

The effectiveness of tebuconazole and thiophanate-methyl in reducing the *Fusarium* pathogens development on winter wheat heads

Skuteczność tebukonazolu i tiofanatu metylu w ograniczaniu rozwoju patogenów rodzaju *Fusarium* na kłosach pszenicy ozimej

Urszula Wachowska, Wioletta Mikołajczyk, Katarzyna Kucharska

Summary

In 2010–2011 a field plot experiment was conducted to determine the effectiveness of tebuconazole and thiophanate-methyl in reducing the severity of *Fusarium* ear blight on winter wheat. The effect of fungicides on changes in the community structure of filamentous fungi colonizing wheat grain was also analyzed. Reduction in the linear growth of *Fusarium culmorum* was estimated under *in vitro* conditions.

In the second year of the studies, as a *Fusarium* ear blight occurred at epidemic level, the disease was effectively controlled with tebuconazole and thiophanate-methyl. In 2010, less abundant communities of *Fusarium* fungi were isolated from the grain of wheat plants protected with tebuconazole and thiophanate-methyl, as compared with the control treatment. Tebuconazole inhibited the growth of the epiphytic species *F. culmorum*, whereas thiophanate-methyl exerted an inhibitory effect on *F. poae*. Under *in vitro* conditions, the linear growth of *F. culmorum* colonies was inhibited by tebuconazole.

Key words: winter wheat, thiophanate-methyl, tebuconazole, *Fusarium*

Streszczenie

W latach 2010–2011, w badaniach polowych oszacowano skuteczność tiofanatu metylu i tebukonazolu w ograniczeniu fuzariozy kłosów pszenicy ozimej. Analizowano również zmiany zachodzące pod wpływem fungicydów w strukturze zbiorowisk grzybów strzępkowych zasiedlających ziarno. W warunkach *in vitro* oceniano redukcyjne oddziaływanie fungicydów na liniowy wzrost patogenu *Fusarium culmorum*.

W drugim roku badań, przy epidemicznym wystąpieniu fuzariozy kłosów, tebukonazol i tiofanat metylu ograniczały jej nasilenie. W roku 2010 z ziarna roślin chronionych tebukonazolem i tiofanatem metylu wyosobniono mniej liczne zbiorowisko grzybów rodzaju *Fusarium* w porównaniu z kontrolą. Tebukonazol ograniczał rozwój głównie epifitycznego gatunku *F. culmorum*, inhibicyjne oddziaływanie tiofanatu metylu skierowane było przede wszystkim w stosunku do *F. poae*. W warunkach *in vitro* wyraźne inhibicyjne oddziaływanie na wzrost liniowy kolonii gatunku *F. culmorum* wykazał tebukonazol.

Słowa kluczowe: pszenica ozima, tiofanat metylu, tebukonazol, *Fusarium*

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Fitopatologii i Entomologii
Prawocheńskiego 17, 10-720 Olsztyn
urszula.wachowska@uwm.edu.pl

Wstęp / Introduction

Fuzarioza kłosów uznawana jest za jedną z najgroźniejszych chorób pszenicy zagrażającą uprawom tego zboża na całym świecie. Spośród kilkunastu gatunków nekrotroficznych patogenów rodzaju *Fusarium* najczęściej opisywane są: *F. graminearum*, *F. culmorum* (teleomorfa *Giberella zaeae*), *F. poae*, *F. avenaceum* (teleomorfa *G. avenacea*) i *F. sporotrichioides* (Parry i wsp. 1995; Jones 2000; Pirgozliev i wsp. 2002; Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2007; Müllenborn i wsp. 2008; Lenc i Sadowski 2011; Lenc i wsp. 2011). Fuzarioza kłosów przyczynia się w znacznym stopniu do ograniczenia plonu ziarna oraz obniżenia jego jakości, przede wszystkim ze względu na wytwarzanie przez grzyby rodzaju *Fusarium* licznych mykotoksyn, których minimalna dopuszczalna zawartość w ziarnie jest ściśle prawnie unormowana (Chelkowski 1985; Rozporządzenie 2005; Korbas i Horoszkiewicz-Janka 2007).

