PROGRESS IN PLANT PROTECTION
56 (1): 12-18, 2016
ISSN 1427-4337

DOI: 10.14199/ppp-2016-002
Published online: 17.11.2015

Received: 18.07.2014 / Accepted: 26.10.2015

Influence of cultivation system and forecrop on colonization by fungi of the genus *Fusarium* and mycotoxin content in grain of spring wheat

Wpływ systemu uprawy i przedplonu na zasiedlenie ziarna przez grzyby rodzaju *Fusarium* i zawartość mikotoksyn w ziarnie pszenicy jarej

Joanna Horoszkiewicz-Janka*, Ewa Jajor, Katarzyna Pieczul

Summary

Cereal grain colonization by pathogenic fungi is affected among other things by availability of pathogen inoculum, weather conditions during plant vegetation and employed cultivation systems. The aim of the study was to determine influence of cultivation method and forecrop on colonization of wheat grain by fungi of the genus *Fusarium*, and to assess the content of mycotoxins in collected grain. The experiment was carried out in the years 2012 and 2013 in the fields of the Field Experimental Station of the Institute of Plant Protection of the National Research Institute in Winna Góra. Spring wheat cultivar Żura was sown after four different forecrops: rape, beet, corn and wheat. Soil was prepared for the experiments with the traditional and reduced tillage system. During vegetation, wheat crop was protected with fungicides applied at different stages of plant development. The wheat grain collected in the experiments was placed on potato-dextrose-agar (PDA) medium to determine grain colonization by pathogenic fungi. The content of mycotoxins: deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEA) in flour obtained from the collected grain was assessed with the ELISA method. The greatest colonization of spring wheat grain by fungi of the genus *Fusarium* in the both years of the research was observed in cultivation after beet. The content of deoxynivalenol and zearalenone in all the examined samples did not exceed the European Union maximum acceptable levels of mycotoxins in cereal products.

Key words: spring wheat; cultivation system; grain; fungi; mycotoxins

Streszczenie

Na zasiedlenie ziarna zbóż przez grzyby chorobotwórcze wpływają między innymi: dostępność inokulum patogena, warunki atmosferyczne w trakcie wegetacji roślin oraz stosowane systemy uprawy. Celem badania było określenie wpływu sposobu uprawy oraz przedplonu na zasiedlenie ziarna pszenicy przez grzyby rodzaju *Fusarium* oraz określenie zawartości mikotoksyn w zebranym ziarnie. Doświadczenie prowadzono w latach 2012 i 2013 na polach Polowej Stacji Doświadczalnej Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Winnej Górze. Pszenicę jarą odmiany Żura wysiewano po czterech różnych przedplonach: rzepaku, buraku, kukurydzy i pszenicy z zastosowaniem zabiegów uprawowych zgodnych z systemami: tradycyjnym i uproszczonym. W trakcie wegetacji pszenicę chroniono fungicydami w różnych fazach rozwojowych. Zebrane z doświadczeń ziarno pszenicy wykładano na pożywkę agarozowo-glukozowo-ziemniaczaną (PDA – Potato Dextrose Agar) w celu określenia jego zasiedlenia przez chorobotwórcze grzyby. Zawartość mikotoksyn: deoksyniwalenolu (DON) i zearalenonu (ZEA) w mące uzyskanej z zebranego ziarna oznaczano z zastosowaniem testu ELISA. Największe zasiedlenie ziarna pszenicy jarej przez grzyby rodzaju *Fusarium* w obydwu latach badań stwierdzono w uprawie po burakach. Zawartość deoksyniwalenolu i zearalenonu we wszystkich badanych próbach nie przekraczała dopuszczalnych przez Unię Europejską norm dotyczących ilości mikotoksyn w produktach zbożowych.

