

FUSARIUM HEAD BLIGHT AND *FUSARIUM* SPP. ON GRAIN OF WINTER WHEAT, A MIXTURE OF CULTIVARS AND SPELT GROWN IN ORGANIC SYSTEM

Summary

In the experiment, located in Osiny near Puławy (51°28'N and 22°04'E) in 2005 and 2006 *Fusarium* head blight (FHB) occurred sporadically, but in 2007, it was observed on 3.0 to 26.5% of ears, depending on the cultivar. The weakest symptoms were noted on "old" cultivars, grown in the 60s of last century (Kujawianka 3.0%, Ostka Kazimierska 4.5%). Cultivars with the most infested ears were Mewa and Roma (22.5 and 26.5%). This group covered also spelt (22.5%). On the plots with a mixture of cultivars 12.0% of ears showed FHB symptoms. *Fusarium poae* was a dominant species isolated from harvested grain, followed by *F. avenaceum* (*Gibberella avenacea*), *F. tricinctum* and only sporadically *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. graminearum*. Grain collected from a mixture of cultivars was less settled by *Fusarium* spp as compared with cultivars grown in pure stand, while one of the highest grain settlement was noted for spelt.

FUZARIOZA KŁOSÓW I GRZYBY RODZAJU *FUSARIUM* ZASIEDLAJĄCE ZIARNO PSZENICY OZIMEJ, MIESZANINY ODMIAN I PSZENICY ORKISZ UPRAWIANYCH W SYSTEMIE EKOLOGICZNYM

Streszczenie

W doświadczeniu zlokalizowanym w Osinach k. Puław (51°28'N i 22°04'E) w latach 2005 i 2006 fuzarioza kłosów występowała sporadycznie, natomiast w 2007, w zależności od odmiany na 3,0 do 26,5% kłosów. Najmniej objawów obserwowano na „starych” odmianach, uprawianych w latach 60. ubiegłego wieku (Kujawianka 3,0%, Ostka Kazimierska 4,5%). Grupę o najbardziej porażonych kłosach stanowiły odmiany Mewa i Roma (22,5 i 26,5%). Do tej grupy należała także pszenica orkisz (22,5%). Na poletkach z mieszaniną odmian stwierdzono 12,0% kłosów z fuzariozą. Z ziarna najliczniej izolowano *Fusarium poae*, następnie *F. avenaceum* (*Gibberella avenacea*), *F. tricinctum*, a jedynie sporadycznie *F. sporotrichioides*, *F. culmorum*, *F. graminearum*. Z ziarna pochodzącego z kombinacji mieszaniny odmian izolowano mniej *Fusarium* spp. aniżeli z odmian w czystym siewie, natomiast pszenica orkisz należała do grupy odmian z najwyższym zasiedleniem.

1. Wprowadzenie

Fuzarioza kłosów (*Fusarium* spp.) jest groźną chorobą zbóż. Powoduje nie tylko obniżenie plonu ale także pogarsza jego jakość. Dotyczy to zarówno materiału siewnego jak i ziarna przeznaczonego na konsumpcję. W zainfekowanych ziarniakach następuje niszczenie ziaren skrobi, białek zapasowych, pogarsza się wartość wypiekowa. Powodujące ją grzyby rodzaju *Fusarium* posiadają właściwości mikotoksynotwórcze. Nasilenie fuzariozy zależy w głównej mierze od warunków pogodowych panujących w okresie kwitnienia pszenicy, kiedy to najczęściej następuje infekcja. Czynnikiem sprzyjającym są wysoka wilgotność powietrza, wiatr i opady deszczu. Choroba ma zasięg światowy, ale nasilenie jest bardzo zróżnicowane w zależności od regionów. Wyższe ryzyko epidemicznego nasilenia występuje w klimacie kontynentalnym, zwłaszcza przy dużym udziale w płodozmianie kukurydzy i siewie bezpośrednim, połączonym ze zminimalizowaną uprawą. Straty w produkcji, obrocie i przetwórstwie ziarna spowodowane w ostatnich 40 latach XX w szacuje się na miliardy dolarów, a problem ma zasięg ogólnoswiatowy [2, 6, 7].

