

**Małgorzata Stryjecka, Patrycja Kargul, Ewa Juda, Monika Kamińska**

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie

## **WYSTĘPOWANIE MIKOTOKSYN W ZBOŻACH POCHODZĄCYCH Z UPRAW EKOLOGICZNYCH Z TERENU WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO**

### **Streszczenie**

Mikotoksyny są to metabolity grzybów pleśniowych wytwarzane m.in. przez: *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*. Celem niniejszej pracy było dokonanie oceny stopnia zanieczyszczenia mikotoksynami wybranych zbóż (pszenica zwyczajna ozima, żyto ozime, jęczmień jary) uprawianych w systemie ekologicznym na terenie województwa lubelskiego. Do oceny stopnia zanieczyszczenia badanych zbóż wybranymi mikotoksynami wykorzystano metodę immunoenzymatyczną ELISA, z zastosowaniem testów RIDASCREEN®.

W żadnym z badanych przypadków nie miało miejsca przekroczenie dopuszczalnych limitów. Najbardziej zanieczyszczona aflatoksynami była badana ekologiczna pszenica zwyczajna ozima. Natomiast w przypadku ochratoksyny A (OTA) oraz zearalenonu (ZEA) największą jej zawartość zanotowano w przypadku analizowanego ekologicznego żyta ozimego. Największe stężenie mikotoksyny T-2, zanotowano w stosunku do ekologicznych ziaren jęczmienia jarego.

**Słowa kluczowe:** mikotoksyny, pszenica zwyczajna ozima, żyto ozime, jęczmień jary, rolnictwo ekologiczne

### **Wstęp**

Mikotoksyny są to związki chemiczne o niskiej masie cząsteczkowej, wytwarzane przez niektóre grzyby pleśniowe z rodzaju *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Claviceps*, *Alternaria* [Milani 2013]. Toksyny te mają działanie: mutagenne, kancerogenne, mogą powodować wady rozwojowe, uszkadzać nerki i wątrobę. Najczęściej spotykanymi mikotoksynami są: aflatoksyny, ochratoksyna A (OTA), deoksyniwalenol (DON), toksyna T-2, zearalenon (ZEA).

Aflatoksyny jest to grupa mikotoksyn produkowanych przez grzyby z rodzaju *Aspergillus*, w tym: *A.flavus*, *A.parasiticus* i *A.nomius*. Badania prowadzone na całym świecie w kwestii oceny stopnia zanieczyszczenia różnych roślin, wskazują iż 25% z nich jest zanieczyszczona mikotoksynami, powodując duże straty ekonomiczne [Kumar i in. 2008; Reddy i in. 2008; Wagacha i Muthomi 2008; Xu 2008].

Ochratoksyna A (OTA) jest produkowana w klimacie umiarkowanym i chłodnym przez *Penicillium verrucosum*, natomiast na terenach cieplejszych i tropikalnych przez niektóre gatunki *Aspergillus* [Pittet 1998]. Mikotoksyna ta wykazuje działanie nefrotoksyczne oraz nefrokancerogenne. Obecność OTA stwierdzono w wielu surowcach i produktach spożywczych m.in. zbożach, soi, fasoli, ciecierzycy, winie, w sosie sojowym [Czerwiecki 1997, Pittet 1998].

Kolejną mikotoksyną jest deoksyniwalenol (DON), zwany również womitoksyną, ze względu na wymiotne działanie. Mikotoksyna ta jest bardzo często wytwarzana na roślinach przed zbiorem. Toksyna ta może przyczynić się do aberracji chromosomowych w komórkach ssaków [Packa 2006]. W przypadku zwierząt głównymi objawami spożycia paszy zanieczyszczonej DON są: wymioty, biegunki, zanik apetytu [Chełkowski 1985]. Tolerowana dzienna dawka pobrania DON wynosi  $1 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  masy ciała.

Następną mikotoksyną należącą do trichocenów jest toksyna T-2, syntezowana jest przez grzyby z rodzaju *Fusarium*: *F. sporotrichoides*, *F. poae* [Arseniuk i Góral 2005] oraz *Fusarium langsethiae* [Imathiu i in. 2008]. Toksynę ta można bardzo często spotkać na ziarniakach zbóż w Polsce [Solarz i Kuzdraliski 2011]. Toksyna T-2 powoduje inhibicję syntezy białka zarówno *in vitro* jak i *in vivo* oraz zmniejsza produkcję przeciwciał. Mikotoksyna ta powoduje zarówno u ludzi jak i u zwierząt następujące objawy: nudności, wymioty, ostre biegunki. Ostry przebieg choroby wywołany przez toksynę T-2 zazwyczaj kończy się śmiercią.

