

Received: 03.06.2018 / Accepted: 15.10.2018

Susceptibility of diploid, tetraploid and hexaploid wheat species to *Zymoseptoria tritici* and *Blumeria graminis* infections

Podatność diploidalnych, tetraploidalnych i heksaploidalnych gatunków pszenicy na porażenie przez *Zymoseptoria tritici* i *Blumeria graminis*

Adrian Duba, Urszula Wachowska*

Summary

Blumeria graminis and *Zymoseptoria tritici* are dangerous pathogens of cereals causing powdery mildew and Septoria tritici blotch (STB) of wheat, respectively. A two-year field-plot experiment was conducted to determine the susceptibility of the diploid species *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*, tetraploid species *T. turgidum* ssp. *dicoccum* and *T. turgidum* ssp. *polonicum*, and hexaploid species *T. aestivum* ssp. *spelta* and *T. aestivum* ssp. *aestivum* to infections caused by *B. graminis* and *Z. tritici*. In a greenhouse experiment, the analyzed wheat species were inoculated with a spore suspension of *Z. tritici*. Common wheat was infected the most by the examined pathogens. Tetraploid wheat species were relatively susceptible to STB, whereas the symptoms of powdery mildew were observed only in the field experiments in 2016. The diploid species *T. monococcum* ssp. *monococcum* was not infected by either of the pathogens under field conditions, but it was infected by *Z. tritici* after inoculation in the greenhouse conditions.

Key words: *Triticum turgidum*; *Triticum aestivum*; *Triticum monococcum*; Septoria leaf blotch; powdery mildew

Streszczenie

Gatunki *Zymoseptoria tritici* i *Blumeria graminis* to groźne patogeny zbóż powodujące septoriozę paskowaną liści oraz mączniaka prawdziwego zbóż i traw. W dwuletnich badaniach poletkowych oceniano wrażliwość diploidalnego gatunku *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*, tetraploidalnych *T. turgidum* ssp. *dicoccum* i *T. turgidum* ssp. *polonicum* oraz heksaploidalnych gatunków *T. aestivum* ssp. *spelta* i *T. aestivum* ssp. *aestivum* na porażenie przez *B. graminis* i *Z. tritici*. W szklarni pszenice inokulowano zawiesiną zarodników *Z. tritici*. Pszenica zwyczajna była najsilniej porażana przez badane patogeny. Gatunki tetraploidalne wykazywały dość dużą podatność na porażenie przez *Z. tritici*, objawy mączniaka prawdziwego obserwowano na liściach tych gatunków w warunkach polowych tylko w pierwszym roku badań. Diploidalny gatunek *T. monococcum* ssp. *monococcum* nie był porażany przez żaden z omawianych patogenów w warunkach naturalnych, natomiast uległ porażeniu przez *Z. tritici* po inokulacji roślin w szklarni.

Słowa kluczowe: *Triticum turgidum*; *Triticum aestivum*; *Triticum monococcum*; septorioza paskowana liści; mączniak prawdziwy zbóż i traw

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Katedra Entomologii, Fitopatologii i Diagnostyki Molekularnej
Prawocheńskiego 17, 10-720 Olsztyn
*corresponding author: urszula.wachowska@uwm.edu.pl