Słowa kluczowe: pszenica jara; systemy uprawy; ziarno; grzyby; mikotoksyny

Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Mikologii
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
*corresponding author: j.horoszkiewicz@iorpib.poznan.pl

The Polish Society of Plant Protection
The Institute of Plant Protection – National Research Institute
The Committee of Plant Protection of the Polish Academy of Science

Wstęp / Introduction

W Europie fuzarioza kłosów powodowana jest głównie przez *Fusarium graminearum* Schwabe i *Fusarium culmorum* (WG Smith) (Bottalico i Perrone 2002; Popiel i wsp. 2008; Prodi i wsp. 2009). Duży udział zbóż w płodozmianie zwiększa ryzyko porażenia roślin przez liczne grzyby chorobotwórcze, zwłaszcza rodzaju *Fusarium* (Korbas i wsp. 2008). Grzyby te rozwijają się na resztkach pożniwnych oraz znajdują się w glebie. Zastosowanie uproszczonych systemów uprawy powoduje słabsze przykrycie glebą resztek pożniwnych, co wydłuża ich mineralizację i stwarza możliwość dalszego rozwoju grzybów (Kotowicz i wsp. 2014). Patogen może przezimować w resztkach pożniwnych roślin w postaci grzybni lub chlamydospor. Wiosną tworzące się w sporodochiach makrokonidia rozprzestrzeniają się z kroplami deszczu przez rozchlapywanie (Kryczyński i Weber 2011). Grzyby tego rodzaju stanowią potencjalne zagrożenie dla uzyskania wysokich plonów o dobrej jakości. Niebezpieczne dla zdrowia ludzi i zwierząt są metabolity (mikotoksyny) wytwarzane przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Najczęściej spotykanymi w Europie mikotoksynami, które są wytwarzane przez grzyby powodujące fuzariozę kłosów są deoksyniwalenol i zearalenon (Bottalico i Perrone 2002). Zasiedlenie ziarna przez te grzyby może spowodować przekroczenie dopuszczalnych norm zawartości wymienionych mikotoksyn wyznaczonych przez Unię Europejską (UE) (Rozporządzenie 2006, 2007). W celu ograniczania występowania fuzariozy kłosów, a zarazem mikotoksyn, w fazie kwitnienia zaleca się stosować fungicydy (Stępień i Chełkowski 2010). W programach ochrony roślin zarejestrowanych jest dużo fungicydów do ograniczania fuzariozy kłosów. Jednak nie zawsze ich zastosowanie powoduje zmniejszenie porażenia ziarna przez grzyby i zawartości mikotoksyn.

Celem badań było określenie wpływu sposobu uprawy oraz przedplonu na zasiedlenie ziarna pszenicy jarej przez grzyby rodzaju *Fusarium* oraz występowanie w nim mikotoksyn.

Materiały i metody / Materials and methods

Badania polowe

Badania prowadzono na terenie Polowej Stacji Doświadczalnej Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego (PSD IOR – PIB) w Winnej Górze w latach 2012–2013. W doświadczeniach użyto ziarno pszenicy jarej odmiany Żura. Pszenicę wysiewano po czterech różnych przedplonach: rzepaku, buraku, kukurydzy i pszenicy. Zabiegi uprawowe wykonywano systemem tradycyjnym (podorywka, bronowanie, później orka, bronowanie i tradycyjny siew) oraz uproszczonym (brona, brona talerzowa z wałem i siew). W trakcie wegetacji pszenicę chroniono fungicydami w różnych terminach: kombinacja kontrolna – ziarno zaprawione, kombinacja 2 – ziarno zaprawione, zabieg z użyciem fungicydu w terminie T1 (BBCH 30–31), kombinacja 3 – ziarno zaprawione, zabiegi z użyciem fungicydów w terminach T1 (BBCH 30–31), T2 (BBCH 49) i T3 (BBCH 56) (tab. 1). Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach do zbioru.