Zearalenon (ZEA) zwany również toksyną F-2, jest wytwarzana przez grzyby z rodzaju *Fusarium* m.in. *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. semitectum*, *F. equiseti*, *F. cerealis*, *F. crookwellense* [Betina 1989, Grajewski 2006, Milani 2013]. ZEA jest jedną z najsilniej działających mikotoksyn o charakterze estrogenno-ksenoestrogennym [Selwet 2010]. Bardzo często toksyna ta spotykana jest w tkankach zwierzęcych i roślinnych [Waśkiewicz i in. 2008, Goliński i in. 2009]. Najkorzystniejsze warunki do biosyntezy ZEA to wilgotność 16%, oraz temperatura  $25^{\circ}\text{C}$  [Goliński 2010]. W stężeniu 1-5 ppm może spowodować u loch i maciorek zaczerwienienie i opuchnięcie narządów płciowych. Ponadto mikotoksyna ta może powodować przedwczesne dojrzewanie loszek, natomiast u knurów może wywołać zmniejszenie ilości testosteronu oraz zmniejszenie jąder.

Spożywanie żywności, w której obecny jest zearalenon, może przyczynić się do rozwoju: nowotworu macicy, przełyku lub jelita grubego [Zinedine i in. 2007, D'Mello i in. 1999].

## Materiały i metody badań

Materiał do badań stanowiło 115 próbek wybranych zbóż: jęczmienia jarego, żyta ozimego oraz pszenicy zwyczajnej ozimej. Badania były prowadzone w latach 2011-2013 (tab. 1.). Wszystkie analizowane próbki pochodziły z gospodarstw ekologicznych znajdujących się na terenie województwa lubelskiego. W badanych ziarnach zbóż zostały określone stężenia następujących mikotoksyn: aflatoksyny B1, sumy aflatoksyn B1, B2, G1, G2, ochratoksyny A, deoksyniwalenolu, toksyny T-2, oraz zearalenonu. Do oceny stopnia zanieczyszczenia badanych zbóż mikotoksynami wykorzystano metodę immunoenzymatyczną ELISA, w której użyto testów RIDASCREEN®. Następnie próbki zostały przeanalizowane spektrofotometrycznie za pomocą czytnika Sunrise firmy Tecan przy długości fali  $\lambda = 450 \text{ nm}$ . Wszystkie analizy zostały wykonane w trzech powtórzeniach.

**Tabela 1.** Liczba próbek zbóż przebadanych pod kątem zawartości badanych mikotoksyn w latach 2011-2013

| Zboża ekologiczne        | Lata |      |      |
|--------------------------|------|------|------|
|                          | 2011 | 2012 | 2013 |
| Jęczmień jary            | 12   | 10   | 10   |
| Żyto ozime               | 15   | 12   | 10   |
| Pszenica zwyczajna ozima | 20   | 15   | 11   |
| Suma                     | 115  |      |      |

## Wyniki i dyskusja

Wśród 115 przeanalizowanych próbek na obecność aflatoksyny B1 mikotoksynę tą stwierdzono w przypadku 27 próbek (23,48%). Najwięcej próbek zanieczyszczonych omawianą mikotoksyną wykryto w przypadku zbóż pochodzących ze zbioru 2011 roku (tab. 2). Największe średnie stężenie aflatoksyny B1 zanotowano w przypadku pszenicy zwyczajnej ozimej i wynosiło ono  $0,11 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Najmniejszą zaś zawartość aflatoksyny B1 stwierdzono w przypadku żyta ozimego. Nie zanotowano w stosunku do żadnej analizowanej próbki przekroczenia dopuszczalnego poziomu. Obecności aflatoksyny B1 nie stwierdzono w badanym ekologicznym jęczmieniu jarym w przypadku żadnego analizowanego zbioru.

Znacznie wyższy stopień zanieczyszczenia pszenicy aflatoksyną B1, rzędu  $19,00 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  otrzymali w swoich badaniach Odoemelam i Osu [2009] analizując materiał pochodzący z terenów Nigerii.

