

TOMASZ GÓRAL ¹
PIOTR OCHODZKI ¹
DOROTA WALENTYN-GÓRAL ¹
LINDA K. NIELSEN ²
ANNEMARIE F. JUSTESEN ²
LISA N. JORGENSEN ²

¹ Zakład Fitopatologii, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Radzików

² Institute of Agroecology, Faculty of Science and Technology, Aarhus University, Research Centre Flakkebjerg, Denmark

Wpływ przedplonu oraz warunków pogodowych na porażenie kłosów pszenicy jarej przez grzyby z rodzaju *Fusarium* oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie

Effect of pre-crop and weather conditions on infection of heads of spring wheat with *Fusarium* fungi and content of mycotoxins in grain

Badano wpływ przedplonu na nasilenie fuzariozy kłosów oraz zawartość mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenicy jarej. Przedplon stanowiła kukurydza na ziarno oraz rzepak ozimy. W latach, w których wystąpiły warunki sprzyjające rozwojowi fuzariozy kłosów stwierdzono zwiększone nasilenie choroby na kłosach pszenicy wysianej po kukurydzy. Ziarno z tych stanowisk zawierało więcej DNA *Fusarium* oraz mikotoksyn fuzaryjnych w porównaniu do ziarna ze stanowiska po rzepaku. Dominującym sprawcą fuzariozy kłosów był gatunek *F. graminearum*. Rozwój choroby na kłosach pszenicy oraz stężenie mikotoksyn w ziarnie były bardzo silnie uzależnione od warunków pogodowych. Opady oraz wilgotność względna powietrza w okresie kłoszenia i kwitnienia miała decydujący wpływ na wyniki uzyskane w ciągu 3 lat badań.

Słowa kluczowe: kukurydza, fuzarioza kłosów, mikotoksyny, przedplon, pszenica

Effect of pre-crop on severity of *Fusarium* head blight (FHB) and content of mycotoxins in grain of spring wheat was studied. Pre-crops were grain maize and winter rapeseed. In years, when conditions were favorable for FHB development, an increased severity of wheat head infections was observed on stands sown after grain maize. Wheat grain samples from these stands contained more *Fusarium* DNA and *Fusarium* mycotoxins comparing with grain from stands sown after rapeseed. Dominant species causing FHB was *F. graminearum*. Disease development on wheat heads and mycotoxin concentration in grain strongly depended on weather conditions. Rainfall and relative humidity during heading and anthesis had the strongest effect on results obtained during three years of study.

Key words: *Fusarium* head blight, mycotoxins, maize, pre-crop, wheat

WSTĘP

Fuzarioza kłosów pszenicy jest chorobą powodowaną przez grzyby z rodzaju *Fusarium*. Choroba ta w ostatnich latach została dostrzeżona w wielu krajach Europy jako narastający problem w uprawie pszenicy. Głównym źródłem zagrożenia ze strony fuzariozy kłosów jest fakt, że grzyby ją powodujące wytwarzają mikotoksyny szkodliwe dla zdrowia ludzi i zwierząt. Kłosa pszenicy porażane są przez liczne gatunki z rodzaju *Fusarium*. Głównymi sprawcami fuzariozy kłosów są: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. poae* oraz *F. langsethiae* (Bottalico i Perone, 2002; Stępień i in., 2008; Nielsen i in., 2011). Kłos może być porażony przez kilka różnych gatunków jednocześnie. Nasilenie fuzariozy kłosów zależy przede wszystkim od warunków pogodowych podczas kwitnienia, ale także innych czynników agrotechnicznych (odporność odmian, sposób uprawy, przedplon itp.) (Champeil i in., 2004; Del Ponte i in., 2008; Xu i in., 2008). Na zawartość mikotoksyn w ziarnie wpływa mają także warunki pogodowe po kwitnieniu do momentu zbiorów ziarna (Cowger i in., 2009).

Fuzariozę kłosów można zwalczać stosując ochronę chemiczną. Istnieje na rynku grupa fungicydów dedykowanych do zwalczania tej choroby. Warunkiem ich skuteczności jest jednakże właściwy termin stosowania — podczas kwitnienia pszenicy. Substancje aktywne mają różną skuteczność w ograniczaniu porażenia kłosa a także skażenia ziarna mikotoksynami (Jones i in., 2000). W warunkach bardzo sprzyjających rozwojowi fuzariozy kłosów ochrona chemiczna jest mało skuteczna (Simpson i in., 2001).

Rozwój choroby i tym samym późniejsze skażenie ziarna można ograniczać poprzez odpowiednią kombinację czynników agrotechnicznych (Anonim, 2007, 2010; Clark i in., 2008). Uprawa odmian odpornych (lub mało podatnych), stosowanie zmianowania (unikanie monokultury), właściwy przedplon — to czynniki zmniejszające możliwość rozwoju choroby (Champeil i in., 2004 a, b).