Epidemiczne występowanie fuzariozy kłosów w Polsce miało miejsce w roku 1998 na Żuławach i Warmii, w części centralnej w 1999 r [3, 23], a w 2009 na większości obszaru kraju (obserwacje własne niepublikowane). Zwalczenie fuzariozy kłosów nawet w produkcji konwencjonalnej jest

trudne. Stosowane standardowe dwa zabiegi fungicydowe dla ochrony pszenicy przed chorobami w fazie strzelania w źdźbło i kłoszenia nie zabezpieczają wystarczająco przed *Fusarium* spp. Pewne ograniczenie można uzyskać poprzez zabiegi agrotechniczne, jak właściwy płodozmian, uprawę gleby bez uproszczeń, niszczenie i zaorywanie resztek poźniwnych, niszczenie chwastów żywicieli grzybów rodzaju *Fusarium*, które jednocześnie zwiększają wilgotność powietrza w łanie. Znaczną rolę odgrywa także podatność odmian [20, 21, 23, 34, 35].

Celem pracy było określenie występowania fuzariozy kłosów i zasiedlenia ziarna przez grzyby rodzaju *Fusarium* wybranych odmian pszenicy ozimej, mieszaniny odmian i pszenicy orkisz, uprawianych w systemie ekologicznym.

2. Materiał i metody badań

Doświadczenia prowadzone w latach 2005-2007 zlokalizowane były na polach doświadczalnych w Osinach k/Puław, należących do Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa PIB. Obiektem obserwacji było 9 odmian pszenicy ozimej, mieszaniny odmian (Kobra + Mewa + Roma) i pszenica ozima orkisz (*Triticum spelta*).

W płodozmianie w systemie ekologicznym uprawiano:

1. pszenicę ozimą,
2. ziemniaki,
3. pszenicę jarą,

4. koniczynę z trawami,
5. koniczynę z trawami.

Warunki pogodowe panujące w czasie trwania doświadczenia nie były korzystne dla infekcji pszenicy przez *Fusarium* spp. Jedynie w 2007 roku, stosunkowo wysoka ilość opadów w maju i następnie w okresie kwitnienia pszenicy sprzyjała rozwojowi choroby (tab. 1.)

Występowanie fuzariozy kłosów określano w fazie dojrzłości młeczno-woskowej. Z każdej kombinacji doświadczalnej analizowano 4 x 100 losowo wybranych kłosów i oceniano występowanie objawów chorobowych w skali 6-stopniowej (0-5), w której 0 oznaczało brak objawów chorobowych, 5 – objawy obejmujące powyżej 50% powierzchni kłosa. Na tej podstawie ustalono procent porażonych kłosów, a następnie obliczono indeks porażenia (IP) wg wzoru Townsenda i Heubergera [32]:

$$IP(\%) = \frac{\sum_0^i (n \cdot v)}{i \cdot N} \cdot 100,$$

gdzie:

- n – liczba roślin w danym stopniu porażenia,
 v – stopień porażenia (od 0 do i),
 i – najwyższy stopień skali porażenia,
 N – całkowita liczba badanych roślin.

Dane określające liczbę porażonych kłosów (wyrażone w procentach) przekształcono na stopnie kątowe Blissa. Uzyskane wyniki poddano obliczeniom statystycznym stosując analizę wariancji i dla porównania średnich – test Tukey'a.

W celu oznaczenia gatunków grzybów z rodzaju *Fusarium* zasiedlających ziarniaki pszenicy, w laboratorium Katedry wykonano analizę mikologiczną. Po zbiorach z każdej kombinacji doświadczalnej pobrano losowo 4 x 100 ziarniaków. Po wstępnym opłukaniu pod bieżącą wodą wodociągową odkażano je w 1% NaOCl przez 2,5 minuty i płukano trzykrotnie w sterylnej wodzie destylowanej. Następnie wykładano po 6 na szalki Petriego z zestaloną pożywką PDA zakwaszoną kwasem cytrynowym do pH 5,5. Szalki umieszczono w stałej temperaturze 20°C. Pojawiające się kolonie grzybów przeszczepiano na skosy z pożywką PDA. Po wyrośnięciu grzybni i jej zarodnikowaniu, oznaczano do gatunku wg kluczy mikologicznych. Poprawność oznaczenia gatunków *Fusarium* wg kluczy mikologicznych potwierdzano metodą PCR.

