

Received: 25.04.2016 / Accepted: 28.07.2016

Fungi colonizing grain oats and content of mycotoxin in the mill products of oat

Grzyby zasiedlające ziarno owsa i zawartość mikotoksyn w produktach jego przemiału

Joanna Horoszkiewicz-Janka^{1*}, Jakub Danielewicz¹, Beata Danielewicz¹,
Amelia Bednarek-Bartsch¹, Marek Korbas¹, Aleksandra Szołkowska²

Summary

The aim of experiments was to assess the health of seeds of 6 cultivars of oat (5 yellow-seed cultivars and 1 brown-seed cultivar). The fungal infestation of the seeds was analysed and the content of mycotoxins was determined. The study was conducted on oat seeds harvested in Kopaszewo in 2011 and 2012. The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA – enzyme-linked immunosorbent assay) Veratox tests were used to determine the content of mycotoxins in the flour from the oat seeds. Deoxynivalenol was found in all the samples (35–247 ppb). The content of HT-2 toxin, and T-2 ranged 12–215 ppb. There were differences in the infestation of the oat seeds included in the study in terms of the percentage of infested caryopses and the number of species of fungal pathogens, which were isolated. The grain of Rajtar cultivar was infested the least and the content of the deoxynivalenol was the smallest as compare to other cultivars. The content of mycotoxins did not exceed the limits for cereal seeds established by the European Union.

Key words: *Avena sativa*; mycotoxins; seed infestation; oat

Streszczenie

Celem przeprowadzonych doświadczeń była ocena fitopatologiczna ziarna 6 odmian owsa (5 odmian żółtoziarnistych i 1 odmiana o barwie brązowej). W tym celu analizowano zasiedlenie ziarna przez grzyby oraz określono zawartość mikotoksyn w zebranych plonie. Badano ziarno owsa zebrane w latach 2011–2012 w Kopaszewie. Zawartość mikotoksyn w mące uzyskanej z pobranego ziarna oznaczano metodą immunoenzymatyczną ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) przy użyciu testów Veratox. We wszystkich próbach stwierdzono obecność deoksyniwalenolu i wynosiła ona 35–247 ppb. Zawartość toksyn HT-2 i T-2 wahała się w granicach 12–215 ppb. Ziarno badanych odmian owsa różniło się procentowym zasiedleniem ziarniaków oraz liczbą izolowanych grzybów patogenicznych. Ziarno odmiany Rajtar było najslabiej zasiedlone przez grzyby oraz zawierało najmniejszą zawartość deoksyniwalenolu. Zawartość mikotoksyn w badanym ziarnie nie przekraczała norm określonych dla ziarna zbóż przez Unię Europejską.

Słowa kluczowe: *Avena sativa*; mikotoksyny; zasiedlenie ziarna; owies

¹Institut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań

²Danko Hodowla Roślin Sp. z o.o.
Choryń 27, 64-000 Kościan

*corresponding author: j.horoszkiewicz@iorpib.poznan.pl

Wstęp / Introduction

W ostatnich latach produkty wytworzone z ziarna owsa (*Avena sativa*) są coraz częściej spożywane przez ludzi między innymi ze względu na zawartość rozpuszczalnych w wodzie β -glukanów oraz związków o właściwościach przeciwutleniających, wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, w tym kwasu linolenowego oraz fitosteroli (Gąsiorowski 1999; McKevith 2004). Produkty owsiane zaliczane są do żywności funkcjonalnej, która oprócz efektu odżywczego wpływa również na zmniejszenie ryzyka występowania chorób konsumentów. Przetwory owsiane spożywane w zalecanych ilościach zwyczajowej diety chronią szczególnie przed chorobami układu krążenia, cukrzycą typu 2, otyłością oraz wpływają na poprawę stanu zdrowia (Lange 2010).