**Tabela 2.** Zawartość aflatoksyny B1 w badanych zbożach  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 

| Zboże ekol.              | Lata | Liczba próbek w których wykryto aflatoksynę B1 | Średnia   | Minimum   | Maximum   | Największy dopuszczalny poziom NDP |
|--------------------------|------|------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------------|
| Jęczmień jary            | 2011 | nieobecne                                      | nieobecne | nieobecne | nieobecne | 2,0                                |
|                          | 2012 | nieobecne                                      | nieobecne | nieobecne | nieobecne | 2,0                                |
|                          | 2013 | nieobecne                                      | nieobecne | nieobecne | nieobecne | 2,0                                |
| Żyto ozime               | 2011 | 5                                              | 0,08      | 0,07      | 0,10      | 2,0                                |
|                          | 2012 | 3                                              | 0,07      | 0,06      | 0,09      | 2,0                                |
|                          | 2013 | 3                                              | 0,05      | 0,05      | 0,05      | 2,0                                |
| Pszenica zwyczajna ozima | 2011 | 7                                              | 0,11      | 0,06      | 0,20      | 2,0                                |
|                          | 2012 | 5                                              | 0,09      | 0,06      | 0,09      | 2,0                                |
|                          | 2013 | 4                                              | 0,10      | 0,06      | 0,17      | 2,0                                |

Obecność sumy aflatoksyny B1, B2, G1, G2 stwierdzono we wszystkich analizowanych próbkach zbóż. Spośród 115 badanych próbek, 39 (33,91%) z nich było zanieczyszczonych sumą aflatoksyny B1, B2, G1, G2. W badaniach własnych średnia zawartość sumy aflatoksyn B1, B2, G1, G2 w badanych zbożach, była największa w stosunku do pszenicy zwyczajnej ozimej i wynosiła ona  $0,62 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 3). Najniższe stężenie tej sumy mikotoksyn zanotowano w przypadku jęczmienia jarego ( $0,20 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Na podstawie raportu ogłoszonego w 2013 roku przez European Food Safety Authority (EFSA) średnia zawartość sumy aflatoksyny B1, B2, G1, G2 w ziarnach jęczmienia w latach

2007-2011, wynosiła 0,01-0,74  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Natomiast w badaniach własnych w przypadku jęczmienia jarego zawartość aflatoksyn ogółem wynosiła 0,17-0,20  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Solarska i in. [2012] analizując w latach 2008-2010 wybrane zboża pochodzące z uprawy ekologicznej z terenu województwa lubelskiego nie stwierdzili obecności aflatoksyn w żadnym z analizowanych zbóż.

**Tabela 3.** Zawartość suma aflatoksyn B1, B2, G1, G2 w badanych zbożach  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

| Zboże ekol.        | Lata | Liczba próbek w których wykryto sumę aflatoksyn B1, B2, G1, G2 | Średnia | Minimum | Maximum | Największy dopuszczalny poziom NDP |
|--------------------|------|----------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|
| Jęczmień jary      | 2011 | 7                                                              | 0,19    | 0,17    | 0,20    | 4,0                                |
|                    | 2012 | 5                                                              | 0,18    | 0,10    | 0,20    | 4,0                                |
|                    | 2013 | 3                                                              | 0,17    | 0,10    | 0,20    | 4,0                                |
| Żyto ozime         | 2011 | 6                                                              | 0,38    | 0,31    | 0,44    | 4,0                                |
|                    | 2012 | 3                                                              | 0,38    | 0,31    | 0,44    | 4,0                                |
|                    | 2013 | 2                                                              | 0,38    | 0,31    | 0,44    | 4,0                                |
| Pszenica zwyczajna | 2011 | 6                                                              | 0,62    | 0,56    | 0,78    | 4,0                                |
|                    | 2012 | 3                                                              | 0,60    | 0,60    | 0,72    | 4,0                                |
|                    | 2013 | 4                                                              | 0,58    | 0,50    | 0,75    | 4,0                                |