Wstęp / Introduction

Grzyb *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg & Crous [synonim: *Septoria tritici* Desm., teleomorfa: *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter] to patogen powodujący septoriozę paskowaną liści. Jest to jedna z groźniejszych chorób pszenicy w Polsce (Mirzwa-Mróż i wsp. 2005; Wachowska i wsp. 2018). Grzyb *Z. tritici* jest hemibiotrofem z długą fazą biotroficzną bez objawów chorobowych, po której następuje faza nekrotroficzna (Somai-Jemmali i wsp. 2017). W tej ostatniej fazie tkanka liści zamiera, z czasem tworzą się na niej piknidia (Shetty i wsp. 2009). Proces infekcji *Z. tritici* rozpoczynają kielkujące askospory i piknidiospory na powierzchni liścia. *Z. tritici* wnika do rośliny najczęściej przez aparaty szparkowe (Jing i wsp. 2008; Shetty i wsp. 2009), rzadziej bezpośrednio przez epidermę (Somai-Jemmali i wsp. 2017). Patogen rozprzestrzenia się wyłącznie międzykomórkowo, nie tworzy ssawek lub innych specjalistycznych struktur (Somai-Jemmali i wsp. 2017). Rozwój epidemii septoriozy paskowanej liści jest ściśle związany z przebiegiem warunków pogodowych, a tempo rozwoju objawów choroby uzależnione jest od podatności rośliny żywicielskiej (Mirzwa-Mróż i Zamorski 2002).

Patogen *Blumeria graminis* (DC.) E.O. Speer f. sp. *tritici* Em. Marchali jest sprawcą mączniaka prawdziwego zbóż i traw. Grzyb ten jest obligatoryjnym biotrofem, tworzącym zróżnicowane formy specjalne (f. sp.), które porażają różnych żywicieli. Patogen *B. graminis* f. sp. *tritici* infekuje wyłącznie komórki epidermy i kolonizuje powierzchnię liści żywiciela (Esmail i Draz 2017). W badaniach Esmail i Draz (2017) po

5 dniach od inokulacji patogen tworzył rozległy nalot strzępek z licznymi ssawkami wrastającymi do komórek epidermy i bulwiaste konidiofory z konidiami (oidiami). Z czasem na nalocie tworzą się chasmotecja wypełnione zarodnikami workowymi (Mirzwa-Mróż i Zamorski 2002).

Diploidalny gatunek *Triticum monococcum* ssp. *monococcum*, tetraploidalne *T. turgidum* ssp. *dicoccum* i *T. turgidum* ssp. *polonicum* oraz heksaploidalny *T. aestivum* ssp. *spelta* mogą stanowić potencjalne źródła genów odporności dla *T. aestivum* ssp. *aestivum*. Podatność wymienionych gatunków pszenicy, uprawianych w Polsce na niewielkim areale, na porażenie przez patogeny jest słabo poznana (Wiwart i wsp. 2016).

Celem badań była ocena wrażliwości jarych form pszenicy o różnym stopniu ploidalności na porażenie przez patogeny *B. graminis* i *Z. tritici* oraz prześledzenie rozwoju chorób przez nie powodowanych.

Materiały i metody / Materials and methods

Materiał roślinny

Materiał do badań stanowiło siedem linii i odmian pszenicy o różnym stopniu ploidalności: diploidalny gatunek *T. monococcum* ssp. *monococcum* 405, tetraploidalne *T. turgidum* ssp. *dicoccum* 475 i *T. turgidum* ssp. *polonicum* 618 oraz heksaploidalne *T. aestivum* ssp. *spelta* odmiana Wirtas oraz *T. aestivum* ssp. *spelta* 307, a także linia *T. aestivum* ssp. *aestivum* 307 i odmiana Sumai 3 (tab. 1). Ziarno pochodziło z rozmnożeń akcesji uzyskanych z Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research IPK, Gatersleben (Niemcy) i z National Plant Germplasm System (USA).

Tabela 1. Pochodzenie gatunków *Triticum* użytych w doświadczeniach
Table 1. Origin of *Triticum* species genotypes used in the trials

