

Reakcja diploidalnych, tetraploidalnych i heksaploidalnych pszenic na inokulację *Fusarium culmorum* (W.G.Smith) Sacc.

Danuta Packa, Dariusz Zahuski, Łukasz Graban, Waldemar Lajsner, Michał Hościk

Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
pl. Łódzki 3/403, 10-724 Olsztyn, Polska

Abstrakt. Badano reakcję na inokulację *Fusarium culmorum* (W.G.Smith) Sacc. trzech oplewionych gatunków rodzaju *Triticum*: *T. monococcum* $2n=14$, *T. dicoccum* $2n=28$, *T. spelta* $2n=42$, na tle pszenicy zwyczajnej *T. aestivum* $2n=42$ reprezentowanej przez trzy jare odmiany: Parabola (grupa A) oraz Frontana i Sumai-3 (wzorce odporności na fuzariozę kłosa, FHB-*Fusarium head blight*). Podstawę badań stanowiły: doświadczenie polowe i doświadczenie szklarniowe. W doświadczeniu polowym, zlokalizowanym w Bałcynach koło Ostródy ($53^{\circ}36'N$, $19^{\circ}51'E$), zastosowano inokulację łanową kwitnących kłosów pszenicy (65 BBCH) wodną zawiesiną zarodników *F. culmorum* – chemotyp DON. Kontrolę stanowiły rośliny nie inokulowane. Po zbiorze dokonano pomiarów biometrycznych 30 kłosów z poletka obejmujących: długość kłosa, zbitość kłosa, masę całego kłosa, liczbę ziaren w kłosie, masę ziaren w kłosie, udział masy ziarna w masie kłosa i masę tysiąca ziarniaków, oraz przeprowadzono analizę jakościową ziarna obejmującą zawartość: białka, tłuszczu, włókna i popiołu w suchej masie ziarniaka. Inokulacja kłosów spowodowała spadek wartości elementów struktury plonu u wszystkich badanych gatunków, spośród pszenic oplewionych najmniejszy spadek odnotowano u *T. spelta*. Zawartość składników jakościowych w ziarnie pszenic po inokulacji wykazywała zarówno spadek, jak i wzrost w zależności od roku badań, ale w większości przypadków różnice pomiędzy kontrolą a inokulacją były statystycznie nieistotne.

W doświadczeniu szklarniowym oceniono wpływ inokulacji *F. culmorum* na liczbę i masę siewek badanych form pszenicy, po wysiewie kłosów i odplewionych ziarniaków. Kłoski/ziarniaki wykładano na powierzchnię 7-dniowej grzybni *F. culmorum* i na powierzchnię czystej pożywki PDA. U wszystkich badanych form pszenicy po inokulacji obserwowano spadek liczby i masy siewek w stosunku do kontroli, a różnice były statystycznie istotne. Spośród form oplewionych najsilniej na inokulację zareagowała *T. monococcum*, najsłabszą reakcję odnotowano u *T. spelta* po wysiewie kłosów. W obydwu doświadczeniach istotność róż-

nic między średnimi oceniono na podstawie testu *t*-Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (*) i $\alpha = 0,01$ (**).

słowa kluczowe: *Triticum* spp., faza siewki, faza dojrzałości, elementy struktury plonu, jakość plonu

WSTĘP

Grzyby rodzaju *Fusarium* należą do patogenów zbóż drobnodziarnistych oraz kukurydzy na całym świecie. Porażenie zbóż przez fuzaria powoduje znaczne straty w plonach, szacowane na 10–40%, a także obniżenie ich wartości pokarmowej i pastewnej (Parry i in., 1995). W Europie do najważniejszych i najczęściej występujących gatunków patogenicznych i toksynotwórczych zalicza się obecnie: *F. graminearum* Schwabe, *F. culmorum* (W.G.Smith) Sacc., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. oraz *F. poae* (Peck) Wollenw. (Stępień, Chelkowski, 2010). Gatunki te wykazują zdolność produkowania silnie toksycznych dla człowieka i zwierząt mikotoksyn o zróżnicowanej budowie chemicznej, takich jak: trichoteceny, zearalenon i pochodne, enniatyny, fumonizyny i szereg innych (www.cropnet.pl/dbases/mycotoxins.pdf, Foroud i Eudes 2009). Głównym źródłem mikotoksyn fuzaryjnych dla człowieka są zboża, a zwłaszcza pszenica i kukurydza. Zanieczyszczenie mikotoksynami ziarna zbóż oraz produktów z nich wytworzonych jest jednym z ważnych problemów rolnictwa. O randze problemu może świadczyć fakt, że UE wprowadziła ujednoczone normy zawartości mikotoksyn fuzaryjnych najczęściej występujących w zbożach i produktach pochodzenia zbożowego (Rozporządzenie 1881/2006, Rozporządzenie 1126/2007). W ostatnich latach staje się zauważalne wykorzystanie na cele żywieniowe ziarna dawnych, oplewionych pszenic. Zainteresowanie dawnymi pszenicami związane jest głównie z dążeniem do zwiększenia bioróżnorodności pokarmu roślinnego. Ponadto dawne pszenice są cennym materiałem hodowlanym z powodu dobrej jakości ziarna i odporności na niesprzyjające czynniki środowiska

Autor do kontaktu:

Danuta Packa
e-mail: packa@uwm.edu.pl
tel. +48 89 5245329

Praca wpłynęła do redakcji 19 września 2012 r.

(Moudry i in., 2011). Oplewione gatunki pszenicy *T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. spelta* są uprawiane w Europie na niewielką skalę, głównie w gospodarstwach ekologicznych. Spośród nich największy areal, ponad 60 tys. ha, zajmują ozime odmiany orkiszu (Tyburski, Babalski, 2006). W 2012 r. do Krajowego Rejestru została wpisana pierwsza odmiana orkiszu ozimego Rokosz (Hodowla Roślin Strzelce), natomiast trzy odmiany jare z UWM chronione są wyłącznym prawem: Wirtas (2010–2035) pierwsza odmiana orkiszu jarego oraz Bondka i Lamela (2012–2037) – dwie jare odmiany płaskurki (www.coboru.pl). Poznanie reakcji pszenic oplewionych na infekcję grzybami rodzaju *Fusarium* jest istotne z dwóch powodów: wykorzystania tych form w hodowli odpornościowej w celu poprawy odporności pszenicy zwyczajnej oraz uzyskania odmian przydatnych do uprawy w gospodarstwach ekologicznych. Wpływ grzybów rodzaju *Fusarium* na oplewione formy pszenicy nie jest do końca rozpoznany, dlatego celem podjętych badań było określenie reakcji oplewionych gatunków *T. monococcum*, *T. dicoccum* i *T. spelta*, na tle pszenicy zwyczajnej *T. aestivum*, na inokulację *F. culmorum* (W.G.Smith) Sacc. w fazie kielkowania i kwitnienia.

MATERIAŁ I METODY

Materiał roślinny stanowiły trzy gatunki jarych pszenic oplewionych: *T. monococcum* L. $2n=2x=14$ (pszenica jednoziarnowa, samopsza, mochnatka, płoskurnica, einkorn), *T. dicoccum* (Schrank) Schuebl. $2n=4x=28$ (pszenica dwu-

ziarnowa, płaskurka, emmer), *T. spelta* L. $2n=6x=42$ (orkisz, szpelc, dinkel) oraz pszenica zwyczajna *T. aestivum* L. $2n=6x=42$ reprezentowana przez trzy jare odmiany: Parabola (grupa A, fuzarioza kłosów FHB-7,5°) w krajowym rejestrze od 2006 r., i dwa wzorce odporności na fuzariozę kłosa Frontana i Sumai-3 (tab. 1). Podstawę badań stanowiły dwa doświadczenia: 3-letnie doświadczenie polowe i doświadczenie szklarniowe. Doświadczenie polowe zostało przeprowadzone w latach 2006–2008 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego (UWM) w Bałcynach koło Ostródy (53°36'N, 19°51'E). Powierzchnia poletek wynosiła 6 m², nawożenie NPK w ilości 40/25/80 kg·ha⁻¹, nie stosowano ochrony chemicznej z wyjątkiem ochrony herbicydowej. W doświadczeniu polowym zastosowano inokulację łąnową kwitnących kłosów pszenicy (65 BBCH) wodną zawiesiną zarodników *F. culmorum* – chemotyp DON. Do inokulacji wykorzystano opryskiwacz ręczny (fot. 1), stosując jednorazowo na poletko 600 ml zawiesiny o stężeniu 500 tys. zarodników w ml. Inokulację przeprowadzono 2-krotnie, w ciągu dwóch kolejnych dni, w godzinach wieczornych, w okresie obejmującym ostatnią dekadę czerwca i pierwszą dekadę lipca. Izolat *F. culmorum* wykorzystany do inokulacji pochodził z naturalnie porażonego ziarna jarej pszenicy zwyczajnej uprawianej w Polsce północno-wschodniej. Kontrolę stanowiły rośliny nie inokulowane. Po zbiorze dokonano pomiarów biometrycznych 30 kłosów z poletka obejmujących: długość kłosa, zbitość kłosa, masę całego kłosa (MK), liczbę ziaren w kłosie (LZK), masę ziaren w kłosie

Tabela 1. Akcesje *T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. spelta* i *T. aestivum*
Table 1. Accessions of *T. monococcum*, *T. dicoccum*, *T. spelta* and *T. aestivum*.