We wszystkich analizowanych próbkach zanotowano obecność ochratoksyny A. Największą ilość próbek, w których wykryto obecność ochratoksyny A zanotowano w stosunku do ziarna pochodzącego ze zbioru z roku 2011. Natomiast niezależnie od roku zbioru, średnie stężenie tej mikotoksyny było na podobnym poziomie. Średnia zawartość ochratoksyny A (OTA) w badanych zbożach pochodzących z uprawy ekologicznej była najwyższa w stosunku do ziaren żyta ozimego i wynosiła ona 1,14  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , najniższa zaś w przypadku jęczmienia jarego 0,80  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 4). Znacznie niższe stężenie OTA uzyskali w swoich badaniach Mankevičienė in. (2006) analizując w latach 2003-2005, poziom tych mikotoksyn w ziarnach: żyta, pszenicy, jęczmienia. W przypadku żyta ozimego stężenie OTA wynosiło 0,9  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Natomiast Solarska i in. [2012] analizując w latach 2008-2010 zboża ekologiczne uprawiane w województwie lubelskim, nie stwierdzili obecności ochratoksyny A.

**Tabela 4.** Zawartość ochratoksyny A (OTA) w badanych zbożach  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

| Zboże ekol.        | Lata | Liczba próbek w których wykryto OTA | Średnia | Minimum | Maximum | Największy dopuszczalny poziom NDP |
|--------------------|------|-------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|
| Jęczmień jary      | 2011 | 6                                   | 0,47    | 0,20    | 0,80    | 3,0                                |
|                    | 2012 | 2                                   | 0,47    | 0,20    | 0,80    | 3,0                                |
|                    | 2013 | 2                                   | 0,45    | 0,20    | 0,75    | 3,0                                |
| Żyto ozime         | 2011 | 7                                   | 1,14    | 0,35    | 1,20    | 3,0                                |
|                    | 2012 | 3                                   | 1,10    | 0,40    | 1,00    | 3,0                                |
|                    | 2013 | 2                                   | 1,10    | 0,35    | 1,00    | 3,0                                |
| Pszenica zwyczajna | 2011 | 5                                   | 0,72    | 0,40    | 1,00    | 3,0                                |
|                    | 2012 | 3                                   | 0,70    | 0,35    | 1,00    | 3,0                                |
|                    | 2013 | 2                                   | 0,70    | 0,30    | 1,00    | 3,0                                |

Wśród wszystkich badanych próbek zbóż 35,65% z nich było zanieczyszczonych deoksyniwalenolem. Średnia zawartość deoksyniwalenolu (DON) w badanych zbożach uprawianych w systemie ekologicznym, wyniosła od 119,47 do 185,00  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (tab. 5). Najwyższe średnie stężenie DON zanotowano w stosunku do pszenicy zwyczajnej ozimej i wynosiło ono 185,00  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Należy jednak zaznaczyć, że w żadnej z badanych próbek nie mieliśmy do czynienia z przekroczeniem najwyższego dopuszczalnego poziomu.

Wyższy poziom DON uzyskali w swoich badaniach Mruczyk i Jeszka (2013), którzy dokonali oceny stopnia zanieczyszczenia deoksyniwalenolem: pszenicy, żyta, owsa, jęczmienia, pochodzących z uprawy w systemie ekologicznym znajdującej się na terenie województwa lubuskiego.

**Tabela 5.** Zawartość deoksyniwalenolu (DON) w badanych zbożach  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

| Zboże ekol.               | Lata | Liczba próbek w których wykryto DON | Średnia | Minimum | Maximum | Największy dopuszczalny poziom NDP |
|---------------------------|------|-------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|
| <b>Jęczmień jary</b>      | 2011 | 7                                   | 119,47  | 92,00   | 211,50  | 750,00                             |
|                           | 2012 | 2                                   | 110,00  | 90,00   | 207,50  | 750,00                             |
|                           | 2013 | 3                                   | 112,00  | 89,00   | 210,00  | 750,00                             |
| <b>Żyto ozime</b>         | 2011 | 10                                  | 135,60  | 100,00  | 240,40  | 750,00                             |
|                           | 2012 | 4                                   | 130,00  | 100,00  | 240,00  | 750,00                             |
|                           | 2013 | 5                                   | 127,50  | 100,00  | 230,00  | 750,00                             |
| <b>Pszenica zwyczajna</b> | 2011 | 7                                   | 185,00  | 120,60  | 349,47  | 750,00                             |
|                           | 2012 | 1                                   | 176,00  | 100,00  | 310,00  | 750,00                             |
|                           | 2013 | 2                                   | 150,00  | 100,00  | 340,00  | 750,00                             |

