

## MYCOTOXINS IN WINTER TRITICALE CULTIVATED IN ORGANIC PRODUCTION SYSTEM

### Summary

*Cause of Fusarium head blight (FHB) in organic triticale 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 poae and Fusarium culmorum. Among 13 of the examined cultivars of organic triticale deoxynivalenol was identified in some cultivars protected by Biochicol 020 PC or grown in control objects. Biochicol 020 PC stimulated accumulation of deoxynivalenol in grain of some cultivars. DON was not found in all object protected by biopreparation made in laboratory. The zearalenone, T-2 toxin, aflatoxins and ochratoxin A were not found in triticale grain.*

## MIKOTOKSYNY W PSZENŻYCIE OZIMYM UPRAWIANYM W EKOLOGICZNYM SYSTEMIE PRODUKCJI

### Streszczenie

*Określano przyczynę fuzariozy kłosów ekologicznego pszenżyta 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 pszenżyta były grzyby Fusarium poae i Fusarium culmorum. Spośród 13 badanych odmian pszenżyta deoksyniwalenol wykrywano w kilku odmianach chronionych przy użyciu środka Biochicol 020 PC lub rosnących w obiektach kontrolnych. W niektórych odmianach Biochicol 020 PC stymulował akumulację mikotoksyn w ziarnie. DON nie był stwierdzany w ziarnie odmian chronionych z użyciem biopreparatu sporządzonego w laboratorium. Zearalenon, toksyna T-2, aflatoksyny i ochratoksyna A nie były identyfikowane w ziarnie ekologicznego pszenżyta.*

### 1. Wstęp

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 pszenżyta [13]. Mikotoksynami najczęściej produkowanymi przez grzyby z rodzaju *Fusarium* w ziarnie zbóż są deoksyniwalenol, zearalenon i toksyna T-2. Długotrwałe spożywanie żywności zanieczyszczonej trichotecenami ma działanie genotoksyczne i immunotoksyczne, jak również jest przyczyną hemolizy erytrocytów, hamuje syntezę DNA i RNA oraz białek na poziomie rybosomalnym [2, 6, 17].

Inne ważne mikotoksyny występujące w zbożach to aflatoksyny i ochratoksyna A. Są one produkowane przez grzyby z rodzajów *Aspergillus* i *Penicillium* podczas suszenia i przechowywania ziarna. Są to związki rakotwórcze [15]. Zanieczyszczenie ziarna przez mikotoksyny stanowi poważny problem zarówno w konwencjonalnym jak i ekologicznym systemach produkcji zbóż. Tak więc sprawą najwyższej wagi jest ograniczanie występowania mikotoksyn już w polu przez stosowanie odpowiednich zabiegów agrotechnicznych oraz uprawę mniej podatnych odmian [1].

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 zaobser-

wowano 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 występowania grzybów toksynotwórczych oraz tworzonych przez nie mikotoksyn w ziarnie ekologicznego pszenżyta chronionego przy użyciu dwóch biopreparatów na bazie chitozanu.

### 2. Materiał i metody

Doświadczenie z 13 odmianami pszenżyta ozimego założono jesienią 2008 roku w doświadczalnym gospodarstwie ekologicznym w Chwałowicach należącym do Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu. Przeprowadzono je na glebie klasy II, o pH 6,2 i następującej zasobności w 2008 roku: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 23,4 mg/100g; K<sub>2</sub>O - 22,3 mg/100g; MgO - 13,1 mg/100. Przedplonem był groch siewny. Jesienią stosowano nawożenie kompostem w dawce 12 t/ha. W doświadczeniu zastosowano dwa biopreparaty o działaniu ochronnym, tj.: Biochicol 020 PC oraz autorski, sporządzony w laboratorium na bazie chorobotwórczego dla zbóż gatunku *F. culmorum*. Grzyb ten wraz z chityną koloidalną poddawano hydrolizie przez enzymy zawarte w płynie pochodzonym *Trichoderma viride*. Wszystkie badane odmiany, tj.: Alekto, Algos, Borwo, Grenado, Leontyno, Moderato, Pawo, Pigmej, Pizarro, Todan, Trigold, Trismart i Witon były dwukrotnie opryskiwane środkiem Biochicol 020 PC o stężeniu 1% w terminach: 30.04.2009 i 15.06.2009.