Zarówno rzepak jak i kukurydza są w Polsce uprawiane na szeroką skalę, z perspektywą wzrostu areału zasiewów obu tych gatunków. Wzrost zapotrzebowania na biopaliwa powoduje zwiększanie produkcji rzepaku. Kukurydza, oprócz tradycyjnego wykorzystania jako pasza i surowiec przemysłowy, może być również znakomitym źródłem zarówno biopaliw (bioetanol) jak też surowcem dla biogazowni. W przypadku dużych strat w zasiewach spowodowanych wymarzeniem zasiewów ozimych jest gatunkiem sianym na wiosnę, czego przykładem może być sytuacja w roku 2012. Dlatego coraz częściej spotykana może być sytuacja w której przedplonem pszenicy jarej jest rzepak lub kukurydza.

Celem pracy było porównanie wpływu uprawy dwóch przedplonów uprawianych w Polsce na dużą skalę: rzepaku i kukurydzy, na nasilenie fuzariozy kłosów, porażenie ziarna i zawartość mikotoksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenicy jarej.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2009–2011 na polach Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie k. Warszawy. Pszenica jara została wysiana

na polach, na których przedplonem był rzepak ozimy lub kukurydza na ziarno. W roku 2009 wysiano odmianę Griwa na poletkach o powierzchni ok. 30 m². W latach 2010 i 2011 wysiano odmiany Griwa, Parabola i Raweta, każdą na poletkach o powierzchni 30 m². Około 2–3 tygodni po kwitnieniu pszenicy wykonano obserwacje występowania fuzariozy kłosów i stopnia porażenia kłosów. W roku 2009 z obu poletek odmiany Griwa zebrano ręcznie po 100 losowo wybranych kłosów, następnie przeprowadzono zbiór ziarna za pomocą kombajnu poletkowego. Kłosa zebrane ręcznie zostały wymłócone za pomocą młocarni laboratoryjnej. W latach 2010 i 2011 zbiór ziarna przeprowadzono jedynie za pomocą kombajnu.

W zebranych próbach określono stopień uszkodzenia ziarna przez *Fusarium*. Proporcja ziarniaków uszkodzonych została określona wizualnie poprzez podział próby na ziarniaki zdrowe (normalne i pomarszczone) oraz ziarniaki w różnym stopniu porażone przez *Fusarium*: białe lub różowo przebarwione, białe pomarszczone (Argyris i in., 2003).

Zawartość DNA *Fusarium* oznaczano w próbach ziarna metodą PCR w czasie rzeczywistym (rtPCR) opisaną przez Nicolaisena i in. (2009). Ziarno (300 g) mielono wstępnie młynkiem laboratoryjnym. Ze zmielonej partii pobierano 5 g i rozdrabniano w ciekłym azocie za pomocą homogenizatora Geno/Grinder 2000. DNA izolowano ze 100 mg sproszkowanego ziarna stosując zmodyfikowaną metodę CTAB (Anonim, 2005).

Do wyznaczenia krzywych standardowych użyto izolatów 6 gatunków *Fusarium*. Izolaty hodowano na pożywce PDA nakrytej krążkiem celofanowym przez tydzień. Grzybnię zeskrobywano z powierzchni celofanu i rozdrabniano w ciekłym azocie za pomocą homogenizatora Geno/Grinder 2000. Do izolacji DNA zastosowaną tę samą metodę jak do izolacji z ziarna. Koncentrację DNA izolatów określano za pomocą spektrometru NanoDrop 1000.

Zastosowano zestawy starterów specyficznych wobec 6 gatunków *Fusarium*: *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. graminearum*, *F. langsethiae*, *F. poae*, *F. sporotrichioides* (Nicolaisen i in., 2009). Do określenia zawartości roślinnego DNA wykorzystano startery specyficzne dla genu *EF1α*. Reakcję rtPCR przeprowadzono na aparacie Applied Biosystems 7500HT. Do detekcji produktów reakcji rtPCR wykorzystano barwnik fluorescencyjny SYBR Green I. Zawartość DNA roślinnego w poszczególnych próbkach posłużyła do wyliczenia względnej zawartości DNA *Fusarium* wyrażonej w pikogramach DNA grzybowego na nanogram DNA pszenicy.

Zawartość trichotecenów z grupy B w ziarnie (deoksyniwalenol [DON], niwalenol [NIV]) była analizowana przy wykorzystaniu techniki chromatografii gazowej. Mikotoksyny ekstrahowano z 5 g zmielonego ziarna za pomocą 25 ml wodnego roztworu acetonitrylu (acetonitryl:woda 84:16) wytrząsając na wytrząsarce przez noc. Próbę odwirowano (3000 obrotów×min⁻¹, 5 min.), a ekstrakt oczyszczono na kolumnie Trich 227+ (RomerLabs). Do 4 ml oczyszczonego ekstraktu dodano 1 µg wzorca wewnętrznego (chloraloza) i odparowano do sucha w strumieniu powietrza. Mikotoksyny przeprowadzono w pochodne trimetylosilylowe za pomocą mieszaniny silylującej Sylon BTZ (BSA+TMCS+TMSI, 3:2:3, Supelco). Po rozpuszczeniu upochodnionej próby w izooktanie nadmiar odczynnika silylującego rozłożono i usunięto za pomocą wody.