Gatunek pszenicy; <i>Triticum</i> species	Źródło; Source
<i>T. monococcum</i> L. $2n=2x=14$ (11 akcesji; 11 accessions)	
PL020790, PL024068, PL020751	KCRZG; NCPGR
PI290511, PI326317, PI330551, PI352479, PI418587, PI584654, PI428171	NGRL
Terzino (odmiana niemiecka, ziarno z uprawy ekologicznej; Germany cultivar, grain from organic farming)	CBR Darzau
<i>T. dicoccum</i> (Schrank)Schuebl. $2n=4x=28$ (11 akcesji; 11 accessions)	
PL020761, PL021799, PL021984, PL022482, PL022863	KCRZG; NCPGR
PI191390, PI94621	NGRL
TRI18117, TRI18219, TRI2020, TRI2246	IPK
<i>T. spelta</i> L. $2n=6x=42$ (4 akcesje; 4 accessions)	
PL021981	KCRZG; NCPGR
TRI17506, TRI3419, TRI982	IPK
<i>T. aestivum</i> L. $2n=6x=42$ (3 odmiany; 3 cultivars)	
Parabola (odmiana wpisana do KR; cultivar admitted to the NLI)	SHR; CPB
Frontana, Sumai-3 (wzorce odporności na FHB; sources of FHB resistance)	IHAR; PBAI

KCRZG – Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych, IHAR Radzików; NCPGR – National Centre for Plant Genetic Resources, PBAI Radzików

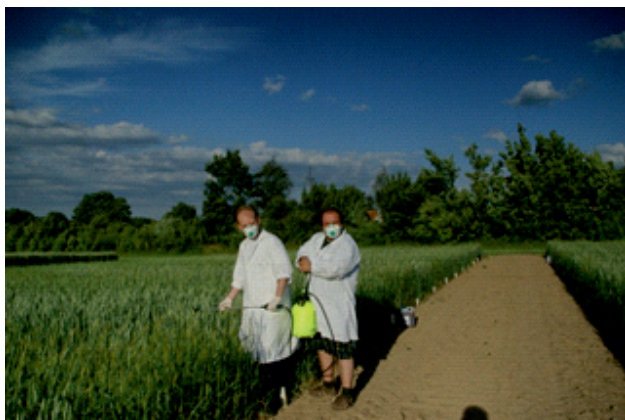
NGRL – National Germplasm Resources Laboratory in Beltsville, Maryland USA

CBR – Cereal Breeding Research Darzau, Germany

IPK – The Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research in Gatersleben, Germany

SHR – Stacja Hodowli Roślin; CBR – Cereal Breeding Research

IHAR – Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin; PBAI – Plant Breeding and Acclimatization Institute



Fot. 1. Inokulacja kwitnących kłosów pszenicy przy użyciu opryskiwacza ręcznego, Stacja Doświadczalna UWM Bałczyny, czerwiec/lipiec 2008 r.

Photo 1. Inoculation of flowering wheat spikes by the hand sprayer, Experimental Station UWM Bałczyny, June/July 2008.

(MZK), udział masy ziarna w masie kłosa (MZK/MK) [%] i masę tysiąca ziarniaków (MTZ) [g], oraz przeprowadzono analizę jakościową ziarna obejmującą zawartość: białka, tłuszczu, włókna i popiołu w suchej masie ziarniaków. Kłosa do pomiarów biometrycznych wymłócono ręcznie, natomiast do badań jakościowych za pomocą młocarni laboratoryjnej Wintersteiger LD 180. Ziarno zmielono na młynku Cyclotec 1093 i przechowywano w temperaturze -20°C do czasu podjęcia analiz. Analizy chemiczne jakościowe – oznaczenie zawartości: białka, tłuszczu, popiołu i włókna – przeprowadzono w laboratorium chemicznym Katedry Hodowli Roślin i Nasiennictwa UWM w Olsztynie wg następującej metodyki:

- zawartość białka (N x 5,7) oznaczono wg metody Kjeldahla zgodnie z PN-EN ISO 20483:2007 przy użyciu mineralizatora K 424 i destylarki azotu B 324 firmy BÜCHI;
- zawartość tłuszczu oznaczono metodą Soxhleta wg PN-EN ISO 734-1:2008 przy użyciu eteru naftowego;

- zawartość popiołu oznaczono w temperaturze 650°C w automatycznym analizatorze terogravimetrycznym firmy ELTRA zgodnie z PN-G-04560:1998;
- zawartość włókna surowego oznaczono przy użyciu systemu Fibertec 2010 firmy FOSS z wykorzystaniem metody „Weende”, do ekstrakcji użyto 1,25% H_2SO_4 oraz 1,25% NaOH.

Oznaczenia składników jakościowych przeprowadzono w dwóch powtórzeniach, a wyniki podano w procentach suchej masy (% s.m.).

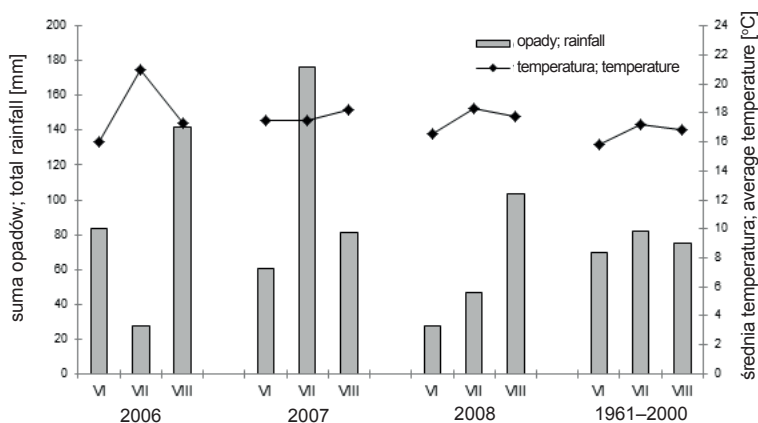
Doświadczenie szklarniowe przeprowadzono wiosną 2008 r. w celu oceny wpływu inokulacji na kłoski i odplewione ziarniaki. Kłoski/ziarniaki po 24 h pęcznienia w wodzie wykładano na powierzchnię 7-dniowej grzybni *F. culmorum* (kombinacja inokulowana) lub na powierzchnię czystej pożywki PDA (kombinacja kontrolna). Doświadczenie założono w 3 powtórzeniach (3 x 10 kłosków/ziarniaków). Po 21 dniach oceniono stan siewek i określono procent spadku masy i liczby siewek w stosunku do kontroli.

Wyniki z doświadczeń: polowego i szklarniowego poddano analizie statystycznej. Istotność różnic między średnimi oceniono na podstawie testu *t*-Tukeya przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ (*) i $\alpha = 0,01$ (**).

WYNIKI

Warunki meteorologiczne w czasie kwitnienia, dojrzewania i zbioru pszenicy

Warunki pogodowe w trzech latach badań odbiegały od warunków dla wielolecia 1961–2000 (rys. 1). Kwitnienie poszczególnych form pszenicy było zróżnicowane i obejmowało ostatnią dekadę czerwca oraz pierwszą dekadę lipca. Warunki pogodowe były sprzyjające dla rozwoju grzybów rodzaju *Fusarium*. W trzech latach badań 2006, 2007 i 2008 w czasie kwitnienia pszenicy średnie temperatury wynosiły odpowiednio $20,4^{\circ}\text{C}$, $15,7^{\circ}\text{C}$ oraz $17,2^{\circ}\text{C}$, a suma opadów 59,9 mm, 128,3 mm i 27,4 mm. Najmniej odpowiedni dla rozwoju grzybów rodzaju *Fusarium* był rok



Rys. 1. Warunki pogodowe w czasie kwitnienia, dojrzewania i zbioru pszenicy w trzech latach badań na tle wielolecia 1961–2000. Stacja Doświadczalna UWM, Bałczyny

Fig. 1. Weather conditions during wheat flowering, ripening and harvest over the three years of the study, in comparison with long-term average of 1961–2000. Experimental Station of the University of Warmia and Mazury, Bałczyny.

