

Wpływ różnych technologii produkcji pszenicy ozimej na zasiedlenie jej ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium*

¹Janusz Czaban, ¹Barbara Wróblewska, ²Alicja Sulek, ²Grażyna Podolska

¹Zakład Mikrobiologii Rolniczej, ²Zakład Uprawy Roślin Zbożowych
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy, Polska

Abstrakt. Celem badań było określenie wpływu trzech technologii produkcji pszenicy ozimej (intensywnej, integrowanej i oszczędnej) na stopień zasiedlenia jej ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Doświadczenie polowe prowadzono z odmianą Kris w dwóch sezonach wegetacyjnych: 2007/2008 i 2008/2009. Powierzchnię ziarniaków pszenicy odkażano przez energiczne wytrzaskanie w roztworze 1.5% NaOCl przez 2 min. Grzyby *Fusarium* izolowano z ziarna na agarowej pożywce CZID, a ich identyfikację prowadzono na podstawie makro- i mikromorfologii na trzech pożywkach: PDA, SNA i taninowej. Wyniki badań wykazały, że zasiedlenie ziarna przez *Fusarium* spp. zależało głównie od poziomu opadów w okresie kłoszenia i kwitnienia pszenicy. W 2009 r. poziom opadów od ostatniej dekady maja do pierwszej dekady lipca był 2,5-krotnie wyższy niż w 2008 r. To spowodowało, że w 2009 r. infekcja ziarna pszenicy przez *Fusarium* spp. była 5–6-krotnie wyższa niż w roku 2008. Ziarno pszenicy uprawianej według technologii intensywnej było najsilniej zainfekowane, a ziarno pochodzące z technologii oszczędnej najsłabiej. Ponadto, wśród izolatów *Fusarium* z systemu intensywnego stwierdzono największą różnorodność gatunkową. Najczęściej występującymi gatunkami z rodzaju *Fusarium* były: w 2008 r. *F. poae* i *F. avenaceum*, a w 2009 r. *F. tricinctum*, *F. avenaceum* i *F. graminearum*.

słowa kluczowe: system uprawy pszenicy, fuzarioza kłosów, *Fusarium* spp., kolonizacja ziarna, wpływ opadów

WSTĘP

Fuzarioza kłosa pszenicy (FKP), wywoływana przez różne gatunki z rodzaju *Fusarium* (między innymi *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* i *F. poae*) stwarza zagrożenie dla upraw pszenicy w wielu regionach świata. Nasilenie FKP w dużym stopniu zależy od czynników po-

godowych, szczególnie od sumy opadów oraz temperatury i wilgotności powietrza (Doohan i in., 2003). W warunkach pogodowych sprzyjających wzrostowi grzybów z rodzaju *Fusarium* w polu, FKP może prowadzić do znacznego ubytku plonu ziarna pszenicy oraz obniżenia jego jakości, szczególnie przez skażenie mikotoksynami (Arseniuk i Góral, 2005; Champeil i in., 2004a, Doohan i in., 2003, Parry i in., 1995, Xu i in., 2005). Na zainfekowanie ziarna pszenicy przez *Fusarium* spp. wpływa – oprócz czynników pogodowych i poziomu odporności żywiciela – agrotechnika, m.in. przygotowanie pola, zmianowanie roślin, nawożenie i stosowanie środków ochrony roślin, więc technologia produkcji roślinnej może w istotny sposób wpływać na zdrowotność roślin i jakość ziarna (Champeil i in., 2004a; Edwards, 2004; Jalli i Parikka, 2007; Łukanowski i Sadowski, 2008; Pirgozliw i in., 2003; Podolska, 2007).

Celem badań było określenie wpływu trzech technologii produkcji pszenicy ozimej – intensywnej, integrowanej i oszczędnej – różniących się intensywnością (czyli ilością stosowanych zabiegów uprawowych, nawozów i środków ochrony roślin oraz sposobem zagospodarowania słomy) na zasiedlenie jej ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium*.

MATERIAŁY I METODY

Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2008 i 2009 w Stacji Doświadczalnej IUNG-PIB w Osinach (51°27' N, 22°2' E). Pszenicę ozimą uprawiano w doświadczeniu wieloletnim, trwającym od 1998 r., w płodozmianie trójpolowym (pszenica ozima, pszenżyto ozime, jęczmień jary), stosując trzy technologie produkcji: intensywną, integrowaną i oszczędną, różniące się między innymi normą wysiewu nasion, poziomem nawożenia mineralnego i chemicznej ochrony roślin przed chwastami, chorobami i szkodnikami oraz sposobem zagospodarowania słomy (przyorywanie lub usuwanie z pola) z poprzedniego zbioru (tab. 1).

Do badań wybrano odmianę Kris, której ziarno jest silnie porażane przez *Fusarium* spp. Do zaprawiania nasion w

Autor do korespondencji:

Janusz Czaban
e-mail: czaban@iung.pulawy.pl
tel. +48 81 8863421, w. 244

Praca wpłynęła do Redakcji 13 kwietnia 2011 r.

Tabela 1. Stosowane nawożenie, środki ochrony roślin, regulatorów wzrostu roślin oraz zagospodarowanie słomy z poprzedniego zbioru w różnych technologiach produkcji pszenicy ozimej

Table 1. Usage of fertilizers, pesticides, plant growth regulators and utilization of the forecrop straw in different production technologies of winter wheat.

