

MYCOTOXINS IN WINTER RYE CULTIVATED IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM

Summary

Cause of Fusarium head blight (FHB) in organic winter rye protected by biopreparations and contamination of the grain with the deoxynivalenol, T-2 toxin, zearalenone, aflatoxins and ochratoxin A were analysed. Biochicol 020 PC and biopreparation made in laboratory on the ground chitosane and Fusarium culmorum were used in field experiment. Content of mycotoxins was defined by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Main cause of triticale head blight were Fusarium culmorum, Fusarium graminearum and Fusarium poae. From grain of protected objects higher numbers of Fusarium spp. were isolated than in control. Among 13 of the examined cultivars of organic rye deoxynivalenol was identified in some cultivars protected by biopreparations and in control objects. Zearalenone was detected in majority of cultivars in all objects. Own biopreparation stimulated accumulation of deoxynivalenol and zearalenone in grain of some cultivars. T-2 toxin and ochratoxin A were detected sporadically, but aflatoxins were not found in triticale grain.

MIKOTOKSYNY W ŻYCIE OZIMYM UPRAWIANYM W EKOLOGICZNYM SYSTEMIE PRODUKCJI

Streszczenie

Określano przyczynę fuzariozy kłosów ekologicznego żyta ozimego chronionego biopreparatami oraz zanieczyszczenie ziarna tego zboża przez deoksyniwalenol, toksynę T-2, zearalenon, aflatoksyny i ochratoksynę A. W badaniach wykorzystano Biochicol 020 PC i biopreparat sporządzony w laboratorium na bazie chitozanu i grzyba Fusarium culmorum. Zawartość mikotoksyn określano za pomocą immunoenzymatycznej metody ELISA. Główną przyczyną fuzariozy kłosów żyta były grzyby Fusarium culmorum, F. graminearum i F. poae. Z ziarna obiektów chronionych izolowano większą liczbę grzybów z rodzaju Fusarium niż z kontrolnych. Spośród 13 badanych odmian żyta deoksyniwalenol wykrywano w kilku odmianach chronionych przy użyciu biopreparatów i wzrastających w obiektach kontrolnych. U większości odmian we wszystkich obiektach identyfikowano zearalenon. U niektórych odmian biopreparat własny stymulował akumulację DON i ZEA w ziarnie. Toksyna T-2, i ochratoksyna A były wykrywane sporadycznie, a aflatoksyny nie były identyfikowane w ziarnie ekologicznego żyta.

1. Wstęp

Żyto (*Secale cereale* L.) jest zbożem diploidalnym, zapylanym przez wiatr i należącym do rodzaju Triticeae. Najczęściej jest uprawiane w Europie Środkowej, zwłaszcza w Polsce, Niemczech i Rosji. Wykorzystywanie żyta do produkcji żywności i paszy wymaga, aby ziarno tego zboża było wysokiej jakości. Na pogorszenie jakości ziarna zbóż wpływa obecność w nim mikotoksyn. Spożywanie żywności lub paszy skażonej mikotoksynami wywołuje choroby u ludzi i zwierząt określane jako mikotoksykozy, które mogą prowadzić nawet do powstania nowotworów [9].

Na wzrost grzybów i produkcję mikotoksyn w ziarnie zbóż mają wpływ różne czynniki. Bardzo ważną rolę w tym procesie odgrywają warunki pogodowe zwłaszcza wilgotność i temperatura [6].

Mikotoksyny produkowane przez grzyby są jednymi z najbardziej niebezpiecznych związków zanieczyszczających produkty zbożowe. Związki te tworzą się w ziarnie zbóż w następstwie występowania fuzariozy kłosów powodowanej głównie przez *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* i *F. poae*. Fuzarioza kłosów jest również groźną chorobą żyta [11]. Mikotoksynami najczęściej produkowanymi przez grzyby z rodzaju *Fusarium* w ziarnie zbóż są deoksyniwalenol, zearalenon i toksyna T-2. Inne ważne mikotoksyny występujące w zbożach to aflatoksyny i ochratoksyna A.