W czasie epidemii fuzariozy kłosów w uprawie pszenicy ozimej, zwalczanie jej fungicydami sprawia wiele problemów i czasami zabiegi są mało skuteczne (Korbas i Ławecki 2003; Sikora i wsp. 2007; Yoshida i wsp. 2008; Lenc i wsp. 2011). Nasilenie fuzariozy kłosów zależne jest od warunków temperaturowych i wilgotnościowych panujących w okresie kwitnienia (Sikora i wsp. 2007; Buschhaus i Ellner 2008; Wegulo i wsp. 2010; Lenc i Sadowski 2011; Lenc i wsp. 2011). Wcześniejsze badania dowodzą dużej skuteczności preparatów zawierających tebukonazol i tiofanat metylu w ograniczeniu objawów fuzariozy kłosów pszenicy. Stosowanie tych fungicydów jednocześnie przyczyniło się do obniżenia zawartości deoksynivalenolu (DON) i niwalenolu (NIV) (Nakjima 2007). Tiofanat metylu zalicza się do grupy fungicydów benzimidazolowych, które zakłócają podziały mitotyczne komórek grzybów, zaburzając proces tworzenia β -tubuliny (Yashida i wsp. 2008). Triazole, w tym tebukonazol, powodują inhibicję syntezy ergosteroli przez grzyby poprzez łączenie się w specyficznym miejscu na ściążce biosyntezy tego związku, z enzymem 14 α -demetylazą. (Zange i wsp. 2005). Jednak nie zawsze redukcja objawów chorobowych w następstwie zastosowania tebukonazolu skutkuje obniżeniem zawartości mykotoksyn w ziarnie (Pirgozliev i wsp. 2002). Ponadto zespoły pracujące pod kierunkiem Masterházy (2003) i Müllenborn (2008) wykazały, że skuteczność efektu ochronnego tebukonazolu w znacznym stopniu uzależniona jest od gatunku patogenu rodzaju *Fusarium* infekującego kłosy pszenicy.

Celem badań było określenie skuteczności tebukonazolu i tiofanatu metylu w ograniczeniu epidemii fuzariozy kłosów pszenicy ozimej w warunkach polowych, analiza oddziaływania tych substancji na zbiorowiska grzybów strzępkowych zasiedlających ziarno oraz na liniowy wzrost kolonii patogenu *F. culmorum*.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania polowe prowadzono w latach 2010–2011, w Tomaszowie w rejonie Olsztyna. Analizowano nasilenie objawów fuzariozy kłosów pszenicy ozimej (*Triticum*

aestivum L.) odmiany Bogatka. Doświadczenie poletkowe założono w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach. Pszenicę ozimą, wysianą na poletka o powierzchni 25 m², chroniono trzykrotnie w okresie wegetacji w fazach krzewienia (BBCH 31), kłoszenia (BBCH 55) oraz dojrzałości wodnej ziarna (BBCH 71). W pierwszym terminie zastosowano preparat Corbel 750 EC (fenpropimorf), w drugim Opera Max 147,5 SE (piraklostrobina, epoksykonazol). Do ochrony kłosów zastosowano fungicydy Tarcza Łan 250 EW (tebukonazol) albo Topsin M (tiofanat metylu). Środki stosowano w dawkach 1 dm³/ha. Kontrolę stanowiły obiekty niechronione. Ocenę nasilenia fuzariozy kłosów wykonano w okresie dojrzałości młecznej (BBCH 73) i woskowej ziarna (BBCH 83). Miarą rozwoju epidemii tej choroby był średni procent powierzchni kłosów wykazujących objawy porażenia *Fusarium* spp.