Grzyby chorobotwórcze mogą występować w czasie wzrostu na roślinach owsa oraz zasiedlać ziarno. W trakcie wegetacji owies porażany jest przez grzyby, które występować mogą na liściach i wiechach, co wpływa na zmniejszenie plonowania (Kolenda i Mroczkowski 2013). Grzyby rodzaju *Fusarium* występują w różnym nasileniu w każdym sezonie wegetacyjnym i mogą powodować wiele chorób, takich między innymi jak: zgorzel siewek, fuzaryjną zgorzel podstawy źdźbła i korzeni, fuzariozę liści i fuzariozę kłosów (wiech) (Kuzdrałiński i wsp. 2014). Ważną chorobą o znaczeniu gospodarczym powodowaną przez grzyby rodzaju *Fusarium* jest fuzarioza wiech (Kiecana i wsp. 2015). Grzyby rodzaju *Fusarium* mają zdolność wytwarzania toksycznych metabolitów w porażonym ziarnie i mogą one stanowić zagrożenie dla bezpieczeństwa zdrowotnego konsumentów. Jest to związane z pogarszaniem jakości produktów przez gatunki należące do rodzaju *Fusarium* zasiedlające ziarno owsa (Grajewski 2006; Chelkowski 2010). W celu ograniczenia występowania fuzariozy kłosów w uprawianych gatunkach zbóż, a zarazem możliwości tworzenia mikotoksyn i ich poziomu występowania, w fazie kłoszenia wykonuje się opryskiwanie zbóż fungicydami.

Najczęściej występującymi w ziarnie owsa mikotoksynami należącymi do trichotecenów grupy A są: toksyna T-2 i HT-2 oraz grupy B: deoksyniwalenol i niwalenol. Dopuszczalne normy zawartości wymienionych mikotoksyn określone są przez Unię Europejską (Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. i Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1126/2007 z dnia 28 września 2007 r.).

Wprowadzenie od 1. stycznia 2014 roku zasad integrowanej ochrony roślin ma na celu zapobieganie występowaniu organizmów szkodliwych lub minimalizowaniu ich negatywnego wpływu na rośliny uprawne między innymi przez stosowanie odmian odpornych/tolerancyjnych (Mrówczyński i Wachowiak 2013). Jest to szczególnie ważne zwłaszcza w uprawach, w których nie ma zarejestrowanych fungicydów do stosowania w czasie wegetacji. Do ochrony owsa zarejestrowane są tylko zaprawy nasienne, brak natomiast zarejestrowanych fungicydów do stosowania w okresie wegetacji (Danielewicz i wsp. 2014; Zalecenia 2016/2017). Dlatego ważne jest monitorowanie porażenia owsa przez *Fusarium* spp. w czasie wegetacji oraz zawartości mikotoksyn w zebranych i przechowywa-

nym ziarnie, szczególnie w latach sprzyjających rozwojowi tych grzybów.

Celem badań była ocena zasiedlenia ziarna wybranych odmian owsa przez grzyby oraz określenie zawartości mikotoksyn: deoksyniwalenolu, zearalenonu oraz zawartości sumy toksyn T-2 i HT-2 w mące uzyskanej z przemiału zebranego ziarna.

Materiały i metody / Materials and methods

Do badań użyto ziarna wybranych 5 odmian owsa żółtoziarnistych: Arden, Berdysz, Krezus, Rajtar i Zuch oraz 1 odmiany o barwie brązowej: Gniady, zebranych w latach 2011–2012 z poletek doświadczalnych Hodowli Roślin Danko w Kopaszewie. W 2011 roku ziarno owsa zebrano w pierwszej dekadzie sierpnia, w 2012 roku w drugiej dekadzie sierpnia i każdorazowo przechowywano je 2–3 tygodnie w magazynie przy niskiej wilgotności w temperaturze pokojowej. Po tym okresie ziarno poddawane było analizom.

Ocena zasiedlenia ziarna przez grzyby

W celu określenia zasiedlenia ziarna przez grzyby na pożywkę agarowo-glukozowo-ziemniaczaną (PDA – Potato Dextrose Agar) wykładano z każdej odmiany po 300 ziarniaków (3 powtórzenia po 100 ziarniaków). Materiał do badań odkażano przez 2,5 minuty w 1% NaOCl i trzykrotnie płukano w sterylnej wodzie destylowanej. Gatunki grzybów oznaczano na podstawie charakterystycznych makro- i mikroskopowych cech kultur.