3. Wyniki badań i dyskusja

Objawy fuzariozy kłosów w latach 2005 i 2006 obserwowano sporadycznie. W znacznym nasileniu choroba wystąpiła natomiast w 2007 roku, kiedy objawy, w zależności od odmiany, występowały na 3,0 do 26,5% kłosów (tab. 2).

Tab.1. Warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań, Osiny 2005-2007

Table 1. Weather conditions during experiment, Osiny 2005-2007

Miesiąc Month	Dekada Decade	Temperatura [°C] Temperature [°C]			Opad [mm] Rainfall [mm]			Liczba dni z opadami Days with rainfalls		
		2005	2006	2007	2005	2006	2007	2005	2006	2007
V	I	11,2	13,6	10,5	46,5	4,4	13,6	7	2	4
	II	11,2	14,5	15,5	20,4	28,9	29,4	5	7	4
	III	18,8	13,6	21,0	0,0	24,7	36,8	0	6	6
VI	I	13,7	12,3	18,9	18,7	18,7	42,8	6	7	4
	II	17,3	18,5	20,8	12,9	0,0	6,4	4	0	2
	III	18,2	22,2	17,7	0,1	0,5	13,6	1	1	5
VII	I	19,9	22,3	17,1	0,0	0,0	27,9	0	0	6
	II	20,6	21,5	21,2	40,7	16,7	17,6	4	2	3
	III	20,1	23,6	19,6	65,8	4,0	3,5	8	1	2
VIII	I	16,9	18,8	19,2	51,2	122,1	11,9	5	10	4
	II	16,9	18,6	19,9	0,4	69,2	14,7	1	7	6
	III	17,9	15,9	18,6	4,3	48,4	0,0	2	5	0

Tab. 2. Występowanie fuzariozy kłosów w systemie ekologicznym, Osiny 2005-2007

Table 2. Occurrence of fusariosis ears in ecological system, Osiny 2005-2007s

Odmiana - Cultivar	% porażonych kłosów - % of infected ears		
	2005	2006	2007
Kobra	1,0	Brak objawów lub objawy śladowe – lack or trace symptoms	16,5 b
Roma	0,5		26,5 a
Sukces	0,5		23,5 a
Zyta	0,8		17,0 b
Korweta	0,8		16,5 b
Kujawianka	0,0		3,0 d
Mewa	0,5		22,5 a
Ostka Kazimierska	0,0		4,5 d
Wysokolitewka	0,0		10,0 c
Kobra+Mewa+Roma	1,0		12,0 c
Orkisz -Spelt	0,0		22,5 a

Tab. 3. Grzyby rodzaju *Fusarium* wyizolowane z ziarniaków, Osiny 2005-2007 (% zasiedlonych ziarniaków)
 Table 3. Fungi of genera *Fusarium* isolated from kernels (in %), Osiny 2005-2007