Do analizy mykologicznej ziarniaków zastosowano technikę zmywania grzybów z powierzchni ziarniaków na podłoże Martina (Martin 1950; Wachowska 2009). Dziesięciogramowe próby ziarna umieszczono w kolbach wypełnionych 90 ml sterylnej wody. Kolby wytrząsano na wytrząsarce stołowej, uzyskaną w ten sposób zawiesinę drobnoustrojów trzykrotnie rozcieńczono, a następnie wykonano posiew mikroorganizmów na płytki Petriego wypełnione podłożem Martina. Identyfikację grzybów dokonano na podstawie oceny makroskopowej i mikroskopowej kolonii w oparciu o specjalistyczną literaturę (Arx 1970; Gams 1971; Fassatióvá 1983; Leslie i wsp. 2006).

W warunkach *in vitro* analizowano liniowy wzrost kolonii pięciu izolatów *F. culmorum* rosnących na podłożu glukozowo-ziemniaczanym (PDA – Potato Dextrose Agar) z dodatkiem różnych koncentracji tiofanatu metylu i tebukonazolu. Wyjałowione płytki Petriego wypełniono pożywką glukozowo-ziemniaczaną z dodatkiem fungicydów, w stężeniach 1, 10 i 100 μ l substancji aktywnej w 1 l podłoża. Agarowe krawężki przerośniętą strzępkami pięciu izolatów *F. culmorum* o średnicy 5 mm wyłożono w centrum płytki. Uzyskane wyniki porównano z próbą kontrolną, którą stanowiły badane izolaty wyłożone na pożywkę PDA bez dodatku fungicydów. Miarą inhibicyjnego oddziaływania substancji aktywnych badanych preparatów była średnica kolonii patogenu w porównaniu z kontrolą. Pomiary wykonano po czterech dobach wzrostu kolonii.

Dane z doświadczeń opracowano statystycznie przy pomocy programu Statistica 9.0 (ANOVA). Do oceny istotności różnic między średnimi w badaniach polowych i laboratoryjnych zastosowano wielokrotny test Studenta-Newmana-Keulsa (SNK, $p = 0,01$; $p = 0,05$). Bioróżnorodność zbiorowisk grzybów strzępkowych oszacowano wskaźnikiem Margalefa obliczonym według wzoru: wskaźnik Margalefa = liczba gatunków – 1/ln (liczebność zbiorowisk grzybów).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Nasilenia objawów fuzariozy kłosów pszenicy ozimej w drugim roku badań było zdecydowanie większe niż

Tabela 1. Nasilenie objawów fuzariozy kłosów (*Fusarium* spp.) pszenicy ozimej
Table 1. Severity of *Fusarium* head blight (*Fusarium* spp.) on winter wheat

Rok Year	Termin obserwacji Date of assesment	Kontrola – Control	Tebuconazole	Thiophanate-methyl
		procent powierzchni kłosów wykazujących objawy choroby percentage of ears showing disease symptoms		
2010	BBCH 73	0,00 a	0,00 a	0,00 a
	BBCH 83	0,27 a	0,39 a	0,18 a
2011	BBCH 73	0,10 a	0,20 a	0,08 a
	BBCH 83	23,20 b	9,50 ab	16,10 ab
Średnio – Mean		5,89 B	2,52 A	4,09 AB

Jednakowymi literami oznaczono wartości nie różniące się istotnie według testu Newmana-Keulsa ($p = 0,05$)

Similar letters indicate no statistical differences among values calculated according to the Newman-Keuls test ($p = 0.05$)

Tabela 2. Liczebność zbiorowisk grzybów strzępkowych zasiedlających powierzchnię ziarniaków pszenicy ozimej
Table 2. Abundance of filamentous fungi colonizing the surface of winter wheat kernels

