-1,086	8	85	Bystra	0,170	4
15	Centrum	-0,961	1	86	Tobak	0,174	1
16	Liwilla	-0,953	1	87	Satyna	0,191	3
17	Kranich	-0,929	7	88	Biscay	0,197	1
18	Legenda	-0,762	8	89	Bogatka	0,239	9
19	Muza	-0,745	3	90	Smaragd	0,243	7
20	Arktis	-0,714	3	91	Rubens	0,245	1
21	Rywalka	-0,696	3	92	Florus	0,249	1
22	Sukces	-0,688	8	93	Linus	0,274	3
23	Tonacja	-0,687	8	94	Janosch	0,279	1
24	Silenus	-0,686	1	95	Batuta	0,287	8
25	Delawar	-0,686	1	96	Buteo	0,348	2
26	Leandrus	-0,686	1	97	Nutka	0,360	3
27	Skalmeje	-0,684	6	98	Belissa	0,400	1
28	Lavantus	-0,641	1	99	Izyda	0,421	1
29	Empire	-0,626	1	100	Tulecka	0,445	4
30	Hondia	-0,625	1	101	Julius	0,454	1
31	Ostroga	-0,576	8	102	Türkis	0,455	8
32	Finezja	-0,570	1	103	Wydma	0,463	8
33	Meteor	-0,559	8	104	Artist	0,531	2
34	Akteur	-0,494	8	105	Astoria	0,552	4

c. d. Tabela 2

1	2	3	4	5	6	7	8
35	Platin	-0,489	4	106	Elipsa	0,553	4
36	Begra	-0,458	1	107	Figura	0,567	7
37	Kobiera	-0,453	2	108	Flair	0,645	1
38	Anthus	-0,446	7	109	Franz	0,702	1
39	Henrik	-0,395	6	110	Praktik	0,723	4
40	Leiffer	-0,378	1	111	Jantarka	0,760	6
41	Askalon	-0,368	7	112	JS Spirella	0,762	1
42	Pokusa	-0,324	1	113	KWS Ozon	0,784	5
43	Zyta	-0,315	8	114	Naridana	0,801	8
44	Kohelia	-0,310	8	115	Cubus	0,877	2
45	Ostka Strzelecka	-0,297	8	116	Almari	0,884	1
46	Skagen	-0,294	6	117	Bamberka	0,894	7
47	Fidelius	-0,283	6	118	Trend	0,900	1
48	Estivus	-0,270	4	119	Kredo	0,905	4
49	Oxal	-0,261	4	120	Arkadia	0,907	4
50	Mewa	-0,251	8	121	Liryka	0,932	1
51	Boomer	-0,250	8	122	Toras	0,960	2
52	Sława	-0,234	1	123	Slade	0,969	7
53	Rotax	-0,233	1	124	KWS Dacanto	0,988	4
54	Meister	-0,194	4	125	JS Questor	1,003	1
55	Hermann	-0,170	1	126	Galvano	1,061	4
56	Sailor	-0,167	4	127	Smuga	1,142	8
57	Look	-0,164	5	128	Tortija	1,188	1
58	Garantus	-0,143	7	129	Forkida	1,211	6
59	Markiza	-0,131	8	130	Banderola	1,213	6
60	Korweta	-0,093	2	131	Kalman	1,245	1
61	Patras	-0,083	3	132	Torrild	1,256	6
62	Mulan	-0,081	8	133	Alcazar	1,275	8
63	Jenga	-0,080	7	134	Belenus	1,286	7
64	Enorm	-0,058	1	135	Bagou	1,391	5
65	Speedway	-0,056	3	136	Kampana	1,423	7
66	Forum	-0,046	4	137	Kris	1,661	3
67	KWS Livius	-0,027	2	138	Clever	1,667	1
68	Mikula	-0,023	3	139	Bertold	1,727	1
69	Operetka	-0,022	5	140	Rapsodia	1,839	2
70	KWS Dakota	0,008	1	141	Bona Vita	1,969	1
71	Zawisza	0,011	6	142	Muszelka	2,071	8

¹ Średnia ze standaryzowanych indeksów fuzariozy kłosów w poszczególnych latach badań; ² liczba doświadczeń infekcyjnych, w których badano daną odmianę