Ocena zasiedlenia ziarna przez grzyby

W celu określenia zasiedlenia ziarna przez grzyby rodzaju *Fusarium* na pożywkę agarowo-glukozowo-ziemniaczaną (PDA – Potato Dextrose Agar) wykładano z każdej kombinacji po 300 ziarniaków zebranych z trzech powtórzeń doświadczenia polowego (po 100 ziarniaków z poletka). 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 przygotowano próbki zbiorcze dla każdej z kombinacji poprzez wymieszanie z każdego z 4 powtórzeń po 50 gramów ziarna. Z tak przygotowanych próbek pobrano 50 gramów i zmielono młynkiem AKA – analytical mill. Zawartość deoksyniwalenolu (DON) i zearalenonu (ZEA) w zmielonych próbach ziarna oznaczano metodą immunoenzymatyczną ELISA przy użyciu testów Veratox DON HS, DON 5/5 i ZEA (firmy Neogen) według procedury producenta. Do odczytu reakcji wykorzystywano fotometr Stat Fax 303 Plus.

Uzyskane wyniki dotyczące procentowego udziału grup grzybów poddano analizie statystycznej 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

Spośród grzybów patogenicznych izolowano następujące gatunki *Fusarium*: *F. culmorum*, *F. tricinctum*, *F. graminearum*, *F. poae*, *F. avenaceum* i *Helminthosporium sativum*. Najliczniej stwierdzano występowanie *F. poae*,

Tabela 1. Schemat ochrony przy użyciu fungicydów
Table 1. Schedule of fungicide protection

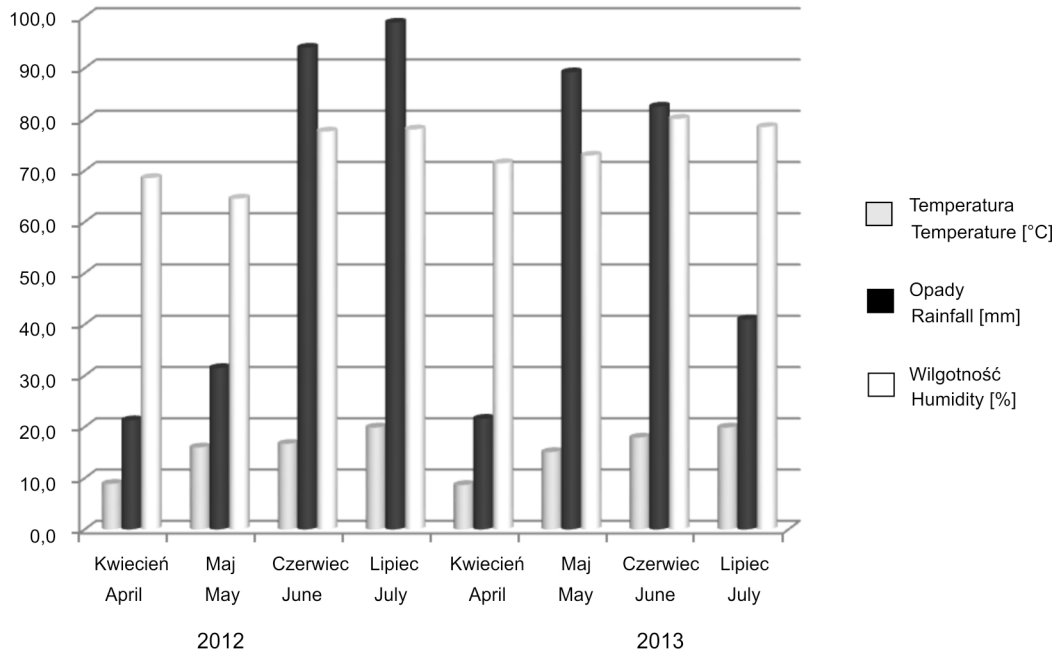
Termin zabiegu Date of application	Fungicyd Fungicide	Substancja czynna i jej zawartość Active substance and its content [g/l]	Dawka Dose [l/ha]
T1 – BBCH 31–32	Duett Ultra 497 SC	tiofanat metylowy [310], epoksykonazol [187]	0,6
T2 – BBCH 49	Sparta 250 EW	tebukonazol [250]	1,0
T3 – BBCH 56	Tango Star 334 SE	fenpropimorf [250], epoksykonazol [84]	1,0