Gatunek grzyba Species of fungus	Kontrola – Control		Tebuconazole		Thiophanate-methyl		Suma Sum
	2010	2011	2010	2011	2010	2011	
<i>Acremoniella atra</i> (Corda)				11			11
<i>A. curvulum</i> (W. Gams)		1					1
<i>A. fusidioides</i> (W. Gams)		20					20
<i>A. glauca</i> (W. Gams)				1			1
<i>A. roseolum</i> (W. Gams)		10				14	24
<i>A. strictum</i> (W. Gams)		1		1		81	83
<i>Alternaria alternata</i> (Keissl)	6	12	5	10	6	28	61
<i>Cladosporium herbarium</i> (Link)		8	6	27			41
<i>Fusarium avenaceum</i> (Cook)						12	12
<i>F. culmorum</i> (Smith)	6			3	50	21	74
<i>F. poae</i> (Wollenw.)	161	99	138	89	1	38	365
<i>F. sporotrichioides</i> (Sherb.)		5		1		14	20
<i>Fusarium</i> sp.		4					4
<i>Idriella</i> sp.		5					5
<i>Mucor</i> sp.				3		1	4
<i>Penicillium</i> sp.				2			2
Liczba kolonii – Number of colonies	173	165	149	148	57	209	728
Liczba rodzajów i gatunków Number of genus and species	3	10	2	10	3	8	16
Wskaźnik bioróżnorodności Margalefa Margalef diversity index	0,39	1,76	0,2	1,8	0,49	1,31	2,28

w pierwszym (tab. 1). W roku 2011 epidemia tej choroby rozwijała się bardzo dynamicznie i w okresie dojrzałości woskowej ziarna przeciętnie 16,3 procent powierzchni kłosów pszenicy ozimej odmiany Bogatka wykazywało zmiany chorobowe. Wysoki poziom epidemii fuzariozy kłosów odnotowywany jest w Polsce tylko na odmianach szczególnie podatnych, w latach sprzyjających jej rozwojowi (Lenc i Sadowski 2011). W roku epidemicznego wystąpienia fuzariozy kłosów nasilenie objawów choroby na roślinach chronionych tebuconazolem i tiofanatem metylu było mniejsze niż w kontroli. Skuteczność tych zabiegów ochronnych oszacowano odpowiednio na poziomie 69,1 i 31,7 procent w porównaniu z kombinacją kontrolną (tab. 1). Uzyskane wyniki były zbieżne z opra-

cowaniem Nakajima (2007), który wykazał większą skuteczność tebuconazolu w ograniczeniu nasilenia objawów fuzariozy kłosów, oraz zawartości deoksyniwalenolu i niwalenolu w ziarnie w porównaniu z tiofanatem metylu.

Ogólna liczebność zbiorowisk grzybów strzępkowych zmytych z ziarniaków pszenicy ozimej wahała się od 379 kolonii w pierwszym roku badań do 522 w drugim roku badań (tab. 2). Liczniejsze zbiorowisko charakteryzowało się także większą bioróżnorodnością, zwłaszcza w kombinacji kontrolnej, gdzie wskaźnik Margalefa osiągał wartość 1,79. W pierwszym roku badań inhibicyjne oddziaływanie fungicydów na ogólną liczebność grzybów strzępkowych, w porównaniu z kombinacją kontrolną, wynosiło od 67,1% na ziarnie pochodzącym z roślin

Tabela 3. Oddziaływanie tebukonazolu i tiofanatu metylu na wzrost liniowy kolonii grzyba *F. culmorum*
 Table 3. The effect of tebuconazole and thiophanate-methyl on the linear colony growth of *F. culmorum* fungus