Oznaczanie mikotoksyn

Do badań mikotoksyn pobrano próbki po 50 gramów ziarna i mielono je młynkiem AKA – analytical mill. Zawartość deoksyniwalenolu (DON), sumy toksyn T-2 i HT-2 oraz zearalenonu (ZEA) w mące oznaczano metodą immunoenzymatyczną ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) przy użyciu testów Veratox DON HS, toksyny T-2 i HT-2 oraz ZEA (firmy Neogen) według procedury producenta. Do odczytu reakcji wykorzystywano fotometr Stat Fax 303 Plus.

Uzyskane wyniki procentowego udziału grup ekologicznych poddano obliczeniom statystycznym wykonując analizę wariancji, najmniejszą istotną różnicę (NIR) obliczono dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$ za pomocą testu t-Studenta.

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Warunki meteorologiczne

W czasie trwania doświadczenia, gdy w wiechach nalewało się i dojrzewało ziarno panowały korzystne dla rozwoju grzybów warunki meteorologiczne. W 2011 roku od czerwca do sierpnia notowano wyższe opady deszczu w porównaniu do innych miesięcy. Zdecydowanie najwięcej opadów było w lipcu (170 mm). Niższą sumę opadów w porównaniu do 2011 roku obserwowano

w drugim roku badań. W czerwcu opady były najwyższe i wynosiły 109 mm, zaś w lipcu i sierpniu opady były zbliżone do ilości notowanych w czerwcu i sierpniu 2011 roku.