Obecność mikotoksyny T-2 zanotowano w 31,30% w stosunku do wszystkich badanych próbek (tab. 6). Ilościowo najwięcej próbek zbóż zanieczyszczonych toksyną T-2, zidentyfikowano w materiale pochodzącym ze zbioru 2011. W badaniach własnych średnia zawartość mikotoksyny T-2 wynosiła od 8,22 do 9,65  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Najwyższy poziom tej mikotoksyny 9,65  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  zanotowano w stosunku do ziaren jęczmienia jarego. Mankevicien (2010) dokonując oceny zanieczyszczenia mikotoksynami zbóż i produktów zbożowych na Litwie posługując się testami ELISA, analizując jęczmień jary wykazał, że aż 84,9% próbek było zanieczyszczonych tą mikotoksyną. Badania dotyczące zboża pochodzącego z uprawy ekologicznej województwa lubelskiego, przeprowadzone przez Solarską i in. [2012], wykazały powszechność występowania toksyny T-2. Natomiast Muthomi i in. [2012] analizując próbki pszenicy uprawianej w różnych regionach Kenii, wykazali powszechność występowania toksyny T-2 w zbożach. Uzyskane przez nich stężenie tej mikotoksyny, w stosunku do badanej pszenicy, było na poziomie 3.5 to 23 ppb.

**Tabela 6.** Zawartość T-2 w badanych zbożach  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 

| Zboże ekol.        | Lata | Liczba próbek w których wykryto T-2 | Średnia | Minimum | Maximum | Największy dopuszczalny poziom NDP |
|--------------------|------|-------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|
| Jęczmień jary      | 2011 | 10                                  | 9,65    | 9,20    | 10,40   | -                                  |
|                    | 2012 | 3                                   | 9,60    | 9,00    | 10,00   | -                                  |
|                    | 2013 | 2                                   | 9,50    | 9,00    | 10,00   | -                                  |
| Żyto ozime         | 2011 | 7                                   | 8,22    | 8,00    | 8,67    | -                                  |
|                    | 2012 | 2                                   | 8,20    | 8,00    | 8,60    | -                                  |
|                    | 2013 | 2                                   | 8,20    | 8,00    | 8,60    | -                                  |
| Pszenica zwyczajna | 2011 | 7                                   | 9,16    | 9,00    | 9,43    | -                                  |
|                    | 2012 | 3                                   | 9,12    | 9,00    | 9,40    | -                                  |
|                    | 2013 | 1                                   | 9,12    | 9,00    | 9,40    | -                                  |

Zearalenon (ZEA) został wykryty w 37 próbkach (32,17% wszystkich próbek). Najwięcej próbek zanieczyszczonych tą mikotoksyną wykryto w stosunku do wszystkich analizowanych zbóż pochodzących ze zbioru w 2011 roku. Największe średnie stężenie zanotowano dla żyta ozimego i wynosiło ono  $9,62 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Najniższe zaś w stosunku do pszenicy zwyczajnej  $8,67 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . W badanych próbkach zbóż stężenie zearalenonu (ZEA) nie przekraczało przyjętego dopuszczalnego stężenia (tab.7). Natomiast badania przeprowadzone przez Stanisławczyka i in. (2010) wykazały, że średnia zawartość zearalenonu we wszystkich badanych próbkach kształtowała się na tym samym poziomie i wynosiła  $10 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Tangendjaja i in (2008) w latach 2005-2006 przeprowadzili ocenę zawartości mikotoksyn w próbkach zbóż pochodzących z Indonezji, USA i Argentyny, w wyniku przeprowadzonych analiz średnie stężenie ZEA w przypadku zbóż pochodzących z Indonezji wynosiło  $21,7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Badania przeprowadzone na Litwie przez Bakutis i in [2006] dotyczące stopnia zanieczyszczenia zbóż pochodzących z uprawy ekologicznej, wykazały iż we wszystkich analizowanych próbkach wykryto obecność zearalenonu w przypadku pszenicy, w 82% próbek jęczmienia.