Tabela 2. Wartość cech biometrycznych ziarniaków czterech gatunków pszenicy w kombinacji kontrolnej i inokulowanej *F. culmorum* (wartość średnia cechy ± odchylenie standardowe)Table 2. Values of five biometric characters in the grain of four *Triticum* species non-inoculated (control) and inoculated *F. culmorum* (mean ± SD).

Rok Year	Obiekt [#] Treatment [#]	Liczba ziarniaków w kłosie Kernel number per spike	Masa ziarniaków w kłosie Kernel weight per spike [g]	Masa tysiąca ziarniaków Thousand kernel weight [g]	Masa kłosa Spike weight [g]	Udział masy ziarna w masie kłosa Share of kernel weight in spike weight [%]
<i>Triticum monococcum</i> 2n=2x=14 (11 akcesji; 11 accessions)						
2006	K	18,45±2,56	0,45±0,06	24,52±2,61	0,68±0,13	66,72±4,70
	I	8,77**±3,92	0,14**±0,07	15,48**±2,06	0,35**±0,09	38,34**±15,86
2007	K	18,90±2,96	0,49±0,10	25,86±3,59	0,72±0,13	67,38±3,54
	I	15,79±3,31	0,41±0,12	25,50±3,53	0,64±0,15	62,84*±6,67
2008	K	14,53±3,49	0,38±0,05	26,57±4,43	0,56±0,08	67,13±3,61
	I	14,12±3,50	0,34±0,09	24,63±4,85	0,50±0,15	61,44*±6,27
śr. mean	K	17,29±3,54	0,44±0,09	25,65±3,60	0,65±0,13	67,08±3,85
	I	12,90**±4,61	0,30*±0,15	21,87*±5,81	0,50±0,17	54,21*±15,32
<i>Triticum dicoccum</i> 2n=4x=28 (11 akcesji; 11 accessions)						
2006	K	34,30±5,32	1,09±0,19	31,92±3,78	1,61±0,23	67,44±3,55
	I	11,24**±6,80	0,27**±0,19	23,13**±4,83	0,70**±0,24	34,18**±17,32
2007	K	28,03±5,32	0,93±0,23	32,84±3,27	1,41±0,33	65,66±2,43
	I	27,54±4,14	0,91±0,21	32,80±4,13	1,36±0,24	66,41±5,18
2008	K	26,28±5,44	1,09±0,27	41,39±4,47	1,59±0,35	68,40±4,87
	I	23,88±4,25	0,89*±0,23	37,08±5,44	1,37±0,39	62,61*±6,25
śr. mean	K	29,54±6,26	1,04±0,24	35,38±5,73	1,54±0,31	67,16±3,81
	I	20,89**±8,70	0,69**±0,37	31,00**±7,54	1,15**±0,43	54,40**±18,10
<i>Triticum spelta</i> 2n=6x=42 (4 akcesje; 4 accessions)						
2006	K	31,85±8,43	1,37±0,41	42,92±7,14	2,11±0,58	64,47±2,12
	I	18,48**±3,44	0,59**±0,19	31,80**±7,12	1,18**±0,34	49,73±3,87
2007	K	26,71±2,30	1,14±0,21	42,75±7,02	1,70±0,18	66,64±5,44
	I	25,26±1,70	1,07±0,15	42,16±4,70	1,55±0,18	68,74±2,01
2008	K	24,95±2,59	1,16±0,11	46,49±1,76	1,74±0,17	66,51±1,61
	I	24,74±2,43	1,20±0,24	48,10±5,31	1,81±0,33	65,93±2,55
śr. mean	K	27,84±5,66	1,22±0,27	44,06±5,61	1,85±0,38	65,87±3,33
	I	22,83*±4,00	0,95*±0,33	40,69±8,78	1,52*±0,38	61,46±9,14
<i>Triticum aestivum</i> 2n=6x=42 (2 odmiany: Parabola i Frontana; 2 cultivars)						
2006	K	42,52±0,07	1,41±0,06	33,06±0,30	1,91±0,12	73,72±1,62
	I	23,82**±0,31	0,48**±0,03	20,32**±1,45	0,92**±0,04	52,84±1,05
2007	K	42,10±3,49	1,57±0,37	37,04±5,72	2,09±0,37	74,79±4,59
	I	33,90*±3,72	1,25±0,71	36,17±16,91	1,82±0,73	66,56±12,35
2008	K	42,80±2,50	1,66±0,72	42,65±18,28	2,25±0,73	72,29±8,31
	I	38,88±0,12	1,69±0,54	36,88±13,58	2,33±0,68	72,35±1,82
śr. mean	K	42,47±1,94	1,54±0,38	37,58±9,61	2,08±0,40	73,60±4,45
	I	32,20**±7,07	1,14*±0,68	31,12±12,83	1,69*±0,78	63,92±10,57

K – kontrola; control I – inokulacja; inoculation

* $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$

2008 ze względu na najmniejszą sumę opadów w czasie kwitnienia i dojrzewania pszenicy – 177,9 mm (2006 – 252 mm, 2007 – 317 mm, wielolecie – 226,3 mm).

Reakcja czterech gatunków pszenicy na inokulację kłosów *F. culmorum* – cechy biometryczne

Inokulacja kłosów spowodowała spadek wartości elementów struktury plonu u wszystkich badanych gatunków pszenicy, natomiast nie miała wpływu na długość i zbitość kłosa (tab. 2). Średnia długość kłosa w kombinacji kontrolnej/inokulowanej wynosiła: 4,91/4,92 cm u *T. monococcum*, 7,06/7,14 cm u *T. dicoccum*, 12,44/11,98 cm u *T. spelta* oraz 9,06/8,57 cm u *T. aestivum*. Średnia zbitość kłosa w kombinacji kontrolnej/inokulowanej przedstawiała się następująco: 41,00/41,03 u *T. monococcum*, 27,75/27,11 u *T. dicoccum*, 13,82/14,15 u *T. spelta* oraz 19,51/21,29 u *T. aestivum*. U wszystkich badanych gatunków w okresie trzech lat różnice w długości i zbitości kłosa pomiędzy kontrolą a kombinacją inokulowaną były statystycznie nieistotne. Najkrótsze i najbardziej zbite kłosa miały akcesje *T. monococcum*, natomiast akcesje *T. spelta* charakteryzowały się długimi i luźnymi kłosami.

Spadek wartości elementów struktury plonu w kombinacji inokulowanej był najsilniejszy w 2006 roku. Analiza statystyczna potwierdziła istotność różnic pomiędzy kontrolą a inokulacją u *T. monococcum* i *T. dicoccum* (5 cech) oraz u *T. spelta* i *T. aestivum* (4 cechy). W dwóch pozostałych latach badań, 2007 i 2008, mimo spadku wartości cech po inokulacji, statystycznie istotne zróżnicowanie potwierdzono jedynie w kilku przypadkach, a mianowicie: spadek udziału ziarna w masie kłosa u *T. monococcum* w 2007 i 2008 roku oraz *T. dicoccum* w 2008 r., spadek masy

ziarna w kłosie u *T. dicoccum* w 2008 r., spadek liczby ziarniaków w kłosie u *T. aestivum* w 2007 r. (tab. 2). Wyniki uzyskane w 2006 r. miały największy wpływ na średnie wartości badanych cech biometrycznych u wszystkich gatunków pszenicy. Ranking gatunków (największy/najmniejszy spadek wartości cechy) przedstawiał się następująco:

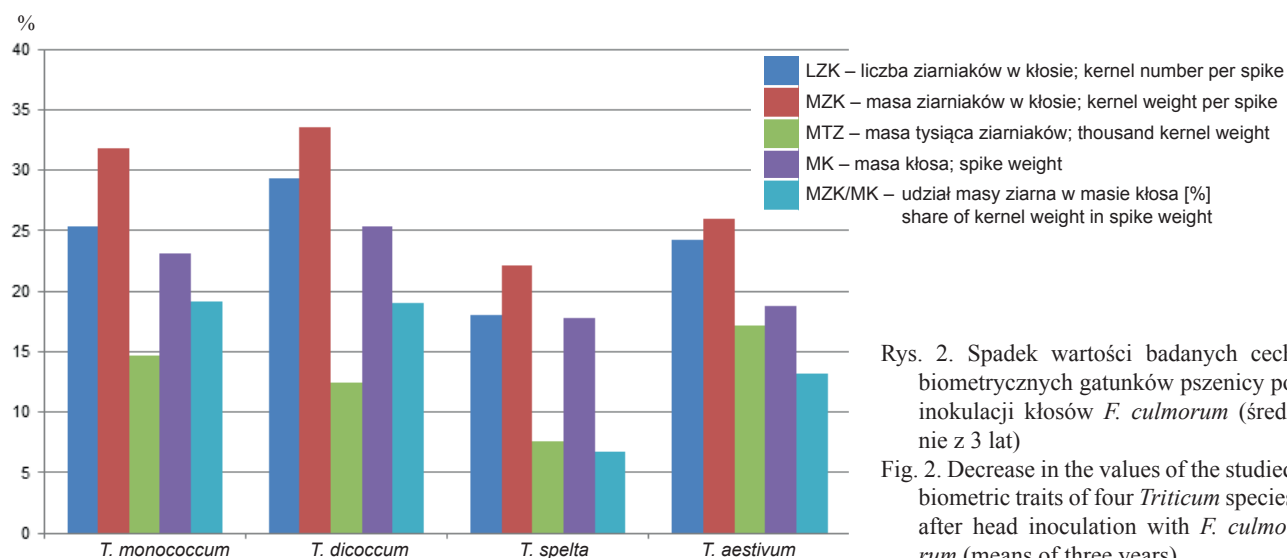
- liczba ziarniaków w kłosie: *T. dicoccum* – 29,3%, *T. monococcum* – 25,4%, *T. aestivum* – 24,2%, *T. spelta* – 18,0%.
 - masa ziarniaków w kłosie: *T. dicoccum* – 33,6%, *T. monococcum* – 31,8%, *T. aestivum* – 26,0%, *T. spelta* – 22,1%.
 - masa tysiąca ziarniaków: *T. aestivum* – 17,2%, *T. monococcum* 14,7%, *T. dicoccum* – 12,4%, *T. spelta* – 7,6%.
 - masa kłosa: *T. dicoccum* – 25,3%, *T. monococcum* – 23,1%, *T. aestivum* – 18,8%, *T. spelta* – 17,8%.
 - udział ziarna w masie kłosa: *T. monococcum* – 19,2%, *T. dicoccum* – 19,0%, *T. aestivum* – 13,2%, *T. spelta* – 6,7%.
- Spośród pszenic oplewionych najmniejszy spadek wartości badanych cech biometrycznych po inokulacji odnotowano u *T. spelta* (rys. 2).

Reakcja czterech gatunków pszenicy na inokulację kłosów *Fusarium culmorum* – cechy jakościowe

Średnia zawartość białka, tłuszczu, włókna surowego i popiołu w ziarniakach badanych pszenic (w % suchej masy) w trzech latach badań kształtowała się następująco:

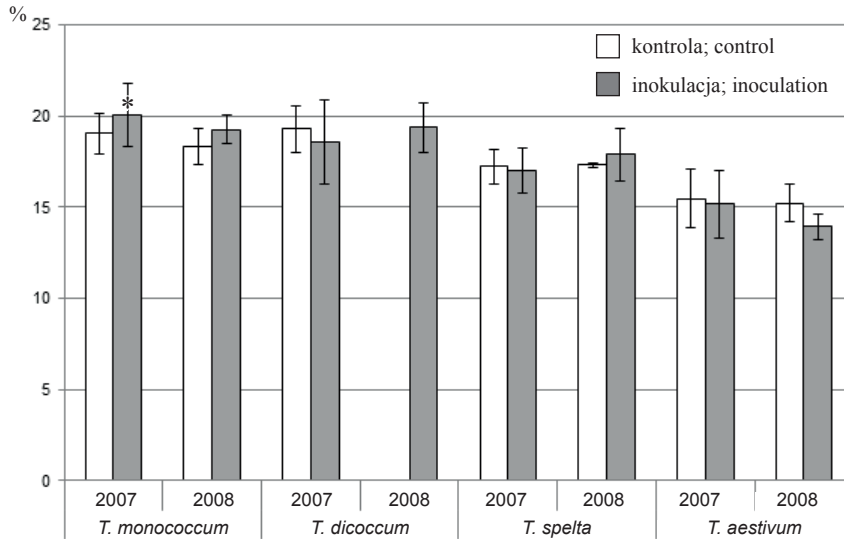
- *T. monococcum* – 18,92 ± 1,69, 2,67 ± 0,31, 0,88 ± 0,23, 2,29 ± 0,21.
- *T. dicoccum* – 19,41 ± 1,97 (średnia z 2 lat), 2,07 ± 0,29, 0,86 ± 0,33, 2,27 ± 0,21.
- *T. spelta* – 17,35 ± 0,91, 2,09 ± 0,24, 1,36 ± 0,57, 2,01 ± 0,24.
- *T. aestivum* – 15,39 ± 1,16, 1,89 ± 0,31, 2,00 ± 0,40, 2,01 ± 0,14.

Największą średnią zawartość białka odnotowano u *T. dicoccum*, a tłuszczu u *T. monococcum*. Zawartość włókna surowego była najmniejsza w ziarniakach *T. monococcum*



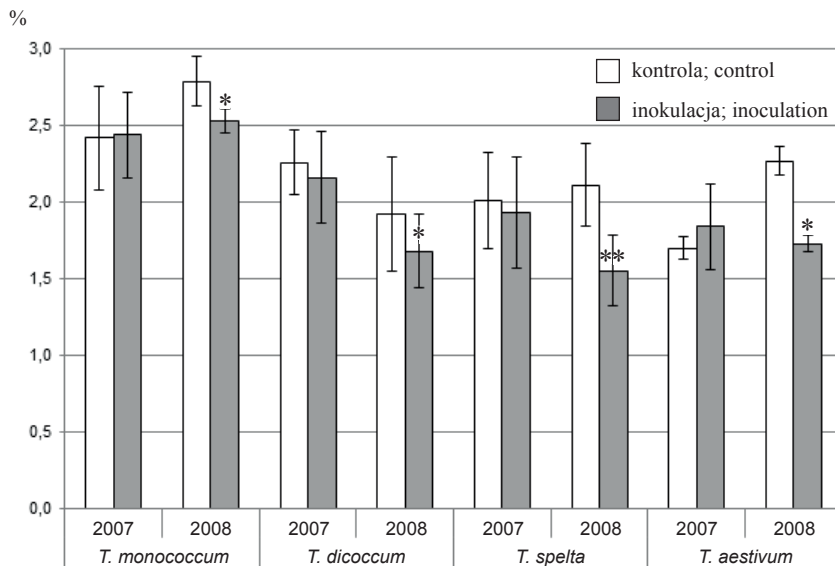
Rys. 2. Spadek wartości badanych cech biometrycznych gatunków pszenicy po inokulacji kłosów *F. culmorum* (średnie z 3 lat)

Fig. 2. Decrease in the values of the studied biometric traits of four *Triticum* species after head inoculation with *F. culmorum* (means of three years).

* $p \leq 0,05$

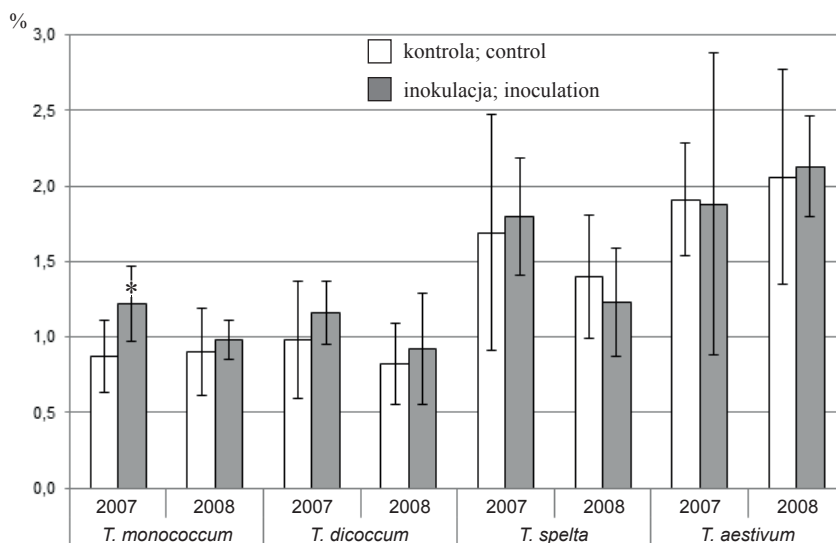
Rys. 3. Zawartość białka [% s.m.] w ziarniakach czterech gatunków pszenicy w kombinacji kontrolnej i kombinacji inokulowanej *F. culmorum* (wartość średnia cechy \pm odchylenie standardowe)

Fig. 3. Protein content [% DM] in the grain of four *Triticum* species non-inoculated (control) and inoculated *F. culmorum* (mean \pm SD).