Rośliny czterech odmian, tj: Borwo, Pawo, Pizarro, Trismart zostały opryskane dwukrotnie biopreparatem własnym w terminach: 1.06.2009 i 15.06.2009 w ilości 36 litrów w 190 litrach wody na 1 ha. Kontrolę stanowiły te same odmiany bez zabiegów ochronnych.

Do analizy mikologicznej przeznaczono ziarniaki 13 odmian pszenżyta ozimego zebranego w 2009 roku. Przed wyłożeniem ziarniaków na pożywkę mineralną odkażano ziarno w podchlorynie sodu o stężeniu 0,2-0,4% mocząc w nim ziarno przez 30 sekund, a następnie wytrząsając 3 razy po 2 minuty w wodzie destylowanej. Dla każdej odmiany pszenżyta ozimego i każdego sposobu ochrony przeznaczano po 40 ziarniaków. Po 10 ziarniaków wykładano 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 [18].

W ziarnie pszenżyta ozimego poszczególnych odmian określono zawartość aflatoksyny, ochratoksyny A, deoksynivalenolu, toksyny T-2 oraz zearalenonu 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 mg/kg dla deoksynivalenolu, 75-500 µg/kg dla toksyny T-2, 40-1000 µg/kg dla zearalenonu, 1-20 µg/kg dla aflatoksyny, 2-40 µg/kg dla ochratoksyny.

### 3. Wyniki badań

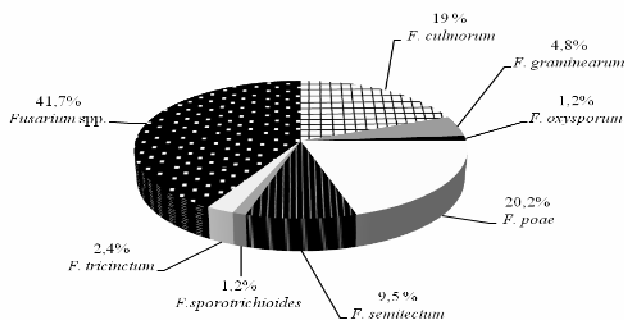
W wyniku przeprowadzonej konwencjonalnej analizy mikologicznej z ziarniaków pszenżyta ozimego wyosobniono ogółem 1200 izolatów grzybów (tab. 1). Najliczniej z ziarniaków tego zboża izolowano grzyby z rodzaju *Alternaria*. Z ziarniaków badanego zboża również często izolowano grzybnie nieowocujące. Licznie izolowano również z ziarniaków pszenżyta ozimego gatunek *Epicoccum purpurascens*. Grzyby z rodzaju *Fusarium* także często wyosobniano z ziarniaków badanego zboża, przy czym najmniejszy udział tych grzybów był w obiekcie kontrolnym. Z ziarniaków pszenżyta ozimego rzadko izolowano grzyby z rodzaju *Penicillium*, a sporadycznie z rodzaju *Aspergillus*.

Tab. 1. Grzyby wyizolowane z ziarniaków badanych odmian pszenżyta ozimego chronionego dwoma biopreparatami  
Table 1. Fungi isolated from kernels of studied winter triticale cultivars protected by two biopreparations