a w drugiej kolejności *F. tricinctum*. Lenc (2015) również najczęściej izolował *F. poae* z ziarniaków z różnych systemów uprawy pszenicy ozimej. W ziarniakach zebranych w 2012 roku największe występowanie grzybów rodzaju *Fusarium* stwierdzono w kombinacji z zastosowaniem uproszczonej uprawy pszenicy po buraku (24% w kombinacji kontrolnej i 34% w kombinacji, w której wykonano zabieg w terminie T1) oraz przy uprawie tradycyjnej po buraku (24% zarówno z kombinacji kontrolnej, jak i z kombinacji, w której wykonano zabieg w terminie T1) (tab. 3). Większe porażenie przez grzyby rodzaju *Fusarium* pszenicy uprawianej po buraku mogło być związane ze zwiększonym porażeniem buraków cukrowych przez te grzyby. W 2013 roku stwierdzono mniejsze, niż w poprzednim sezonie, zasiedlenie ziarna pszenicy jarej przez grzyby patogeniczne. Analogicznie do roku poprzedniego najwięcej grzybów rodzaju *Fusarium* wyizolowano z ziarna pszenicy uprawianej po buraku, w systemie tradycyjnym, w którym przeprowadzono 3 zabiegi fungicydowe – 16% (tab. 3). W badaniach przeprowadzonych w Niemczech i Szwajcarii, w niektórych latach i rejonach, również stwierdzono wzrost występowania fuzariozy kłosów pszenicy uprawianej po burakach cukrowych (Lienemann 2002; Hecker i wsp. 2009). W badaniach Christa i wsp. (2011) stwierdzono porażanie pszenicy jarej przez izolaty *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. cerealis*, *F. tricinctum* i *F. equiseti* pochodzące z buraków cukrowych. Większe zasiedlenie przez grzyby rodzaju *Fusarium* ziarna pszenicy jarej zebranego w 2012 roku niż w 2013 roku spowodowane było obfitymi opadami w czerwcu i lipcu, które wynosiły ponad 90 mm (rys. 1). Znaczne opady deszczu notowano również w 2013 roku (ponad 80 mm), ale wystąpiły one wcześniej, tj. w maju i czerwcu.

W badaniach własnych zasiedlenie ziarna przez grzyby patogeniczne w zależności od systemu uprawy było statystycznie niższe w tradycyjnym systemie (średnio 7,9%) aniżeli w systemie uproszczonym (średnio 10,5%) (tab. 2). W badaniach Lenca i wsp. (2009) zasiedlenie ziarna przez grzyby rodzaju *Fusarium* pochodzącego z tradycyjnego i uproszczonego systemu uprawy było na zbliżonym poziomie. Największy procent kolonii grzybów wyizolowanych z ziarniaków pszenicy jarej stanowiły saprotrofy, przede wszystkim gatunki rodzaju *Alternaria*. Często występowały również: *Epicoccum purpurescens*, *Cladosporium herbarum* i *Botrytis cinerea*. Z ziaren pszenicy izolowano również grzyby niezarodnikujące oraz niewielką liczbę bakterii – tylko w 2013 roku, lecz nie uwzględniono ich w niniejszej pracy. Średnio dla obydwu lat najmniejszą liczbę saprotrofów wyizolowano z ziarna pszenicy uprawianej po buraku – 82,5 (tab. 2). W zależności od systemu uprawy oraz stosowanej w trakcie wegetacji ochrony fungicydowej nie stwierdzono istotnych różnic w występowaniu saprotrofów dla średnich z lat.

W większości kombinacji, w których stosowano trzy zabiegi z użyciem fungicydów zaobserwowano tendencję do zmniejszenia zasiedlenia ziarna pszenicy przez grzyby patogeniczne. Zostało to potwierdzone statystycznie tylko w pierwszym roku badań (tab. 2).