Są one produkowane przez grzyby z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium* podczas niewłaściwego suszenia i przechowywania ziarna. Zanieczyszczenie ziarna przez mikotoksyny stanowi poważny problem zarówno w konwencjonalnym jak i ekologicznym systemach produkcji zbóż. Tak więc poszukiwanie metod ograniczania występowania mikotoksyn już w polu przez stosowanie odpowiednich zabiegów agrotechnicznych oraz uprawę mniej podatnych odmian jest bardzo istotnym działaniem.

Biopreparaty posiadają różną efektywność w ograniczaniu zanieczyszczenia zbóż przez mikotoksyny co ma związek z gatunkiem zboża oraz spektrum występujących na nim grzybów z rodzaju *Fusarium*. Różnice takie zaobserwowano podczas badania tych biopreparatów na pszenżycie i życie uprawianych metodami ekologicznymi. Wyniki te przedstawiono w dwóch odrębnych pracach w niniejszym wydaniu czasopisma.

Celem pracy była ocena porażenia ziarniaków wybranych odmian żyta z upraw ekologicznych, chronionego dwoma biopreparatami, przez grzyby z rodzaju *Fusarium* oraz określenie w nich zawartości mikotoksyn.

2. Materiał i metody

Materiał do badań stanowiło ziarno 13 odmian żyta ozimego ze zbioru w 2009 roku uprawianych w systemie

produkcji ekologicznej w Zakładzie Doświadczalnym w Chwałowicach należącym do Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie Oddział w Radomiu. Badane odmiany uprawiano na glebie zasobnej w fosfor, potas i magnez, a jako przedplon zastosowano groch siewny.

Rośliny żyta chroniono dwoma różnymi biopreparatami. Jeden z nich był sporządzony na bazie chorobotwórczego dla zbóż grzyba *F. culmorum*. Grzyb ten wraz z chityną koloidalną był poddawany hydrolizie przez enzymy zawarte w płynie pohodowlanym *Trichoderma viride*, a drugim preparatem był Biochikol 020 PC. Preparat Biochicol 020 PC w stężeniu 1% stosowano dwukrotnie w następujących terminach: 30.04.2009 r. i 15.06.2009 r. Preparat sporządzony w laboratorium użyto w ilości 36 litrów w 190 litrach wody na 1 ha i opryskiwano nim zboże w dwóch terminach tj. 01.06.2009 r i 15.06.2009 r. Przy użyciu preparatu Biochicol 020 PC (B) chroniono następujące odmiany: Balistic, Bellami, Bosmo, Dańkowskie Diament, Domir, Gradan, Herakles, Minello, Picasso, Placido, Rostockie, Stanko oraz Visello, natomiast biopreparatem własnym (PPB) chroniono odmiany: Balistic, Dańkowskie Diament, Gradan i Picasso. Obiekty kontrolne oznaczono (K).

Do analizy mikologicznej przeznaczano po 40 ziarniaków z każdej odmiany żyta i każdego sposobu ochrony. Ziarniaki odkażano przez 30 sekund w podchlorynie sodu o stężeniu 0,2 – 0,4%, a następnie płukano po 2 minuty w 3 kolejnych naczyniach z wodą destylowaną. Następnie po 10 ziarniaków wkładano na jedną szalkę Petriego z pożywką mineralną. Po około siedmiu dniach inkubacji w cieplarni w temperaturze 24°C fragmenty grzybni wyrastające wokół ziarniaków przenoszono na skosy z pożywką maltozową. Izolację i identyfikację grzybów przeprowadzono zgodnie z metodyką opisaną przez Solarską [15].