Wyszczególnienie Specification	2008			2009		
	technologia; technology			technologia; technology		
	intensywna intensive	integrowana integrated	oszczędna economical	intensywna intensive	integrowana integrated	oszczędna economical
N (NH ₄ NO ₃) [kg·ha ⁻¹]	180 30 (21 IX 07) 50 (10 III 08) 50 (29 IV 08) 50 (28 V 08)	141 21 (21 IX 07) 50 (10 III 08) 50 (29 IV 08) 20 (28 V 08)	89 9 (21 IX 07) 50 (10 III 08) 30 (29 IV 08) -	146 11 (18 IX 08) 35 (6 IV 09) 50 (30 IV 09) 50 (5 VI 09)	113 8 (18 IX 08) 35 (6 IV 09) 40 (30 IV 09) 30 (5 VI 09)	71 6 (18 IX 08) 35 (6 IV 09) 30 (30 IV 09) -
Nawóz dolistny Foliar feeding	-	(14 V 08) INSOL-3 (1 l)	-	-	-	-
P ₂ O ₅ (superfosfat superphosphate) [kg·ha ⁻¹]	90 (21 IX 07)	64 (21 IX 07)	30 (21 IX 07)	75 (18 IX 08)	59 (18 IX 08)	40 (18 IX 08)
K ₂ O (KCl) [kg·ha ⁻¹]	140 (21 IX 07)	90 (21 IX 07)	45 (21 IX 07)	98 (18 IX 08)	76 (18 IX 08)	56 (18 IX 08)
Słoma jęczmienna Barley straw	(20 IX 07) Przyorana (22 cm orka) Buried (22 cm plowing)	(20 IX 07) Przyorana (22 cm orka) Buried (22 cm plowing)	(31 VII 07) Usunięta z pola Removed from the field	(17 IX 08) Przyorana (22 cm orka) Buried (22 cm plowing)	(17 IX 08) Przyorana (22 cm orka) Buried (22 cm plowing)	(12 VIII 08) Usunięta z pola Removed from the field
Fungicydy Fungicides [l·ha ⁻¹]	(7 V 08) Tilt Plus 400 EC + Unix 75 WG (1,0+0,7) (30 V 08) Olympus 480EC + Artea 330 EC (1,8+0,4)	(7 V 08) Tilt Plus 480 EC + Unix 75 WG (1,0+0,7) (30 V 08) Artea 330 EC (0,5)	(7 V 08) Tilt Plus 480 EC + Unix 75 WG (1,0+0,7) -	(15 V 09) Tilt Plus 480 EC + Unix 75 WG (1,0+0,7) (1 VI 09) Olympus 480EC + Artea 330 EC (1,8+0,4)	(15 V 09) Tilt Plus 480 EC + Unix 75 WG (1,0+0,7) (1 VI 09) Artea 330 EC (0,6)	(15 V 09) Tilt Plus 480 EC + Unix 75 WG (1,0+0,7) -
Herbicydy Herbicides [l·ha ⁻¹]	(14. VIII 07) Roundup 360SL + Superam 10 AL (4,0+0,2) (17 X 07) Maraton 375 SC (4,0)	(14. VIII 07) Roundup 360SL + Superam 10 AL (4,0+0,2) (17 X 07) Maraton 375 SC (4,0)	(14 VIII 07) Roundup 360SL + Superam 10 AL (4,0+0,2) (17 X 07) Glean 75 WG (25 g/ha)	(20 X 08) Maraton 375 SC (4,0) (20 V 09) Aminopielik D 440 SL (3,0)	(20 X 08) Maraton 375 SC (4,0) (20 V 09) Aminopielik D 440 SL (3,0)	(20 X 08) Maraton 375 SC (4,0) (20 V 09) Aminopielik D 440 SL (3,0)
Retardanty Retardants [l·ha ⁻¹]	(25 IV 08) Stefes 720 SL (1,0) (16 V 08) Moddus 250 EC (0,3)	(25 IV 08) Stefes 720 SL (1,0) -	-	(20 IV 09) Moddus 250 EC (0,4)	(20 IV 09) Moddus 250 EC (0,3)	-
Insektycydy Insecticides [l·ha ⁻¹]	-	-	-	(1 VI 09) Decis 2,5 EC (0,3)	(1 VI 09) Decis 2,5 EC (0,3)	(1 VI 09) Decis 2,5 EC (0,3)

2008 r. użyto zaprawy nasiennej Baytan Universal 094 FS + Galmano 21 FS, a w 2009 r. zaprawy Baytan Universal 094 FS + Jockey 201 FS według zaleceń IOR-PIB. Stopień porażenia powierzchni liściowej przez patogeny grzybowe oznaczano na początku dojrzałości młeczej (BBCH 73) na liściu flagowym, wykorzystując skalę 9-stopniową (1 – porażenie całej blaszki liściowej, 9 – brak objawów porażenia na liściu). Ocenę porażenia kłosów przez fuzaria prowadzono na początku fazy dojrzałości woskowej ziarniaków (BBCH 83), analizując po 100 kłosów z każdej technologii.

Powierzchnię ziarniaków pszenicy ze zbioru kombajnowego odkażano przez energiczne ręczne wytrząsanie w roztworze podchlorynu sodu (zawierającego 1,5% aktywnego chloru) przez 2 minuty, a następnie płukano (5 x po 20 sekund energicznie wytrząsając w sterylnej wodzie). Po 105 odkażonych ziarniaków pszenicy z każdej serii doświadczalnej (7 ziaren x 15 płytek Petriego) wykładano na powierzchnię selektywnej agarowej pożywki CZID (Samson i in., 1992). Po 4–7 dniach inkubacji w temperaturze 25°C grzyby ze wszystkich kolonii wyrastających wokół wyłożonych ziaren przenoszono na pożywkę PDA (Samson i in., 1992) o zmniejszonym o połowę stężeniu składników odżywczych, a po wzroście grzybów na tej pożywce przeszczepiano je na pożywki SNA (Samson i in., 1992) i taninową (Thrane, 1986). Identyfikację grzybów z rodzaju *Fusarium* prowadzono wg kluczy Kwaśnej i in. (1991) oraz Leslie i Summerella (2006) na podstawie ich makro- i mikromorfologii na pożywkach PDA (½ stężenia), SNA i taninowej (na pożywce taninowej nie stwierdzano wzrostu *F. poae* i *F. langsethiae*).

Do oceny statystycznej istotności różnic w zasiedleniu ziarna pszenicy przez grzyby z rodzaju *Fusarium* pomiędzy technologiami uprawy oraz sezonami wegetacyjnymi, wyznaczono przedziały ufności dla prawdopodobieństwa p , tj. frakcji zainfekowanych ziarniaków w próbie, według równania (Oktaba, 1966):

$$\frac{2Y + u_{\alpha}^2 - K}{2(n - u_{\alpha}^2)} < p < \frac{2Y + u_{\alpha}^2 + K}{2(n - u_{\alpha}^2)}$$

gdzie: $K = u_{\alpha} \sqrt{x}$

$$x = u_{\alpha}^2 + 4Y(1 - Y/n),$$

Y – liczba ziarniaków zainfekowanych przez *Fusarium* spp.,

n – liczba testowanych ziarniaków,

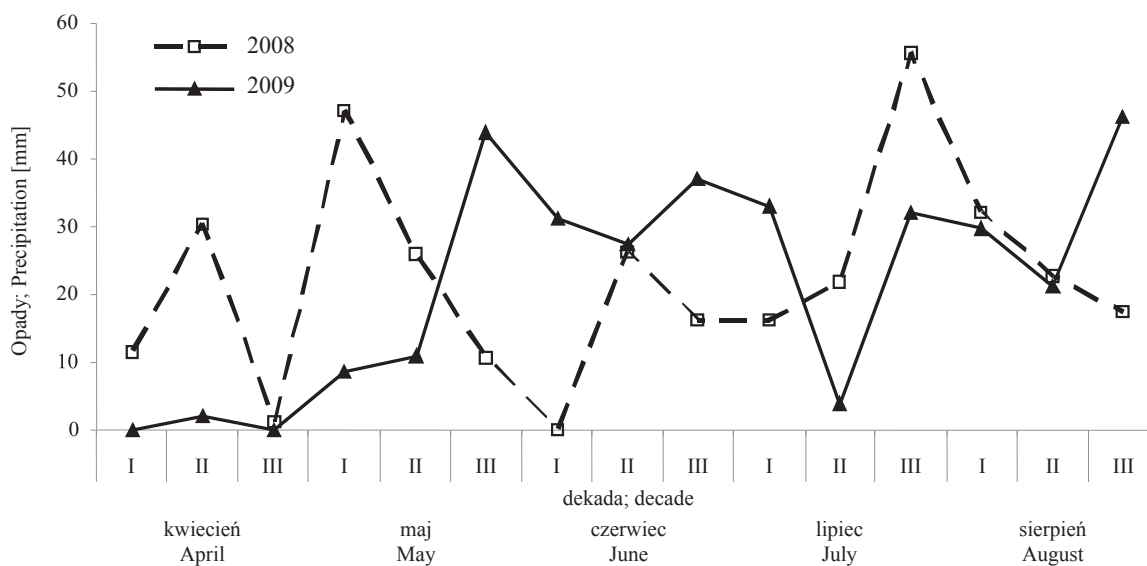
u_{α} – wartość zmiennej t Studenta odczytaną z tabelic dla nieskończonej wartości stopni swobody (1.645 dla 90% przedziału ufności, 1.96 dla 95% przedziału ufności i 2.576 dla 99% przedziału ufności).