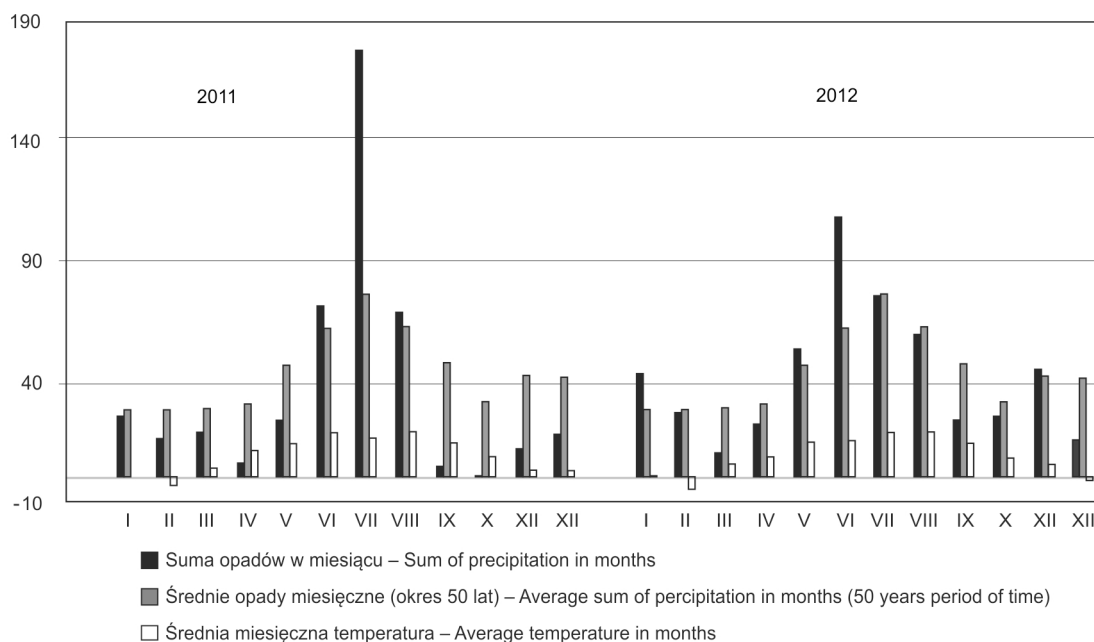
Zasiedlenie ziarna

Zasiedlenie ziarna badanych odmian owsa przez grzyby było większe w 2011 roku i wynosiło średnio 65%, zaś w 2012 roku było o 16% niższe. W 2011 roku ziarno odmian: Gniady i Krezus (ponad 99%) było istotnie silniej zasiedlone przez grzyby (tab. 1). W 2012 roku ziarno odmiany Gniady (99%) w porównaniu z innymi odmianami było w największym stopniu zasiedlone przez grzyby. Analizując średnie zasiedlenie ziarna w latach badań stwierdzono najmniej grzybów chorobotwórczych na odmianie Rajtar (13,5%), a w drugiej kolejności na odmianie Berdysz (39%). Ziarno owsa odmiany Gniady było w istotnym stopniu najliczniej zasiedlone przez grzyby (99,5%).

Spośród grzybów saprotroficznych stwierdzano obecność przede wszystkim gatunków: *Alternaria alternata* oraz *Cladosporium herbarum* (tab. 4). Stwierdzono duże zróżnicowanie gatunkowe grzybów saprotroficznych w badanych latach. Ziarno owsa odmiany Rajtar było istot-

nie silniej zasiedlone przez grzyby saprotroficzne z frekwencją 77% (tab. 2). Analizując średnie z lat w mniejszym stopniu zasiedlone były tylko dwie odmiany owsa: Krezus i Arden.

Badane odmiany charakteryzowały się zróżnicowanym zasiedleniem przez grzyby patogeniczne (tab. 3). Ziarno owsa odmiany Rajtar w obu latach badań nie było zasiedlone przez patogeny. Poniżej 10% (średnio) zasiedlonych ziarniaków wyodrębniono z ziarna owsa odmiany Arden oraz Berdysz. Spośród badanych odmian statystycznie istotnie więcej grzybów patogenicznych wyodrębniono z ziarna owsa odmiany Krezus (średnio z lat 30,3%). Z ziarna badanych odmian izolowano następujące gatunki grzybów: *Fusarium poae*, *F. avenaceum*, *F. culmorum* i *F. graminearum* oraz *Helminthosporium avenae* (tab. 4). Najliczniej izolowano gatunek *F. poae*. Podobne wyniki uzyskali Kiecana i wsp. (2005, 2012), którzy stwierdzili występowanie na ziarnie owsa również *F. avenaceum*, *F. crookwellense*, *F. culmorum* i *F. sporotrichoides*. Nie stwierdzali innych gatunków grzybów patogenicznych poza *Fusarium* spp. W badaniach własnych izolowano również grzyby niezarodnikujące.



Rys. 1. Charakterystyka warunków pogodowych w sezonach 2011 i 2012

Fig. 1. Weather conditions in the seasons 2011 and 2012

Tabela 1. Procent zasiedlonych przez grzyby ziaren owsa

Table 1. The percentage of oat seeds infested

Odmiana – Cultivar	2011	2012	Średnio – Mean
Arden	59,0	65,0	62,0
Berdysz	45,0	33,0	39,0
Gniady	100,0	99,0	99,5
Krezus	99,0	9,0	54,0
Rajtar	13,0	14,0	13,5
Zuch	74,0	74,0	74,0
NIR (0,05) – LSD (0.05)	9,348	13,920	8,271

Tabela 2. Procentowy udział grzybów saprotroficznych zasiedlających ziarno owsa
Table 2. The percentage of saprophytic fungi infesting oat seeds

Odmiana – Cultivar	2011	2012	Średnio – Mean
Arden	57,7	50,8	54,2
Berdysz	64,5	81,9	73,2
Gniady	66,0	79,8	72,9
Krezus	43,4	66,7	55,0
Rajtar	77,0	76,9	76,9
Zuch	54,1	58,1	56,1
NIR (0,05) – LSD (0.05)	13,562	15,139	20,849

Tabela 3. Procentowy udział grzybów patogenicznych zasiedlających ziarno owsa
Table 3. The percentage of pathogenic fungi infesting oat seeds

Odmiana – Cultivar	2011	2012	Średnio – Mean
Arden	3,4	15,4	9,4
Berdysz	15,5	3,0	9,2
Gniady	21,0	14,1	17,5
Krezus	38,4	22,2	30,3
Rajtar	0,0	0,0	0,0
Zuch	8,1	17,5	12,8
NIR (0,05) – LSD (0.05)	2,949	2,970	2,005