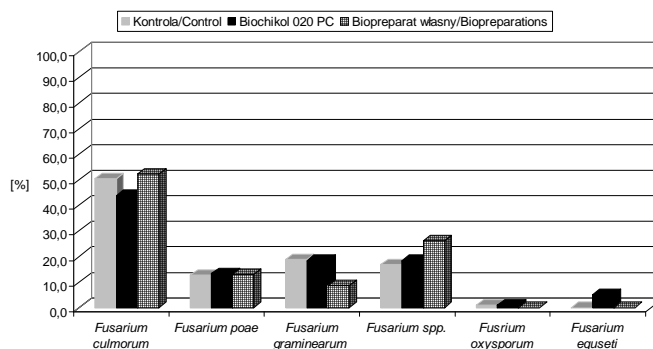
W ziarnie żyta poszczególnych odmian określono zawartość aflatoksyn, deoksyniwalenolu, ochratoksyny A, toksyny T-2 oraz zearalenonu z wykorzystaniem immunoenzymatycznego testu ELISA. Koncentrację mikotoksyn oznaczano z wykorzystaniem bezpośrednich kompetycyjnych testów ELISA AgraQuant firmy Romer Labs zgodnie z zaleceniami producenta. Testy te umożliwiają ilościowy pomiar stężenia mikotoksyn w zakresie: 0,25 - 5,0 ppm dla DON, 40 – 1000 ppb dla zearalenonu, 75 – 500 ppb dla toksyny T-2, 1 – 20 ppb dla aflatoksyny oraz 2 – 40 ppb dla ochratoksyny A. Próbkę analizowano spektrofotometrycznie za pomocą czytnika Sunrise firmy Tecan przy długości fali $\lambda = 450$ nm. Pomiar absorbancji analizowano za pomocą oprogramowania Magellan firmy Tecan. Koncentrację mikotoksyn obliczano z krzywej standardowej wyznaczanej na podstawie absorbancji standardów.

3. Wyniki

W wyniku konwencjonalnej analizy mikologicznej otrzymano 1197 izolatów grzybów określonych do 9 różnych gatunków lub rodzajów (tab. 1). Najliczniej wyodrębniano z nich grzyb *Alternaria alternata*. Z ziarniaków wyosabniano chorobotwórcze dla zbóż gatunki z rodzaju *Fusarium* tj. *F. culmorum*, *F. graminearum* i *F. poae*, których udział wśród wszystkich wyosobnionych izolatów z tego rodzaju stanowił odpowiednio: 47,68%, 17,59%, oraz 13,42%. Z ziarniaków badanego zboża licznie izolowano również grzybnie nieowocujące. Oprócz wyżej wymienio-

nych grzybów w ziarniakach żyta ozimego stwierdzono obecność grzybów z rodzaju *Penicillium*, które stanowiły 9,7% ogółu izolatów, a w mniejszym udziale *Aspergillus niger*. Sporadycznie uzyskiwano z ziarna żyta *Epicoccum purpurascens*, oraz grzyby z rodzajów *Dreschlera* i *Bipolaris* (tab. 1).

Najwięcej izolatów *Fusarium culmorum* otrzymano z ziarniaków odmian w obiektach kontrolnych oraz z preparatem własnym. Natomiast w przypadku *Fusarium graminearum* wyosabniano z ziarniaków badanych odmian podobną liczbę izolatów tego grzyba zarówno z obiektów kontrolnych jak i z zastosowaniem biopreparatów lub większą ich liczbę w obiektach z biopreparatami (rys. 1).



Rys. 1. Procentowy udział wyizolowanych z żyta ozimego grzybów z rodzaju *Fusarium* w zależności od sposobu ochrony

Fig. 1. Percentage share of fungi from genus *Fusarium* isolates from winter rye to depending on type of protection

W ziarniakach badanych odmian nie stwierdzono obecności aflatoksyn, natomiast ochratoksynę A wykryto tylko w odmianie żyta ozimego Bellami z obiektu kontrolnego i jej zawartość wynosiła 9,53 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Również w przypadku toksyny T-2, tylko odmiana Gradan z obiektu kontrolnego zawierała tę toksynę w ilości poniżej 75 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Obecność zearalenonu stwierdzono w ziarniakach wszystkich odmian chronionych preparatem własnym, w 69,2% próbek pochodzących z poletek chronionych preparatem Biochikol 020PC oraz 84,61% próbek pochodzących z poletek kontrolnych (tab. 4).