W tabeli 3 jest przedstawiony 95% przedział ufności w postaci procentowej ($p \cdot 100$).

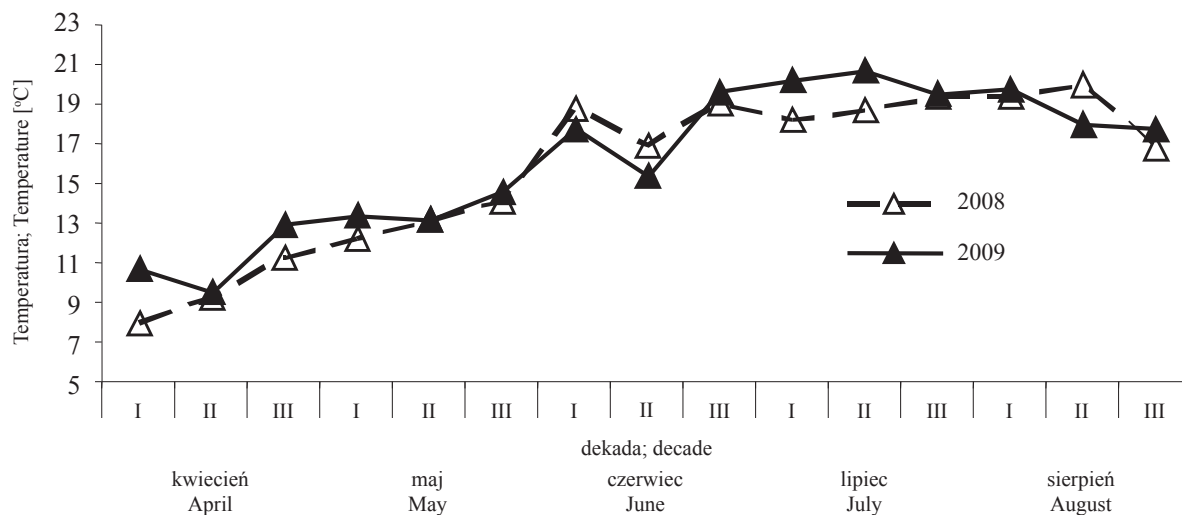
Zależność pomiędzy odsetkiem kłosów wykazujących fuzariozę kłosów, a odsetkiem ziarniaków, których wnętrze zostało zasiedlone przez *Fusarium* spp., określono za pomocą korelacji liniowej Pearsona.

WYNIKI

W przeciwieństwie do 2008 r., pogoda w 2009 r. była niekorzystna dla wzrostu pszenicy z powodu silnego niedoboru opadów w kwietniu i dwu pierwszych dekadach maja (suma opadów w tym okresie wyniosła tylko 21,5 mm



Rys. 1. Suma opadów w poszczególnych dekadach od kwietnia do sierpnia w 2008 i 2009 r. w Osinach
Fig. 1. Total decadal rainfall during the periods from April to August in 2008 and 2009 in Osiny.



Rys. 2. Średnie wartości temperatury w poszczególnych dekadach od kwietnia do sierpnia w 2008 i 2009 r. w Osinach
 Fig. 2. The average decadal temperature values during the periods from April to August in 2008 and 2009 in Osiny.

w porównaniu do 115,7 w 2008 r.) oraz nadmiaru opadów w okresie od trzeciej dekady maja do pierwszej dekady lipca (172.6 mm w porównaniu do 68.9 mm w 2008 r.) (rys. 1). Nie stwierdzono natomiast wyraźnych różnic pomiędzy latami w przebiegu temperatury, podanej jako śred-

nia okresów 10-dniowych (rys. 2). Niekorzystna pogoda w 2009 r. spowodowała, że plon ziarna pszenicy w tym roku był niższy w porównaniu do 2008 r. Spadek plonu był większy w przypadku mniej intensywnych (mniej zabiegów uprawowych oraz mniejsze ilości nawozów i środ-

Tabela 2. Wpływ różnych technologii produkcji pszenicy ozimej na plon ziarna, elementy struktury plonu oraz zdrowotność roślin
 Table 2. Influence of different winter wheat production technology on grain yield, elements of yield structure and health status of the plants.

Wyszczególnienie Specification	2008			2009		
	technologia; technology			technologia; technology		
	intensywna intensive	integrowana integrated	oszczędna economical	intensywna intensive	integrowana integrated	oszczędna economical
Liczba wysianych nasion Seeding rate [10 ⁶ /ha]	4 (100%)	5 (125%)	5,5 (137,5%)	4 (100%)	5 (125%)	5,5 (137,5%)
Plon ziarna Grain yields [t/ha]	5,69 (100%) (100%)	6,60 (116%) (100%)	5,75 (101%) (100%)	5,14 (100%) (90%)	4,98 (97%) (75%)	3,13 (61%) (54%)
Liczba kłosów na 1 m ² Ear numbers per 1 m ²	508 (100%) (100%)	604 (119%) (100%)	582 (115%) (100%)	544 (100%) (107%)	594 (109%) (98%)	572 (105%) (98%)
Liczba ziaren z 1 kłosa Kernel numbers from 1 ear	27,1 (100%) (100%)	25,4 (94%) (100%)	21,2 (78%) (100%)	25,9 (100%) (96%)	20,2 (78%) (80%)	16,1 (62%) (76%)
Masa 1000 ziaren 1000 kernel weights [g]	40,6 (100%) (100%)	40,1 (99%) (100%)	46,6 (115%) (100%)	40,1 (100%) (99%)	41,5 (103%) (103%)	43,4 (108%) (93%)
Choroby liści w skali 9-1 [#] Leaf diseases in 9-1 [#] scale	8,0	8,0	7,0	7,2	6,5	6,2
Kłosa wykazujące objawy fuzariozy [%] Ears with fusariosis symptoms [%]	4	4	3	8	6	5

1 – porażenie całej powierzchni blaszki liściowej liścia flagowego; infection of the whole surface of the flag leaf blade
 9 – brak objawów porażenia na liściu flagowym, no symptoms of the flag leaf infection

Tabela 3. Wpływ różnych technologii produkcji pszenicy ozimej na zasiedlenie jej ziarniaków przez *Fusarium* spp. (procent zainfekowanych ziarniaków)Table 3. Influence of different winter wheat production technologies on the colonization of its kernels by *Fusarium* spp. (percentage of infected kernels).