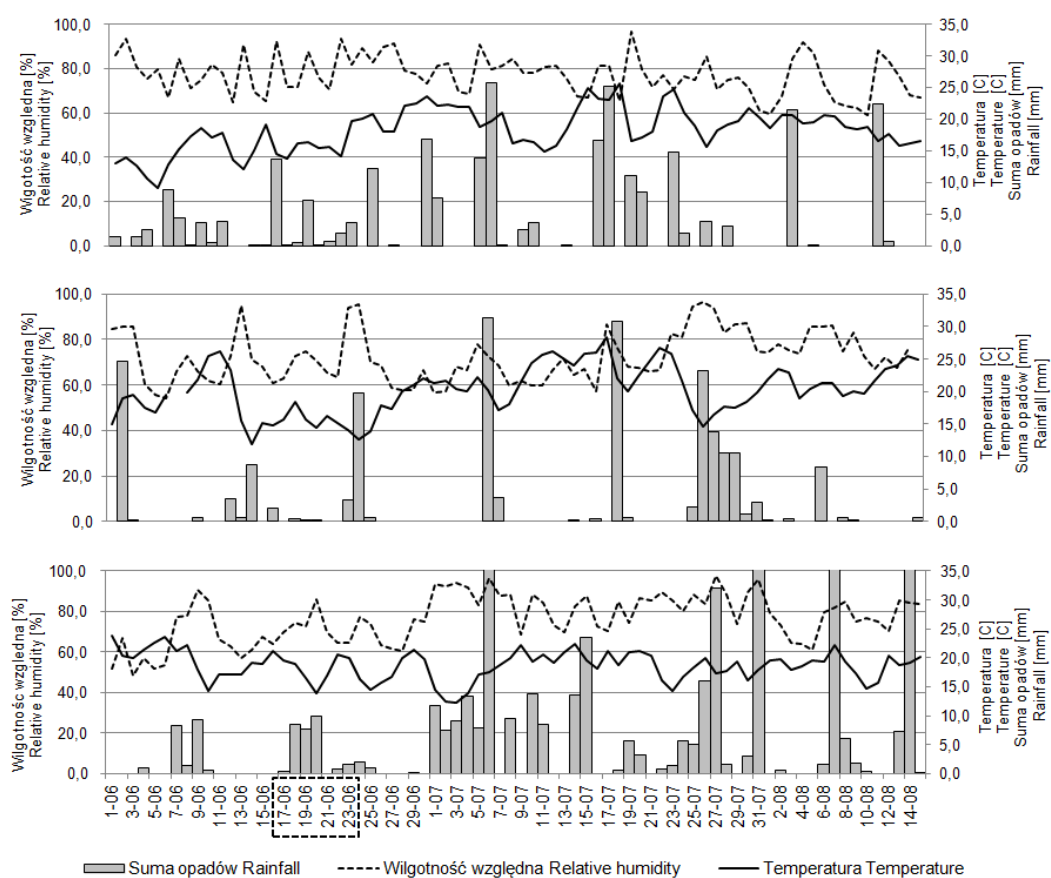
Warstwę organiczną przeniesiono do wialki autosamplera i poddano analizie chromatograficznej na chromatografie SRI 8610C, wyposażonym w kolumnę BGB-5MS, o długości 30 m. i średnicy wewnętrznej 0,25 mm. Gazem nośnym był wodór. Elucję prowadzono w gradiencie temperatury. Detekcję mikotoksyn prowadzono za pomocą detektora wychwytu elektronów (ECD). Identyfikacji poszczególnych związków dokonano przez porównanie czasów retencji czystych wzorców mikotoksyn. Stężenie mikotoksyn określono na podstawie krzywej kalibracji, z zastosowaniem chloralozy jako wzorca wewnętrznego.

Zawartość zearalenonu (ZON) oznaczano za pomocą ilościowego testu immunoenzymatycznego AgraQuant® ZON zgodnie z procedurą podaną przez producenta

WYNIKI

Sezon wegetacyjny w roku 2009 charakteryzował się bardzo dużą częstotliwością i wysoką sumą opadów od początku czerwca do połowy sierpnia (267 mm) (rys. 1). W okresie kwitnienia pszenicy jarej suma opadów deszczu wyniosła 28 mm, natomiast średnia temperatura osiągnęła 16,1°C. W roku 2010 częstotliwość opadów była niższa, natomiast suma opadów była mniejsza (207 mm). W okresie kwitnienia pszenicy jarej suma opadów deszczu wyniosła 6 mm, natomiast średnia temperatura 15,5°C. Na początku czerwca wystąpił tygodniowy okres z bardzo wysokimi dobowymi temperaturami powietrza (powyżej 26°C) i niewielkimi opadami. W roku 2011 temperatura powietrza w okresie 1 czerwca — 8 czerwca była wysoka, (średnia dobowa powyżej 20°C). W drugiej dekadzie czerwca, w okresie kwitnienia pszenicy jarej, wystąpiły znaczne opady (29 mm). Pomimo tego wilgotność względna powietrza była niższa niż w roku 2009. W lipcu oraz do 15 sierpnia opady były bardzo wysokie (405 mm). Dominowały krótkotrwałe, intensywne opady np. 31 lipca — 60 mm w ciągu kilku godzin.