Największą zawartość ZEA zanotowano w odmianie Gradan chronionej preparatem Biochikol 020PC i wynosiła ona 102,74 $\mu\text{g}/\text{kg}$, a najmniejszą wynoszącą poniżej 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$ w następujących odmianach żyta ozimego: Bellami, Bosmo, Gradan, Picasso w obiektach kontrolnych oraz w odmianie Minello chronionej preparatem Biochikol 020PC. U większości odmian (3 na 4 badane) traktowanych preparatem własnym zawartość ZEA była większa niż w kontroli, a także więcej niż połowa odmian traktowanych środkiem Biochikol 020PC zawierała większe ilości tej mikotoksyny w porównaniu z kontrolą (tab. 4). W dwóch z badanych odmian tj. Dańkowskie Diament i Minello DON wykryto tylko w kontroli. Tylko w przypadku odmiany Balistic zawartość DON była prawie dwukrotnie większa w obiekcie z preparatem własnym w porównaniu z kontrolą (tab. 4).

Tab. 1. Grzyby występujące w wybranych ziarnach żyta ozimego
Table 1. Fungi occurring in grain of winter rye

Odmiana Cultivar	Sposób ochrony Protection way	Liczba wyizolowanych grzybów z ziarna wybranych odmian żyta ozimego Fungi isolated from grain of winter rye cultivars								
		<i>Fusarium</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Aspergillus Niger</i>	<i>Epicoccum purpurascens</i>	<i>Dreschlera</i> spp.	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Mucor</i> spp.	Grzybnia nieowocująca	<i>Bipolaris</i> spp.
Ballistic	B	5	1	-	-	-	17	-	12	-
Balistic	PPB	9	12	-	3	-	8	-	8	-
Ballistic	K	13	2	-	2	-	20	-	3	-
Bellami	B	6	6	3	-	-	15	-	10	-
Bellami	K	8	6	3	-	-	22	-	1	-
Bosmo	B	11	2	3	-	-	8	-	16	-
Bosmo	K	4	3	3	2	-	11	-	17	-
Dańkowskie Diament	B	4	10	-	3	3	17	-	3	-
Dańkowskie Diament	PPB	2	11	6	-	1	19	1	-	-
Dańkowskie Diament	K	11	-	8	2	-	15	-	4	-
Domir	B	12	2	4	2	-	4	3	13	-
Domir	K	7	1	1	2	7	17	-	5	-
Gradan	B	4	3	-	4	-	19	-	10	-
Gradan	PPB	11	2	-	2	-	22	-	3	-
Gradan	K	10	4	-	1	-	19	-	6	-
Herakles	B	5	-	-	6	-	20	2	7	-
Herakles	K	9	1	-	1	-	27	3	-	-
Minello	B	2	4	-	7	-	22	-	4	-
Minello	K	7	4	4	4	-	16	-	6	-
Picasso	B	4	10	12	-	-	11	-	3	-
Picasso	PPB	5	6	1	5	-	19	-	4	-
Picasso	K	8	5	4	-	-	17	-	6	-
Placido	B	11	-	3	7	-	19	-	-	-
Placido	K	6	-	11	5	-	11	-	7	-
Rostockie	B	11	3	-	4	-	14	6	-	2
Rostockie	K	3	4	-	1	-	26	-	6	1
Stanko	B	12	2	3	6	-	9	-	11	-
Stanko	K	6	2	-	3	-	13	2	11	-
Visello	B	6	3	-	-	-	20	-	11	-
Visello	K	5	7	-	-	-	24	-	4	-

K – obiekty kontrolne (control), B - Biochicol 020 PC, PPB – biopreparat własny (biopreparation)

Tab. 2. Koncentracja DON w badanych próbach żyta ozimego w mg/kg
Table 2. Concentration of DON in tested samples of winter rye in mg/kg

Sposób ochrony Protection way	Próby Samples	średnia ± SD average ± SD	P-Value (ANOVA)
Biochicol 020 PC	13	0,0815 ^a ± 0,135268	0,6292
Preparat własny Biopreparation	4	0,1625 ^a ± 0,203039	
Kontrola Control	13	0,1061 ^a ± 0,140685	

Tab. 3. Koncentracja zearalenonu w badanych próbach żyta ozimego w µg/kg
Table 3. Concentration of zearalenon in tested samples of winter rye in µg/kg