Gatunek <i>Fusarium</i> <i>Fusarium</i> species	2008			2009		
	technologia; technology			technologia; technology		
	intensywna intensive	integrowana integrated	oszczędna economical	intensywna intensive	integrowana integrated	oszczędna economical
<i>F. tricinctum</i> (Corda) Saccardo	1,0	0	1,0	21,0	27,6	14,3
<i>F. avenaceum</i> (Fries) Saccardo	1,0	1,9	1,9	9,5	8,6	3,8
<i>F. graminearum</i> Schwabe	1,0	1,0	0	10,5	4,8	3,8
<i>F. poae</i> (Peck) Wollenweber	3,8	3,8	1,0	2,9	0	0
<i>F. sporotrichioides</i> Sherbakoff	0	0	0	1,0	1,0	1,0
<i>F. culmorum</i> (W.G. Smith) Saccardo	0	0	1,0	2,9	0	0
<i>F. crookwellense</i> Burg., Nels. & Touss.	0	0	0	1,0	0	0
<i>F. langsethiae</i> Torp & Nirenberg	1,0	0	0	0	0	0
<i>F. equiseti</i> (Corda) Saccardo	1,0	0	0	0	0	0
<i>F. solani</i> (Mart.) App. & Woll.	0	0	0	1,0	0	0
Wszystkie izolaty [#] All isolates	8,6 a (4,6–15,5)*	6,7 a (3,3–13,1)	4,8 a (2,1–10,7)	49,5 c (40,1–58,9)	41,9 c (32,9–51,5)	22,9 b (15,9–31,8)
<i>Fusarium</i> spp. inne niż <i>F. tricinctum</i> [#]	7,6 a (3,9–14,3)*	6,7 a (3,3–13,1)	3,8 a (1,5–9,4)	28,6 b (20,8–37,8)	14,3 ab (8,9–22,2)	8,6 a (4,6–15,5)

a, b, c – wartości z poszczególnych kolumn w dwóch najniższych rzędach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P \leq 0,05$; the values in separate columns of the two lowest rows marked with different letters are statistically different at $P \leq 0,05$

* (wartości w nawiasach) to 95% przedział ufności w postaci procentowej ($p \cdot 100$); (the values in parentheses) are 95% confidence limits as percentages ($p \cdot 100$)

Z powodu zaokrągleń, sumy procentów dotyczących poszczególnych gatunków *Fusarium* mogą się różnić od wartości zamieszczonych w dwu najniższych rzędach; Because of rounding, the sums of percentages of separate *Fusarium* species may differ than the values placed in the two lowest rows.

ków ochrony roślin) technologii produkcji pszenicy. Był on głównie spowodowany spadkiem liczby ziaren z kłosa, ale nie masy pojedynczego ziarniaka, ponieważ masa 1000 ziaren nie uległa większym zmianom. Także w niewielkim stopniu zmieniała się liczba kłosów na jednostce powierzchni (tab. 2).

W 2009 r. wystąpiły w większym nasileniu choroby liści, jak też fuzarioza kłosów (tab. 2). Także zasiedlenie ziarna pszenicy przez grzyby *Fusarium* było niskie w 2008 r. (nie przekraczało 10% ziarniaków), natomiast ziarno pszenicy uprawianej w 2009 r., w którym wystąpiły obfite opady w okresie kłoszenia i kwitnienia, było silnie zainfekowane przez *Fusarium* spp. (20–50% ziarniaków). Różnice pomiędzy latami w zasiedleniu ziarniaków przez *Fusarium* spp. były istotne statystycznie przy $P = 0,05$ (tab. 3). W 2008 r. wśród różnych gatunków *Fusarium* nieznacznie wyższym poziomem zainfekowania ziarna wyróżniały się *F. poae* i *F. avenaceum*, natomiast w 2009 r. zdecydowanie przeważały *F. tricinctum*, *F. avenaceum* i *F. graminearum* (tab. 3).

Zastosowane technologie uprawy pszenicy różniły się głównie poziomem nawożenia, sposobami stosowania

środków ochrony roślin i zagospodarowania słomy (tab. 1) oraz ilością wysianych ziarniaków na jednostkę powierzchni (tab. 2). W 2008 r. plon ziarna uzyskany za pomocą różnych technologii był zbliżony, natomiast w niekorzystnym dla wzrostu pszenicy roku 2009 był wyraźnie niższy w przypadku technologii oszczędnej. Ponadto, obniżenie stopnia intensywności technologii produkcji pszenicy (czyli zastosowanie mniejszej liczby zabiegów, ilości nawozów i środków ochrony roślin) przyczyniało się do zmniejszenia liczby ziaren w kłosie oraz nasilenia chorób liści powodowanych przez grzyby. Jednakże pszenica uprawiana według technologii oszczędnej charakteryzowała się w przypadku obu sezonów wegetacyjnych najwyższą masą 1000 ziaren (tab. 2).

W przeciwieństwie do chorób liści powodowanych przez grzyby, występowanie i rozprzestrzenienie fuzariozy kłosów oraz zasiedlenie wnętrza ziarniaków przez *Fusarium* spp. zmniejszały się wraz z obniżaniem stopnia intensywności technologii produkcji pszenicy (tab. 2 i 3). Wykazano istotną korelację ($r = 0,96$ przy $P < 0,01$; $n=6$) pomiędzy odsetkiem kłosów porażonych przez *Fusarium* spp. a odsetkiem ziarniaków zasiedlonych przez te grzy-

by. W 2009 r. różnice w zasiedleniu ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium* pomiędzy technologią intensywną a technologią oszczędną były statystycznie istotne przy $P = 0,05$. Różnice pomiędzy tymi technologiami były szczególnie wyraźne (także istotne przy $P = 0,05$) w przypadku kolonizacji ziarniaków pszenicy przez inne grzyby *Fusarium* niż najliczniejszy w 2009 r. gatunek *F. tricinctum* (tab. 3). Ponadto wśród izolatów *Fusarium* pochodzących z ziarna pszenicy uprawianej według technologii intensywnej stwierdzono największą różnorodność gatunkową. Chociaż podobne trendy (największy odsetek ziarniaków zainfekowanych przez *Fusarium* spp. i największa różnorodność gatunkowa tych patogenów w przypadku technologii intensywnej) można też było zaobserwować w 2008, jednakże uzyskane różnice pomiędzy technologiami nie były istotne statystycznie.