Odmiana Cultivar	<i>Fusarium avenaceum</i>	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Fusarium gramine- arum</i>	<i>Fusarium poae</i>	<i>Fusarium sporotri- chioides</i>	<i>Fusarium tricinctum</i>	RAZEM- TOTAL
2005							
Kobra	1,5	-	-	5,5	-	-	7,0
Roma	-	-	-	1,0	-	1,2	2,2
Sukces	-	-	-	2,2	-	-	2,2
Zyta	2,8	1,0	-	2,0	-	-	5,8
Korweta	1,0	-	-	2,2	-	1,8	5,0
Kujawianka	1,2	-	-	1,5	-	1,5	4,2
Mewa	-	-	-	4,0	-	-	4,0
Ostka Kazimierska	-	-	-	3,8	-	1,5	5,3
Wysokolitewka	-	-	-	3,0	-	-	3,0
Kobra+Mewa+Roma	1,0	-	-	1,0	1,2	-	3,2
Orkisz - Spelt	3,8	1,0	-	5,0	-	4,8	14,6
2006							
Kobra	-	-	-	-	-	-	0,0
Roma	-	-	-	3,2	-	-	3,2
Sukces	1,2	-	-	0,8	-	-	2,0
Zyta	-	-	-	4,0	-	-	4,0
Korweta	-	-	-	3,8	-	-	3,8
Kujawianka	-	-	-	5,2	-	1,0	6,2
Mewa	-	-	-	9,0	-	-	9,0
Ostka Kazimierska	-	-	-	-	-	-	0,0
Wysokolitewka	-	-	-	2,2	-	-	2,2
Kobra+Mewa+Roma	-	1,2	-	5,8	-	-	7,0
Orkisz - Spelt	-	-	-	11,8	-	-	11,8
2007							
Kobra	1,3	-	-	10,0	1,0	2,3	14,5
Roma	1,0	-	1,0	6,5	-	3,0	11,5
Sukces	2,5	-	1,0	3,8	-	2,0	9,3
Zyta	1,0	-	-	14,0	1,5	4,3	20,8
Korweta	1,0	1,3	-	2,0	2,3	2,0	8,5
Kujawianka	2,0	-	-	10,5	1,0	5,8	19,3
Mewa	8,8	-	-	5,0	3,0	0,8	17,5
Ostka Kazimierska	1,0	-	-	10,5	-	4,8	16,3
Wysokolitewka	2,5	-	-	10,0	2,0	2,3	16,8
Kobra+Mewa+Roma	2,0	-	-	3,5	1,0	-	6,5
Orkisz -Spelt	7,8	4,0	-	3,3	-	5,5	20,5

Stwierdzono statystycznie istotne zróżnicowanie występowania fuzariozy na badanych odmianach. Najmniej kłosów z objawami choroby obserwowano na odmianach określanych jako „stare”, uprawianych w latach 60. ubiegłego wieku i nie będących już w doborze – Kujawianka (3,0%) i Ostka Kazimierska (4,5%). Kolejną grupę stanowiły odmiana Wysokolitewka (10,0%) i mieszanina odmian Kobra + Mewa + Roma (12,0%). Do grupy o najwyższym porażeniu należały odmiany Sukces (23,5%), Mewa (22,5%) i Roma (26,5%). Do tej grupy należała też pszenica orkisz (22,5%).

Zróżnicowanemu w badanych latach występowaniu fuzariozy odpowiadało zróżnicowane zasiedlenie ziarna przez grzyby rodzaju *Fusarium* (tab. 3). W roku 2005 przy niewielkich objawach fuzariozy na kłosach, zasiedlenie ziarniaków także było niewielkie, od 2,2% (odmiany Roma i Sukces) do 7,0% (odmiana Kobra). W kolejnym roku, przy jeszcze mniejszych objawach choroby na kłosach, zasiedlenie ziarniaków było na zbliżonym poziomie do roku 2005.

Więcej ziarniaków z *Fusarium* spp. stwierdzono na odmianie Mewa (9,0%) i w mieszaninie odmian (7,0%), z ziarna odmian Ostka Kazimierska i Kobra nie uzyskano żadnego izolatu *Fusarium* spp. Więcej grzybów rodzaju *Fusarium* na ziarniakach występowało w trzecim roku badań, kiedy to objawy fuzariozy kłosów były najsilniejsze. Do grupy odmian o wyższym procencie zasiedlonych ziarniaków należały: Zyta (20,8%), Kujawianka (19,3%), Mewa (17,5%). Odmiany „stare”, wykazujące mniejsze objawy chorobowe na kłosach, charakteryzowały się stosunkowo wysokim zasiedleniem ziarna przez *Fusarium* spp. (Kujawianka 19,3%, Wysokolitewka 16,8%, Ostka Kazimierska 16,3%).