Sposób ochrony Protection way	Próby Samples	średnia ± SD average ± SD	P-Value (ANOVA)
Biochicol 020 PC	13	38,7138 ^a ± 32,3996	0,2649
Preparat własny Biopreparation	4	65,12 ^a ± 18,5137	
Kontrola Control	13	40,6192 ^a ± 26,3416	

Tab. 4. Zawartość mikotoksyn w odmianach żyta ozimego
Table 4. Content of mycotoxins in winter rye cultivars

Odmiany żyta ozimego <i>Cultivars of winter rye</i>	Sposób ochrony <i>Protection way</i>	Aflatoksyna <i>Aflatoxin</i> [µg/kg]	DON [mg/kg]	Ochratoksyna <i>Ochratoxin</i> [µg/kg]	T-2 [µg/kg]	Zearalenon <i>Zearalenone</i> [µg/kg]
Balistic		0,00	0,00	0,00	0,00	50,16
Balistic	B	0,00	0,42	0,00	0,00	57,27
Balistic	PPB	0,00	0,25	0,00	0,00	38,55
Bellami	K	0,00	0,40	0,00	0,00	56,99
Bellami	B	0,00	0,00	9,53	0,00	<40
Bosmo	K	0,00	0,00	0,00	0,00	47,80
Bosmo	B	0,00	0,00	0,00	0,00	<40
Dańkowskie Diament	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Dańkowskie Diament	B	0,00	0,00	0,00	0,00	47,02
Dańkowskie Diament	PPB	0,00	0,25	0,00	0,00	60,58
Domir	K	0,00	<0,25	0,00	0,00	43,97
Domir	B	0,00	0,27	0,00	0,00	55,73
Gradan	K	0,00	<0,25	0,00	0,00	102,74
Gradan	B	0,00	0,00	0,00	0,00	65,80
Gradan	PPB	0,00	0,00	0,00	<75	<40
Herakles	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Herakles	B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Minello	K	0,00	0,00	0,00	0,00	<40
Minello	B	0,00	0,31	0,00	0,00	99,51
Picasso	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Picasso	B	0,00	<0,25	0,00	0,00	90,39
Picasso	PPB	0,00	0,00	0,00	0,00	<40
Placido	K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Placido	B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rostockie	K	0,00	0,00	0,00	0,00	64,28
Rostockie	B	0,00	0,00	0,00	0,00	56,01
Stanko	K	0,00	0,00	0,00	0,00	66,73
Stanko	B	0,00	0,00	0,00	0,00	53,52
Visello	K	0,00	<0,25	0,00	0,00	50,56
Visello	B	0,00	0,30	0,00	0,00	43,84
	K					

K – obiekty kontrolne (*control*), B - Biochikol 020 PC, PPB – biopreparat własny (*biopreparations*)

4. Dyskusja

Grzyby z rodzaju *Fusarium*, a wśród nich *F. graminearum* i *F. culmorum* są powszechnie występującymi patogenami zbóż powodującymi fuzariozę kłosów tych roślin [2]. Geiger i in. [8] stwierdzili szczególną szkodliwość *F. culmorum* dla żyta. Wyniki te są zbieżne z wynikami badań własnych, gdyż właśnie ten patogen był dominujący w kompleksie grzybów z rodzaju *Fusarium* wyizolowanych z ziarniaków żyta, a udział *Fusarium graminearum* był również znaczący w tym kompleksie. Podobne wyniki uzyskał też Büttner [4], który spośród 80 badanych próbek żyta w 50% stwierdził *Fusarium culmorum*, natomiast w 43% *Fusarium graminearum*. Na zróżnicowany udział poszczególnych gatunków w patogenezie fuzariozy kłosów mogą mieć wpływ warunki pogody [2].

Obydwa wymienione grzyby są producentami groźnych mikotoksyn, tj. deoksyniwalenolu i zearalenonu [12, 13]. W niniejszych badaniach deoksyniwalenol i zearalenon należące do trichotecenów okazały się najczęściej występującymi mikotoksynami w ziarniakach żyta ozimego. Wielu autorów potwierdza częste występowanie szczególnie deoksyniwalenolu w zbożach uprawianych, zarówno w naszym kraju jak i w różnych rejonach świata. Duży udział zanieczyszczonych deoksyniwalenolem próbek ziarna różnych gatunków zbóż odnotowano w Rosji, USA, Bułgarii, Chinach oraz na Węgrzech i wynosił od 50% do 96% [1, 3, 4, 5, 13].