* $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$

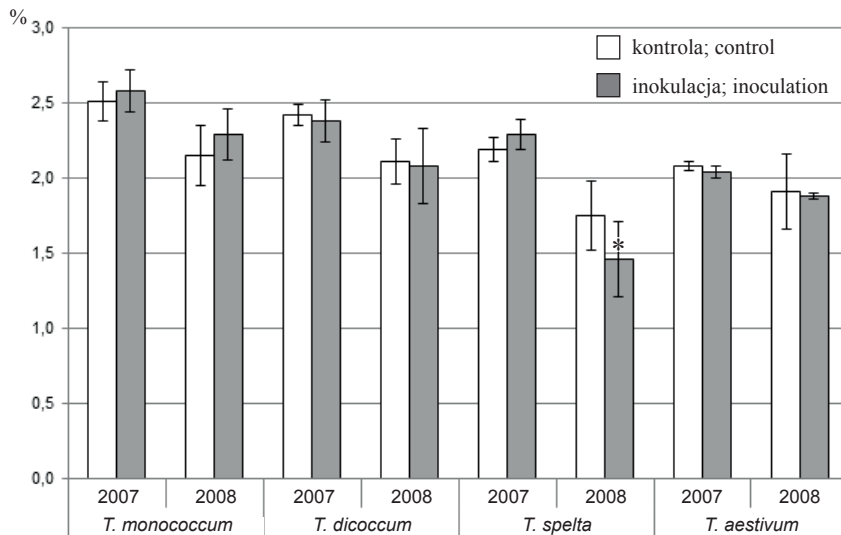
Rys. 4. Zawartość tłuszczu [% s.m.] w ziarniakach czterech gatunków pszenicy w kombinacji kontrolnej i kombinacji inokulowanej *F. culmorum* (wartość średnia cechy \pm odchylenie standardowe)

Fig. 4. Crude fat content [% DM] in the grain of four *Triticum* species non-inoculated (control) and inoculated *F. culmorum* (mean \pm SD).

* $p \leq 0,05$

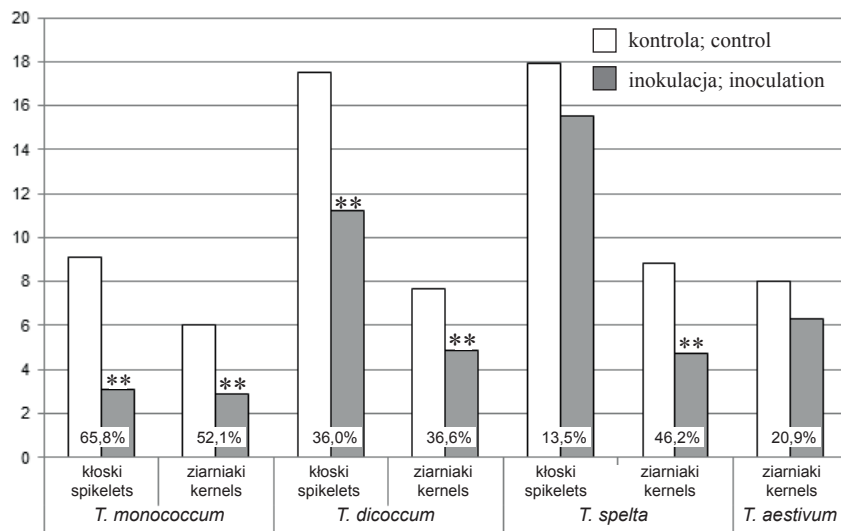
Rys. 5. Zawartość włókna surowego [% s.m.] w ziarniakach czterech gatunków pszenicy w kombinacji kontrolnej i kombinacji inokulowanej *F. culmorum* (wartość średnia cechy \pm odchylenie standardowe)

Fig. 5. Crude fiber content [% DM] in the grain of four *Triticum* species non-inoculated (control) and inoculated *F. culmorum* (mean \pm SD).

* $p \leq 0,05$

Rys. 6. Zawartość popiołu [% s.m.] w ziarniakach czterech gatunków pszenicy w kombinacji kontrolnej i kombinacji inokulowanej *F. culmorum* (wartość średnia cechy \pm odchylenie standardowe)

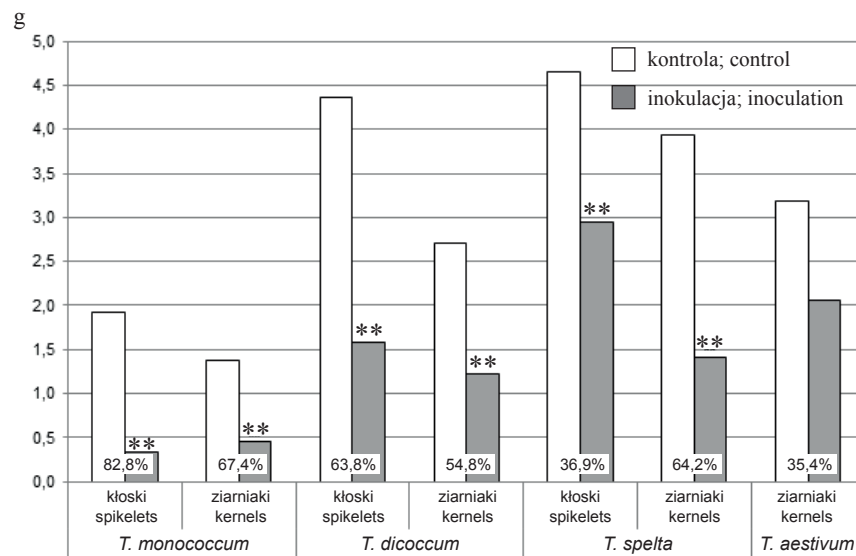
Fig. 6. Ash content [% DM] in the grain of four *Triticum* species non-inoculated (control) and inoculated *F. culmorum* (mean \pm SD).

** $p \leq 0,01$

Wartości procentowe – spadek liczby siewek w stosunku do kontroli
Percentage – decrease in the number of seedlings relative to control

Rys. 7. Liczba siewek u czterech gatunków pszenicy po inokulacji kłosek i ziarniaków *F. culmorum* (średnia wartość cechy)

Fig. 7. Number of seedlings of four *Triticum* species after spikelet and kernel inoculation with *Fusarium culmorum* (mean).

** $p \leq 0,01$

Wartości procentowe – spadek masy siewek w stosunku do kontroli
Percentage – decrease in the weight of seedlings relative to control

Rys. 8. Masa siewek [g] u czterech gatunków pszenicy po inokulacji kłosek i ziarniaków *Fusarium culmorum* (średnia wartość cechy)

Fig. 8. Weight of seedlings of four *Triticum* species after spikelet and kernel inoculation with *Fusarium culmorum* (mean).

i *T. dicoccum*, pośrednia u *T. spelta* i największa u *T. aestivum*. Ziarniaki *T. monococcum* i *T. dicoccum* wykazywały również zwiększony poziom popiołu.

Zawartość składników jakościowych w ziarnie pszenicy po inokulacji wykazywała zarówno spadek, jak i wzrost, ale w większości przypadków różnice pomiędzy kontrolą a inokulacją były statystycznie nieistotne (rys. 3, 4, 5, 6). U *T. monococcum* odnotowano statystycznie istotny wzrost zawartości białka i włókna surowego po inokulacji kłosów w 2007 r. (rys. 3, 5). U *T. spelta* odnotowano statystycznie istotny spadek zawartości popiołu po inokulacji kłosów w 2008 r., natomiast u wszystkich czterech gatunków pszenicy statystycznie istotny spadek zawartości tłuszczu po inokulacji w 2008 r. (rys. 4, 6).