Ochrona pszenicy, jęczmienia, pszenżyta i żyta przed fuzariozą kłosów jest możliwa przy użyciu zarejestrowanych fungicydów. Zastosowanie fungicydu nie zawsze ogranicza zawartości mikotoksyn w ziarnie (Mesterházy i wsp. 2003). W badaniach Mesterházy i wsp. (2003) w jednym z sezonów w wyniku zastosowania fungicydu zawierającego azoksystrobinę, w porównaniu z innymi zastosowanymi fungicydami, stwierdzono zwiększoną zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie pszenicy ozimej. W badaniach Czabana i wsp. (2011) wykazano najsilniejsze porażenie przez *Fusarium* spp. kłosów pszenicy ozimej oraz zasiedlenie przez te grzyby w intensywnej technologii uprawy.



Rys. 1. Charakterystyka warunków pogodowych w sezonach 2012 i 2013
Fig. 1. Weather conditions in the seasons 2012 and 2013

Tabela 2. Procentowy udział grup grzybów zasiedlających ziarno pszenicy jarej
Table 2. Percentage share of fungi present in the grain of spring wheat

Czynnik Factor		Saprotrofy – Saprotrophic			Patogeny – Pathogenic		
		2012	2013	średnia mean	2012	2013	średnia mean
Przedplon Forecrop	pszenica wheat	84,6	92,7	88,7	10,3	4,0	7,2
	kukurydza corn	82,0	90,2	86,1	11,7	5,0	8,3
	rzepak rape	84,3	91,7	88,0	9,3	4,3	6,8
	burak beet	76,3	88,7	82,5	21,7	7,3	14,5
NIR (0,05) – LSD (0.05)		3,917	2,667	2,200	2,575	1,704	1,433
System uprawy The method of cultivation	uproszczona reduced	82,2	81,5	85,9	14,0	7,0	10,5
	tradycyjna conventional	81,5	92,0	86,7	12,5	3,3	7,9
NIR (0,05) – LSD (0.05)		r.n.	2,371	r.n.	1,146	1,170	0,776
Ochrona Protection	kontrola untreated	81,5	91,3	86,4	14,7	4,0	9,4
	T1	82,2	90,7	86,4	14,2	5,2	9,7
	T1, T2, T3	82,1	90,4	86,2	10,7	6,2	8,4
NIR (0,05) – LSD (0.05)		r.n.	r.n.	r.n.	1,921	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne statystycznie – not significant differences

Tabela 3. Procentowy udział gatunków rodzaju *Fusarium* zasiedlających ziarno pszenicy jarej
Table 3. Percentage share of *Fusarium* species infecting grain of spring wheat

System uprawy The method of cultivation	Ochrona Protection	*Fusarium culmorum*		*Fusarium poae*		*Fusarium tricinctum*		*Fusarium graminearum*		*Fusarium avenaceum*		Inne gatunki *Fusarium* Other *Fusarium* species		Średnio – Mean
Rok – Year		2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012/13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Przedplon – Forecrop														
Pszenica – Wheat														
Uproszczona Reduced	kontrola untreated	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	12	–	7
	T1	2	–	–	2	2	4	–	–	2	–	6	–	9
	T1, T2, T3	–	–	2	6	2	2	6	–	–	–	–	–	9
Tradycyjna Conventional	kontrola untreated	–	–	–	2	–	–	2	–	–	–	8	–	6
	T1	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	4	–	3
	T1, T2, T3	–	–	–	–	2	4	–	–	–	–	10	–	8
Kukurydza – Corn														
Uproszczona Reduced	kontrola untreated	–	–	–	6	2	2	–	–	–	–	10	–	10
	T1	2	–	4	4	–	–	–	–	–	–	6	2	9
	T1, T2, T3	2	2	–	–	2	–	–	–	–	–	6	2	7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tradycyjna Conventional	kontrola untreated	2	–	6	2	2	–	–	–	–	–	8	2	11
	T1	–	2	2	2	–	–	–	–	–	–	4	–	5
	T1, T2, T3	–	–	2	–	–	–	4	–	–	–	4	–	5
Rzepak – Rape														
Uproszczona Reduced	kontrola untreated	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	6	–	3
	T1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	8	2	5
	T1, T2, T3	–	–	–	6	–	4	–	–	–	–	8	–	9
Tradycyjna Conventional	kontrola untreated	–	–	6	–	–	–	–	–	–	–	4	4	7
	T1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	14	–	7
	T1, T2, T3	–	–	2	–	2	–	–	–	–	–	6	4	7
Burak – Beet														
Uproszczona Reduced	kontrola untreated	4	2	–	2	4	–	–	–	2	–	14	–	14
	T1	2	2	8	4	10	–	–	2	2	–	12	2	22
	T1, T2, T3	–	6	8	6	–	–	–	–	–	–	4	4	14
Tradycyjna Conventional	kontrola untreated	8	–	6	6	4	–	–	–	–	–	6	2	16
	T1	6	–	12	2	–	2	–	–	–	–	6	–	14
	T1, T2, T3	2	–	4	–	–	–	–	–	–	–	–	2	4