Tabela 4. Procentowy udział grzybów zasiedlających ziarno owsa
Table 4. The percentage of fungi infesting oat seeds

Odmiana Cultivar	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium graminearum</i>	<i>Fusarium poae</i>	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Helminthosporium avenae</i>	<i>Alternaria alternata</i>	<i>Cladosporium</i> spp.	<i>Botrytis cinerea</i>	<i>Verticillium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Epicoccum nigrum</i>	Niezarodni- kujące Non sporulating
2011													
Arden	1,7	–	–	–	1,7	21,9	10,3	–	–	11,9	13,6	–	38,9
Berdysz	4,4	6,7	4,4	–	–	22,3	15,6	–	2,2	4,4	20,0	4,4	15,6
Gniady	5,0	2,0	11,0	2,0	1,0	65,0	1,0	–	–	–	–	–	13,0
Krezus	3,0	–	30,3	–	5,1	42,4	1,0	–	–	–	–	–	18,2
Rajtar	–	–	–	–	–	–	7,7	–	15,4	23,1	30,8	–	23,0
Zuch	–	–	2,7	–	5,4	31,2	5,4	2,7	1,3	25,4	6,8	1,3	17,8
2012													
Arden	–	3,1	4,6	3,1	4,6	29,2	20,0	–	–	10,8	9,3	1,5	13,8
Berdysz	–	–	3,0	–	–	51,6	6,1	–	–	–	21,2	3,0	15,1
Gniady	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Krezus	11,1	–	–	–	11,1	11,1	22,2	–	–	–	33,4	–	11,1
Rajtar	–	–	–	–	–	–	–	–	7,7	–	69,2	–	23,1
Zuch	1,3	–	14,9	–	1,3	46,0	1,3	14,4	–	6,8	4,0	–	10,0

Zasiedlenie ziarna owsa pochodzącego z konwencjonalnych i ekologicznych gospodarstw analizowała Twarużek i wsp. (2012). Ziarno owsa z gospodarstw ekologicznych było średnio silniej zasiedlone aniżeli z gospo-

darstw konwencjonalnych. Zasiedlenie przez grzyby rodzaju *Fusarium* wynosiło w próbach z gospodarstwa ekologicznego 2%, a z konwencjonalnego 1%. Również skład gatunkowy grzybów rodzaju *Fusarium* był większy

Tabela 5. Zawartość mikotoksyn w mące z ziarna owsa
Table 5. The percentage of mycotoxins in oat flour

Odmiana – Cultivar	Mikotoksyna – Mycotoxin					
	deoksyniwalenol deoxynivalenol [ppb]		zearalenon zearalenone [ppb]		T-2/HT-2 [ppb]	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
Arden	77,4	73,4	< LOD	< LOD	< LOD	17,3
Berdysz	128,9	178,3	5,5	8,0	150,2	20,9
Gniady	127,6	135,1	< LOD	7,8	< LOD	16,9
Krezus	42,9	247,0	< LOD	< LOD	20,5	215,0
Rajtar	21,2	35,5	< LOD	11,8	11,6	52,7
Zuch	55,5	108,2	< LOD	< LOD	25,5	16,6

LOD – granica wykrywalności – limit of detection
LOD_{ZEA} = 5 ppb, LOD_{T-2/HT-2} = 10 ppb

w gospodarstwie ekologicznym – 6 gatunków, natomiast w uprawie konwencjonalnej wyizolowano tylko *F. poae* i *F. tricinatum*. W jednorocznych badaniach Wickiela i wsp. (2011) stwierdzano niewielki procent zasiedlenia 5 odmian owsa przez grzyby rodzaju *Fusarium*, który wynosił 2%. Autorzy nie wykazali różnic w zasiedleniu ziarna badanych odmian. W badaniach własnych stwierdzono istotne statystycznie różnice w zasiedleniu ziarna badanych odmian przez grzyby.