Reakcja siewek czterech gatunków pszenicy na inokulację *F. culmorum*

U wszystkich badanych form pszenicy oplewionej po inokulacji obserwowano spadek liczby i masy siewek w stosunku do kontroli, a różnice były statystycznie istotne, z wyjątkiem liczby siewek u *T. spelta* (rys. 7, 8). Spadek liczby siewek u form oplewionych po wysiewie kłosów/ziarniaków przedstawiał się następująco: *T. monococcum* – 65,8/52,1%, *T. dicoccum* – 36,0/36,6%, *T. spelta* – 13,5/46,2% (rys. 7). Spadek masy siewek u form oplewionych po wysiewie kłosów/ziarniaków wynosił: *T. monococcum* – 82,8/67,4%, *T. dicoccum* – 63,8/54,8%, *T. spelta* – 36,9/64,2% (rys. 8). Pszenica zwyczajna zareagowała na inokulację spadkiem liczby i masy siewek odpowiednio o 20,9% oraz 35,4% (rys. 7, 8). Spośród form oplewionych najsilniej na inokulację zareagowała *T. monococcum*. Najsłabszą reakcję odnotowano u *T. spelta* po wysiewie kłosów (13,5% i 36,9%) oraz u *T. dicoccum* po wysiewie odplewionych ziarniaków (36,6% i 54,8%).

DYSKUSJA

Reakcja czterech gatunków pszenicy na inokulację kłosów *F. culmorum*

Z powodu drastycznego zmniejszenia na przestrzeni historii ludzkości różnorodności spożywanego pokarmu roślinnego, wzrasta zainteresowanie naukowców i konsumentów „nowymi” roślinami, które ze względu na jakość oferowanych produktów są wprowadzane do uprawy. Przykładem takich gatunków są dawniej uprawiane pszenice oplewione (Moudry i in., 2011). Ze względu na znaczenie gospodarcze roślin zbożowych, uprawianych na cele konsumpcyjne i paszowe, uzasadnione jest zwrócenie szczególnej uwagi na ich zdrowotność. Zagadnienia dotyczące reakcji pszenicy zwyczajnej *T. aestivum* na porażenie przez grzyby rodzaju *Fusarium* są bardzo dobrze udokumentowane w literaturze polskiej i światowej. Dawniej uprawiane oplewione gatunki pszenicy są również po-

rażane przez grzyby rodzaju *Fusarium*, o czym świadczy zasiedlenie ziarniaków oraz kumulacja toksyn fuzaryjnych w ziarnie pszenic oplewionych (Oliver i in., 2007; Kurowski, Wysocka, 2009; Sadowski i in., 2010; Filoda, Wickiel, 2010; Suchowilska i in., 2010; Konvalina i in., 2011). Na podstawie wieloletnich doświadczeń (1999–2010) w okolicy Puław stwierdzono, że w ziarniakach pszenicy zwyczajnej najczęściej występującym gatunkiem był *F. poae*, ponadto izolowano *F. avenaceum*, *F. tricinctum*, *F. graminearum*, *F. culmorum* i *F. sporotrichioides* (Lenc i in., 2012). W Republice Czeskiej do głównych sprawców fuzariozy kłosów należą obecnie *Fusarium graminearum* oraz *Fusarium poae* (Konvalina i in., 2011). Z ziarna orkiszowego z terenu Wielkopolski najczęściej izolowano *F. avenaceum* (Filoda, Wickiel, 2010), natomiast z okolic Olsztyna *F. poae* (Kurowski, Wysocka, 2009). Zestaw gatunków *Fusarium* izolowanych z ziarniaków pszenic oplewionych jest zróżnicowany w zależności od regionu geograficznego, roku badań, warunków pogodowych w czasie wegetacji oraz stosowanej agrotechniki, podobnie jak w przypadku pszenicy zwyczajnej (Oerke i in., 2010).

Ujemnym skutkiem porażenia ziarna przez *Fusarium* jest pogorszenie jego wartości pokarmowej i pastewnej z powodu akumulacji w ziarnie mikotoksyn oraz obniżenie wartości elementów struktury plonu ziarna. Zagadnienie obecności mikotoksyn w ziarnie pszenic oplewionych ma odzwierciedlenie w literaturze, mimo że pierwsza praca na ten temat ukazała się w stosunkowo niedawno (Castoria i in., 2005), natomiast brak informacji na temat wartości elementów struktury plonu ziarna orkiszowego, płaskurki i samopszy w warunkach porażenia przez grzyby rodzaju *Fusarium*. Infekcja kłosów może prowadzić do zmniejszenia liczby ziarniaków w kłosie, masy ziarna w kłosie i MTZ. Reakcja odmian na porażenie przez *Fusarium* spp. jest badana w warunkach naturalnej infekcji lub, częściej, sztucznej inokulacji kłosów. W naszych badaniach inokulacja kłosów *Fusarium culmorum* spowodowała spadek wartości elementów struktury plonu u wszystkich badanych gatunków pszenicy, natomiast nie miała wpływu na długość i zbitość kłosa. Spośród czterech gatunków pszenic najmniejszy spadek wartości badanych cech biometrycznych odnotowano u *T. spelta*. We wcześniejszych badaniach z udziałem pięciu odmian orkiszowego jarego, inokulacja kłosów *F. culmorum* spowodowała u orkiszowego większy spadek wartości elementów struktury plonu niż u pszenicy zwyczajnej, w przypadku masy ziarna w kłosie średnio 53,8% u odmian orkiszowych i 42,9% u pszenicy zwyczajnej (Wiwart i in., 2004). Zawartość ergosterolu (jako wskaźnika biomasy grzybowej) w ziarnie jarego orkiszowego, płaskurki i samopszy była mniejsza niż u pszenicy zwyczajnej (Góral i in., 2009; Wiwart i in., 2009; Wiwart i in., 2011), natomiast w ziarnie oplewionych form ozimych mniejsza zawartość ergosterolu była jedynie u orkiszowego, natomiast ziarniaki samopszy i płaskurki akumulowały więcej ergosterolu niż pszenica zwyczajna (Góral i in. 2009). Orkisz w warunkach

uprawy ekologicznej w zależności od warunków środowiskowych oraz lokalizacji doświadczenia wykazywał silniejszy lub słabsze porażenie FHB w porównaniu z pszenicą zwyczajną (Sadowski i in., 2010; Ochodzki i in., 2011).

Pogorszenie jakości plonu jest kolejnym ujemnym skutkiem porażenia ziarna przez FHB. W przeprowadzonych badaniach zawartość składników jakościowych w ziarnie pszenicy po inokulacji wykazywała zarówno spadek, jak i wzrost, ale w większości przypadków różnice pomiędzy kontrolą a inokulacją były statystycznie nieistotne. W literaturze jest bardzo mało informacji dotyczących wpływu infekcji grzybów rodzaju *Fusarium* na skład jakościowy ziarna pszenic oplewionych. Dziedziną rozwijającą się w ostatnich latach jest analiza proteomu, która dostarcza informacji m.in. na temat zmian w składzie białek zapasowych pszenicy (Eggert i in., 2011). W porażonym przez *F. culmorum* ziarnie pszenicy zwyczajnej obserwowano wzrost zawartości frakcji gliadyn oraz redukcję frakcji glutenin, natomiast ogólna zawartość białka nie ulegała zmianie nawet przy silnym porażeniu (Wang i in., 2005). Odnotowano również wzrost zawartości białka w ziarnie porażonym przez *F. culmorum* (Pawelzik i in., 1998; Spanic i in., 2012). W ziarnie pszenicy zwyczajnej porażonej przez *F. graminearum* odnotowano wzrost ogólnej zawartości białka, cukrów oraz lipidów, natomiast spadek zawartości poszczególnych frakcji, jak np. amylozy, celulozy, hemicelulozy, glutenin, albumin. Przy czym wielkość wzrostu/spadku uzależniona była od stopnia infekcji (Boyacioglu, Hettiarachchy, 1995). W ziarnie *T. dicoccum* po inokulacji kłosów mieszaniną zarodników *F. culmorum* i *F. graminearum* odnotowano zwiększony poziom 5 białek, natomiast w przypadku białek zapasowych zaobserwowano redukcję α -gliadyn, wzrost zawartości globuliny-2 i globuliny-3 (Eggert i in., 2011) oraz wzrost ogólnej zawartości gliadyn i spadek ogólnej zawartości glutenin (Eggert i in., 2010). W obu przypadkach inokulacja nie miała wpływu na ogólną zawartość białka (Eggert i in., 2010; Eggert i in., 2011). Badania mikrostruktury ziarna pszenicy porażonego przez *F. graminearum*/*F. culmorum* wykazały obecność strzępek grzybni w bielmie skrobiowym oraz w przypadku silnego porażenia brak białkowej matrycy spajającej ziarna skrobi oraz uszkodzenia ziaren skrobiowych (Nightingale i in., 1999; Jackowiak i in., 2005; Packa i in., 2012), co autorzy tłumaczą aktywnością enzymów hydrolitycznych pochodzenia grzybowego. Zawartość składników jakościowych w porażonym ziarnie stanowi wypadkową całego cyklu wzajemnych oddziaływań pomiędzy patogenem a rośliną żywicielską, zależnych od zdolności pasożytniczych patogena oraz odporności/podatności rośliny żywicielskiej i modyfikujących ten proces warunków środowiskowych. Analiza proteomu i metabolomu pszenic podatnych i odpornych na FHB przyczyni się do wyjaśnienia wzajemnych relacji pomiędzy roślinami żywicielskimi a patogenami rodzaju *Fusarium* (Zhou i in., 2005; Bhadauria i in., 2010).