W roku 2009 nasilenie fuzariozy na polu po kukurydzy wynosiło około 50% kłosów porażonych na 1 m². Stopień porażenia kłosów wynosiło od 5 do 40%. Obserwowano duże nasilenie zamierania górnej części kłosów. Na polu po rzepaku również zaobserwowano objawy fuzariozy kłosów. Nasilenie choroby wynosiło około 20% kłosów porażonych na 1 m². Porażenie kłosa wynosiło od 5 do 20%. W roku 2010 nie stwierdzono wystąpienia objawów fuzariozy kłosów na 3 odmianach pszenicy jarej, niezależnie od przedplonu. W roku 2011 objawy wystąpiły, jednakże ich nasilenie było znacznie niższe niż w roku 2009. Objawy porażenia obserwowano na pojedynczych kłosach. Porażenie kłosa wyniosło 5–10%. Nie było różnic w porażeniu kłosów na stanowisku po rzepaku i po kukurydzy.



Rys. 1. Opady, wilgotność względna oraz średnia dobowa temperatura w okresie od 1 czerwca do 15 sierpnia w latach 2009–2011. Okres kwitnienia pszenicy jarej 17–23 czerwca

Fig. 1. Rainfall, relative humidity and daily mean temperature from June 1 to August 15 in years 2009–2011. Spring wheat anthesis period from 17 to 23 of June

W roku 2009 obserwowano uszkodzenie ziarniaków przez *Fusarium* (tab. 1, rys. 2). Średnio było ono wyższe w próbach ze stanowiska po kukurydzy. Zawartość DNA *Fusarium* w ziarnie była około 3-krotnie wyższa w próbach ze stanowiska po kukurydzy niż w próbach ze stanowiska po rzepaku (rys. 2). Wśród gatunków dominował *F. graminearum*, którego DNA stanowiło ponad 98% sumarycznego DNA *Fusarium*.

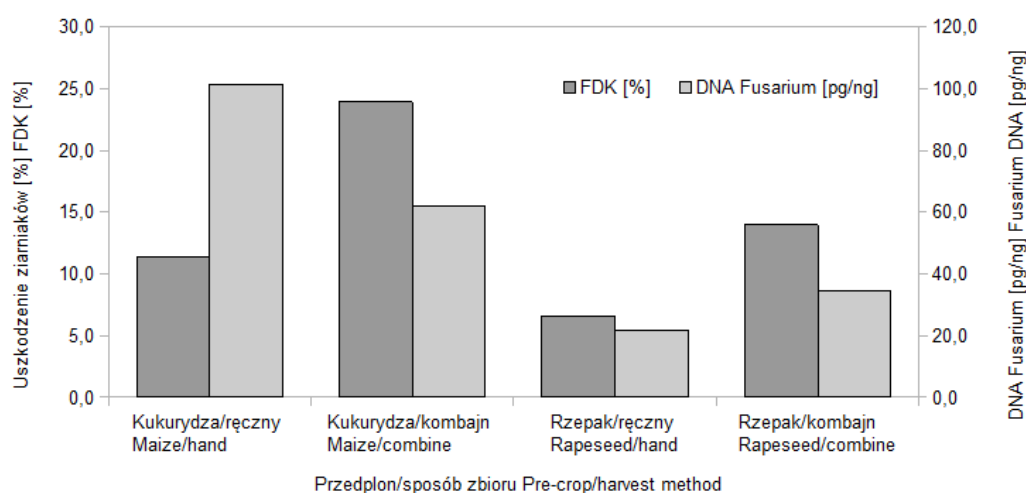
W roku 2010, w związku ze brakiem objawów porażenia kłosów, uszkodzenia ziarniaków nie obserwowano. Zawartość DNA *Fusarium* w ziarnie była około 50 razy niższa niż w roku 2009. Nie obserwowano różnic w zawartości DNA w ziarnie z obu stanowisk.

Tabela 1

Porównanie prób ziarna pszenicy jarej Griwa (2009) oraz Griwa, Parabola i Raweta (2010, 2011) wysianych na stanowiskach po kukurydzy na ziarno i po rzepaku
Comparison of grain samples of spring wheat cv. Griwa (2009) and cultivars Griwa, Parabola, Raweta (2010, 2011) sown after grain maize and rapeseed

Przedplon Pre-crop	Uszkodzenie ziarniaków FDK (%)	DNA <i>Fusarium</i> <i>Fusarium</i> DNA (pg/ng)	DON (ppb)	NIV (ppb)	ZON (ppb)
2009					
Kukurydza — Maize	17,7	81,7	6635	57	92
Rzepak — Rapeseed	10,3	28,3	2502	8	101
2010					
Kukurydza — Maize	0	1,57	56	51	<LD
Rzepak — Rapeseed	0	0,98	64	50	<LD
2011					
Kukurydza — Maize	37,9	—	876	0	98
Rzepak — Rapeseed	11,9	—	593	0	57