DYSKUSJA

Birzele i in. (2002) oraz Champeil i in. (2004b) donoszą, że warunki pogodowe były silniejszym czynnikiem wpływającym na infekcję ziarna pszenicy przez grzyby z rodzaju *Fusarium*, zawartość deoksynivalenolu (DONu) w ziarnie lub nasilenie fuzariozy kłosów niż zróżnicowanie systemów uprawy. Także wyniki naszych badań dowodzą, że rozprzestrzenienie fuzariozy kłosów, a także zasiedlenie ziarna pszenicy ozimej przez *Fusarium* spp. zależały głównie od czynników pogodowych. W 2009 r. w okresie nadmiernych opadów wypadło kłoszenie (BBCH 5, od 29 maja–1 czerwca), a zwłaszcza kwitnienie (BBCH 6, od 10 czerwca) pszenicy, a kłosa pszenicy są najbardziej wrażliwe na zakażenie przez fuzaria właśnie w fazie kwitnienia (Parry i in. 1995, Xu 2003). Także Dohan i in. (2003) informują, że ocena ryzyka wystąpienia fuzariozy kłosów oraz modele przewidujące wystąpienie tej choroby są oparte na warunkach pogodowych w okresie od kwitnienia do wczesnej fazy dojrzałości młecznej, a do znacznej infekcji kłosów przez *Fusarium* spp. (między innymi przez *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. poae* i *F. avenaceum*) dochodzi, gdy w tym okresie wilgoć występuje na pszenicy co najmniej przez 24 godziny przy temperaturze powyżej 15°C (optymalna temperatura to 20–25°C). W badaniach Kusia i in. (2008, 2009), prowadzonych w tych samych latach i również w Osinach m.in. nad występowaniem fuzariozy kłosów i zasiedleniem ziarniaków czterech odmian pszenicy ozimej uprawianej w systemach konwencjonalnym (z wariantem uprawy w monokulturze), integrowanym i ekologicznym, także stwierdzono w 2009 r. wyraźnie wyższy odsetek kłosów i wyższy odsetek ziarniaków zainfekowanych przez *Fusarium* spp. niż w 2008 r. Podobnie jak w naszych badaniach, Kuś i in. (2008) w 2008 r. często izolowali z ziarna *F. poae* i *F. avenaceum*, a Kuś i in. (2009) w 2009 r. *F. tricinctum* i *F. avenaceum*, jednakże, w przeciwieństwie do naszych danych, w 2009 r. w badaniach Kusia i in. (2009) najliczniejszymi grzyba-

mi w rodzaju *Fusarium* były *F. poae*, a mało licznymi *F. graminearum*. Na podstawie wcześniejszych badań (2005–2007) prowadzonych w Osinach, Sadowski i in. (2010) również donoszą, że występowanie fuzariozy kłosów i zasiedlenie ziarniaków pszenicy ozimej przez *Fusarium* spp. zależało przede wszystkim od warunków pogodowych w okresie kwitnienia pszenicy.

Kiecana i in. (2005, 2006) stwierdzili, że efektem zakażenia kłosów pszenicy ozimej lub wiech owsa w fazie kwitnienia przez *Fusarium* spp. jest obok obniżki plonu, zmniejszenie liczby ziaren z kłosa/wiechy oraz masy 1000 ziaren. W 2009 r., sprzyjającym rozwojowi grzybów z rodzaju *Fusarium*, obserwowano wyraźne obniżenie plonu ziarna i liczby ziaren z kłosa, szczególnie w technologii oszczędnej, jednakże nie stwierdzono zmniejszenia masy 1000 ziaren. To sugeruje, że przyczynami obniżenia plonu i liczby ziaren z kłosa w przypadku technologii oszczędnej były inne czynniki niż zainfekowanie kłosów i ziarna przez *Fusarium* spp., np. choroby liści pochodzenia grzybowego i niedobór azotu, który mógł wystąpić w okresie intensywnych opadów, tym bardziej że w przypadku pszenicy uprawianej według technologii oszczędnej obserwowano zarówno najsłabsze objawy fuzariozy kłosów, jak też najniższy odsetek ziarniaków zainfekowanych przez *Fusarium* spp. Z danych przedstawianych przez Sułek i in. (2007) wynika, że wraz ze wzrostem nawożenia azotem może stopniowo wzrastać plon ziarna zbóż i liczba ziaren w kłosie lub wiesze.

Najsilniej porażone przez *Fusarium* spp. były kłosa oraz ziarno pszenicy uprawianej według technologii intensywnej. Ponadto z tego ziarna izolowano najwięcej gatunków *Fusarium*. Wyniki te są zgodne z danymi uzyskanymi przez Kusia i in. (2008 i 2009), którzy stwierdzili, że zarówno w 2008 r., jak i 2009 r. najwyższy odsetek ziarniaków zainfekowanych przez *Fusarium* spp. zanotowano w pszenicy ozimej uprawianej w Osinach w intensywnym systemie konwencjonalnym. Także Łukanowski i Sadowski (2005) wykazali, że ziarniaki pszenicy ozimej uprawianej w Osinach w latach 1999–2002 w systemie ekologicznym były znacznie słabiej zasiedlone przez grzyby z rodzaju *Fusarium* niż w systemie integrowanym i konwencjonalnym, a także *Fusarium* spp. uzyskane z ziarna pszenicy uprawianej w tym systemie były najmniej zróżnicowane gatunkowo. Zasiedlenie ziarna innych zbóż – pszenicy jarej (Kuś i in., 2008), pszenicy orkisz (Kurowski i Wysocka, 2009) oraz jęczmienia jarego (Baturó i in., 2004) przez grzyby z rodzaju *Fusarium* było również niższe w przypadku systemu ekologicznego w porównaniu do systemów integrowanego i konwencjonalnego. W przeciwieństwie do tych danych Łukanowski i Sadowski (2008), przedstawiający średnie wartości z lat 2005–2007, oraz Kuś i in. (2009), przedstawiający dane z 2009 r., donoszą, że ziarno pszenicy jarej uprawianej w Osinach w systemie konwencjonalnym było w mniejszym stopniu porażone niż ziarno pszenicy jarej uprawianej w systemach ekologicznym i integrowanym.

W naszych badaniach ziarno pszenicy ozimej uprawianej według technologii intensywnej w 2009 r. różniło się od ziarna z pozostałych technologii większym odsetkiem ziarniaków zasiedlonych przez *F. graminearum*, *F. culmorum* i *F. poae*, a od ziarna uprawianego według technologii oszczędnej również większym odsetkiem ziarniaków skolonizowanych przez *F. tricinctum* i *F. avenaceum*. Podobnie w badaniach Kusia i in. (2009) ziarno pszenicy ozimej uprawianej w 2009 r. w systemie konwencjonalnym różniło się od ziarna z pozostałych serii doświadczalnych większym odsetkiem ziarniaków zasiedlonych przez *F. graminearum* i *F. poae*.

W 2008 r. ziarno pszenicy ozimej uprawianej według technologii oszczędnej różniło się od ziarna pochodzącego z innych technologii niższym odsetkiem ziarniaków zasiedlonych przez *F. poae*. Dane te są zgodne z wynikami Kusia i in. (2008), którzy zanotowali, że w 2008 r. odsetek ziarniaków pszenicy ozimej i jarej porażonych przez *F. poae* był najwyższy w przypadku systemu konwencjonalnego – najintensywniejszego.

Zastosowane technologie uprawy pszenicy różnią się głównie poziomem nawożenia, sposobem stosowania fungicydów i sposobem zagospodarowania słomy. Wyższe nawożenie azotowe, przyorana słoma z ubiegłorocznego zbioru, a także stosowane fungicydy mogły być czynnikami sprzyjającymi zasiedleniu ziarna przez grzyby z rodzaju *Fusarium* w przypadku technologii integrowanej, a zwłaszcza intensywnej (Edwards, 2004; Łukanowski i Sadowski, 2005; Parry i in., 1995; Pirgozliw i in., 2003).