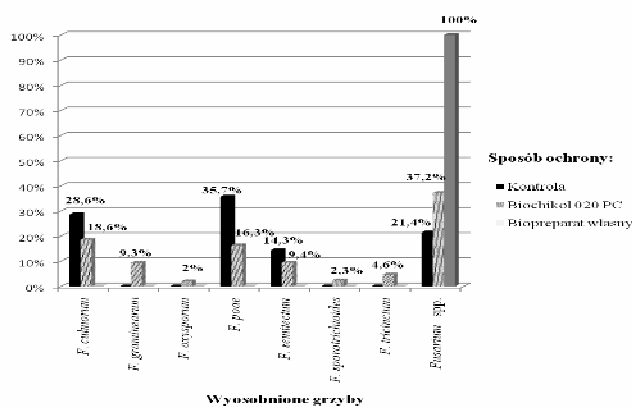
Odmiany <i>Cultivars</i>	Sposób ochrony <i>Way of protection</i>	Wyosobnione grzyby i ich liczba <i>Isolated fungi and their number</i>					
		<i>Alternaria</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Epicoccum purpurascens</i>	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	Grzybnie nieowocujące
Aleкто	K	19		7	3		11
	B	22		4	4		10
Algoѕo	K	29		5	5	1	
	B	25		4	1		10
Borwo	K	29		6	3	2	
	B	27		3	3	1	6
	PPB	20		3	3		14
Grenado	K	24	1	9			6
	B	23		5	7	1	4
Leontino	K	24		2	2	3	91
	B	23	4	1	2		10
Moderato	K	13	1	6	5	6	9
	B	30		7	1		2
Pawo	K	28		4	2		6
	B	19		5	8	1	7
	PPB	25		3	4		8
Pigmej	K	26		10	1	1	2
	B	29		8	2		1
Pizarro	K	23		10	2		5
	B	25	1	2	4		8
	PPB	20		1	3		16
Todan	K	20		4		1	15
	B	21		7	2		10
Trigold	K	18		7	2	1	12
	B	15		7	3		15
Trismart	K	22		1			17
	B	24		2	4	1	9
	PPB	27		2	3		8
Witon	K	27		7	3		3
	B	25	1	3	2	3	6
Ogólna liczba izolatów	X	702	8	145	84	22	239

K – kontrola; control B – Biochikol 020 PC, PPB – biopreparat własny; own biopreparate

Wśród wyizolowanych z ziarniaków pszenżyta ozimego grzybów z rodzaju *Fusarium* reprezentowane były następujące gatunki: *F. poae*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. oxysporum*, *F. semitectum*, *F. sporotrichioides* i *F. tricinctum* (rys. 2). Liczną grupę izolatów z rodzaju *Fusarium* stanowiły formy nie zarodnikujące i ich udział w ogólnej liczbie wyizolowanych grzybów z tego rodzaju wynosił 41,7%, przy czym dla obiektu z preparatem Biochikol 020 PC 37,2%, dla obiektu kontrolnego 21,4%, a dla obiektu z preparatem własnym wyizolowano wyłącznie formy nie zarodnikujące (rys. 1, 2). Licznie izolowano z ziarniaków pszenżyta ozimego gatunek *Fusarium poae*, którego udział w ogólnej liczbie uzyskanych izolatów z rodzaju *Fusarium* stanowił 20,2%, przy czym w obiekcie kontrolnym wynosił 35,7%, a w obiekcie z preparatem Biochikol 020 PC 16,3% (rys. 1, 2). Również często izolowano z ziarniaków pszenżyta ozimego gatunek *Fusarium culmorum*. Największy udział tego grzyba wynoszący 28,6% zanotowano w kombinacji kontrolnej, natomiast w obiekcie z preparatem Biochikol 020 PC jego udział wynosił 18,6%. Udział tego gatunku w ogólnej liczbie wyosobnionych grzybów z rodzaju *Fusarium* stanowił 19% (rys. 1, 2). Rzadziej izolowano z ziarniaków pszenżyta ozimego *Fusarium semitectum*, *F. graminearum*, *F. tricinctum*, *F. oxysporum* i *F. sporotrichioides* przy czym większy ich udział odnotowano w obiekcie z preparatem Biochikol 020 PC (rys. 1, 2).



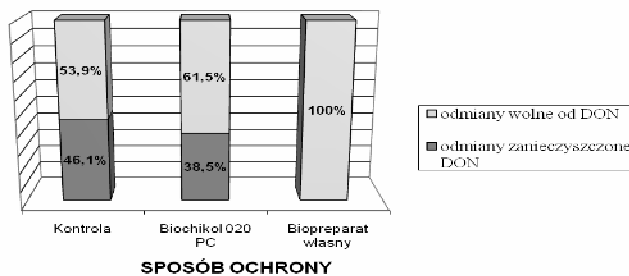
Rys. 1. Procentowy udział gatunków z rodzaju *Fusarium* wyizolowanych z pszenżyta ozimego  
Fig. 1. Percentage share of fungi from *Fusarium* genus isolated from winter triticale