DON — deoksynivalenol, NIV — nivalenol, ZEA — zearalenon; LD — limit detekcji
DON — deoxynivalenol, NIV — nivalenol, ZON — zearalenon, LD — detection limit



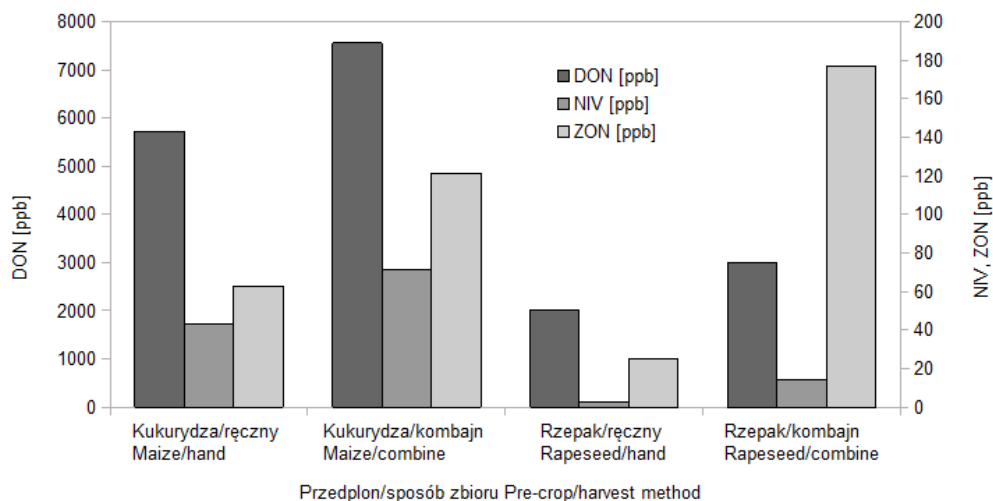
Rys. 2. Uszkodzenie ziarniaków oraz zawartość DNA *Fusarium* w ziarnie pszenicy jarej Griwa w roku 2009

Fig. 2. *Fusarium* damaged kernels and concentration of *Fusarium* DNA in grain of spring wheat cv. Griwa in 2009

Wystąpiły natomiast różnice pomiędzy odmianami (rys. 4). Podobnie jak w 2009, wśród gatunków dominował *F. graminearum* (46,7%). Znaczny był również udział *F. avenaceum* (38,3%).

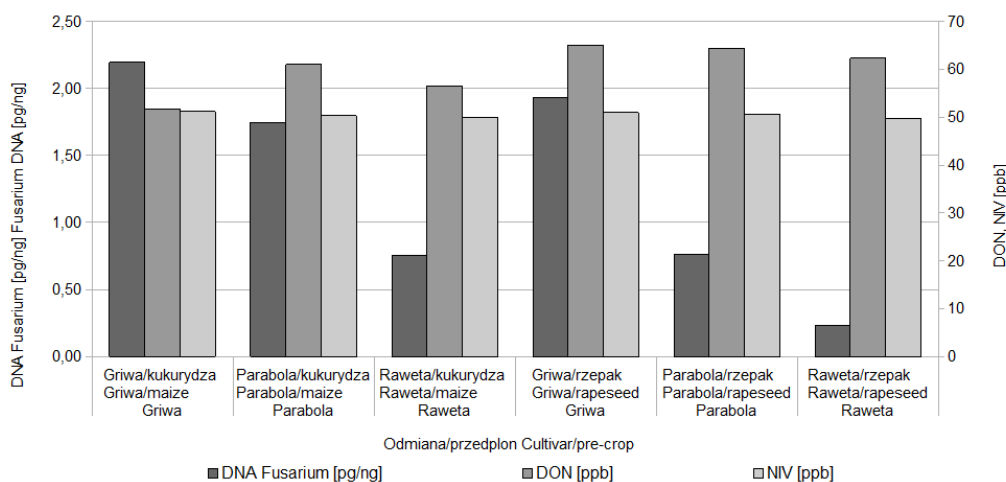
W roku 2011 uszkodzenie ziarniaków było wysokie (tab. 1). Na stanowisku po kukurydzy było około trzykrotnie wyższe niż na stanowisku po rzepaku. Najmniej uszkodzone były ziarniaki odmiany Parabola (rys. 5).

Zawartość DON w ziarnie w roku 2009 była bardzo wysoka (tab. 1, rys. 3). Ziarno ze stanowiska po kukurydzy zawierało około 2,5 razy więcej DON niż ziarno ze stanowiska po rzepaku. Stwierdzono niewielką zawartość NIV w ziarnie (rys. 2). W próbach ze stanowisk po rzepaku, były to ilości śladowe. Zawartość ZON wyniosła średnio 100 ppb. Nie stwierdzono różnic w średniej zawartości tej mikotoksyny w próbach z obu stanowisk.