Zawartość mikotoksyn

F. poae, który najczęściej izolowano spośród grzybów patogenicznych może produkować między innymi toksynę T-2 oraz niwalenol (Desjardins 2006). *F. poae* odznacza się niższą szkodliwością aniżeli *F. graminearum*, *F. avenaceum* oraz *F. sporotrichoides* (Wolny-Koładka 2014). W badaniach Kiecany i wsp. (2005) po sztucznej inokulacji wiech owsa kulturami *F. poae* stwierdzano obecność: T-2 toksyny, HT-2 toksyny oraz scirpentriolu.

W przeprowadzonych badaniach we wszystkich próbach owsa stwierdzono obecność deoksyniwalenolu. Zawartość zearalenonu oraz sumy toksyn T-2 i HT-2 w dziesięciu próbach była poniżej granicy wykrywalności (LOD – limit of detection) (tab. 5). Wartość deoksyniwalenolu wynosiła 21–247 ppb, natomiast zawartość sumy toksyn T-2 i HT-2 wahała się w granicach 12–215 ppb. Prawdopodobnie o poziomie zawartości deoksyniwalenolu, należącego do trichotecenów grupy B decydowało występowanie *F. culmorum* i *F. graminearum*, które odpowiadają za tworzenie tych mikotoksyn (Chełkowski 2010). W obu latach badań < LOD dla zearalenonu uzyskano z mąki owsa odmian: Arden, Krezus i Zuch. Uzyskane wyniki zawartości zearalenonu potwierdzają badania zasiedlenia ziarna owsa. Z odmian tych nie izolowano *F. graminearum*, a tylko w niektórych próbach stwierdzano

F. culmorum. Grzyby te uznaje się za producentów zearalenonu (Chełkowski 2010). Stuper i wsp. (2010) porównywali stężenie ergosterolu (ERG) i sumy mikotoksyn z grupy trichotecenów w zebranych ziarnie pszenicy, żyta, pszenżyta, jęczmienia i owsa. Stwierdzili najwyższe stężenie ERG w ziarnie owsa i żyta, a sumy mikotoksyn z grupy trichotecenów w ziarnie owsa. Wszystkie badane próbki mąki uzyskane z badanych odmian owsa nie przekraczały dopuszczalnych przez Unię Europejską norm dotyczących zawartości mikotoksyn. Również badania Stanisławczyka i wsp. (2010) dotyczące zawartości mikotoksyn w płatkach owsianych potwierdzają niską ich zawartość w przetworach owsa. Jednak w warunkach sprzyjających rozwojowi grzybów rodzaju *Fusarium*: wysoka wilgotność powietrza, wiatr, częste opady deszczu oraz uprawa podatnych odmian ryzyko wystąpienia fuzariozy wiech wzrasta (Champeil i wsp. 2004). Szerokie zastosowanie owsa w celach żywieniowych ludzi i zwierząt, do produkcji kosmetyków oraz leków wymaga dostarczenia wolnego od grzybów patogenicznych surowca.

Wnioski / Conclusions

1. Dominującymi grzybami patogenicznymi zasiedlającymi ziarno owsa były: *F. poae*, *F. avenaceum* i *F. graminearum*.
2. Deoksyniwalenol stwierdzano we wszystkich badanych próbach mąki, w dziesięciu próbach sumę toksyn T-2 i HT-2 oraz w 4 próbach zearalenon. Wartość mikotoksyn nie przekraczała dopuszczalnych przez Unię Europejską norm.
3. Odmiana Rajtar cechowała się najwyższą zdrowotnością ziarna.

Literatura / References

Champeil A., Dore T., Fourbett J.F. 2004. *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head light attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Science* 166: 1389–1414.