Izolat Isolate	Substancja czynna Active substance	Stężenie substancji aktywnej Concentration of active substance			
		kontrola control	1 µl/l	10 µl/l	100 µl/l
		średnica kolonii w mm – diameter of colony in mm			
<i>F. culmorum</i> Fc 47	thiophanate-methyl	64,50 g-k	65,00 g-k	63,25 g-k	60,50 f-j
	tebuconazole		19,25 ab	7,50 a	6,00 a
<i>F. culmorum</i> Fc 53	thiophanate-methyl	74,75 jk	69,75 ijk	76,25 k	69,75
	tebuconazole		48,50 d-g	16,50 ab	16,50 ab
<i>F. culmorum</i> Fc 54	thiophanate-methyl	71,50 ijk	65,75 g-k	69,00 ijk	65,75 g-k
	tebuconazole		28,00 c	9,75 a	6,00 a
<i>F. culmorum</i> Fc 43	thiophanate-methyl	56,75 e-i	38,00 d	41,50 de	43,50 def
	tebuconazole		26,00 c	18,25 ab	16,25 ab
<i>F. culmorum</i> Fc 31	thiophanate-methyl	56,00 e-i	45,50 def	53,25 d-g	45,00 def
	tebuconazole		19,25 ab	18,75 ab	14,00 ab

Jednakowymi literami oznaczono wartości nie różniące się istotnie według testu Newmana-Keulsa ($p = 0,05$)

Similar letters indicate no statistical differences among values calculated according to the Newman-Keuls test ($p = 0.05$)

chronionych tiofanatem metylu do 13,9% na ziarnie roślin chronionych tebukonazolem. W drugim roku badań tiofanat metylu nie ograniczał, a tebukonazol ograniczał w niewielkim stopniu liczebność zbiorowisk grzybów strzępkowych. Dodatkowo tiofanat metylu redukował bioróżnorodność tych zbiorowisk. Zastosowane preparaty nie ograniczały jednak ogólnej liczebności saprotrofów. Zdaniem Müllenborn i wsp. (2008) fungicydy mogą naruszać homeostazę między patogenami rodzaju *Fusarium* a saprotrofami zasiedlającymi ziarno pszenicy ozimej. Ich oddziaływanie na zdrowotność kłosów jest bezpośrednie wówczas, gdy redukują rozwój patogenów lub pośrednie, kiedy oddziałują na saprotrofy. Niektóre saprotrofy bytujące na ziarnie silnie ograniczają rozwój patogenów je infekujących (Müllenborn i wsp. 2008).

Na ziarniakach pszenicy ozimej dominował gatunek *F. poae* (tab. 2). Gatunek ten tworzący z dużą dynamiką makrokonidia i liczne mikrokonidia (Leslie i wsp. 2006) izolowany był często techniką zmywania mikroorganizmów z powierzchni ziarniaków także przez Martyniuka i wsp. (2010). Jednocześnie praca Moradiego i wsp. (2008) dowodzi, że inokulacja kłosów gatunkiem *F. poae* ogranicza występowanie innych gatunków rodzaju *Fusarium*. W roku 2010 z roślin chronionych tebukonazolem i tiofanatem metylu wyosobniono mniej liczne zbiorowisko grzybów rodzaju *Fusarium* w porównaniu z kontrolą (tab. 2). W warunkach polowych tebukonazol ograniczał rozwój głównie epifitycznego gatunku *F. culmorum*, inhibicyjne oddziaływanie tiofanatu metylu skierowane było przede wszystkim w stosunku do *F. poae*. W drugim roku badań, przy dużej dynamice rozwoju fuzariozy kłosów, zastosowane fungicydy nie wykazywały redukcyjnego wpływu na ogólną liczebność epifitycznych zbiorowisk grzybów rodzaju *Fusarium*. Brak inhibicyjnego oddziaływania jednego zabiegu ochronnego tebukona-

zolem na gatunek *F. poae* stwierdzono także we wcześniejszych badaniach (Müllenborn i wsp. 2008).

W warunkach *in vitro* tiofanat metylu nie ograniczał wzrostu liniowego kolonii gatunku *F. culmorum* (tab. 3). W pracy zespołu Ishii (2008) dowiedziono istnienia izolatów tego gatunku odpornych na tę substancję. Badania prowadzone w warunkach *in vitro* z zastosowaniem tiofanatu metylu (Rekanović i wsp. 2010) wykazały dużą wrażliwość patogenu *F. graminearum* na ten związek.