Rys. 3. Zawartość deoksynivalenolu (DON), niwalenolu (NIV) i zearalenu (ZEA) w ziarnie pszenicy jarej Griwa w roku 2009

Fig. 3. Concentration of deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) and zearalenon (ZON) in grain of spring wheat cv. Griwa in 2009

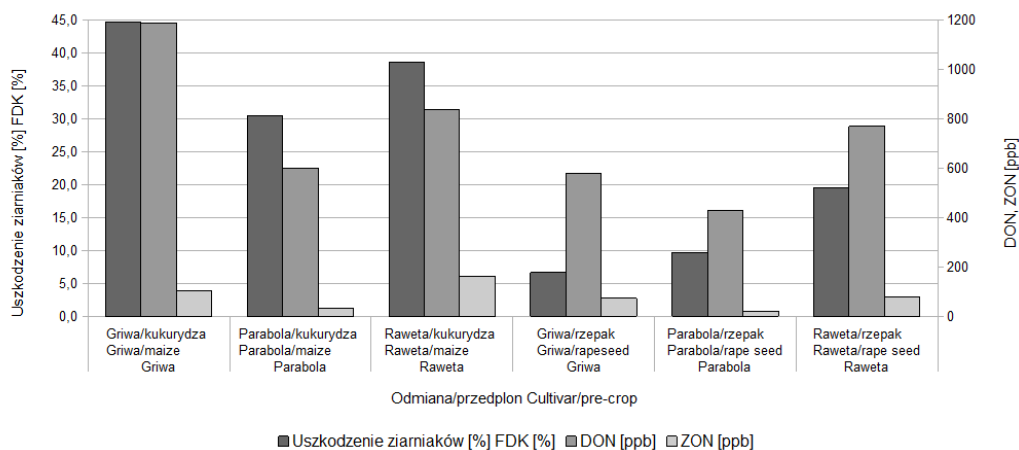


Rys. 4. Zawartość DNA *Fusarium*, deoksynivalenolu (DON), niwalenolu (NIV) oraz zearalenu (ZEA) w ziarnie odmian pszenicy jarej Griwa, Parabola i Raweta w roku 2010

Fig. 4. Concentration of *Fusarium* DNA, deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) and zearalenon (ZON) in grain of spring wheat cvs Griwa, Parabola, Raweta in 2010

W roku 2010 zawartości badanych mikotoksyn w ziarnie były bardzo niskie. Próby ziarna z obu stanowisk nie różniły się pod względem koncentracji mikotoksyn. Nie stwierdzono również różnic pomiędzy odmianami (rys. 4).

W roku 2011, pomimo znacznego uszkodzenia ziarniaków, zawartość DON w ziarnie była kilkakrotnie niższa niż w 2009 (tab. 1). W ziarnie ze stanowiska po kukurydzy stwierdzono około 1,5-razy wyższą koncentrację DON niż w ziarnie ze stanowiska po rzepaku. Najwięcej DON zawierało ziarno odmiany Griwa, mniej odmiany Raweta (rys. 5).



Rys. 5. Uszkodzenie ziarniaków oraz zawartość deoksynivalenolu (DON), niwalenolu (NIV) i zearalnoneu (ZON) w ziarnie odmian pszenicy jarej Griwa, Parabola i Raweta w roku 2011
Fig. 5. *Fusarium* damaged kernels and concentration of deoxynivalenol (DON), nivalenol (NIV) and zearalenon (ZON) in grain of spring wheat cvs Griwa, Parabola, Raweta in 2011

Zawartość ZON w ziarnie była podobna jak w roku 2009. W ziarnie ze stanowiska po kukurydzy było tej mikotoksyny średnio dwukrotnie więcej niż ze stanowiska po rzepaku.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki wskazują, że uprawa pszenicy na stanowisku, na którym przedplonem była kukurydza może zwiększać zagrożenie fuzariozą kłosów. W latach, sprzyjających występowaniu fuzariozy kłosów (2009, 2011) stwierdzono większe uszkodzenie ziarniaków, wyższą zawartość DNA *Fusarium* i wyższe stężenie deoksynivalenolu w ziarnie pszenicy ze stanowiska po kukurydzy w porównaniu ze stanowiskiem po rzepaku. W przypadku innych mikotoksyn występujących w niższych stężeniach nie było wyraźnych różnic pomiędzy obydwoma stanowiskami. Negatywny wpływ udziału kukurydzy w zmianowaniu obserwowano w wielu badaniach prowadzonych w innych krajach (Champel i in., 2004 b; Maiorano i in., 2008; Clark i in., 2009; Blandino i in., 2010; Vogelgsang i in., 2011). Wynika on z faktu, że resztki późniwne kukurydzy — duże

fragmenty nierozdrobnionych łodyg i kolb są doskonałym miejscem dla rozwoju i przezimowania grzybów z rodzaju *Fusarium*.