Gatunek <i>Triticum</i> / Numer taksonu lub odmiana Species <i>Triticum</i> / Taxon number or cultivar	Ploidalność Ploidy	Pochodzenie Origin
Pszenica samopsza – Einkorn wheat (<i>T. monococcum</i> ssp. <i>monococcum</i>) 405	diploid	TRI579/Niemcy – Germany
Pszenica płaskurka – Emmer wheat (<i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccum</i>) 475	tetraploid	TRI9574/Niemcy – Germany
Pszenica polska – Polish wheat (<i>T. turgidum</i> ssp. <i>polonicum</i>) 618	tetraploid	TRI3550/Niemcy – Germany
Pszenica orkisz – Spelt wheat (<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i>) 157	heksaploid – hexaploid	PI168679/USA
Pszenica orkisz – Spelt wheat (<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i>) odmiana – cultivar Wirtas	heksaploid – hexaploid	UWM
Pszenica zwyczajna – Bread wheat (<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i>) 307	heksaploid – hexaploid	PI387457/USA
Pszenica zwyczajna – Bread wheat (<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i>) odmiana – cultivar Sumai 3	heksaploid – hexaploid	UWM (rozmnożenie własne – own reproduction)

Dwie odmiany jare włączone do badań, polską odmianę orkiszu Wirtas zarejestrowaną w roku 2015 (COBORU 2015) i odmianę pszenicy zwyczajnej Sumai 3, rozmnożono w Bałcynach, w Polsce północno-wschodniej.

Badania polowe

Ocenę wrażliwości pszenic na porażenie przez patogeny *Z. tritici* i *B. graminis* f. sp. *tritici* monitorowano w doświadczeniu poletkowym zlokalizowanym w Tomaszku koło Olsztyna. Badania prowadzono w latach 2016 i 2017. W roku 2016 od kwietnia do lipca było cieplej (przeciętne temperatury w kwietniu 7,4°C, maju 13,6°C, czerwcu 17,1°C, lipcu 18,1°C) niż w roku 2017 (w kwietniu 5,7°C, maju 12,1°C, czerwcu 15,7°C, lipcu 16,7°C). W pierwszym roku badań od maja do lipca odnotowano też na ogół większą ilość opadów (w maju 56,9 mm, czerwcu 69,3 mm, lipcu 130,4 mm) niż w drugim roku (w maju 25,1 mm, czerwcu 74,5 mm, lipcu 107,6 mm). Jednak opady w kwietniu w roku 2017 (59,1 mm) były zdecydowanie bardziej obfite niż w roku 2016 (28,8 mm). Pszenice jare wysiewano na poletkach o powierzchni 1 m². Nawożenie azotowe, potasowe i fosforowe zastosowano na całej powierzchni doświadczenia. Wynosiło ono w przeliczeniu na 1 hektar: P₂O₅ – 60 kg (superfosfat FosdarTM, Gdańskie Zakłady Nawozów Fosforowych Fosfory Sp. z o.o.), N – 100 kg (salertra amonowa 34%, Grupa Azoty, Puławy), K₂O – 60 kg (sól potasowa 60%, Luvena, Luboń). Nasilenie porażenia liści flagowych pszenic określano w fazie dojrzałości woskowej ziarna (BBCH 83) (Meier 2003). Łącznie oceniano 100 losowo wybranych liści z każdej linii/odmiany. Ocenę porażenia roślin wykonano na podstawie skali opracowanej przez Europejską i Śródziemnomorską Organizację Ochrony Roślin – Bulletin EPP0 (1998), odnotowując średni procent porażenia liści. Za wrażliwe uznano linie/odmiany o dużej podatności na porażenie – wówczas, gdy ponad 30% powierzchni liści wykazywało zmiany chorobowe. Za odporne/mało podatne uznano rośliny o małej podatności na porażenie – nasilenie objawów chorób nie przekraczało 5% powierzchni liści.