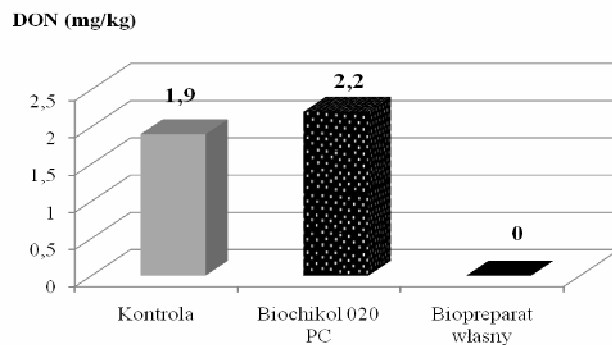
Rys. 2. Procentowy udział grzybów z rodzaju *Fusarium* wyizolowanych z pszenżyta ozimego w zależności od sposobu ochrony  
Fig. 2. Percentage share of fungi from *Fusarium* genus isolated from winter triticale including way of protection

#### 4. Ocena występowania mikotoksyn określanych metodą ELISA

W ziarniakach pszenżyta ozimego nie stwierdzono obecności aflatoksyny, ochratoksyny A, zearalenonu i toksyny T-2 (tab. 2). Deoksyniwalenol wykryto w 46,1% badanych odmian pszenżyta ozimego z obiektu kontrolnego i w 38,5% odmian z obiektu z zastosowanym preparatem Biochikol 020 PC. W ziarnie odmian pszenżyta ozimego pochodzącego z obiektu z biopreparatem własnym nie stwierdzono obecności deoksyniwalenolu (rys. 3, tab. 2). Ponadto mikotoksyny tej nie wykryto w odmianach pszenżyta ozimego takich jak: Borwo, Pawo, Trismart, Witon we wszystkich obiektach doświadczenia (tab. 2).



Rys. 3. Procentowy udział odmian pszenżyta ozimego zanieczyszczonego deoksyniwalenolem w zależności od sposobu ochrony  
Fig. 3. Percentage share of triticale cultivars contaminated by DON including way of protection



Rys. 4. Zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie pszenżyta ozimego w zależności od sposobu ochrony  
Fig. 5. Content of DON in winter triticale including way of protection

Największą zawartość DON stwierdzono w odmianie Algo dla obiektu z preparatem Biochikol 020 PC oraz dla obiektu kontrolnym i wynosiła ona odpowiednio: 0,72 mg/kg, 0,46 mg/kg (tab. 2). Duże ilości DON zanotowano również w odmianach Pigmej, Alekto i Pizarro dla obiektu z preparatem Biochikol 020 PC oraz w odmianach Grenado i Pigmej z kontroli i zawartość ta wynosiła odpowiednio 0,43 mg/kg, 0,42 mg/kg, 0,38 mg/kg, 0,38 mg/kg i 0,32 mg/kg (tab. 2). Najmniejsze stężenie DON stwierdzono w ziarnie następujących odmian rosnących w obiekcie kontrolnym: Leontino, Todan i Trigold oraz dla odmiany Moderato z kombinacji z preparatem Biochikol 020 PC i było ono nie większe niż 0,25 mg/kg (tab. 2). DON wykryto w czterech odmianach tylko w obiekcie kontrolnym, w trzech odmianach tylko w obiekcie ze środkiem Biochikol 020 PC i w dwóch odmianach w obydwu tych obiektach, przy czym w odmianach w obiekcie ze środkiem Biochikol 020 PC zawartość tej mikotoksyny była większa niż na kontroli lub w przypadku

Tab. 2. Zawartość mikotoksyn w ziarnie badanych odmian pszenżyta ekologicznego chronionego biopreparatami  
 Table 2. The content of mycotoxins in studied winter triticale cultivars protected by biopreparations

Odmiana Cultivar	Sposób Ochrony Way of pro- tection	Mikotoksyny Mycotoxins				
		Aflatoksyna (µg/kg)	Ochratoksyna A (µg/kg)	Deoksynivalenol (mg/kg)	T-2 toksyna (µg/kg)	Zearalenon (µg/kg)
Alekto	K	0	0	0	0	0
	B	0	0	0,42	0	0
Algo	K	0	0	0,46	0	0
	B	0	0	0,72	0	0
Borwo	K	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	PPB	0	0	0	0	0
Grenado	K	0	0	0,38	0	0
	B	0	0	0	0	0
Leontino	K	0	0	<0,25	0	0
	B	0	0	0	0	0
Moderato	K	0	0	0	0	0
	B	0	0	<0,25	0	0
Pawo	K	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	PPB	0	0	0	0	0
Pigmej	K	0	0	0,32	0	0
	B	0	0	0,43	0	0
Pizarro	K	0	0	0	0	0
	B	0	0	0,38	0	0
	PPB	0	0	0	0	0
Todan	K	0	0	<0,25	0	0
	B	0	0	0	0	0
Trigold	K	0	0	<0,25	0	0
	B	0	0	0	0	0
Trismart	K	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0
	PPB	0	0	0	0	0
Witon	K	0	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0