¹ Average of standardized FHB indexes in individual years of research; ² Number of infection experiments in which the variety was evaluated

Wśród odmian pszenicy jarej najmniejszą podatność na fuzariozę kłosów wykazały wzorce odporne: odmiana Sumai 3, linie CJ 9306, CJ 9311 i odmiana Nobeokabozu oraz odmiany Pasteur, Jasna, Histra, Raweta, Izera (tab. 3). Najbardziej podatne były odmiany pszenicy twardej: SMH 87, Strongfield oraz pszenicy zwyczajnej Banti, Nawra, Griwa, Radocha, Cytra i Helia. Podatne były również badane w jednym roku odmiany: Vinjett, Zebra, WPB Skye i Nimfa.

Wyniki uzyskane dla pszenicy ozimej i jarej porównano z danymi publikowanymi przez Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych w ramach porejestrowych doświadczeń odmianowych (PDO) z lat 2006–2016 (<http://coboru.pl/DR/pdopublikacje/centralne.aspx>). Doświadczenia prowadzone były w kilku do kilkudziesięciu lokalizacji

na terenie Polski. Nasilenie fuzariozy kłosów oceniano na poletkach, na których nie stosowano ochrony fungicydowej i kłosy pszenicy podlegały naturalnej infekcji grzybami z rodzaju *Fusarium*. Obliczono współczynniki korelacji pomiędzy standaryzowanymi IFK (tab. 2, 3) a stopniem porażenia odmian w poszczególnych latach określonym jako odchylenie od wartości dla wzorca w skali 9°.

Tabela 3

Odporność odmian pszenicy jarej na fuzariozę kłosów badana w doświadczeniach infekcyjnych latach 2009—2016

Resistance of spring wheat varieties to *Fusarium* head blight evaluated in infection experiments in the years 2009–2016

L.p. No.	Odmiana Cultivar	Standaryzowany IFK ¹ Standardised FHB index ¹	Lata badań ² Exp. years ²
1	2	3	4
1	CJ 9311	-1,968	7
2	Sumai 3	-1,951	9
3	Nobeokabouzu	-1,911	7
4	CJ 9306	-1,878	6
5	Raweta	-0,893	8
6	Pasteur	-0,775	4
7	Jasna	-0,728	5
8	Torka	-0,728	8
9	Histra	-0,714	5
10	Izera	-0,534	5
11	Żura	-0,289	8
12	Goplana	-0,275	2
13	Bryza	-0,234	5
14	Kamelia	-0,217	2
15	Łągwa	-0,208	7
16	Trappe	-0,194	8
17	Zadra	-0,166	8
18	Ostka Smolicka	-0,105	7
19	Serenada	-0,076	2
20	Bombona	-0,030	8
21	Arabella	-0,026	4
22	KWS Torridon	-0,014	5
23	Hezja	-0,014	3
24	Monsun	0,003	8
25	Partyzan	0,035	4
26	Radunia	0,040	3
27	Korynta	0,047	8
28	Mandaryna	0,069	3
29	Brawura	0,122	1
30	Koksa	0,213	8
31	Struna	0,256	4
32	Waluta	0,299	7
33	Arabeska	0,368	2
34	Varius	0,382	1
35	Kandela	0,414	7
36	Tybalt	0,477	6
37	Rusałka	0,561	1
38	Katoda	0,609	8
39	Parabola	0,613	8
40	Harenda	0,633	2

1	2	3	4
41	Hewilla	0,731	6
42	Nimfa	0,740	1
43	WPB Skye	0,740	1
44	Helia	0,820	3
45	Zebra	0,849	1
46	Cytra	0,960	8
47	Radocha	0,975	6
48	Griwa	0,988	8
49	Vinjett	1,262	1
50	Nawra	1,285	8
51	Banti	1,458	6
52	SMH 87 ³	1,466	5
53	Strongfield ³	1,562	5

¹ Średnia ze standaryzowanych indeksów fuzariozy kłosów w poszczególnych latach badań; ² liczba doświadczeń infekcyjnych, w których badano daną odmianę; ³ Pszenica twarda

¹ Average of standardized FHB indexes in individual years of research; ² Number of infection experiments in which the variety was evaluated; ³ Durum wheat