Podkreślić należy, że pszenica orkisz, wykazywała zarówno więcej kłosów z objawami chorobowymi jak i zasiedlonych ziaren przez *Fusarium* spp. aniżeli większość badanych odmian. Na poletkach z mieszaniną odmian (Kobra + Mewa + Roma) kłosów z objawami fuzariozy było mniej aniżeli u wielu innych odmian. Jednak wyniki analizy mikologicznej były zróżnicowane w latach. W roku 2006,

przy śladowych objawach fuzariozy kłosów, stwierdzono 7,0% ziarniaków z *Fusarium* spp., podczas gdy przy dość silnym występowaniu choroby w 2007r, tylko 6,5%. Występowanie zróżnicowanego porażenia wśród odmian można wykorzystać przy ustalaniu ich doboru do uprawy w gospodarstwach ekologicznych, gdzie, jak dotychczas, nie ma innej możliwości ograniczania nasilenia tej choroby. Wprawdzie, jak podaje Kiecana [8], nasilenie fuzariozy bardziej zależy od roku aniżeli od odmiany, to jednak przy uprawie mniej podatnych odmian istnieje możliwość zebrania zdrowszego ziarna. Zróżnicowanie w występowaniu fuzariozy kłosów w systemie ekologicznym wykazała także Jaczewska-Kalicka [5], podając jednocześnie, że w tym systemie uprawa niektórych odmian może być ryzykowna. W roku 2001r na kłosach odmian Korweta, Sakwa, Zyta, Peggassos stwierdziła statystycznie istotnie więcej objawów fuzariozy aniżeli na odmianach Soraja, Kobra, Mikon, Bega. W roku 2002r odmiany Sakwa i Zyta należały do grupy odmian mniej, natomiast odmiana Kobra, do bardziej porażonych. W kolejnym roku najwięcej kłosów z fuzariozą było na odmianie Kobra. Zaznaczyć jednak należy, że występowanie choroby we wszystkich trzech latach było niewielkie (max.2,1%). Również z innych prac wynika, że różnice w nasileniu choroby na danej odmianie w dużej mierze zależą od warunków pogodowych. Analizy występowania grzybów rodzaju *Fusarium* na ziarniakach również często wykazują większe zróżnicowanie w zależności od roku badań aniżeli od odmiany [21, 27, 34].

Analizując występujące gatunki *Fusarium* wykazano, że we wszystkich latach najczęściej izolowano *F. poae*. Patogen ten w latach 90. ubiegłego wieku uznany został za jedną z głównych przyczyn fuzariozy kłosów pszenicy na Węgrzech [29]. W badaniach własnych w roku 2000, zasiedlenie ziarna w doświadczeniu zlokalizowanym w Lisewie (Żuławy Wiślane) dochodziło do 32% [23]. *Fusarium poae* może też być przyczyną fuzariozy kłosów innych gatunków zbóż. W badaniach Solarskiej i in. [26] w rejonie Lublina, gatunek ten zasiedlał 46% ziarna jęczmienia z systemu ekologicznego i 45% z systemu konwencjonalnego. W badaniach Kurowskiego i Wysockiej [9] gatunek ten był najliczniejszy z grzybów tego rodzaju na ziarnie pszenicy orkisz. Jak podają Kiecana i in. [8], *F. poae* zmniejszał plon ziarna owsa i we wszystkich próbach stwierdzono występowanie NIV (0,06 do 2,18mg·kg⁻¹), ponadto obecność DON, a także trichoteceny z grupy A.

W 1998 r na Żuławach objawy fuzariozy dochodziły do 20% kłosów [3]. Z kłosów z objawami chorobowymi najczęściej izolowano *F. graminearum*, *F. avenaceum* (*Gibberella avenacea*) i *F. culmorum*, natomiast nie izolowano *F. poae*. Gatunek ten nie daje widocznych objawów chorobowych. Schipilowa i Gagkaeva [24] wykazały brak objawów nawet przy sztucznej inokulacji kłosów zarodnikami *F. poae*.

Zasiedlenie ziarna pszenicy ozimej odmiany Roma przez *Fusarium* spp. uprawianej w systemie ekologicznym w Osinach w latach 1999-2002 było wyraźnie niższe od zasiedlenia ziarna z uprawy w systemie integrowanym, a najczęściej izolowanymi gatunkami, w zależności od roku były *F. poae*, *F. avenaceum*, *F. graminearum* i *F. tricinctum* [13].