Reakcja siewek czterech gatunków pszenicy na inokulację *Fusarium culmorum*

Grzyby rodzaju *Fusarium* są przede wszystkim patogenami siewek i w tej fazie rozwojowej roślin powodują największe ubytki w zasiewach zbóż, wskutek dużej podatności młodych tkanek na infekcję (Mańka, 1989). Inokulacja *F. culmorum* spowodowała spadek liczby i masy siewek u wszystkich badanych akcesji/odmian pszenicy. Spośród form oplewionych orkisz zareagował najmniejszym spadkiem zarówno liczby, jak i masy siewek po inokulacji kłosków *F. culmorum*, co potwierdza ochronną funkcję plewek u tego gatunku (Riesen i in., 1986). Prawidłowości takiej nie potwierdzono w przypadku pszenicy samopszy, która wykazała największy spadek zarówno liczby, jak i masy siewek po inokulacji kłosków *F. culmorum*. W literaturze brakuje doniesień dotyczących reakcji siewek pszenic oplewionych na infekcję *F. culmorum*/*F. graminearum*, co uniemożliwia konfrontację wyników badań. Suchowilska i in. (2008) odnotowali słabszą odpowiedź form oplewionych – *T. dicoccum* i *T. spelta* – na infekcję siewek niż w przypadku *T. aestivum*. Redukcja masy siewek po inokulacji *F. culmorum* u badanych trzech gatunków była wysoka i wynosiła odpowiednio: 96,1% u *T. aestivum*, 91,8% u *T. spelta* oraz 87,0% u *T. dicoccum*.

W przypadku pszenicy zwyczajnej nie wykazano związku pomiędzy odpornością na fuzariozę siewek (FSB – *Fusarium seedling blight*) a odpornością na fuzariozę kłosów FHB (Wiśniewska, Buśko, 2005), ale istnieje możliwość wyselekcjonowania linii łączących odporność na FSB i FHB oraz nie akumulujących DON-u (Tamburic-Ilincic i in., 2009). Wyjaśnienie przyczyn specyficzności oddziaływań pomiędzy patogenami rodzaju *Fusarium* i oplewionymi gatunkami pszenic wymaga dalszych badań.

WNIOSKI

1. Inokulacja kłosów *F. culmorum* spowodowała spadek wartości elementów struktury plonu ziarna u wszystkich badanych gatunków pszenicy.
2. W ziarnie po inokulacji zawartość składników jakościowych (białko, tłuszcz, popiół, włókno) wykazywała zarówno spadek, jak i wzrost w stosunku do kontroli w zależności od roku badań, ale w większości przypadków różnice pomiędzy obiektami kontrolnymi i inokulowanymi były statystycznie nieistotne.
3. Inokulacja kłosów i ziarniaków *F. culmorum* spowodowała spadek liczby i masy siewek u wszystkich badanych gatunków.
4. Spośród form oplewionych najsłabszą reakcją na inokulację *F. culmorum*, zarówno w fazie siewki, jak i rośliny dojrzałej, wykazała *T. spelta*.

PIŚMIENNICTWO

- Bhadoria V., Banniza S., Wang L.X., Wei Y.D., Peng Y.L., 2010. Proteomic studies of phytopathogenic fungi, oomycetes and their interactions with hosts. *Eur. J. Plant Pathol.*, 126: 81-95.
- Boyacioglu D., Hettiarachchy N.S., 1995. Changes in some biochemical components of wheat grain that was infected with *Fusarium graminearum*. *J. Cereal Sci.*, 21: 57-62.
- Castoria R., Lima G., Ferracane R., Ritieni A., 2005. Occurrence of mycotoxin in fero samples from Southern Italy. *J. Food Protect.*, 2: 416-420.
- Eggert K., Wieser H., Pawelzik E., 2010. The influence of *Fusarium* infection and growing location on the quantitative protein composition of (part I) emmer (*Triticum dicoccum*). *Eur. Food Res. Technol.*, 230: 837-847.
- Eggert K., Zörb C., Mühling K.H., Pawelzik E., 2011. Proteome analysis of *Fusarium* infection in emmer grains (*Triticum dicoccum*). *Plant Pathol.*, 60: 918-928.
- Filoda G., Wickiel G., 2010. Zasielenie ziarna pszenicy ozimej orkisz przez grzyby. *Progr. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 50(2): 629-633.
- Foroud N.A., Eudes F., 2009. Trichothecenes in cereal grains (Review). *Int. J. Mol. Sci.*, 10: 147-173.
- Góral T., Ochodzki P., Mysłowska A., Bulińska-Radomska Z., 2009. Odporność na fuzariozę kłosów i akumulację metabolitów fuzaryjnych w ziarnie genotypów pszenicy z gatunków *T. aestivum*, *T. dicoccum*, *T. monococcum* i *T. spelta* inokulowanych grzybem *Fusarium culmorum*. *Konf. Nauk. „Nauka dla hodowli zbóż”*, Zakopane, 2-6.02.2009, Streszczenia, s. 178.
- Jackowiak H., Packa D., Wiwart M., Perkowski J., 2005. Scanning elektron microscopy of *Fusarium* damaged kernels of spring wheat. *Int. J. Food. Microbiol.*, 98: 113-123.
- Konvalina P., Capouchova I., Stehno Z., Moudry J. (jr), Moudry J., 2011. *Fusarium* identification by PCR and DON content in grains of ancient wheat. *J. Food, Agric. Environ.*, 9(3/4): 321-325.
- Kurowski T., Wysocka U., 2009. Fungi colonizing grain of winter spelt grown under two production systems. *Phytopathologia*, 54: 45-52.
- Lenc L., Kuś J., Sadowski Cz., Łukanowski A., Lemańczyk G., 2012. Wpływ systemu uprawy na występowanie fuzariozy kłosów (*Fusarium* spp.) i mikotoksyn w ziarnie pszenicy w świetle wieloletnich doświadczeń IUNG-PIB (1999-2010). *Warsztaty naukowe „Patogeny roślinne problemem rolnictwa i przetwórstwa”*, Puławy 21 czerwca 2012 r., Streszczenia, ss. 32-33.
- Mańka M., 1989. *Fusaria* as pathogens of cereal seedlings. W: „*Fusarium* mycotoxins, taxonomy and pathogenicity”; red.: J. Chelkowski, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- Moudry J., Konvalina P., Stehno Z., Capouchova I., Moudry J. (jr), 2011. Ancient wheat species can extend biodiversity of cultivated crops. *Sci. Res. Essays*, 6(20): 4273-4280.
- Nightingale M.J., Marchylo B.A., Cler R.M., Dexter J.E., Preston K.R., 1999. *Fusarium* head blight: effect of fungal proteases on wheat storage proteins. *Cereal Chem.*, 76(1): 150-158.
- Ochodzki P., Góral T., Wiczyńska J., Bulińska-Radomska Z., 2011. Mikotoksyny i fuzarioza kłosów w pszenicy uprawianej w warunkach ekologicznych. *Konferencja naukowa „Nauka dla hodowli i nasiennictwa roślin uprawnych”*, Zakopane, 7-11.02.2011 r. Streszczenia, ss. 148-149.
- Oerke E.C., Meier A., Dehne H.W., Sulyok M., Krska R., Steiner U., 2010. Spatial variability of *Fusarium* head blight pathogens and associated mycotoxins in wheat crops. *Plant Pathol.*, 59: 671-682.
- Oliver R.E., Stack R.W., Miller J.D., Cai X., 2007. Reaction of wild emmer wheat accessions to *Fusarium* head blight. *Crop Sci.*, 47: 893-899.
- Packa D., Kulik T., Hościk M., 2012. Scanning electron microscopy of *Fusarium*-infected kernels of ancient wheat species. *Phytopathologia*, 63: 7-19.
- Parry D.W., Jenkinson P., McLeod L., 1995. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals – a review. *Plant Pathol.*, 44: 207-238.
- Pawelzik E., Permady H., Weinert J., Wolf G.A., 1998. Untersuchungen zum Einfluss einer Fusarien-Kontamination auf ausgewählte Qualitätsmerkmale von Weizen. *Getreide Mehl Brot*, 52: 264-266.
- Riesen T., Winzeler H., Rügger A., Fried P.M., 1986. The effect of glumes on fungal infection of germinating seed of spelt (*Triticum spelta* L.) in comparison to wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Phytopathol.*, 115: 318-324.
- Sadowski Cz., 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. Engineer.*, 55(4): 79-83.
- Spanic V., Drezner G., Horvat D., 2012. Changes of agronomic and quality traits in *Fusarium*-inoculated wheat genotypes. *Croatian J. Food Technol. Biotech. Nutr.*, 7(1/2): 85-89.
- Stępień Ł., Chelkowski J., 2010. *Fusarium* head blight of wheat: pathogenic species and their mycotoxins. *World Mycotox. J.*, 3(2): 107-119.
- Suchowilska E., Wiwart M., Kandler W., 2008. Response of spring genotypes of *Triticum aestivum*, *T. spelta* and *T. dicoccum* to seedling infection with *Fusarium culmorum*. *Cereal Res. Comm.*, 36, Suppl. B: 171-173.
- Suchowilska E., Kandler W., Sulyok M., Wiwart M., Krska R., 2010. Mycotoxin profiles in the grain of *Triticum monococcum*, *Triticum dicoccum* and *Triticum spelta* after head infection with *Fusarium culmorum*. *J. Sci. Food Agric.*, 90: 556-565.
- Tamburic-Ilincic L., Somers D., Fedak G., Schaafsma A., 2009. Different quantitative trait loci *Fusarium* resistance in wheat seedlings and adult stage in the Wuhan/Nyubai wheat population. *Euphytica*, 165: 453-458.
- Tyburiski J., Babalski M., 2006. Uprawa pszenicy orkisz. *Poradnik dla rolników. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie, Oddział w Radomiu.*
- Wang J., Wieser H., Pawelzik E., Weinert J., Keutgen A.J., Wolf G.A., 2005. Impact of fungal protease produced by *Fusarium culmorum* on the protein quality and breadmaking properties of winter wheat. *Eur. Food Res. Technol.*, 220: 552-559.
- Wiśniewska H., Buśko M., 2005. Evaluation of spring wheat resistance to *Fusarium* seedling blight and head blight. *Biologia, Bratislava*, 60(3): 287-293.
- Wiwart M., Perkowski J., Jackowiak H., Packa D., Borusiewicz A., Buśko M., 2004. Response of some cultivars of spring spelt (*Triticum spelta*) to *Fusarium culmorum* infection. *Bodenkultur*, 55(3): 103-111.