- Chelkowski J. 2010. Mikotoksyny, grzyby toksynotwórcze i mikotoksykozy. Wersja on-line. <http://www.cropnet.pl/dbases/mycotoxins.pdf> [dostęp: 15.03.2016].
- Danielewicz J., Korbas M., Mrówczyński M. (red.). 2014. Metodyka integrowanej ochrony owsa dla producentów. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 48 ss.
- Desjardins A.E. 2006. *Fusarium* Mycotoxins Chemistry Genetics and Biology. APS Press, St. Paul, MN, 260 pp.
- Gąsiorowski H. (red.). 1999. Owies. Chemia i technologia. PWRiL, Poznań, 180 ss.
- Grajewski J. (red.). 2006. Mikotoksyny i grzyby pleśniowe. Zagrożenie dla człowieka i zwierząt. Wydawnictwo UKW, Bydgoszcz, 201 ss.
- Kiecana I., Cegiełko M., Mielniczuk E., Pastucha A. 2015. Występowanie fuzariozy wiech owsa w 2013 roku oraz szkodliwość *Fusarium sporotrichioides* Sherb. dla wybranych odmian. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 275: 77–87.
- Kiecana I., Cegiełko M., Mielniczuk E., Perkowski J. 2012. The occurrence of *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. on oat (*Avena sativa* L.) panicles and its harmfulness. Acta Agrobotanica 65 (4): 169–178.
- Kiecana I., Mielniczuk E., Perkowski J., Goliński P. 2005. Porażenie wiech przez *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie owsa. Acta Agrobotanica 58 (2): 91–102.
- Kolenda M., Mroczkowski S. 2013. Mikotoksyny fuzaryjne oraz sposoby ustalania mikotoksynotwórczości: przegląd. [Fusarium mycotoxins and methods of assessing the mycotoxicity: a review]. Journal of Central European Agriculture 14 (1): 169–180.
- Kuzdraliński A., Paterek A., Gierasimiuk N. 2014. Charakterystyka grzybów z rodzaju *Fusarium* oraz nowoczesne metody ich identyfikacji. Nauki Przyrodnicze 2 (4): 4–18.
- Lange E. 2010. Produkty owsiane jako żywność funkcjonalna. Żywność Nauka Technologia Jakość 17 (3): 7–24.
- McKevith B. 2004. Nutritional aspects of cereals. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin 29: 111–142.
- Mrówczyński M., Wachowiak H. 2013. Ogólne zasady integrowanej ochrony roślin. s. 12–18. W: „Integrowana ochrona upraw rolniczych” (M. Mrówczyński, red.). PWRiL, Poznań, 153 ss.
- Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz. Urz. UE L 364/5 z dnia 20.12.2006 r.).
- Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1126/2007 z dnia 28 września 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do toksyn *Fusarium* w kukurydzy i produktach z kukurydzy (Dz. Urz. UE L 255/14 z dnia 29.09.2007 r.).
- Stanisławczyk R., Rudy M., Świątek B. 2010. Występowanie mikotoksyn w zbożach i przetworach zbożowych znajdujących się w placówkach handlowych województwa podkarpackiego. [The occurrence of mycotoxins in cereals and cereal products present in retail outlets in the province of Podkarpacie]. Żywność Nauka Technologia Jakość 17 (6): 58–66.
- Stuper K., Buśko M., Matysiak A., Perkowski J. 2010. Zanieczyszczenie zbóż grzybami mikroskopowymi oraz ich metabolitami zebranych na terenie Wielkopolski. Aparatura Badawcza i Dydaktyczna 15 (4): 89–96.
- Twarużek M., Grajewski J., Kwiatkowska J., Grajewska N., Soszczyńska E. 2012. Mikologiczna ocena jakości ziarna zbóż pochodzących z ekologicznego i konwencjonalnego systemu uprawy. [Mycological evaluation of cereals from organic and conventional systems of farming]. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering 57 (4): 159–163.
- Wickiel G., Bednarek-Bartsch A., Wower K., Kardasz P. 2011. Występowanie mikotoksyn w ziarnie różnych odmian owsa. [Occurrence of mycotoxins in the grain of different oats cultivation]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 51 (3): 1415–1419.
- Wolny-Koładka K. 2014. Grzyby z rodzaju *Fusarium* – występowanie, charakterystyka i znaczenie w środowisku. Kosmos 63 (4): 623–633.
- Zalecenia Ochrony Roślin na lata 2016/2017. Część II, Rośliny Rolnicze. 2016. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 400 ss.