Zwiększony poziom deoksyniwalenolu w ziarnie zbóż jest obserwowany w latach z częstymi opadami deszczu i przy wysokiej wilgotności powietrza w okresie kwitnienia [3]. Na przykład w Bawarii w latach 2000 i 2001 zanieczyszczenie żyta deoksyniwalenolem było małe, szczególnie w 2001 roku [3]. Natomiast w latach 2003 i 2004 pomimo stwierdzenia w życie obecności *Fusarium graminearum*, deoksyniwalenol zaobserwowano tylko w 18,5% porażonych ziaren.

Gatunkami towarzyszącymi *F. graminearum* w porażonym ziarnie żyta w badaniach Arseniuka i in. [1] były: głównie *F. poae* i w mniejszym stopniu *F. equiseti*, *F. avenaceum* oraz *F. sporotrichioides*. W badaniach własnych *F. poae* i *F. equiseti* towarzyszyły dwóm głównym patogenom z tego rodzaju w porażaniu ziarniaków żyta (*F. culmorum* i *F. graminearum*).

Miedaner i in. [11] oraz Miedaner [10] stwierdzili, że *Fusarium culmorum* i *Fusarium graminearum* wytwarzające deoksyniwalenol ze względu na dużą zmienność genetyczną nie występują w środowisku żyta. Powyższe wnioski odbiegają od wyników uzyskanych w badaniach własnych.

Analiza zawartości mikotoksyn w odmianach żyta chronionych biopreparatami wykazała mały stopień zanieczyszczenia ziarna tych odmian deoksyniwalenolem, a duży zearalenonem. U większości odmian chronionych biopreparatem własnym i preparatem Biochikol 020 PC obserwowano wzrost zawartości obydwu mikotoksyn w porównaniu z tymi odmianami z kontrolą. Uzyskane wysokie stężenia

zearalenonu wskazują, że ziarno żyta stanowi dogodny substrat do wytwarzania tej mikotoksyny. Z badań własnych wynika, że ziarno uzyskane z roślin żyta chronionych biopreparatami jest bardziej porażone przez grzyby chorobotwórcze, niż ziarno tego zboża z obiektów kontrolnych. Odmienne wyniki uzyskały natomiast Horoszkiewicz-Janka i in. [9], którzy po zastosowaniu Biochikolu 020 PC obserwowali ograniczenie zasiedlenia ziarna przez chorobotwórcze grzyby z rodzaju *Fusarium*.

Porównanie wyników analizy mikologicznej ziarna żyta ze stopniem jego zanieczyszczenia zearalenonem wykazało, iż większość odmian najsilniej porażonych przez grzyby z rodzaju *Fusarium* zawierała także największe ilości zearalenonu. W przypadku deoksynivalenolu nie stwierdzono takiej zależności.

Według Gaurilčikienė i in. [7] to odmiana oraz skuteczność środka grzybobójczego mają decydujące znaczenie, jeśli chodzi o akumulację mikotoksyn w zbożach.

Ustalony przez Komisję Europejską maksymalny limit DON w ziarnie zbóż wynosi 1250 µg/kg [14]. W żadnej z badanych próbek żyta ozimego zawartość deoksynivalenolu nie przekraczała norm unijnych zarówno dla ziarna przeznaczonego do żywienia ludzi, jak i na pasze dla zwierząt.