W przypadku pszenicy ozimej wszystkie współczynniki były istotne statystycznie i przyjmowały wartości od $r = -0,356$ (2016) do $r = -0,776$ (2009). Dla średniego stopnia porażenia z lat 2006–2016 współczynnik korelacji wyniósł $r = -0,584$. Jeżeli chodzi o pszenicę jara, to współczynniki korelacji przyjmowały wartości od $r = -0,002$ (2015) do $r = 0,805$ (2009). Współczynniki korelacji dla stopnia porażenia określonego w latach 2006, 2014–2016 były nieistotne statystycznie. Dla średniego stopnia porażenia z lat 2006–2016 współczynnik korelacji wyniósł $r = -0,659$.

Istotność większości współczynników korelacji wskazuje, że dane publikowane przez COBORU mogą być dobrym wskaźnikiem odporności odmian pszenicy na fuzariozę kłosów. Wyniki te jednakże pochodzą z doświadczeń prowadzonych w kilku lub nawet kilkudziesięciu lokalizacjach w jednym roku. W przypadku prowadzenia oceny podatności odmian pszenicy na fuzariozę kłosów w oparciu o naturalną infekcję duża liczba lokalizacji jest niezbędna ze względu na bardzo duży wpływ pogody (opady, wilgotność temperatura) na występowanie oraz nasilenie tej choroby (Xu i in., 2007; West i in., 2012; Czaban i in., 2015). Zastosowanie sztucznego zakażenia kłosów pozwala uzyskać wiarygodne wyniki z doświadczeń w ograniczonej liczbie lokalizacji (Mesterhazy i in., 2006).

LITERATURA

- Bateman G. L., Gutteridge R. J., Gherbawy Y., Thomsett M. A., Nicholson P. 2007. Infection of stem bases and grains of winter wheat by *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and effects of tillage method and maize-stalk residues. *Plant Pathol.* 56: 604 — 615.
- Bernhoft A., Torp M., Clasen P. E. E., Løes A.K., Kristoffersen A. B. 2012. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway. *Food Addit. Contam. Part A: Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 29: 1129 — 1140.
- Blandino M., Scarpino V., Sulyok M., Krska R. 2017. Effect of agronomic programmes with different susceptibility to deoxynivalenol risk on emerging contamination in winter wheat. *Eur J. Agron.* 85: 12 — 24.