K – kontrola / control, B – Biochikol 020 PC, PPB – biopreparat własny / own biopreparate

wyłącznego występowania w odmianach w tym obiekcie była większa niż w przypadku wyłącznego występowania w odmianach na kontroli (tab. 2). W ziarniakach wszystkich odmian z obiektu kontrolnego wykryto DON w ilości ogółem 1,9 mg/kg, a z obiektu z preparatem Biochikol 020 PC w ilości 2,2 mg/kg (rys. 4).

## 5. Dyskusja

Fuzarioza kłosów zbóż jest chorobą powodowaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. W skali światowej najważniejszymi gatunkami z rodzaju *Fusarium* powodującymi tę chorobę są: *Fusarium graminearum*, *F. culmorum* i *F. avenaceum*, a mniejsze znaczenie przypisuje się *F. poae*, *F. equiseti*, *F. cerealis*, *F. sporotrichioides*, *F. tricinctum* i *F. semitectum* [3]. W Polsce do gatunków najczęściej po-

wodujących fuzariozę kłosów zbóż należą: *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum*, *F. poae* i *F. sporotrichioides* [5, 8]. Na pszenżycie stwierdzano najczęściej występowanie: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *Fusarium graminearum*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* [10]. Podobny skład gatunkowy grzybów z rodzaju *Fusarium* zasiedlających ziarniaki pszenżyta uzyskano w badaniach własnych. Jednak największe znaczenie ze względu na uznaną szkodliwość i częste uzyskiwanie z ziarniaków pszenżyta wydają się mieć: *F. poae*, *F. culmorum* i *F. graminearum*.

W badaniach własnych najliczniej z ziarna pszenżyta izolowano gatunek *Alternaria alternata*. Powszechne występowanie tego gatunku na ziarnie pszenżyta wykazali Kwiatkowski i Wachowska [10]. Gatunek *A. alternata* uznawany jest za potencjalnie niebezpieczny, gdyż może produkować mikotoksyny takie jak kwas tenuazonowy

i alternariozol, które hamują rozwój siewek zbóż [8].

Najważniejszą mikotoksyną, ze względu na powszechne występowanie w zbożach jest deoksyniwalenol (DON) i jego pochodne [3, 5]. Analiza trichotecenów grupy B w pszenzycie, którego kłosa poddano inokulacji mieszaniną izolatów grzyba *Fusarium culmorum* wykazała jedynie obecność deoksyniwalenolu w ziarnie tego zboża [5]. W pszenzycie uprawianym w Polsce południowo-wschodniej zarówno w ekologicznym, jak i konwencjonalnym systemie produkcji wykryto przede wszystkim DON [19]. W badaniach własnych w ziarnie większości badanych odmian pszenżyta wykryto również deoksyniwalenol. Mikotoksyna ta wytwarzana jest przez *Fusarium culmorum* i *Fusarium graminearum* [19].

Zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie zdrowym jest niewielka i wynosi poniżej 0,05 mg/kg. Udowodniono, że wzrost porażenia kłosa przez *Fusarium* spp. o 1% może powodować wzrost ilości DON w ziarnie o 0,3 mg/kg. Zawartość DON w porażonych ziarniakach pszenżyta i pszenicy wynosi średnio 30 mg/kg [8]. Stolarska i Janda [20] uważają, że nie ma zależności między liczbą izolatów toksynotwórczych grzybów występujących w badanej próbie, a ilością tworzonych toksyn. W niniejszych badaniach również nie zanotowano takiej zależności.