**Tabela 7.** Zawartość zearalenonu (ZEA) w badanych zbożach  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 

| Zboże ekol.        | Lata | Liczba próbek w których wykryto ZEA | Średnia | Minimum | Maximum | Największy dopuszczalny poziom NDP |
|--------------------|------|-------------------------------------|---------|---------|---------|------------------------------------|
| Jęczmień jary      | 2011 | 8                                   | 9,15    | 9,00    | 9,40    | 75,00                              |
|                    | 2012 | 2                                   | 8,93    | 8,90    | 9,00    | 75,00                              |
|                    | 2013 | 2                                   | 8,70    | 8,40    | 8,90    | 75,00                              |
| Żyto ozime         | 2011 | 9                                   | 9,62    | 9,00    | 10,00   | 75,00                              |
|                    | 2012 | 3                                   | 9,30    | 9,20    | 9,50    | 75,00                              |
|                    | 2013 | 3                                   | 9,30    | 9,10    | 9,60    | 75,00                              |
| Pszenica zwyczajna | 2011 | 6                                   | 8,75    | 8,50    | 9,00    | 75,00                              |
|                    | 2012 | 2                                   | 8,67    | 8,50    | 8,90    | 75,00                              |
|                    | 2013 | 2                                   | 8,60    | 8,50    | 8,80    | 75,00                              |

## Wnioski

1. Najwyższe stężenia badanych mikotoksyn uzyskano w stosunku do zbóż pochodzących ze zbioru z 2011 roku.
2. Średnia zawartość aflatoksyny B1 w badanych zbożach nie przekraczała dopuszczalnej wartości. Średnia zawartość sumy aflatoksyn B1, B2, G1, G2 była najwyższa w ziarnach ekologicznej pszenicy zwyczajnej oзимej i wynosiła ona  $0,62 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  i nie przekroczyła dozwolonych limitów.
3. Największe stężenie ochratoksyny A (OTA) zanotowano w ziarnie ekologicznego żyta oзимego ( $1,14 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).
4. Średnie stężenie deoksyniwalenolu (DON) było największe w ekologicznej pszenicy zwyczajnej oзимej i wynosiło ono  $185 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
5. Stężenie T-2 było najwyższe w stosunku do jęczmienia jarego  $9,65 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
6. Średnia zawartość zearalenonu (ZEA) nie przekroczyła dopuszczalnej wartości. Średnia zawartość tej mikotoksyny była najwyższa w ziarnie ekologicznego żyta oзимego i kształtowała się ona na poziomie  $9,62 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

## Piśmiennictwo

1. Arseniuk, E., Góral, T., 2005: Mikotoksyny fuzaryjne w ziarnie zbóż i kukurydzy. Hodowla Roślin i Nasiennictwo 3: 27–33.
2. Bakutis B., Baliukonienė V., Lugauskas A., 2006: Factors predetermining the abundance of fungi and mycotoxins in grain from organic and conventional farms, EKOLOGIIA 3: 122–127.
3. Betina V., 1989: Mycotoxins. In: Betina V (ed.): Bioactive Molecules. Elsevier, Amsterdam. 271.
4. Chełkowski, J., 1985: Mikotoksyny, wytwarzające je grzyby i mikotoksykozy. Skrypt Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Akademii Rolniczej, Warszawa: 8–13, 20–46.
5. Czerwiecki L., 1997: Mikotoksyny w żywności jako czynnik zagrożenia zdrowotnego. Żywność, Żywnienie a Zdrowie 4, 293–300.
6. D'Mello J.P.F., Placinta C.M., MacDonald A.M.C., 1999: Fusarium mycotoxins: a review of global implications for animal health, welfare and productivity. Anim. Feed Sci. and Tech. 80:183–205.
7. European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, Supporting Publications 2013: EN-406.
8. Goliński P., Waśkiewicz A., Gromadzka K., 2009: Mycotoxins and mycotoxicoses under climatic conditions of Poland. Pol. J. Vet. Sci. 12, 4: 581–588.
9. Goliński P., Waśkiewicz A., Wiśniewska H., Kiecana I., Mielniczuk E., Gromadzka K., Kostecki M., Bocianowski J., Rymaniak E., 2010: Reaction of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to infection with *Fusarium* spp.: mycotoxin contamination in grain and chaff. Food Additiv. Contam. 27, 6: 1015–1024.
10. Grajewski J., 2006: Mikotoksyny i mikotoksykozy zagrożeniem dla człowieka i zwierząt. W: Mikotoksyny i grzyby pleśniowe – zagrożenia dla człowieka i zwierząt. Red. J. Grajewski. Wyd. UKW, Bydgoszcz: 117–147.