- Bottalico A., Perrone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 108: 611 — 624.
- Buerstmayr H., Ban T., Anderson J.A. 2009. QTL mapping and marker-assisted selection for *Fusarium* head blight resistance in wheat: A review. *Plant Breed.* 128: 1 — 26.
- Buerstmayr H., Lemmens M., Berlakovich S., Ruckebauer P. 1999. 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., Schmolke M., Zimmermann G., Hartl L., Mascher F., Trotter M., Gosman N. E., Nicholson P. 2008. Multi-environment evaluation of level and stability of FHB resistance among parental lines and selected offspring derived from several European winter wheat mapping populations. *Plant Breed.* 127: 325 — 332.
- Czaban J., Wróblewska B., Sulek A., Mikos M., Boguszevska E., Podolska G., Nieróbca A. 2015. Colonisation of winter wheat grain by *Fusarium* spp. and mycotoxin content as dependent on a wheat variety, crop rotation, a crop management system and weather conditions. *Food Addit. Contam. Part A: Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 32: 874 — 910.
- Dill-Macky R., Jones R. K. 2000. The effect of previous crop residues and tillage on *Fusarium* head blight of wheat. *Plant Dis.* 84: 71 — 76.
- Fels-Klerx H. J. van der Olesen J. E., Madsen M. S., Goedhart P. W. 2012. Climate change increases deoxynivalenol contamination of wheat in north-western Europe. *Food Addit. Contam. Part A: Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 29: 1593 — 604.
- Góral T. 2005. Źródła odporności pszenicy na fuzariozę kłosa powodowaną przez *Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. *Biul. IHAR* 235: 115 — 131.
- Haidukowski M., Pascale M., Perrone G., Pancaldi D., Campagna C., Visconti A. 2005. Effect of fungicides on the development of *Fusarium* head blight, yield and deoxynivalenol accumulation in wheat inoculated under field conditions with *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum*. *J. Sci. Food Agric.* 85: 191 — 198.
- Handa H., Ban T. 2008. Relationship between plant height and *Fusarium* head blight resistance for the QTL on the wheat chromosome 2DS. The 11th International Wheat Genetics Symposium Proceedings. 24-29 August 2008, Brisbane, Qld., Australia. Sydney University Press.
- Heier T., Jain, S. 2005. Influence of N-fertilization and fungicide strategies on *Fusarium* head blight severity and mycotoxin content in winter wheat. *J. Phytopathol.* 557: 551 — 557.
- Hofgaard I. S., Seehusen T., Aamot, H. U., Riley H., Razzaghian J., Le, V.H., Hjelkrem A.G.R., Dill-Macky R., Brodal G. 2016. Inoculum potential of *Fusarium* spp. relates to tillage and straw management in Norwegian fields of spring oats. *Front. Microbiol.* 7: 1 — 15.
- Jiang G.-L., Dong Y., Shi, J., Ward R.W. 2007. QTL analysis of resistance to *Fusarium* head blight in the novel wheat germplasm CJ 9306. II. Resistance to deoxynivalenol accumulation and grain yield loss. *Theor. Appl. Genet.* 115: 1043 — 52.
- Jiang G., Siler L., Lewis J., Ward R. 2001. Greenhouse evaluation for resistance to *Fusarium* head blight in wheat. Proceedings of the 2001 National *Fusarium* Head Blight Forum. December 8-10, 2001, Erlanger, KY, USA, ss. 245 — 250.
- Jiang G. L., Huang D. C., Shen Q. Q., Yang Z. L., Lu, W., Shi, J., Zhu H., Chen Z., Ward R. 2006. Registration of wheat germplasm CJ W14 and CJ 9306 highly resistant to *Fusarium* head blight. *Crop Sci.* 46: 2326 — 2328.
- Mesterhazy A. 2002. Theory and practice of the breeding for *Fusarium* head blight resistance in wheat. *J. Appl. Genet.* 43A: 289 — 302.
- Mesterhazy A., Toth B., Kaszonyi G. 2006. Sources of “environmental interactions” in phenotyping and resistance evaluation; Ways to neutralize them. In: Ban T., Lewis J.M., Phipps E.E. (Eds.), *The global Fusarium initiative for international collaboration — strategic planning workshop held at CIMMYT: El Batán, Mexico, 14–17 March 2006*: 84 — 92.
- Miller J. D. 2008. Mycotoxins in small grains and maize: old problems, new challenges. *Food Addit. Contam. Part A Chem. Anal. Control Expo. Risk Assess.* 25: 219 — 30.

- Nakajima T. 2010. Fungicides application against *Fusarium* head blight in wheat and barley for ensuring food safety. In: O. Carisse, red. Fungicides. Rijeka, Croatia: InTech Europe. pp. 140 — 156.
- Paillard S., Schnurbusch T., Tiwari R., Messmer M., Winzeler M., Keller B., Schachermayr G. 2004. QTL analysis of resistance to *Fusarium* head blight in Swiss winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Theor. Appl Genet.* 109: 323 — 332.
- Snijders C. H. A. 2004. Resistance in wheat to *Fusarium* infection and trichothecene formation. *Toxicol. Lett.* 153: 37 — 46.
- West J. S., Holdgate S., Townsend J. A., Edwards S. G., Jennings P., Fitt B. D. L. 2012. Impacts of changing climate and agronomic factors on *Fusarium* ear blight of wheat in the UK. *Fungal Ecol.* 5: 53 — 61.
- Wiśniewska H., Góral T., Ochodzki P., Walentyn-Góral D., Kwiatek M., Majka M., Grzeszczak I., Belter J., Banaszak Z., Pojmaj M., Kurlito D., Marcin Konieczny M., Budzianowski G., Cicha A., Paizert K., Woś H. 2014. Odporność rodów hodowlanych pszenżyta ozimego na fuzariozę kłosów. *Biul. IHAR* 271: 29 — 43.
- Xu X. M., Monger W., Ritieni A., Nicholson P. 2007. Effect of temperature and duration of wetness during initial infection periods on disease development, fungal biomass and mycotoxin concentrations on wheat inoculated with single, or combinations of *Fusarium* species. *Plant Pathol.* 56: 943 — 956.