Tabela 4. Zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie pszenicy jarej
Table 4. The content of deoxynivalenol in grain of spring wheat

Sposób uprawy The method of cultivation	Rok – Year 2012			Rok – Year 2013		
	ochrona – protection			ochrona – protection		
	kontrola untreated	T1	T1, T2, T3	kontrola untreated	T1	T1, T2, T3
	ppm			ppb		
Przedplon – Forecrop						
Pszenica – Wheat						
Uproszczona Reduced	0,3	0,4	0,1	0,31	0,32	0,24
Tradycyjna Conventional	0,1	0,1	0,0	0,85	0,49	0,43
Kukurydza – Corn						
Uproszczona Reduced	0,2	0,1	0,0	0,82	0,50	0,86
Tradycyjna Conventional	0,2	0,1	0,0	0,55	0,53	0,31
Rzepak – Rape						
Uproszczona Reduced	0,0	0,0	0,0	0,16	0,51	0,51
Tradycyjna Conventional	0,0	0,0	0,0	0,24	0,18	0,18
Burak – Beet						
Uproszczona Reduced	0,0	0,2	0,1	0,86	0,01	0,30
Tradycyjna Conventional	0,1	0,0	0,0	0,10	0,11	0,15

Zawartość deoksyniwalenolu oraz zearalenonu w badaniach własnych była niewielka i nie przekraczała dopuszczalnych przez UE norm. Jednak ze względu na dużą szkodliwość tych mikotoksyn istnieje potrzeba stałej kontroli ich zawartości. Wykonane analizy zawartości mikotoksyn wykazały w próbkach z 2012 roku znacznie większą zawartość DON w porównaniu z rokiem 2013. W obydwu latach zawartość DON okazała się niższa od dopuszczalnej przez UE (tab. 4). W 2012 roku w obu systemach uprawy pszenicy uprawianej po rzepaku nie wykryto w ziarnie pszenicy DON. Dla pozostałych przedplonów, zarówno przy uprawie uproszczonej, jak i tradycyjnej poziom DON wynosił od 0,0 do 0,4 ppm. W roku 2013 zawartość tej mikotoksyny wahała się pomiędzy 0,01–0,86 ppb. Występowanie deoksyniwalenolu stanowi istotny problem w warunkach epifitozy fuzariozy kłosów (Kryczyński i Weber 2011). W badaniach Kocha i wsp. (2006) określano wpływ przedplonu (pszenica i buraki cukrowe) oraz sposobu uprawy (orka głęboka, uprawa oraz siew bezpośredni) na zawartość DON. Autorzy zanotowali istotny wzrost zawartości DON w ziarnie pszenicy uprawianej po pszenicy w porównaniu z uprawą po buraku cukrowym. Istotnie mniej DON stwierdzono w ziarnie pszenicy pochodzącym z uprawy bezorkowej niż z pozostałych systemów uprawy. W badaniach własnych zawartość deoksyniwalenolu w ziarnie pszenicy jarej po zastosowaniu 3 fungicydów w trakcie wegetacji w 2012 roku ulegała redukcji w porównaniu z kombinacją kontrolną, z wyjątkiem pszenicy uprawianej po burakach w systemie uproszczonym. W drugim roku badań wykonanie trzech zabiegów z użyciem fungicydów wpłynęło na obniżenie zawartości DON tylko w uprawie pszenicy po pszenicy (system uproszczony i tradycyjny) oraz po rzepaku (system konwencjonalny). Wachowska i wsp. (2012) w badaniach nad skutecznością działania tebukonazolu i tiofanatu metylowego w ograniczaniu fuzariozy kłosów stwierdziły w jednym z lat badań, przy dużej dynamice rozwoju fuzariozy kłosów, brak redukcyjnego wpływu na ogólną liczebność epifitycznych zbiorowisk grzybów rodzaju *Fusarium*. Gromadzka i wsp. (2012) w doświadczeniu z pszenicą ozimą, którą opryskiwano w fazie kłoszenia różnymi fungicydami, stwierdzili najmniejszą zawartość deoksyniwalenolu w kombinacjach, w których zastosowano protiokonazol + fluoksastrobinę oraz tebukonazol + protiokonazol.