11. Imathiu, S.M., Ray, R.V., Back, M., Hare, M.C., Edwards, S.G., 2008: *Fusarium langsethiae* pathogenicity and aggressiveness towards oats and wheat in wounded and unwounded *in vitro* detached leaf assays. *European J. of Plant Pathology* 124 (1): 117–126.
12. Kumar, V., Basu, M. S., Rajendran, T. P., 2008: Mycotoxin research and mycoflora in some commercially important agricultural commodities. *Crop Protection*. 27, Jun.: 891-905, 0261-2194.
13. Mankevicien A., 2010: Mycotoxins in Lithuanian Cereals and Grain Products. *Mycotoxins in Food, Feed and Bioweapons*: 147-162.
14. Mankevičienė A., Gaurilčikienė I., Dabkevičius Z., Semaškienė R., Mačkinitė R., Supronienė S., 2006: Mycotoxin contamination of Lithuanian-grown cereal grains and factors determining it. *EKOLOGIJA* 3: 21–27.
15. Milani J.M., 2013: Ecological conditions affecting mycotoxin production in cereals: a review. *Veterinari Medicina*, 58 (8): 405-411.
16. Mruczyk K., Jeszka J., 2013: Assessment of deoxynivalenol (DON) contamination of cereal grain and cereals collected from organic and conventional cultivations. *JEcolHealth*. 17, 2: 72-75.
17. Muthomi J.W., Musyimi S.L., Wagacha J.M., Narla R.D., 2012: Occurrence of *Fusarium* species and associated T2-toxin in Kenyan wheat. 3,1: 24-34.
18. Odoemelam S.A., Osu C. I., 2009: Aflatoxin B1 Contamination of Some Edible Grains Marketed in Nigeria. *E-Journal of Chemistry* 6(2): 308-314.
19. Packa D., 2006: Genotoksyczność mikotoksyn fuzaryjnych. *Postępy Nauk Rolniczych*, 6: 51–74.
20. Pittet A., 1998: Natural occurrence of mycotoxins in foods and feeds – an updated review. *Rev. Med. Vet.* 149 (6): 479-492.
21. Reddy, K. R. N., Reddy, C. S., Abbas, H. K., Abel, C. A., & Muralidharan, K., 2008: Mycotoxigenic Fungi, Mycotoxins, and Management of Rice Grains. *Toxin Reviews* 27: 287-317, 1556-9543.
22. Selwet M., 2010: Negatywne aspekty występowania wybranych mikotoksyn w paszach, *Wiadomości Zootechniczne XLVIII*, 1: 9–13.
23. Solarska E., Kuzdraliński A., Potocka E., 2012: Mikotoksyny w zbożach z upraw ekologicznych, *J. Res. and Appl. Agric. Engin.* 57(4).
24. Solarska E., Kuzdralski A., 2011: Ioxigenic fungi and mycotoxins in organic spring barley protected with chitosan-based biopreparations. *Phytopathologia* 60: 57–63.
25. Stanisławczyk R., Rudy M., Świątek B., 2010: Występowanie mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w placówkach handlowych województwa podkarpackiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 6(73): 58-66.
26. Tangendjaja B., Rachmawati S., Wina E., 2008: Mycotoxin contamination on corn used by feed mills in Indonesia. *J. Agric. Sci.* 9(2): 68-76.
27. Wagacha, J. M., & Muthomi, J. W., 2008: Mycotoxin problem in Africa: Current status, implications to food safety and health and possible management strategies. *Int. J. Food Microb.* 124, 10: 1-12, 1600-1605.
28. Waśkiewicz A., Gromadzka K., Wiśniewska H., Goliński P., 2008: Accumulation of zearalenone in genotypes of spring wheat after inoculation with *Fusarium culmorum*. *Cereal Res. Commun.* 36, Suppl. B: 401-404.

29. Zinedine A., Soriano J.M., Moltó J.C., Mañes J., 2007: Review on the toxicity, occurrence, metabolism, detoxification, regulations and intake of zearalenone: An oestrogenic mycotoxin. *Food and Chemical Toxicology* 45, 1: 1-18.
30. Xu, Z. R., Han, X. Y., Huang, Q. C., Li, W. F., & Jiang, J. F., 2008: Changes in growth performance, digestive enzyme activities and nutrient digestibility of cherry valley ducks in response to aflatoxin B(1) levels. *Livestock Science* 1, 19: 216-220, 1871-1413.