Warunki pogodowe bardzo silnie wpływały na nasilenie fuzariozy kłosów i stężenie mikotoksyn w ziarnie (Xu i in., 2008). Trzy lata badań (2009–2011) charakteryzowały skrajnie różnymi warunkami pogodowymi. W roku 2009 były one najbardziej sprzyjające dla fuzariozy kłosów. W okresie kłoszenia i kwitnienia pszenicy częstotliwość opadów była duża oraz utrzymywała się stała, wysoka wilgotność powietrza. Po kwitnieniu również występowały liczne opady o umiarkowanym nasileniu oraz wysoka wilgotność powietrza. Warunki te spowodowały bardzo wysoką akumulację mikotoksyn (>6 mg/kg DON) w ziarnie pszenicy. Istotne znaczenie wiosennych opadów deszczu (kłoszenie – kwitnienie), ale także warunków pogodowych po kwitnieniu, obserwowano w badaniach nad epidemiologią fuzariozy kłosów (Cowgear i in., 2009; Del Ponte i in., 2009).

W roku 2010 w okresie kłoszenia opady były bardzo niskie oraz towarzyszyła im wysoka temperatura powietrza. W okresie kwitnienia wystąpiły opady oraz nastąpił spadek temperatury. Nie wpłynęło to jednakże na wzrost wilgotności powietrza, która była do trzeciej dekady lipca znacznie niższa niż w roku 2009. Na skutek takiego układu warunków atmosferycznych fuzarioza kłosów nie wystąpiła. Zawartość DNA *Fusarium* była kilkadziesiąt razy niższa niż w 2009 oraz odnotowano jedynie śladowe ilości miko toksyn w ziarnie. W roku 2011 warunki pogodowe w okresie kłoszenia i kwitnienia pszenicy były bardziej sprzyjające dla rozwoju fuzariozy kłosów. W porównaniu w rokiem 2009 wilgotność powietrza w czerwcu była niższa mimo dużej częstotliwości opadów. Występujące w lipcu i sierpniu krótkotrwałe bardzo intensywne opady nie wpłynęły znacząco na zawartość mikotoksyn, która była kilkakrotnie niższa niż w roku 2009.

Obserwowana w latach 2009, 2010 dominacja gatunku *F. graminearum* dodatkowo wskazuje na zagrożenie upraw pszenicy ze strony resztek poźniwnych kukurydzy. Są one głównym źródłem inokulum pierwotnego *F. graminearum* (Pereyra i in., 2004; Maiorano i in., 2008; Blandino i in., 2010; Vogelgsang i in., 2011). Gatunek ten jest jednym z dwóch głównych sprawców fuzariozy kolb w naszych warunkach klimatycznych (Bottalico, 1998; Dorn i in., 2009; Czembor i in., 2011; Ochodzki i in., 2011). Wzrost znaczenia *F. graminearum* jako sprawcy fuzariozy kłosów pszenicy kosztem *F. culmorum* jest obserwowany w ostatnich latach (Bottalico, 1998; Bottalico i Perrone, 2002; Stępień i in., 2008; Góral i in., 2011). Może to być efektem zarówno zmian klimatycznych, ale także wzrostu powierzchni uprawy kukurydzy w Polsce.

WNIOSKI

1. Pszenica jara wysiana po kukurydzy była silniej porażana fuzariozą kłosów w porównaniu z pszenicą wysianą po rzepaku.
2. Ziarno pszenicy jarej zebrane ze stanowisk po kukurydzy zawierało więcej mikotoksyn fuzaryjnych niż ziarno zebrane ze stanowisk po rzepaku.
3. Fuzarioza kłosów pszenicy jarej była wywoływana głównie przez gatunek *Fusarium graminearum*, który powoduje również fuzariozę kolb kukurydzy.

4. Nasilenie fuzariozy kłosów oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie w kolejnych latach badań w dużym stopniu zależała od warunków pogodowych (opady, wilgotność względna) w okresie kłoszenia i kwitnienia pszenicy jarej.