Badania szklarniowe

W roku 2016 ziarno pszenicy zwyczajnej i kłoski form niewymłaczalnych wysiewano do plastikowych doniczek o średnicy 22 cm wypełnionych glebą ogrodniczą. Do doniczek wysiewano po 20 ziaren/kłosek na głębokość 1 cm. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach. Rosnące rośliny regularnie podlewano i nawożono w okresie strzelania w źdźbło (BBCH 31, Polifoska® 6, Grupa Azoty, Puławy, 12 gram/donicę). W fazie pełni kłoszenia (BBCH 55) liście pszenic inokulowano wodną zawiesiną zarodników *Z. tritici* o gęstości 10⁶/ml z dodatkiem 0,01% Tween-20 (Sigma-Aldrich, Polska). Wybrany izolat *Z. tritici* Zt5 pochodził z kolekcji Katedry Entomologii, Fitopatologii

i Diagnostyki Molekularnej, uzyskano go w roku 2014 z liści pszenicy ozimej odmiany Bogatka. Izolat przechowywany był w temperaturze –80°C. Hodowano go na podłożu glukozowo-ziemniaczanym w temperaturze 24°C przez okres 10 dni. Sekwencję amplikonu izolatu *Z. tritici* Zt5, uzyskaną za pomocą starterów ITS4 i ITS5 (White i wsp. 1990), umieszczono w GenBank BLAST (NCBI 2016) pod numerem akcesyjnym KX272953. Koncentrację zarodników określono w komorze Thoma w mikroskopie Nikon Eclipse E 200 (Japonia). Inokulację wykonano opryskując liście flagowe wodną zawiesiną zarodników opryskiwaczem ręcznym (Marolex, Titan, Polska). Inokulowane rośliny przykryto plastikowymi torebkami na 48 godzin. Rozwój objawów chorobowych monitorowano co cztery dni. Ocenę porażenia roślin wykonano po 30 dniach.

Analiza statystyczna

Analizę wariancji wykonano za pomocą programu Statistica 12 (ANOVA). Istotność różnic między średnimi oszacowano testem Newmana-Keulsa ($p < 0,01$).

Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W latach 2016–2017 w warunkach naturalnych infekcji nasilenie septoriozy paskowanej liści na liściach flagowych siedmiu genotypów pszenic o różnym stopniu ploidalności było zróżnicowane (tab. 2). W roku 2017 przebieg warunków pogodowych był bardziej korzystny dla rozwoju septoriozy paskowanej liści, niż w roku 2016. Rośliny heksaploidalnej pszenicy *T. aestivum* odmiany Sumai 3 i linii 307 wykazywały typowe objawy choroby z nekrotycznymi plamami i piknidiami. Nasilenie tych objawów w roku 2017 wynosiło kolejno 7,78 i 90,01% powierzchni ocenianych liści flagowych (tab. 2). We wcześniejszych badaniach objawy septoriozy paskowanej liści występowały w różnym nasileniu w zależności od genotypu pszenicy zwyczajnej, a ich nasilenie uzależnione było także od przebiegu warunków pogodowych (Mirzwa-Mróż i Zamorski 2002). W Polsce stadium doskonałe w postaci pseudotecjów wypełnionych zarodnikami workowymi na obumierających liściach obserwowano już w lipcu (Mirzwa-Mróż i wsp. 2005).

W prezentowanych badaniach na liściach heksaploidalnej pszenicy orkisz odmiany Wirtas i linii 157, wysianych na poletkach, obserwowano nekrotyczne wydłużone plamy bez obecności piknidiów (tab. 2). W szklarni po inokulacji liści izolatem *Z. tritici* pszenica orkisz nie wykazywała zmian chorobowych (tab. 3). W badaniach Simon i wsp. (2010) prowadzonych w szklarni inokulowano 87 linii *T. aestivum* spp. *spelta* w dwóch terminach: w fazie siewki i fazie dojrzwiania ziarna. Ponad 80% testowanych linii wykazywało nekrozy na liściach flagowych. Cytowani autorzy obserwowali piknidia na liściach siewek, wyłącznie na roślinach pszenicy orkisz inokulowanych w fazie siewki.