Zasiedlenie ziarna pszenicy jarej uprawianej w systemie ekologicznym było średnio dla 4 odmian na poziomie systemu integrowanego. Wykazano także zróżnicowane zasiedlenie ziarna w badanych odmianach [12]. Kurowski i Wysocka [9] wykazali, że na ziarnie pszenicy orkisz z systemu ekologicznego było mniej *Fusarium* spp. aniżeli na ziarnie

z systemu konwencjonalnego. W doświadczeniach inokulacyjnych Suchowolskiej i in. [28], zasiedlenie ziarna orkiszu przez *F. culmorum* było wyższe aniżeli odmian pszenicy ozimej.

Na powszechne występowanie w kraju grzybów rodzaju *Fusarium* na ziarnie zbóż zwraca uwagę wielu autorów [10, 18, 19, 23, 32].

W badaniach własnych Katedry Fitopatologii i Mikologii Molekularnej objawy fuzariozy na kłosach pszenicy w systemie ekologicznym nie były wyższe aniżeli w systemie konwencjonalnym [11, 14, 22]. Również w badaniach Martyniuka i in. [17] na kłosach pszenicy ozimej w systemie ekologicznym w fazie dojrzałości pełnej, grzybów rodzaju *Fusarium* było mniej, aniżeli w systemie konwencjonalnym. Potwierdzają to doniesienia o niższej zawartości mikotoksyn w ziarnie pochodzącym z systemu ekologicznego w porównaniu do systemu konwencjonalnego [15, 25, 31]. Według innych autorów, w systemie ekologicznym może być silniejsze zasiedlenie ziarna przez *Fusarium* spp. i większe stężenie toksyn fuzaryjnych aniżeli w systemie konwencjonalnym [4, 16, 30]. Występowanie *Fusarium* spp. na ziarnie w systemie ekologicznym ma także ogromne znaczenie przy materiale siewnym, ponieważ grzyby te są groźne także dla siewek, powodując ich zgorzele, a u starszych roślin, wywołując zgorzel podstawy źdźbła [36]. W gospodarstwach ekologicznych zwykle pochodzi on z własnej produkcji. W badaniach Baturo i in. [1] zasiedlenie ziarna jęczmienia jarego z gospodarstwa ekologicznego przez *Fusarium* spp. było niższe aniżeli w systemie integrowanym i konwencjonalnym ale inny, patogenny dla jęczmienia gatunek *Bipolaris sorokiniana*, występował na 65,3% ziarniaków, podczas gdy w pozostałych odpowiednio 7,8i 16,8%.

4. Podsumowanie

Występowanie fuzariozy kłosów było wyraźnie zróżnicowane i zależało przede wszystkim od warunków pogodowych w okresie kwitnienia pszenicy. W roku sprzyjającym infekcji *Fusarium* spp. objawy chorobowe na kłosach dochodziły do 26,5%. Zróżnicowanie zasiedlenia ziarniaków przez *Fusarium* spp. wskazuje na możliwość określenia odmian zalecanych do uprawy w gospodarstwach ekologicznych. Z ziarna pochodzącego z mieszaniny odmian izolowano mniej *Fusarium* spp. w porównaniu do ziarna z tych odmian uprawianych w czystym siewie. Na pszenicy orkisz obserwowano więcej objawów fuzariozy kłosów, a z ziarniaków izolowano liczniej grzyby rodzaju *Fusarium* aniżeli w badanych odmianach pszenicy. Dominującym gatunkiem na ziarnie było *F. poae*.

5. Literatura

- [1] Baturo A., Łukanowski A., Kuś J.: 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: 128-132.
- [2] Champeil A., Doré T., Fourbet J.F.: *Fusarium* head blight: epidemiological origin of the effect of cultural practices on head blight attacks and production of mycotoxins by *Fusarium* in wheat grains. Plant. Sci., 2004, 166: 1389-1415.
- [3] Chetkowski J., Stepień Ł., Tomczak M., Wisniewska H.: Identification of toxigenic *Fusarium* species in wheat ears using PCR assay and their mycotoxins in kernels. Phytopathol. Pol., 2002, 25: 47-57.