Zawartość ZEA w ziarnie pszenicy zebranym w latach 2012 i 2013 była niewielka. W badanych próbach z 2012 roku stwierdzono ZEA w ilości od 0,2–11,5 ppb. W tym roku spośród kombinacji kontrolnych największy poziom ZEA notowano w ziarnie pszenicy uprawianej systemem tradycyjnym po burakach (11,5 ppb). Ilości ZEA uzyskane w 2013 roku kształtowały się na poziomie od 0 do 2,2 ppb. Wartości ZEA powyżej 0 stwierdzono w próbach pochodzących z roślin uprawianych po buraku oraz po pszenicy uprawianej systemem uproszczonym, w której w trakcie wegetacji wykonano 3 zabiegi przy użyciu fungicydów. Ma to związek z większym zasiedleniem ziarna przez grzyby rodzaju *Fusarium* pochodzącego z tych kombinacji. W doświadczeniu płodozmianowym przeprowadzonym w Niemczech autorzy zanotowali dwukrotny wzrost zawartości DON w ziarnie pszenicy uprawianej po buraku cukrowym oraz ziemniaku w porównaniu z uprawą pszenicy po zbożach, tj.: po jęczmieniu i pszenicy (Obst i wsp. 1997).

Wnioski / Conclusions

1. Zasiedlenie przez grzyby rodzaju *Fusarium* ziarna pszenicy jarej uprawianej po buraku było istotnie większe niż po rzepaku, pszenicy i kukurydzy.
2. Ziarno pszenicy uzyskane w uproszczonym systemie uprawy charakteryzowało się większym zasiedleniem przez grzyby patogeniczne rodzaju *Fusarium*, w porównaniu do ziarna pochodzącego z tradycyjnego systemu uprawy.
3. W obydwóch latach badań (2012 i 2013) jednokrotne zastosowanie fungicydu w terminie T1 nie wpłynęło na zmniejszenie występowania grzybów zasiedlających ziarniaki pszenicy jarej, a trzy zabiegi (T1, T2 i T3) istotnie ograniczyły jedynie w roku 2012 występowanie grzybów patogenicznych.
4. Z ziarna pszenicy jarej najczęściej izolowano: *F. poae*, *F. tricinctum* i *F. culmorum*.
5. Nie wykazano jednoznacznych zależności pomiędzy zawartością deoksyniwalenolu w ziarnie pszenicy jarej a przedplonem, systemem uprawy i stosowaną ochroną chemiczną.

Literatura / References

Bottalico A., Perrone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. European Journal of Plant Pathology 108: 611–624.

Christ D.S., Gödecke R., von Tiedemann A., Varrelmann M. 2011. Pathogenicity, symptom development, and mycotoxin formation in wheat by *Fusarium* species frequently isolated from sugar beet. Phytopathology 101 (11): 1338–1345.