Tabela 2. Nasilenie objawów septoriozy paskowanej liści pszenicy i mączniaka prawdziwego zbóż i traw u wybranych linii/odmian *Triticum* w latach 2016–2017 (procent porażonej powierzchni liści flagowych)Table 2. Severity of *Septoria tritici* blotch and powdery mildew on selected *Triticum* lines/cultivars in 2016–2017 (% infected area of flag leaves)

Gatunek <i>Triticum</i> / numer taksonu lub odmiana Species <i>Triticum</i> / number of taxon or cultivar	<i>Zymoseptoria tritici</i>			<i>Blumeria graminis</i>		
	2016	2017	średnio dla linii average for lines	2016	2017	średnio dla linii average for lines
<i>T. monococcum</i> ssp. <i>monococcum</i> 405	0 fg	0 fg	0 E	0 d	0 d	0 B
<i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccum</i> 475	0,10 f	46,00 b	23,05 B	0,80 d	0 d	0,40 B
<i>T. turgidum</i> ssp. <i>polonicum</i> 618	1,00 f	17,00 c	9,00 C	1,00 d	0 d	0,50 B
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i> 157	0,08 fg	0 fg	0,04 E	0,16 d	0 d	0,08 B
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i> odmiana – cultivar Wirtas	0,30 f	11,00 d	5,65 CD	0,40 d	0 d	0,20 B
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i> 307	0,60 f	90,01 a	45,30 A	5,00 b	29,00 a	17,00 A
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i> odmiana – cultivar Sumai 3	1,00 f	7,78 de	4,39 D	0 d	2,33 c	1,67 B
Średnio w latach – Average in years	0,31 X	17,10 Y	–	0,79 X	3,11 Y	–

Jednakowymi literami oznaczono wartości nieróżniące się istotnie według testu Newmana-Keulsza ($p < 0,01$): a–f – dla interakcji lata \times odmiana/linia; X–Y – przeciętnie w latach; A, B – przeciętnie dla odmian/linii

Values labeled by the same letter do not differ significantly at Newman-Keuls test ($p < 0.01$): a–f – for interactions year \times line/cultivar; X–Y – for year; A, B – for line/cultivar

Tabela 3. Nasilenie objawów septoriozy paskowanej liści pszenicy u wybranych linii/odmian *Triticum* w szklarni (procent porażonej powierzchni liści flagowych)Table 3. Severity of *Septoria blotch* on selected *Triticum* lines/cultivars in the glasshouse trial (% infected area of flag leaves)

Gatunek <i>Triticum</i> / numer taksonu lub odmiana Species <i>Triticum</i> / number of taxon or cultivar	<i>Zymoseptoria tritici</i>
<i>T. monococcum</i> ssp. <i>monococcum</i> 405	1,67 b
<i>T. turgidum</i> ssp. <i>dicoccum</i> 475	2,73 b
<i>T. turgidum</i> ssp. <i>polonicum</i> 618	2,07 b
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i> 157	0 b
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>spelta</i> odmiana – cultivar Wirtas	0 b
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i> 307	7,00 a
<i>T. aestivum</i> ssp. <i>aestivum</i> odmiana – cultivar Sumai 3	0,73 b

Jednakowymi literami oznaczono wartości nieróżniące się istotnie według testu Newmana-Keulsza ($p < 0,01$)

Values denoted by the same letter do not differ significantly at Newman-Keuls test ($p < 0.01$)

Tetraploidalne gatunki *T. turgidum* ssp. *polonicum* 618 i *T. turgidum* ssp. *dicoccum* 475 porażane były przez *Z. tritici* zarówno w warunkach polowych, jak i w szklarni (tab. 2, 3). Jednak nasilenie objawów chorobowych pojawiających się w postaci wydłużonych nekroz bez piknidiów nie przekra-

czało 17% w przypadku pierwszego gatunku. W roku 2017 nekrozy na liściach flagowych *T. turgidum* ssp. *dicoccum* 475 obejmowały 46% powierzchni liści flagowych (tab. 2). W badaniach Somai-Jemmal i wsp. (2017) gatunek *T. turgidum* ssp. *durum* inokulowany zawiesiną zarodników *Z. tritici* wykazywał typowe objawy porażenia z piknidiami, w cytowanych badaniach ich nasilenie sięgało nawet 60% powierzchni blaszki liścia. Z kolei Seifbarghi i wsp. (2009) obserwowali septoriozę liści na gatunkach *T. turgidum* ssp. *polonicum* i *T. turgidum* ssp. *dicoccum*.