- [4] Eltun R.: The apelsvoll Cropping System Experiment, III. Field and Grain Quality of Cereals. Norwegian J. Agric. Sci., 1996, 10: 7-21.
- [5] Jaczewska-Kalicka A.: Stan fitosanitarny pszenicy ozimej uprawianej w systemie konwencjonalnym i ekologicznym, Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Rolnictwo, LXXXXVII, 2006, nr 540, 187-193.
- [6] Jones RK., Mirocha C.J.: Quality of parameters in small grain from Minnesota affected by *Fusarium* head blight. Pkltant Dis., 1999, 83: 506-511.
- [7] Jurado M., Vázquez C., Callejas C., Gonzáles-Jaéén M.T.: Occurrence and variability of mycotoxigenic *Fusarium* species associated to wheat and maize in the South West of Spain. J. Mycotox. Res., 2006, 22, 2 : 134-142.
- [8] Kiecana I., Mielniczuk E., Perkowski J., Goliński P.: Porażenie wiech przez *Fusarium poae* (Peck) Wollenw. oraz zawartość mikotoksyn w ziarnie owsa, Acta Agrobotanica, 2005, Vol. 59 : 91-102.
- [9] Kurowski T., Wysocka U.: Fungi colonizing grain of Winter pelt grown dunder two production systems. Pytopathologia, 2009, 54: 45-52.
- [10] Lenc I., Wyczling D., Sadowski Cz.: Zasiadlenie ziarna pszenicy ozimej przez grzyby rodzaju *Fusarium* w zależności od przedplonu, uprawianej odmiany i stosowanych fungicydów. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 2009, Nr 41: 563-571.
- [11] Łukanowski A., Baturo A., Sadowski Cz., Kuś J.: Results of studies on plant health in organic cultivation on the background of the other farming systems. Proc. of the European Joint Organic Congress "Organic Farming and European Rural Development", 2006, 30-31 May, Odense, Danmark : 332-333.
- [12] Łukanowski A., Sadowski Cz. 2008. Settlement of spring wheat kernels by *Fusarium* spp. in organic system as compared with other cropping systems. Cereal Research Communications Vol.36, Suppl. B: 581-583,
- [13] Łukanowski A., Sadowski Cz.: Wykorzystanie metody PCR do badania jakości ziarna pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym, integrowanym, konwencjonalnym oraz monokulturze w aspekcie fitopatologicznym. Acta Agrobotanica, 2005, vol. 59 (2): 55-69.
- [14] Łukanowski A., Żary E., Sadowski Cz.: Head healthiness of winter wheat cultivated under organic, integrated, conventional conditions and monoculture with a special respect to mycotoxinogenic pathogens from genus *Fusarium*. Monografia „Obieg pierwiastków w przyrodzie”, tom II, 2003 : 687-690.
- [15] Mäder P., Hahn D., Dubois D., Gunst L., Alföldi T., Bergmann H., Oehme M., Amadó R., Schneider H., Graf U., Velimirov A., Fließbach A., Niggli U.: Wheat Quality in organic and conventional farming: results of a 21 year field experiment, J Sci Food Agric, 2007, 87: 1826-1835.
- [16] Marckmann P.: Organic foods and allergies, cancers and other common diseases – prezent knowledge and future research. In: Alföldi T., Lockeretz W., Niggli U. (eds.): Proc. 13 th IFOAM International Conference Basel. FiBL, Frick, Switzerland, 2000.
- [17] Martyniuk S., Oroń J., Mączka M.: Charakterystyka mikroorganizmów występujących na kłosach pszenicy ozimej uprawianej w systemie konwencjonalnym i ekologicznym. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2009, Vol. 49 (3): 1309-1313.
- [18] Płaskowska E., Chrzanowska-Drożdż B.: The health status of winter durum wheat grain in relation to fungicide treatment. Phytopathologia, 2009, 54: 23-32.
- [19] Sadowski Cz., Lenc L., Baturo A., Łukanowski A.: Z badań nad zdrowotnością roślin uprawianych w systemie ekologicznym. Monografia „Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych”. Instytut Ochrony Roślin, Poznań, 2008 (ISBN 978-83-89867-31-5): 89-105.