Prawdopodobnie najsilniejszym czynnikiem zwiększającym ilość ziarniaków pszenicy zainfekowanych przez *Fusarium* spp. w technologiach intensywnej i integrowanej było wyższe nawożenie azotowe. Martin i in. (1991), Lemmens i in. (2004) oraz Teich (1989) cytowany przez Edwardsa (2004) stwierdzili, że wzrastające ilości nawozów azotowych stosowanych pod zboża (szczególnie w postaci azotanu amonu, który był stosowany w naszych badaniach), powodowały zwiększenie: stopnia zainfekowania ziarna przez *Fusarium* spp., występowania fuzariozy kłosów oraz zawartości DON w ziarnie. Ponadto wysokie nawożenie N zwiększało: wrażliwość pszenicy na porażenie przez *F. avenaceum* i *Microdochium nivale* (Deadman i Cooke 1997, cytowani przez Champeila i in. 2004a), stopień porażenia podstawy źdźbła pszenicy przez *Fusarium* spp. (Colbach i in., 1996) oraz ilość inokulum *F. culmorum* w glebie (Bateman i Coşkun, 1995).

Wprowadzanie resztek późniwnych do gleby też może zwiększać ryzyko wystąpienia chorób wywołanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Salas i Dill-Macky (2005a, 2005b) stwierdzili, że wprowadzenie słomy pszenicy do gleby na głębokość 5 cm, w porównaniu do jej spalania, sprzyja silnemu rozwojowi na niej *F. graminearum*. To z kolei powodowało zwiększenie inokulum *F. graminearum* w glebie i w powietrzu wewnątrz łanu pszenicy w okresie kwitnienia i wczesnej dojrzałości woskowej oraz

większą infekcję kłosów i ziarniaków. Z kolei wyniki uzyskane przez Batemana i in. (1998) sugerują, że liczebność *F. culmorum* w górnej 10 cm warstwie gleby była wyższa po wprowadzeniu do gleby pociętej słomy pszenicy niż gdy słomę spalano po żniwach. Ponadto Batemann i in. (1998) informują o innych doświadczeniach w Rothamsted, w których wprowadzenie słomy do gleby prowadziło do istotnego nasilenia fuzaryjnej zgorzeli korzeni pszenicy. Także wyniki badań Summerella i in. (1989) oraz Summerella i in. (1990) wykazały, że w porównaniu do serii doświadczalnej z resztkami późniwnymi pozostawianymi po żniwach na powierzchni gleby, ich spalanie istotnie obniżało liczbę roślin pszenicy wykazujących objawy zgorzeli podstawy źdźbła oraz liczbę roślin, z wnętrza których izolowano *F. graminearum* z grupy 1 (*F. pseudograminearum*), natomiast przyorywanie tych resztek było nieefektywne w obniżaniu liczby porażonych roślin. Podobnie, Smagacz i Sowiński (2005) stwierdzili, że występowanie chorób podstawy źdźbła pszenicy ozimej (łącznie z fuzariozą) było wyższe w przypadku przyorywania słomy niż gdy słoma była usuwana z pola.

Czynnikiem wpływającym na zwiększenie zasiedlenia ziarniaków pszenicy przez grzyby z rodzaju *Fusarium* może również być stosowanie fungicydów, których skuteczność w ograniczaniu fuzariozy kłosów i infekcji ziarniaków przez *Fusarium* spp. jest bardzo zmienna, a działanie często przeciwnie do zamierzonego (Gaurilčikienė i in., 2010; Henriksen i Ellen, 2005; Łukanowski i Sadowski, 2005; Simpson i in., 2001). Fungicydy mogą być w dużym stopniu nieefektywne, a nawet mogą zwiększać odsetek kłosów i ziarniaków zainfekowanych przez *Fusarium* spp., np. Sikora i in. (2007) w dwuletnich badaniach w warunkach sztucznej infekcji nie stwierdziły pod wpływem Artea 330 EC (zawierającego propikonazol + cyprokonazol, a stosowanym w naszych badaniach bezpośrednio przed fazą kwitnienia w technologiach intensywnej i integrowanej) obniżenia stopnia zasiedlenia ziarna pszenicy ozimej przez *F. culmorum*, a w jednym roku obserwowały nawet istotne zwiększenie odsetka porażonych ziarniaków. Podobnie Gaurilčikienė i in. (2010) donoszą, że różne fungicydy (w tym stosowany w naszych badaniach Tilt, zawierający propikonazol) zwiększały procent ziarniaków pszenicy zainfekowanych przez *Fusarium* spp. Także Henriksen i Ellen (2005) stwierdzili, że fungicyd Stereo, zawierający propikonazol i cyprodinil (znajdujący się także w fungicydzie Unix, stosowanym w naszych badaniach) zwiększał odsetek ziarniaków jęczmienia i pszenicy jarej zainfekowanych przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Szczególnie niekorzystnie na występowanie *Fusarium* spp. na kłosach i ziarnie zbóż może oddziaływać azoksystrobina (znajdująca się m.in. w fungicydzie Olympus, stosowanym w naszych badaniach w technologii intensywnej przed fazą kwitnienia). Ta substancja czynna, silnie hamująca wzrost *Microdochium nivale* i *Microdochium majus*, może nie tylko nie obniżać, ale istotnie zwiększać kolonizację ziarnia-

ków i kłosów zbóż przez toksynotwórcze grzyby z rodzaju *Fusarium* – *F. avenaceum*, *F. culmorum* czy *F. graminearum* (Cromey i in., 2002; Edwards i in., 2001; Henriksen i Ellen, 2005; Mankevičienė i in., 2008; Müllernborn i in., 2008; Simpson i in., 2001; Zhang i in., 2009). Takie niekorzystne działanie fungicydów najprawdopodobniej może być spowodowane ułatwionym rozwojem *Fusarium* spp. po wyeliminowaniu innych grzybów np. *Alternaria*, *Cladosporium*, *Epicoccum*, *Microdochium*, *Septoria*, *Stagonospora* i *Botrytis*, które stanowiły dla nich konkurencję lub działały antagonistycznie (Gonzalez i in., 1999; Liggit i in., 1997; Łukanowski i Sadowski, 2005; Müllernborn i in., 2008; Muthomi i in., 2007; Pirgozliw i in., 2003; Simpson i in., 2001). Słuszności takiej tezy dowodzić mogą też wyniki Baturo i in. (2004), którzy stwierdzili w badaniach w Osinach ponad dwukrotnie niższe zasiedlenie przez *Fusarium* spp. ziarna jęczmienia jarego uprawianego w systemie ekologicznym niż ziarna z systemów integrowanego i konwencjonalnego, jednakże w porównaniu do pozostałych systemów ziarno z systemu ekologicznego było znacznie silniej porażone przez grzyb *Bipolaris sorokiniana*.

PODSUMOWANIE BADAŃ

1. Głównym czynnikiem wpływającym na zasiedlenie ziarna pszenicy ozimej przez grzyby z rodzaju *Fusarium* była ilość opadów w okresie kłoszenia i kwitnienia roślin;

2. Bardziej intensywne technologie uprawy pszenicy ozimej, z większą ilością nawozów i środków ochrony roślin oraz przyorywaniem słomy (w porównaniu do jej usuwania z pola), przyczyniały się do silniejszego zasiedlenia ziarniaków przez *Fusarium* spp. i do większej różnorodności gatunkowej tych grzybów.