Duży wpływ na występowanie mikotoksyn w zbożach ma odmiana [12, 16]. Uzyskane wyniki potwierdzają zróżnicowaną akumulację mikotoksyn w badanych odmianach lub ich brak. Na występowanie mikotoksyn w odmianach pszenżyta ma również wpływ system produkcji, co wykazała Solarska i in. [19]. Wśród badanych przez tych autorów odmian pszenżyta, uprawianych w systemie ekologicznym, deoksyniwalenol był identyfikowany w większości z nich, ale w niskich koncentracjach. Natomiast w tych samych odmianach uprawianych w systemie konwencjonalnym mikotoksyna ta stwierdzana była w mniejszej liczbie odmian, ale w większej koncentracji. W badaniach własnych, w obiekcie kontrolnym, ponad połowa odmian była wolna od DON, a te, które były zanieczyszczone tą mikotoksyną zawierały ją w niskich koncentracjach.

W systemie ekologicznym, w którym zakazuje się stosowania środków chemicznych do ochrony roślin, podejmuje się próby wykorzystania biologicznych metod ograniczania patogenów. Dobre efekty zwalczania niektórych chorób zbóż powodowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, a szczególnie zgorzeli siewek, uzyskano stosując biopreparaty na bazie chitozanu [4, 11]. Chitozan jako biopreparat do ochrony roślin przed chorobami występuje w handlu pod nazwą Biochicol 020 PC [4]. Związek ten indukuje odporność roślin zabezpieczając je w ten sposób przed porażeniem przez grzyby i bakterie [21]. Chitozan w bezpośrednim kontakcie ze strzępkami grzybów patogenicznych powoduje zmiany w strukturze ścian komórkowych.

W badaniach własnych nie potwierdzono ograniczającego działania preparatu Biochicol 020 PC w stosunku do fuzariozy kłosów na pszenzycie. Z ziarniaków chronionych tym biopreparatem wyizolowano więcej gatunków patogenicznych grzybów z rodzaju *Fusarium* oraz zanotowano w tym ziarnie większą zawartość deoksyniwalenolu w stosunku do obiektu kontrolnego. Borkowski i Dyki [4] podają, że preparat ten jest najskuteczniejszy, jeżeli stosuje się go przed infekcją roślin, natomiast nie daje oczekiwanych efektów, kiedy traktuje się nim rośliny już porażone. Wydaje się więc, że jesienne stosowanie preparatu w formie zaprawy do nasion lub oprysku wykonanego na siewki byłoby

właściwszym terminem zabiegu, niż zastosowanie wiosną, jak miało to miejsce w przypadku badań własnych, kiedy na roślinach występowały już objawy fuzariozy na pochwie liściowej. Zaobserwowano natomiast dużą efektywność działania biopreparatu w skład, którego wchodziły grzyby *Fusarium culmorum* oraz chityna koloidalna poddane hydrolizie przez enzymy zawarte w płynie pochodzącym z *Trichoderma viride*. Odmiany, które akumulowały DON po taktowaniu środkiem Biochicol 020 PC, były wolne od tej mikotoksyny na obiekcie z biopreparatem sporządzonym w laboratorium. Wyniki te są zbieżne z uzyskanymi przez Jaroszuk-Ściseł i wsp. [9], którzy wykazali większą skuteczność redukcji *F. culmorum* w uprawie żyta po zastosowaniu preparatu z frakcji glukanowo-chitynowej ze ściany komórkowej patogena *F. culmorum* w stosunku do chitozanu. W niniejszych badaniach zaobserwowano, że po zastosowaniu biopreparatu własnego grzyby z rodzaju *Fusarium* nie wytwarzały zarodników. Być może wraz z utratą możliwości rozmnażania bezpłciowego za pomocą zarodników grzyby te utraciły też zdolność tworzenia mikotoksyn i takie zmiany funkcjonalne tych grzybów są reakcją na wzrost odporności roślin pod wpływem działania elitorów występujących w biopreparacie. Wyjaśnienie tego zjawiska wymaga jednakże dalszych badań.

Mikotoksyny wytwarzane w trakcie niewłaściwego przechowywania ziarna zbóż to aflatoksyny oraz ochratoksyna A (OTA). W strefie klimatu umiarkowanego największe znaczenie jako mikotoksyna występująca w przechowywanych zbożach posiada OTA, natomiast aflatoksyny w mniejszym stopniu zanieczyszczają ziarna tych roślin w warunkach przechowywania. Aflatoksyny występują głównie w strefie klimatu tropikalnego [14]. W badaniach własnych nie wykryto ochratoksyny A i aflatoksyn.