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy wskazują na to, że stosowanie biopreparatów nie ma wpływu na produkcję mikotoksyn w ziarnie żyta. Inne wyniki uzyskała Stolarska i Janda [16] wykorzystując ekstrakt z grejpfruta do ochrony pszenicy ozimej przed fuzariozą kłosów. Wzrost występowania grzybów z rodzaju *Fusarium* oraz tworzonych przez nie mikotoksyn w obiekcie z tym preparatem w porównaniu z kontrolą, autorka tłumaczyła niejednakowym stopniem ograniczania tych grzybów przez te środki i w następstwie takiego oddziaływania wypełnianie niszy przez gatunki słabiej ograniczane. W rolnictwie ekologicznym jak dotychczas najlepszym sposobem ochrony zbóż przed grzybami z rodzaju *Fusarium* jest stosowanie odpowiedniego płodozmianu oraz uprawa odmian odpornych na fuzariozę kłosów [11].

5. Literatura

- [1] Arseniuk E., Chełkowski J., Foremska E., Góral T.: Fusarium Head Blight Reactions and Accumulation of Deoxynivalenol (DON) and Some of its Derivatives in Kernels of Wheat, Triticale and Rye, *Journal Phytopathology*, 1999, 147, 466-489.
- [2] Baturó A., Jaroszuk-Ścisel J., Łukanowski A., Kurek E., Winiarczyk K.: Colonization of root tissues and protection against Fusarium wilt of rye (*Secale cereale*) by nonpathogenic rhizosphere strains of *Fusarium culmorum*, *Biological Control*, 2008, 45, 297-298.
- [3] Berg T., Ghorbani F., Rasmussen P.H.: Deoxynivalenol and other Fusarium toxins in wheat and rye flours on the Danish market, *Food Additives and Contaminants*, 2003, 20, 4, 396-404.
- [4] Büttner P.: Das Artenspektrum der Gattung *Fusarium* an Weizen und Roggen in Bayern in des Jahren 2003 und 2004, *Gesunde Pflanzen*, 2006, 58, 28-33.
- [5] Cahill L., Kruger S. C., McAlice B. T., Ramsey C. S., Prioli R., Kohn B.: Quantification of deoxynivalenol in wheat using an immunoaffinity column and liquid chromatography, *Journal of Chromatography*, 1999, 859, 23-28.
- [6] Čonkova E., Laciakova A., Štyriak I., Czerwiecki L., Wilczynska G.: Fungal contamination and the levels of mycotoxins (DON and OTA) in cereal Samales from Poland and East Slovakia, *Journal of Food Sciences*, 2006, 24, 33.
- [7] Gaurilčikienė I., Mankevičienė A., Supronienė S.: The infestation of winter rye and triticale grain with *Fusarium* fungi as affected by fungicide use, *Department of Plant Pathology and Protection*, 2008, 36, 683-68.
- [8] Geiger H.H., Miedaner T., Schilling A.G.: Molecular Genetic Diversity and Variation for Aggressiveness in Populations of *Fusarium graminearum* and *Fusarium culmorum* Sampled from Wheat Fields in Different Countries, *Journal of Phytopathology*, 2001, 149, 641, 642.
- [9] Horoszkiewicz-Janka J., Korbas M.: Znaczenie i możliwości ograniczenia szkodliwych metabolitów pochodzenia grzybowego, *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2007, 47(2), 142, 144.
- [10] Miedaner T.: Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases, *Plant Breeding*, 1997, 116, 201-219.
- [11] Miedaner T., Reinbrecht C., Lauber U., Schollenberger M., Geiger H. H.: Effects of genotype and genotype-environment interaction on deoxynivalenol accumulation and resistance to *Fusarium* head blight in rye, triticale, and wheat. *Plant Breeding*, 2001, 120, 97-105.
- [12] Perkowski J., Kiecana J., Schmuchacher U., Mühler H. M., Chełkowski J., Goliński P.: Head blight and biosynthesis of Fusarium toxins barley kernels field inoculated with *Fusarium culmorum*, *European Journal Phytopathology*, 1996, 102, 491, 492.
- [13] Perkowski J.: Badania zawartości fuzaryjnych w ziarnie zbóż „Rozprawy naukowe” *Rocznik AR w Poznaniu*, 1999, zes. 295, 11-32.
- [14] Rozporządzenie Komisji WE nr 1881/2006.
- [15] Solarska E., Mróz A., Kuś J.: występowanie chorób powodowanych przez grzyby na pszenicy ozimej uprawianej w różnych systemach produkcji. *Progress In Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2003, 43, 532-536.