W warunkach polowych na zielonych liściach diploidalnego gatunku *T. monococcum* ssp. *monococcum* 405 nie odnotowano objawów septoriozy paskowanej. W szklarni, w ciągu 30 dni obserwacji po inokulacji liści, zaobserwowano małe nekrotyczne plamki na kilku liściach. Nie stwierdzono jednak obecności piknidiów. Jing i wsp. (2008) badający interakcje między kilkoma izolatami *Z. tritici* i genotypami *T. monococcum* ssp. *monococcum* wyróżnili kilka fenotypów odporności roślin. Pierwszy charakteryzował się wytwarzaniem plam i piknidiów. Drugi wyróżnił się tworzeniem niedojrzewających piknidiów, bez zarodników. Trzeci typ fenotypowej odporności charakteryzował się brakiem rozwoju piknidiów, także wzrost grzyba był zahamowany w aparacie szparkowym, co objawiało się jego czernieniem (Jing i wsp. 2008).

W warunkach polowych, praktycznie wszystkie testowane pszenice, z wyjątkiem *T. monococcum* ssp. *monococcum*,

porażane były przez *B. graminis* (tab. 2). Na liściach obserwowano objawy typowe dla mączniaka prawdziwego zbóż i traw. Linia *T. aestivum* ssp. *aestivum* 307 była najbardziej podatna na porażenie przez *B. graminis*. Nasilenie objawów mączniaka prawdziwego na liściach pozostałych badanych pszenic było istotnie mniejsze. W literaturze symptomy tej choroby opisywane są na pszenicach o różnych stopniach ploidalności (Esmail i Draz 2017). Co ciekawe w badaniach filogenetycznych prowadzonych przez Menardo i Wicker (2017) stwierdzono, że izolaty *B. graminis* f. sp. *tritici* grupują się w dwóch kładach określonych przez autorów jako Bgt 1 (żywiciel *T. aestivum* spp. *aestivum*) i Bgt 2 (żywiciel *T. turgidum* ssp. *dicoccum*).

Wnioski / Conclusions

1. Heksaploidalna linia *T. aestivum* ssp. *aestivum* była najbardziej podatna na porażenie przez patogeny *Z. tritici* i *B. graminis* f. sp. *tritici*. Podatność heksaploidalnego orkiszu i pszenicy zwyczajnej odmiany Sumai 3 oszacowano na niskim poziomie.
2. Tetraploidale gatunki *T. turgidum* ssp. *polonicum* i *T. turgidum* ssp. *dicoccum* wykazywały przeciętną podatność na porażenie przez patogena *Z. tritici* oraz znikomą na *B. graminis* f. sp. *tritici*.
3. Diploidalna linia *T. monococcum* ssp. *monococcum* nie była porażana przez żaden z omawianych patogenów w warunkach naturalnych, natomiast uległa porażeniu przez *Z. tritici* po inokulacji roślin w szklarni.