## 6. Literatura

- [1] Aldred D, Magan N.: Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. *International Journal of Food Microbiology*, vol. 119, issues 1-2, 2007, p. 131-139.
- [2] Beyer M., Ferse I., Humpf H.U.: Large-scale production of selected type A trichothecenes: the use of HT-2 toxin and T-2 triol as precursors for synthesis of  $d_3$ -T-2 and  $d_3$ -TH-2 toxin. *Mycotoxin Research*, 2009, nr 25, s. 41-52.
- [3] Bottalico A., Perrone G.: Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *European Journal of Plant Pathology*, 2002, nr 108, s. 611-624.
- [4] Borkowski J., Dyki B.: Kilka uwag o chitozanie. *Wiadomości botaniczne*, 2004, nr 48 (1/2), s. 66-67.
- [5] Buško M., Góral T., Cichy H., Matysiak A., Perkowski J.: Akumulacja deoksyniwalenolu i ergosterolu w ziarnie pszenżyta porażonym przez *Fusarium culmorum*. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 2006, 247 (100), 21-28.
- [6] D'Mello J. P. F., Placinta C. M., & Macdonald A. M. C.: „*Fusarium* mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity”. *Animal Feed Science and Technol.*, 1999, 80: 183-205.
- [7] Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E.: Wpływ wybranych biopreparatów do zaprawiania jęczmienia na zasiedlenie ziarna przez grzyby. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2007, Vol. 52 (3), s. 61-66.
- [8] Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E., Korbas M.: Wpływ grzybów toksynotwórczych na wybrane cechy jakościowe plonu zbóż i rzepaku. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 2008, 48 (3), 1039-1047.
- [9] Jaroszuk-Ściseł J., Boguta M., Kurek E.: Induction of Rye (*Secale cereale* L.) Resistance to *Fusarium culmorum*. *Biul-*

- letin of the Polish Academy of Sciences Biological Sciences, 2003, 3, 175-182.
- [10] Kwiatkowski J., Wachowska U.: Zbiorowiska grzybów ziarna różnych odmian pszenżyta w latach 1993 i 1994. *Acta Agrobotanica*, 2005, 1, 135-142.
- [11] Łukanowski A.: Effect of Chitosan on Winter Wheat Infection by *Fusarium avenaceum*, *Fusarium culmorum* and *Fusarium graminearum* and Growth of these Fungi. *Biulletin of the Polish Academy of Sciences Biological Sciences*, 2003, 2, 118-121.
- [12] Mesterházy Á.: Role of deoxynivalenol in aggressiveness of *Fusarium graminearum* and *F. culmorum* and in resistance to *Fusarium* head blight *European Journal of Plant Pathology*, 2002, 108, 675-684.
- [13] 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.
- [14] Nonaka Y., Saito K., Hanioka N., Narimatsua S., Kataoka H.: Determination of aflatoxins in food samples by automated on-line in-tube solid-phase microextraction coupled with liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 2009, 1216, 4416-4422.
- [15] Olsen M.: Mycotoxins in organic and conventional foods and effects of the environment. In: ©CAB International 2008. *Health benefits of organic food: Effects of the environment*. Edited by Givens *et al.*, 2008, 145-159.
- [16] Oettler G., Heinrich N., Miedaner T.: Estimates of additive and dominance effects for *Fusarium* head blight resistance of winter triticale. *Plant Breeding*, 2004, 123, 525-530.
- [17] Pestka J. J.: „Deoxynivalenol: Toxicity, mechanisms and animal health risks”, *Animal Feed Sc. and Technol.*, 2007, 137: 283-298.
- [18] 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.
- [19] Solarska E., Kuzdraliński A., Szymona J.: The mycotoxin contamination of triticale cultivars cultivated in organic and conventional systems of production. *Phytopathologia*, 2009, 53, 57-62.
- [20] Stolarska A., Janda K.: Zagrożenia dla zbóż - grzyby strzępkowe. *Przemysł Spożywczy*, 2004, 11, 56-57.
- [21] Szpitter A., Królicka A.: Stymulujący wpływ elicytorów biologicznych na produkcję farmakologicznie czynnych metabolitów wtórnych w roślinnych kulturach *in vitro*, 2005, 4, 82-108.