LITERATURA

- Arseniuk E., Góral T., 2005.** Fuzarioza kłosów – czynniki sprawcze i gospodarcze znaczenie choroby. IV Forum Zbożowe. (http://www.pin.org.pl/hrin/txt/2005/3_6.rtf).
- Bateman G.L., Coşkun H., 1995.** Populations of *Fusarium* spp. in soil growing continuous winter wheat, and effects of long-term application of fertilizers and of straw incorporation, *Mycolog. Res.*, 99: 1391-1394.
- Bateman G.L., Murray G., Gutteridge R.J., Coşkun H., 1998.** Effects of method of straw disposal and depth of cultivation on populations of *Fusarium* spp. in soil and on brown foot rot in continuous winter wheat. *Ann. Appl. Biol.*, 132: 35-47.
- Baturo A., Łukanowski A., Kuś J., 2004.** Comparison of health status of winter wheat and spring barley grain cultivated in organic, integrated and conventional systems and monoculture. *Proceedings of the First World Conference on Organic Seed "Challenges and Opportunities for Organic Agriculture and the Seed Industry"*. July 5-7, 2004, FAO Headquarters, Rome, Italy, pp. 128-132.
- Birzele B., Meier A., Hindorf H., Krämer J., Dehne H.-W., 2002.** Epidemiology of *Fusarium* infection and deoxynivalenol content in winter wheat in the Rhineland, Germany. *Eur. J. Plant Pathol.*, 108: 667-673.
- Champeil A., Doré T., Fourbet J.F., 2004a.** *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effects of cultural practices on head blight attacks and the production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. *Plant Sci.*, 166: 1389-1415.
- Champeil A., Fourbet J.F., Doré T., Rossignol L., 2004b.** Influence of cropping system on *Fusarium* head blight and mycotoxin levels in winter wheat. *Crop Protect.*, 23: 531-537.
- Colbach N., Maurin N., Huet P., 1996.** Influence of cropping system on foot rot of winter wheat in France. *Crop Protect.*, 15: 295-305.
- Cromey M.G., Parkes R.A., Sinclair K.I., Lauren D.R., Butler R.C., 2002.** Effects of fungicides applied at anthesis on *Fusarium* head blight and mycotoxins in wheat. *New Zealand Plant Protect.*, 55: 341-346.
- Doohan F.M., Brennan J., Cooke B.M., 2003.** Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *Eur. J. Plant Pathol.*, 109: 755-768.
- Edwards S.G., 2004.** Influence of agricultural practices on fusarium infection of cereals and subsequent contamination of grain by trichothecene mycotoxins. *Toxicol. Letters*, 153: 29-35.
- Edwards S.G., Pizgorliw S.R., Hare M.C., Jenkinson P., 2001.** Quantification of trichothecene-producing *Fusarium* species in harvested grain by competitive PCR to determine efficacies of fungicides against fusarium head blight of winter wheat. *Appl. Environ. Microbiol.*, 67: 1575-1580.
- Gaurilčikienė I., Butkutė B., Mankevičienė A., 2010.** A multi-aspect comparative investigation on the use of strobilurin and triazole – based fungicides for winter wheat disease control. In Odile Carisse (ed) *Fungicides*, InTech, 69-94.
- González H.H.L., Martínez E.J., Pacin A., Resnik S.L., 1999.** Relationship between *Fusarium graminearum* and *Alternaria alternata* contamination and deoxynivalenol occurrence on Argentinian durum wheat. *Mycopathologia*, 144: 97-102.
- Henriksen B., Elen O., 2005.** Natural *Fusarium* grain infection level in wheat, barley and oat after early application of fungicides and herbicides. *J. Phytopathol.*, 153: 214-220.
- Jalli M., Parikka P., 2007.** *Fusarium* infection of heads and stems under different cultivation practices. *Proceedings of the COST SUSVAR Fusarium workshop: Fusarium diseases in cereals – potential impact from sustainable cropping systems*. 01-02 June 2007 Velence, Hungary, Eds. S. Vogelgsang, M. Jalli, G. Kovács and G. Vida, pp. 38-40.
- Kiecana I., Mielniczuk E., Perkowski J., Goliński P., 2005.** Porażenie wiech przez *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie owsa. *Acta Agrobot.*, 58: 91-102.
- Kiecana I., Mielniczuk E., Cegiëlko M., 2006.** Badania podatności kłosów pszenicy ozimej (*Triticum aestivum* L.) na porażenie przez *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. *Acta Agrophys.*, 8: 629-636.
- Kurowski T.P., Wysocka U., 2009.** Fungi colonizing grain of winter spelt grown under two production systems. *Phytopathologia*, 54: 45-52.
- Kuś J. (kierownik tematu) i inni (praca zbiorowa), 2008.** Sprawozdanie z prowadzenia w 2008 r. badań podstawowych na rzecz rolnictwa ekologicznego w zakresie uprawy pt.: Prowadzenie badań w uprawach polowych metodami ekologicz-