- Wiwart M., Kandler W., Perkowski J., Berthiller F., Preinerstorfer B., Suchowilska E., Buško M., Laskowska M., Krška R., 2009.** Concentrations of some metabolites produced by fungi of the genus *Fusarium* and selected elements in spring spelt grain. *Cereal Chem.*, 86(1): 52-60.
- Wiwart M., Perkowski J., Budzyński W., Suchowilska E., Buško M., Matysiak A., 2011.** Concentrations of ergosterol and trichothecenes in the grain of three *Triticum* species. *Czech. J. Food Sci.*, 4: 430-440.
- Zhou W.C., Kolb F.L., Riechers D.E., 2005.** Identification of proteins induced or upregulated by *Fusarium* head blight infection in the spikes of hexaploid wheat (*Triticum aestivum*). *Genome*, 48: 770-780.

Polskie Normy, akty prawne i strony internetowe

- PN-EN ISO 20483:2007. Ziarno zbóż i nasiona roślin strączkowych. Oznaczanie zawartości azotu i przeliczanie na zawartość białka. Metoda Kjeldahla.
- PN-EN ISO 734-1:2008. Śruta nasion oleistych. Oznaczanie zawartości oleju. Część 1: Metoda ekstrakcji heksanem (lub benzyną lekką).
- PN-G-04560:1998. Paliwa stałe. Oznaczanie zawartości wilgoci, części lotnych oraz popiołu analizatorem automatycznym.
- Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1881/2006. z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Dz.U. L 364 z 20.12.2006, str. 5.
- Rozporządzenie Komisji (WE) NR 1126/2007. z dnia 28 września 2007 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych w odniesieniu do toksyn *Fusarium* w kukurydzy i produktach z kukurydzy. Dz.U. L 255 z 29.9.2007, str. 14.
- www.cropnet.pl/dbases/mycotoxins.pdf J. Chełkowski. Mikotoksyny, grzyby toksynotwórcze i mikotoksykozy (28.08.2012)
- www.coboru.pl (28.08.2012)

D. Packa, D. Załuski, Ł. Graban, W. Lajszner, M. Hościk

THE RESPONSE OF DIPLOID, TETRAPLOID AND HEXAPLOID WHEATS TO *FUSARIUM CULMORUM* (W.G.SMITH) SACC. INOCULATION

Summary

The aim of this study was to determine the response of three hulled wheat species of the genus *Triticum*, *T. monococcum* 2n=14, *T. dicoccum* 2n=28 and *T. spelta* 2n=42, to *Fusarium culmorum* (W.G.Smith) Sacc. infection, as compared with the

common wheat *T. aestivum* 2n=42 represented by three spring cultivars, Parabola (group A, FHB-7.5°), Frontana and Sumai-3 (*Fusarium* head blight resistance sources). A three-year field experiment and a greenhouse experiment were carried out. The field experiment was conducted in 2006–2008 at the Experimental Station of the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, located in Bałcyny near Ostróda (53°36'N, 19°51'E). Plot area was 6.0 m², NPK fertilizers were applied at the rates of 40/25/80 kg ha⁻¹, and chemical control was not applied except for herbicide treatment. In the field experiment, wheat stands at the full flowering stage (65 BBCH) were inoculated with an aqueous spore suspension of *Fusarium culmorum* – DON chemotype, with the use of a hand sprayer. The suspension with a concentration of 500 000 spores per mL was applied at 600 mL per plot each time. Inoculation was performed twice, on two consecutive days, in the evening, towards the end of June and in the first week of July. Non-inoculated plants served as control. The *F. culmorum* isolate used for inoculation was obtained from naturally infected grain of common spring wheat grown in north-eastern Poland. At harvest, 30 spikes were collected from each plot and the following biometric traits were measured: spike length, spike density, total spike weight, number of grains per spike, grain weight per spike, grain weight as a percentage of spike weight, and thousand grain weight. A qualitative analysis of wheat grain was conducted to determine the content of protein, fat, fiber and ash in kernel dry matter. Spike inoculation led to a decrease in the values of yield components in all studied wheat species, whereas it had no effect on spike length and density. Among hulled wheats, the lowest decrease in the values of the analyzed biometric traits after inoculation was noted in *T. spelta*. The content of protein, fat, fiber and ash in wheat grain after inoculation varied between years, showing both a decrease and an increase, but in the majority of cases the differences between control and inoculation treatments were statistically non-significant.

The effect of *Fusarium culmorum* infection on the number and weight of wheat seedlings after the inoculation of spikes and hulled kernels was determined in the greenhouse experiment. Spikelets/kernels were placed on the surface of seven-day-old *Fusarium culmorum* mycelium (inoculation) or on the surface of pure PDA medium (control). The experiment was performed in three replications (3 x 10 spikelets/kernels), and wheat seedlings were evaluated after 21 days. After inoculation, a decrease was observed in the number and weight of seedlings of all studied wheat forms, relative to control, and the differences were found to be significant. Among hulled wheat forms, *T. monococcum* exhibited the strongest response to inoculation, while the weakest response was noted in *T. spelta* after spikelet inoculation. In both experiments, the significance of differences between means was determined by Tukey's test at $\alpha = 0.05$ (*) and $\alpha = 0.01$ (**).

key words: *Triticum* spp. seedling phase, maturity phase, grain yield components, yield quality.