Czaban J., Wróblewska B., Sułek A., Podolska G. 2011. Wpływ różnych technologii produkcji pszenicy ozimej na zasiedlenie jej ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Polish Journal of Agronomy 5: 11–20.

Gromadzka K., Lenc L., Sadowski C., Baturo-Ciesniewska A., Chełkowski J., Goliński P., Bocianowski J. 2012. Effects of fungicidal protection programs on the development of *Fusarium* head blight and the accumulation of mycotoxins in winter wheat. Cereal Research Communications 40 (4): 518–531.

Hecker A., Vogelgsang S., Wettstein F., Forrer H.R. 2009. Befalleiniger Winterweizensorten durch *Fusarium*-Arten. Agrarforschung 16: 244–249.

Koch H.J., Pringas Ch., Maerlaender B. 2006. Evaluation of environmental and management effects on Fusarium head blight infection and deoxynivalenol concentration in the grain of winter wheat. European Journal of Agronomy 24: 357–366.

Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E. 2008. Uproszczone systemy uprawy a występowanie sprawców chorób. [Simplified systems of soil management in relation to the occurrence of disease casual agents]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 48 (4): 1431–1438.

Kotowicz N.K., Frąc M., Lipiec J. 2014. The importance of *Fusarium* fungi in wheat cultivation – pathogenicity and mycotoxins production: a review. Journal of Animal & Plant Sciences 21: 3326–3343.

Kryczyński S., Weber Z. 2011. Fitopatologia. PWRIL, Poznań, T. 2, 464 ss.

Lenc L. 2015. *Fusarium* head blight (FHB) and *Fusarium* populations in grain of winter wheat grown in different cultivation systems. Journal of Plant Protection Research 55 (1): 94–109.

Lenc L., Wyczling D., Sadowski Cz. 2009. Zasiedlenie ziarna pszenicy ozimej przez grzyby rodzaju *Fusarium* w zależności od przedplonu, uprawianej odmiany i stosowanych fungicydów. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych 41: 563–571.

Lienemann K. 2002. Auftreten von *Fusarium*-Arten an Winterweizen im Rheinland und Möglichkeiten der Befallskontrolle unter besonderer Berücksichtigung der Weizensorte. Ph.D. thesis. University of Bonn, Germany.

Mesterházy Á., Bartók T., Lamper C. 2003. Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of *Fusarium* head blight. Plant Disease 87 (9): 1107–1115.

Obst A., Gleissenthall J.L., Beck R. 1997. On the etiology of Fusarium head blight of wheat in south Germany – preceding crops, weather conditions for inoculum production and head infection, proneness of the crop to infection and mycotoxin production. Cereal Research Communications 25: 699–703.

Popiel D., Kwaśna H., Chełkowski J., Stępień Ł., Laskowska M. 2008. Impact of selected antagonistic fungi on *Fusarium* species – toxigenic cereal pathogens. Acta Mycologica 43 (1): 29–40.

Prodi A., Tonti S., Nipoti P., Pancaldi D., Pisi A. 2009. Identification of deoxynivalenol and nivalenol producing chemotypes of *Fusarium graminearum* isolates from durum wheat in a restricted area of Northern Italy. Journal of Plant Pathology 91: 727–731.

Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dz.U. UE L 364/5 z dnia 20 grudnia 2006.

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.U. UE L 255/14 z dnia 29 września 2007.

Stępień L., Chełkowski J. 2010. Fusarium head blight of wheat: pathogenic species and their mycotoxins. World Mycotoxin Journal 3: 107–119.

Wachowska U., Mikołajczyk W., Kucharska K. 2012. Skuteczność tebukonazolu i tiofanatu metylu w ograniczaniu rozwoju patogenów rodzaju *Fusarium* na kłosach pszenicy ozimej. [The effectiveness of tebuconazole and thiophanate-methyl in reducing the *Fusarium* pathogens development on winter wheat heads]. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin 52 (3): 671–675.