- [20] Sadowski Cz., Lenc L., Lemańczyk G., Pańka D.: Występowanie fuzariozy kłosów pszenicy ozimej (*Fusarium culmorum* – chemotyp DON) w zależności od programu ochrony. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2009, Vol. 49 (3): 1344-1348.
- [21] Sadowski Cz., Lenc L., Wyczling D.: Grzyby rodzaju *Fusarium* występujące w ziarnie wybranych odmian pszenicy uprawianej w rejonie Żuław. Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie roślin, 2007, 47 (2): 306-309.
- [22] Sadowski Cz., Łukanowski A.: Z badań nad zdrowotnością pszenicy ozimej uprawianej w systemie ekologicznym, integrowanym, konwencjonalnym i monokulturze w latach 1999-2004. Progres in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin, 2005, Vol. 45 (1), 423-428.
- [23] Sadowski Cz., Wyczling D., Łukanowski A., Baturo A., Lenc L.: Occurrence of *Fusarium* on grain and ears of winter wheat and some mycotoxins depending on the cultivar and fungicides applied. J. Appl. Genet., 2002, 43A: 69-78.
- [24] Schipilowa N.P., Gagkaeva T., Yu.: The forms of manifestation of *Fusarium* head blight on the seeds and heds of cereal crops. Cer. Res. Comm., 1997, 25, 2-3: 815+816.
- [25] Schollenberger M., Jara H.T., Suchy S., Drochner W., Müller H.W.: *Fusarium* toxins in wheat flour collected in an area in southwest Germany. International Journal of Food Microbiology, 2002, Vol. 72, 1-2: 85-89.
- [26] Solarska E., Mazurkiewicz J., Fajbuś A., Muszyńska M.: Wpływ przedplonu na występowanie trichotecenów fuzaryjnych w jęczmieniu jarym uprawianym w ekologicznym systemie produkcji. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2008, Vol. 53/4: 74-77.
- [27] Stepień Ł., Błaszczak L., Wiśniewska H., Chełkowski J.: Spring wheat resistance against poldery mildew, leaf rust and *Fusarium* head blight and identification of resistance genes STS and SSR markers. In: Microscopic Fungi – Host Resistance Genes, Genetics and Molecular Research, Eds. J. Chełkowski, Ł. Stepień. Instytut of plant Genetics PAN, Poznań, 2004, 77-86.
- [28] Suchowolska E., Wiwart M., Borusiewicz A.: The reaction of selected *Triticum aestivum*, *Triticum spelta* and *Triticum dicoccum* genotypes to spike infection by *Fusarium culmorum*. In: proceeding of conference "Organic farming 2007". Prague 6-7. 2007, Eds. I. Petr. V. Švachula FAFNR, CULS, Praha: 172-174.
- [29] Tóth A.: Dominance condition of *Fusarium* species occurring in winter kernels in Pest county. Cer. Res. Comm., 1997, 25, 3/2: 625-627.
- [30] Trewas A.: Urban myths of organic farming. Nature, 2001, 410: 409-410.
- [31] Váňová M., Klem K., Miša P., Matušinsky P., Hajšlova J., Lancová K.: The content of *Fusarium* mycotoxins, grain and quality of winter wheat cultivars under organic and conventional cropping systems. Plant Soil Environ., 2008, 54: 395-402
- [32] Wakuliński W., Chełkowski J.: *Fusarium* species transmitted with seed of wheat, rye, barley, oats and triticale. Hod. Rośl. Klim. I Nasien., 1993, 37: 131-136.
- [33] Wenzel H.: Zur Erfassung des Schadenausmasses in Pflanzenschutzversuchen. Pflanzenschutz – Ber, 1948, :15: 81-84.
- [34] Wiśniewska H., Kowalczyk K.: Resistance of cultivars and breeding lines of spring wheat to *Fusarium culmorum* and powdery mildew. J. Appl. Gen., 2005, 46 (1): 35-40.
- [35] Wiśniewska H., Perkowski J., Karczmarek Z.: Scab response and deoxynivalenol accumulation in spring wheat kernels of different geographical origins following inoculation with *Fusarium culmorum*. J. Phytopathology, 2004, 152: 613-621.
- [36] Wyczling D., Pańka D., Lenc L., Sadowski Cz.: Wpływ ochrony fungicydowej na zdrowotność i plon pszenicy ozimej. Acta Agrobotanica, 2005, Vol. 59, z. 2 : 287-306.