Inhibicyjne oddziaływanie tebukonazolu, w zależności od koncentracji substancji aktywnej i izolatu osiągało poziom od 34,9 do 90,8% w porównaniu z kombinacją kontrolną (tab. 3). Kolonie dwóch izolatów *F. culmorum* oznaczone symbolami Fc 47 i Fc 54 nie rozwijały się na podłożu z dodatkiem 100 µl/l 1 tebukonazolu. Izolaty te wykazywały także dużą wrażliwość na niższe koncentracje tej substancji. Izolaty gatunku *F. culmorum* charakteryzujące się mniejszym tempem wzrostu wykazywały mniejszą wrażliwość na najwyższą koncentrację tebukonazolu. W tych przypadkach redukcyjne oddziaływanie tej substancji w porównaniu z kombinacją kontrolną wynosiło od 61,4 do 75 procent. Otrzymane dane potwierdziły doniesienia o dużej wrażliwości *F. culmorum* na tebukonazol w warunkach *in vitro* (Sikora i Banachowska 2006).

Wnioski / Conclusions

1. W warunkach polowych fungicydy zawierające tebukonazol i tiofanat metylu ograniczały epidemię fuzariozy kłosów.
2. W warunkach *in vitro* tebukonazol ograniczał rozwój kolonii gatunku *F. culmorum*, tiofanat metylu nie wykazywał takiego oddziaływania.