- nymi. IUNG – PIB w Puławach. <http://www.iung.pulawy.pl/images/pdf/Prowadzenie%20bada%C5%84%20w%20uprawach%20polowych%20metody%20ekologiczne.pdf>.
- Kuś J.** (koordynator badań) i inni (praca zbiorowa), 2009. Badania nad dobozem odmian oraz doskonaleniem agrotechniki zbóż i roślin pastewnych w rolnictwie ekologicznym. IUNG – PIB w Puławach. http://www.iung.pulawy.pl/images/pdf/Dobor_odmian_ekologia.pdf.
- Kwaśna H., Chelkowski J., Zajkowski P., 1991.** Grzyby. Tom XXII. Polska Akademia Nauk. 152 ss.
- Lemmens M., Haim K., Lew H., Ruckebauer P., 2004.** The effect of nitrogen fertilization on *Fusarium* head blight development and deoxynivalenol contamination in wheat. *J. Phytopathol.*, 152: 1-8.
- Leslie J.F., Summerell B.A., 2006.** The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing 388 ss.
- Liggitt J., Jenkinson P., Parry D.W., 1997.** The role of saprophytic microflora in the development of *Fusarium* ear blight of winter wheat caused by *Fusarium culmorum*. *Crop Protect.*, 16: 679-685.
- Lukanowski A., Sadowski C., 2005.** Wykorzystanie metody PCR do badania jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w systemach ekologicznym, integrowanym, konwencjonalnym oraz monokulturze w aspekcie fitopatologicznym. *Acta Agrobot.*, 58: 55-70.
- Lukanowski A., Sadowski C., 2008.** Settlement of spring wheat kernels by *Fusarium* spp. in organic system as compared with other cropping systems. 581-583. 3rd Int. FHB Symposium. Szeged, Hungary.
- Mankevičienė A., Gaurilčikienė I., Supronienė S., 2008.** The infestation of winter rye and triticale grain with *Fusarium* fungi as affected by fungicide use. 3rd Int. FHB Symposium Szeged, Hungary. *Cereal Research Communications*. 36 (Suppl. B): 683-687.
- Martin R.A., MacLeod J.A., Caldwell C., 1991.** Influences of production inputs on incidence of infection by *Fusarium* species on cereal seed. *Plant Disease*, 75: 784-788.
- Müllenborn C., Steiner U., Ludwig M., Oerke E.-C. 2008.** Effect of fungicides on the complex of *Fusarium* species and saprophytic fungi colonizing wheat kernels. *Eur. J. Plant Pathol.*, 120: 157-166.
- Muthomi J.W., Riungu G.M., Ndung'u J.K., Narla R.D., 2007.** African Crop Science Conference Proceedings, 8: 863-867.
- Oktaba W., 1966.** Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa. PWN Warszawa, s. 144 i 287.
- Parry D.W., Jenkinson P. McLeod L., 1995.** *Fusarium* ear blight (scab) in small grains – a review. *Plant Pathol.*, 44: 207-238.
- Pirgozliev S.R., Edwards S.G., Hare M.C. Jenkinson P., 2003.** Strategies for the control of *Fusarium* head blight in cereals. *Eur. J. Plant Pathol.*, 109: 731-742.
- Podolska G., 2007.** Kształtowanie cech jakościowych ziarna pszenicy poprzez technologię produkcji. *Stud. Rap. IUNG-PIB*, 9: 55-64.
- Sadowski C., Lenc L., Kuś J., 2010.** Fuzarioza kłosów i grzyby rodzaju *Fusarium* zasiedlające ziarno pszenicy ozimej, mieszaniny odmian i pszenicy orkisz uprawianych w systemie ekologicznym. *J. Res. Appl. Agric. Engin.*, 55: 79-83.
- Salas B., Dill-Macky R., 2005a.** Colonization of Wheat Cultivars by *Fusarium graminearum* at Harvest and in Overwintered Residues. in Proceedings of the 2005 National Fusarium Head Blight Forum Milwaukee, Wisconsin 11-13 December, ss. 140-143.
- Salas B., Dill-Macky R., 2005b.** Effect of Residue Management and Host Resistance on the Epidemiology of Fusarium Head Blight. in Proceedings of the 2005 National Fusarium Head Blight Forum Milwaukee, Wisconsin 11-13 December, ss. 144-147.
- Samson R.A., Hocking A.D., Pitt J.I., King A.D., 1992.** Modern Methods in Food Mycology. 371-375. Elsevier, Appendix – Media.
- Sikora H., Banachowska J., Doleżych D., 2007.** Badania nad ochroną pszenicy ozimej przed fuzariozą kłosów wywołaną przez *Fusarium culmorum* w warunkach sztucznej infekcji. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 47: 314-318.
- Simpson D.R., Weston G.E., Turner J.A., Jennings P., Nicholson P., 2001.** Differential control of head blight pathogens of wheat by fungicides and consequences for mycotoxin contamination of grain. *Eur. J. Plant Pathol.*, 107: 421-431.
- Smagacz J., Sowiński M., 2005.** Incidence of stem-base diseases and yielding of winter wheat varieties depending on a frequency of ploughing the straw. *Biul. IHAR*, 235: 105-113.
- Sulek A., Podolska G., Leszczyńska D., Noworolnik K., 2007.** Reakcja zbóż na nawożenie azotem. *Stud. Rap. IUNG-PIB*, 9: 29-36.
- Summerell B.A., Burgess L.W., Klein T.A., 1989.** The impact of stubble management on the incidence of crown rot of wheat. *Australian J. Exper. Agric.*, 29: 91-98.
- Summerel B.A., Burgess L.W., Klein T.A., Pattison A.B. 1990.** Stubble management and the site of penetration of wheat by *Fusarium graminearum* group 1. *Phytopathology*, 80: 877-879.
- Thrane U., 1986.** The ability of common *Fusarium* species to grow on tannin-sucrose agar. *Internation. J. Food Microbiol.* 29: 149-156.
- Xu X., 2003.** Effects of environmental conditions on the development of *Fusarium* ear blight. *Eur. J. Plant Pathol.*, 109: 683-689.
- Xu X.-M., Parry D.W., Nicholson P., Thomsett M.A., Simpson D., Edwards S.G., Cooke B.M., Doohan F.M., Brennan J.M., Moretti A., Tocco G., Mule G., Hornok L., Giczey G., Tatnell J., 2005.** Predominance and association of pathogenic fungi causing Fusarium ear blight in wheat in four European countries. *Eur. J. Plant Pathol.*, 112: 143-154.
- Zhang Y.J., Fan P.S., Zhang X., Chen C.J., Zhou M.G., 2009.** Quantification of *Fusarium graminearum* in harvested grain by real-time polymerase chain reaction to assess efficacies of fungicides on Fusarium head blight, deoxynivalenol contamination, and yield of winter wheat. *Phytopathology*, 99: 95-100.

J. Czaban, B. Wróblewska, A. Sulek, G. Podolska

THE INFLUENCE OF DIFFERENT PRODUCTION TECHNOLOGIES OF WINTER WHEAT ON COLONIZATION OF ITS GRAIN BY FUNGI OF THE GENUS *FUSARIUM*

Summary

Fusarium head blight, caused by several fungal species (including *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenaceum* and *F. poae*) is a significant threat to wheat production world-wide. Cereal grain infection by fusaria depends (besides of environmental factors and the level of resistance of the host variety) on cultural

practices e.g. land preparation, use of fertilizers and pesticides as well as on crop rotation so a production technology may significantly affect the plant health and yield quality. The purpose of this study was to investigate the effects of three production technologies (intensive, integrated and economical) on infection level of winter wheat kernels by *Fusarium* species. Field experiments were conducted with winter wheat 'Kris' for two consecutive growing seasons (2007/2008 and 2008/2009). After the harvest, wheat kernels were analysed for the level of internal infection by different species of *Fusarium* after surface disinfection with 1.5% NaOCl solution for 2 min. *Fusarium* spp. were isolated on CZID medium and identified on the basis of macro- and micro-morphology on three media: PDA, SNA and a medium containing tannin. Our results demonstrate that the wheat grain infection by *Fusarium* depended mainly on a rainfall level during heading and anthesis. A rainfall level in 2009 from the last decade of May to the first decade of July was 2.5-times higher than that in 2008. This caused that the kernel infection levels in 2009 were 5–6 times higher than those in 2008. The economical technology was less conducive to the grain infection by fusaria (5%

and 23% kernels were colonized in 2008 and 2009, respectively) in comparison to intensive (9% and 50% in 2008 and 2009, respectively) and integrative ones (7% and 42% in 2008 and 2009, respectively). The most frequent species were: in 2008 *F. poae* (1–4%) and *F. avenaceum* (1–2%); in 2009 *F. tricinctum* (14–28%), *F. avenaceum* (4–10%) and *F. graminearum* (4–11%). The wheat grain from intensive technology was characterized in both growing seasons by the richest diversity of *Fusarium* species. The percentage of the wheat kernels colonized by fusaria was correlated ($r=0.96$, at $P<0.01$, $n=6$) with the percentage of the wheat ears indicating the *Fusarium* head blight symptoms. Presumably, higher N fertilization, a way of straw utilization (ploughing under in comparison to removing from the field) as well as inconsistent control of fusariosis by fungicides (which probably remove non-target fungal species contributing to the suppression of fusaria) were the major factors increasing a level of colonization of wheat grain by fusaria.

key words: wheat management, cropping system, *Fusarium* head blight, *Fusarium* grain infection, effect of rainfall