Literatura / References

- Bulletin EPPO 1998. Guideline for the efficacy evaluation of fungicides. PP/1/26/3. Foliar diseases of cereals 28: 279–290.
- COBORU 2015. www.coboru.pl/Polska/Wydarzenia/2015/20150119.aspx [dostęp: 22.05.2018].
- Esmail S.M., Draz I.S. 2017. Fungal morphogenesis tracking of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* on leaf freed of epicuticular wax using scanning electron microscopy. *International Journal of Microbiology and Biotechnology* 2 (4): 181–188. DOI: 10.11648/j.ijmb.20170204.16.
- Jing H.C., Lovell D., Gutteridge R., Jenk D., Korniyukhin D., Mitrofanova O.P., Kema G.H.J., Hammond-Kosack K.E. 2008. Phenotypic and genetic analysis of the *Triticum monococcum* – *Mycosphaerella graminicola* interaction. *New Phytologist* 179 (4): 1121–1132. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2008.02526.x.
- Meier U. 2003. Phenological growth stages. p. 269–283. In: “Phenology: An Integrative Science” (M.D. Schwarz, ed.). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- Menardo F., Wicker T., Keller B. 2017. Reconstructing the evolutionary history of powdery mildew lineages (*Blumeria graminis*) at different evolutionary time scales with NGS data. *Genome Biology and Evolution* 9 (2): 446–456. DOI: 10.1093/gbe/evx008.
- Mirzwa-Mróż E., Tvaružek L., Zamorski C., Nowicki B. 2005. Research on the development of *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter teleomorph on wheat leaves from Poland and Czech Republic. [Badania rozwoju teleomorfy grzyba *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter na liściach pszenicy z Polski i Czech]. *Acta Agrobotanica* 58 (1): 59–65. DOI: 10.5586/aa.2005.009.
- Mirzwa-Mróż E., Zamorski C. 2002. Podatność genotypów pszenicy ozimej na porażenie przez *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter. [Reaction of winter wheat genotypes to infection by *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) Schroeter]. *Acta Agrobotanica* 55 (1): 233–246. DOI: 10.5586/aa.2002.022.
- NCBI 2016. National Center for Biotechnology Information, BLAST (Basic Local Alignment Search Tool). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> [Accessed: 22.05.2018].
- Seifbarghi S., Razavi M., Aminian H., Zare R., Etebarian H.-R. 2009. Studies on the host range of *Septoria* species on cereals and some wild grasses in Iran. *Phytopathologia Mediterranea* 48 (3): 422–429. DOI: http://dx.doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-2940.
- Shetty N.P., Jensen J.D., Knudsen A., Finnie C., Geshi N., Blennow A., Collinge D.B., Jørgensen H.J.L. 2009. Effects of β-1,3-glucan from *Septoria tritici* on structural defense responses in wheat. *Journal of Experimental Botany* 60 (15): 4287–4300. DOI: 10.1093/jxb/erp269.
- Simon M.R., Khlestkina E.K., Castillo N.S., Börner A. 2010. Mapping quantitative resistance to septoria tritici blotch in spelt wheat. *European Journal of Plant Pathology* 128 (3): 317–324. DOI: 10.1007/s10658-010-9640-y.
- Somai-Jemmali L., Randoux B., Siah A., Magnin-Robert M., Halama P., Reignault P., Hamada W. 2017. Similar infection process and induced defense patterns during compatible interactions between *Zymoseptoria tritici* and both bread and durum wheat species. *European Journal of Plant Pathology* 147 (4): 787–801. DOI: 10.1007/s10658-016-1043-2.
- Wachowska U., Konopka I., Duba A., Goriewa K., Wiwart M. 2018. The effects of various plant protection methods on the development of *Zymoseptoria tritici* and *Cephalosporium gramineum*, grain yield and protein profile. *International Journal of Pest Management*. DOI: 10.1080/09670874.2018.1474282.
- White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. p. 315–322. In: “PCR Protocols: a Guide to Methods and Applications” (M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, T.J. White, eds.). Academic Press, San Diego, California, USA. DOI: 10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1.
- Wiwart M., Suchowilska E., Kandler W., Sulyok M., Wachowska U., Kraska R. 2016. The response of selected *Triticum* spp. genotypes with different ploidy levels to head blight caused by *Fusarium culmorum* (W.G.Smith) Sacc. *Toxins* 8 (4): 112. DOI: 10.3390/toxins8040112.