Literatura / References

- Arx J.A. 1970. The Genera of Fungi Sporulating in Pure Culture. Verlag von J. Cramer. Lehre, Germany, 288 pp.
- Buschhaus H., Ellner F. 2008. Impact of DONstopp (Thiophanate-Methyl 700 WDG) on mycotoxin production *in vitro* and *in vivo*. p. 35: 245–251. In: Proc. 17th Reinhardtsbrunn Symposium on Modern Fungicides and Antifungal Compounds (H.W. Dehne, H.B. Deising, U. Gisi, K.H. Kuck, P.E. Russell, H. Lyr, eds). Germany, Friedrichroda, April 21–25, 2013, 386 pp.
- Chełkowski J. 1985. Mikotoksyny, Wytwarzające je Grzyby i Mikotoksykozy. Wyd. SGGW, Warszawa, 95 ss.
- Fassatiová O. 1983. Grzyby Mikroskopowe w Mikrobiologii Technicznej. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa, 256 ss.
- Gams W. 1971. Cephalosporium-Artige Schimmelpilze (Hyphomycetes). VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 262 pp.
- Ishii H., Tanoue J., Oshima M., Chung W., Nishimura K., Yamaguchi J., Niemoto F., So K., Iwama T., Yoshimatsu H., Shimizu M., Kozawa T. 2008. First application of PCR-Luminex system for molecular diagnosis of fungicide resistance and species identification of fungal pathogens. J. Gen. Plant Pathol. 74: 409–416.
- Jones R.K. 2000. Assessments of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. Plant Dis. 84: 1021–1030.
- Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J. 2007. Znaczenie i możliwości ograniczenia szkodliwych metabolitów pochodzenia grzybowego. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (2): 141–146.
- Korbas M., Ławecki T. 2003. Możliwość ograniczania fuzariozy kłosów w Polsce i Unii Europejskiej. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 43 (1): 200–207.
- Lenc L., Kuś J., Sadowski C. 2011. Fuzarioza kłosów i ziarna pszenicy ozimej (*Fusarium* spp.) w różnych systemach uprawy. J. Res. Appl. Agric. Eng. 56 (4): 32–36.
- Lenc L., Sadowski C. 2011. Wrażliwość 16 odmian pszenicy jarej uprawianej na Żuławach i w rejonie Bydgoszczy na fuzariozę kłosów (*Fusarium* spp.). Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 51 (2): 799–804.
- Leslie J.F., Summerrell B.A., Bullock S. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing, Oxford, 388 pp.
- Martin J.P. 1950. Use of acid, rose Bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. Soil Sci. 38: 215–220.
- Martyniuk S., Oroń J., Koziół M. 2010. Oddziaływanie systemu uprawy na zasiedlenie ziarna pszenicy ozimej przez grzyby. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 50 (2): 939–943.
- Masterházy Á., Bartók T., Lamper C. 2003. Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium* and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of *Fusarium* head blight. Plant Dis. 87: 1107–1115.
- Moradi M., Oerke E.-C., Steiner U., Tesfaye D., Schellander K., Dehne H.-W. 2008. Quantification of the interactions among *Fusarium* species in wheat ears. p. 34: 241–244. In: Proc. 17th Reinhardtsbrunn Symposium on Modern Fungicides and Antifungal Compounds (H.W. Dehne, H.B. Deising, U. Gisi, K.H. Kuck, P.E. Russell, H. Lyr, eds). Germany, Friedrichroda, April 21–25, 2013, 386 pp.
- Müllenborn C., Steiner U., Oerke E.C. 2008. Efficacy of fungicides against *Fusarium* head blight pathogens and saprophytic fungi. p. 31: 219–225. In: Proc. 17th Reinhardtsbrunn Symposium on Modern Fungicides and Antifungal Compounds (H.W. Dehne, H.B. Deising, U. Gisi, K.H. Kuck, P.E. Russell, H. Lyr, eds). Germany, Friedrichroda, April 21–25, 2013, 386 pp.
- Nakajima T. 2007. Progress and outlook for the control of nivalenol and deoxynivalenol contamination due to *Fusarium* head blight in wheat. Mycology 57 (2): 129–134.
- Parry D.W., Jenkinson P., McLeod L. 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. Plant Pathol. 44: 207–238.
- Pirgozliev S.R., Edwards S.G., Hare M.C., Jenkinson P. 2002. Effect of dose rate of azoxystrobin and metconazole on the development of *Fusarium* head blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in wheat grain. Eur. J. Plant Pathol. 108: 469–478.
- Rekanović E., Mihajlović M., Potočnik I. 2010. *In vitro* sensitivity of *Fusarium graminearum* (Schwabe) to difenoconazole, prothioconazole and thiophanate-methyl. Pestic. Fitomed. 25 (4): 325–333.
- Rozporządzenie Komisji (WE) 2005. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 856/2005 z dnia 6 czerwca 2005 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 466/2001 w odniesieniu do toksyn *Fusarium*.
- Sikora H., Banachowska J. 2006. Wrażliwość grzyba *Fusarium culmorum* na substancje aktywne wybranych fungicydów. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 46 (2): 601–604.
- Sikora H., Banachowska J., Doleżych D. 2007. Badania nad ochroną pszenicy ozimej przed fuzariozą kłosów wywołaną przez *Fusarium culmorum* w warunkach sztucznej infekcji. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 47 (2): 314–318.
- Wachowska U. 2009. Activity of fungicides against epiphytic yeast-like fungi of winter wheat. Pol. J. Environ. Stud. 18 (6): 1169–1174.
- Wegulo S.N., Bockus W.W., Nopsa J.H., De Wolf E.D., Eskridge K.M., Peiris K.H.S., Dowell F.E. 2010. Effects of integrating cultivar resistance and fungicide application on *Fusarium* head blight and deoxynivalenol in winter wheat. Plant Dis. 95 (5): 554–560.
- Yoshida M., Nakajima T., Arai M., Suzuki F., Tomimura K. 2008. Effect of the timing of fungicide application on *Fusarium* head blight and mycotoxin accumulation in closed-flowering barley. Plant Dis. 92 (8): 1164–1170.
- Zange B.J., Kang Z., Buchenauer H. 2005. Effect of Folicur on infection process of *Fusarium culmorum* in wheat spikes. J. Plant Dis. Prot. 112 (1): 52–64.