LITERATURA

- Anonim 2005. Event-specific method for the quantitation of maize line NK603 using real-time PCR. [<http://gmoinfo.jrc.ec.europa.eu/docs/C-ES-00-01%20CRL%20method.pdf>].
- Anonim 2007. The UK Code of Good Agricultural Practice to Reduce Fusarium Mycotoxins in Cereals [<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fusariumcop.pdf>].
- Anonim 2010. Guidelines to minimise risk of *Fusarium* mycotoxins in cereals. [http://www.hgca.com/document.aspx?fn=load&media_id=6174&publicationId=3848].
- Argyris J., TeKrony D. M., VanSanford D. 2001. Effect of *Fusarium graminearum* infection during wheat seed development on seed quality. In: Proceedings of the 2001 National Fusarium Head Blight Forum. Erlanger, KY, December 8–10, 2001. Michigan State University, East Lansing, MI, USA: 100 — 103.
- Blandino M., Pilati A., Reyneri A., Scudellari D. 2010. Effect of maize crop residue density on *Fusarium* head blight and on deoxynivalenol contamination of common wheat grains. *Cereal Research Communications* 38: 550 — 559.
- Bottalico A. 1998. *Fusarium* diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles, in Europe *Journal of Plant Pathology* 80: 85 — 103.
- Bottalico A., Perrone G. 2002. Toxigenic *Fusarium* species and mycotoxins associated with head blight in small-grain cereals in Europe. *Eur. J. Plant Pathol.* 108: 998 — 1003.
- Champeil A., Doré T., Fourbet J. F. 2004 a. *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 Science* 166: 1389 — 1415.
- Champeil A., Fourbet J. F., Doré T., Rossignol L. 2004 b. Influence of cropping system on *Fusarium* head blight and mycotoxin levels in winter wheat. *Crop Protection* 23: 531 — 537.
- Clark B., Jorgensen L. N., Antichi D., Góral T., Gouache D., Hornok L., Jahn M., Lucas P., Rolland B., Schepers H. 2009. Strategies to control *Fusarium* ear blight and mycotoxin production in wheat. From Science to Field. Wheat Case Study — Guide Number 2. ENDURE [<http://www.edndure-network.eu>].
- Cowger C., Patton-Özkurt, J., Brown-Guedira, G., Perugini, L. 2009. Post-anthesis moisture increased *Fusarium* head blight and deoxynivalenol levels in North Carolina winter wheat. *Phytopathology* 99: 320 — 327.
- Czembor E., Ochodzki P., Warzecha R., Adamczyk J., Wójcik K. 2011. Ear rot severity, mycotoxin content and Fusaria species in maize hybrids grown in Poland. W: Book of Abstract of XXII EUCARPIA Maize and Sorghum Conference – „Resources in Maize and Sorghum Breeding”, 19-22, 06.2011; 97 p.
- Del Ponte E. M., Fernandes J. M. C., Pavan W., Baethgen W. E. 2009. A model-based assessment of the impacts of climate variability on *Fusarium* head blight seasonal risk in southern Brazil. *J. Phytopathol.* 157: 675 — 681.
- Dorn B., Forrer H.R., Schürch S., Vogelgsang S. 2009. *Fusarium* species complex on maize in Switzerland: occurrence, prevalence, impact and mycotoxins in commercial hybrids under natural infection. *Eur. J. Plant Pathol.* 125: 51 — 61.
- Góral T., Ochodzki P., Walentyn-Góral D., Justesen A. F. 2011. *Fusarium* species and *Fusarium* mycotoxins in grain of winter wheat in Poland in 2010. Conference Abstracts, 33rd Mycotoxin Workshop, Freising, Germany, 30th May — 1st June, 2011: 96 p.
- Jones R. K. 2000. Assessment of *Fusarium* head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. *Plant Dis.* 84: 1021 — 1030.
- Maiorano A., Blandino M., Reyneri A., Vanara F. 2008. Effects of maize residues on the *Fusarium* spp. infection and deoxynivalenol (DON) contamination of wheat grain. *Crop Prot.* 27: 182 — 188.

- Nicolaisen M., Suproniene S., Nielsen, L. K., Lazzaro I., Spliid, N. H., Justesen A. F. 2009. Real-time PCR for quantification of eleven individual *Fusarium* species in cereals. *Journal of Microbiological Methods*, 76, 234 — 240.
- Nielsen L. K., Jensen J. D., Nielsen G. C., Jensen J. E., Spliid N. H., Thomsen, I. K., Justesen A. F., Collinge D. B., Jørgensen L. N. 2011. *Fusarium* head blight of cereals in Denmark: species complex and related mycotoxins. *Phytopathology* 101: 960 — 969.
- Ochodzki P., Warzecha R., Żurek M., Góral T. 2011. *Fusarium* ear rot and mycotoxin content in genetically modified maize grown in Poland. XXII EUCARPIA Maize and Sorghum Conference. Resources in Maize and Sorghum Breeding. Opatija, Croatia, June 19-22.2011. Conference Book: 159.
- Pereyra S. A., Dill-Macky R., Sims A. L. 2004. Survival and inoculum production of *Gibberella zeae* in wheat residue. *Plant Dis.* 88: 724 — 730.
- 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. *European Journal of Plant Pathology* 107: 421 — 431.
- Stepień Ł., Popiel D., Koczyk G., Chełkowski J. 2008. Wheat-infecting *Fusarium* species in Poland — their chemotypes and frequencies revealed by PCR assay *J. Appl. Genet.* 49: 433 — 441.
- Vogelgsang S., Hecker A., Musa T., Dorn B., Forrer H. R. 2011. On-farm experiments over 5 years in a grain maize/winter wheat rotation: effect of maize residue treatments on *Fusarium graminearum* infection and deoxynivalenol contamination in wheat. *Mycotox. Res.* 27: 81 — 96.
- Xu X.-M., Monger W., Ritieni A., Nicholson P. 2008. Effect of temperature and duration of wetness during initial infection periods on disease development, fungal biomass and mycotoxin concentrations on wheat inoculated with single, or combinations of *Fusarium* species. *Plant Pathology* 56: 943 — 956.