

IRENA KIECANA
ELŻBIETA MIELNICZUK
MAŁGORZATA CEGIELKO
ALEKSANDRA SZOLKOWSKA ¹

Katedra Fitopatologii Akademii Rolniczej w Lublinie

¹ Hodowla Roślin DANKO, Choryń

Grzyby porażające korzenie i podstawę źdźbła owsa (*Avena sativa* L.)

Fungi infecting roots and stem bases in oat (*Avena sativa* L.)

Badania przeprowadzono w latach 2004–2006 na polach Hodowli Roślin Danko w Kopaszewie, woj. wielkopolskie. W każdym sezonie wegetacji w fazie dojrzałości późno-woskowej ziarna (87 w skali Tottmana (1987) oceniano porażenie korzeni i dolnych międzywęźli źdźbeł. Odsetek źdźbeł wykazujących objawy chorobowe wynosił od 32 (Rajtar) do 85% (Deresz) w 2004 roku, od 44 (Gniady) do 93% (Breton) w 2005 roku i od 8 (Cwał) do 34.5% (Rajtar) w 2006 roku. Średnio po 3 latach badań udział źdźbeł z objawami nekrozy korzeni i podstawy źdźbeł wynosił od 42% w przypadku odmiany Rajtar do 64 w przypadku odmiany Breton. Analiza mikologiczna chorych roślin wykazała, że przyczyną chorób podsuszkowych owsa, w każdym sezonie wegetacji były grzyby z rodzaju *Fusarium*, a w szczególności gatunek *F. culmorum* oraz *Bipolaris sorokiniana*.

Słowa kluczowe: *Biopolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp., nekroza podstawy źdźbła, zgnilizna korzeni

The investigations were carried out in 2004–2006 in the plots of Plant Breeding Station in Kopaszewo. Disease symptoms were recorded in each vegetation season at the hard dough stage (87 in the Tottman scale (1987)). The percentage of diseased stems ranged from 32 (Rajtar) to 85% (Deresz) in 2004, from 44 (Gniady) to 93% (Breton) in 2005, and from 8 (Cwał) to 34.5% (Rajtar) in 2006. After a 3-year period the proportion of stems with root rot and stem bases necrosis ranged from 42% in cv. Rajtar to 64% in cv. Breton. A mycological analysis of the diseased plants showed that the causal agents of these diseases in each vegetation season were fungi belonging to *Fusarium* spp. particularly *F. culmorum*, and *Biopolaris sorokiniana*.

Key words: *Biopolaris sorokiniana*, *Fusarium* spp., necrosis of stem bases, root rot

WSTĘP

Problem chorób korzeni i podstawy źdźbła zbóż nabiera w ostatnich latach szczególnego znaczenia, zwłaszcza w związku z coraz szerszą uprawą roślin zbożowych w monokulturach, z pominięciem tradycyjnego płodozmianu, jak również z wprowadzaniem

uproszczonych systemów uprawy gleby („minimum tillage system”) (Łacicowa, Pięta, 1998; Kiecana i in., 2003; Chełkowski, 2005).

Pomimo, że owies uważany jest za gatunek, który dobrze plonuje w płodozmianach ze znacznym udziałem zbóż, jest on jednak porażany przez patogeny powodujące choroby podsuszkowe (Adamiak, Adamiak, 1999; Kiecana i in., 2003). Za jedną z głównych przyczyn tych chorób w uprawach owsa, jak również innych gatunków zbóż uznano grzyby z rodzaju *Fusarium*, a zwłaszcza *F. avenaceum* i *F. culmorum* oraz *Bipolaris sorokiniana* (Łacicowa, Pięta, 1998; Kiecana, Mielniczuk, 2001; Kiecana i in., 2003). Gatunki *F. avenaceum* i *F. culmorum* wyróżniają się obfitym zarodnikowaniem konidialnym. Makrokonidia tych grzybów tworzą się w sporodochiach rozwijających się na resztkach pozbiorowych na powierzchni gleby (Cook, 1981). Według Cooka (1968), *F. culmorum* szczególnie dobrze zarodkuje na słomie owsianej, co stanowi bezpośrednie zagrożenie dla roślin następczych, uprawianych po owsie, zwłaszcza przy pominięciu tradycyjnej orki głębokiej. Ponadto wymienione gatunki *Fusarium* charakteryzuje duża tolerancja na temperaturę i wilgotność (Łacicowa, Pięta, 1998; Kiecana i in., 2003).

Gatunek *B. sorokiniana* jest fakultatywnym pasożytem, który może bytować saprotroficznie w glebie. Za źródło infekcji pierwotnej tego grzyba uznano także materiał siewny (Łacicowa, 1990; Łacicowa i in., 1990; Cegielko, 2006). Dużą szkodliwość *B. sorokiniana* dla różnych genotypów owsa w warunkach Lubelszczyzny stwierdziła Cegielko (2006). Rozwojowi i zarodnikowaniu tego patogena sprzyja wysoka wilgotność (Łacicowa, 1990).

Celem prezentowanych badań było ustalenie przyczyny porażenia korzeni i podstawy żdźbła owsa uprawianego w warunkach Wielkopolski na polach stacji Hodowli Roślin Danko w Kopaszewie.

MATEIAŁ I METODY

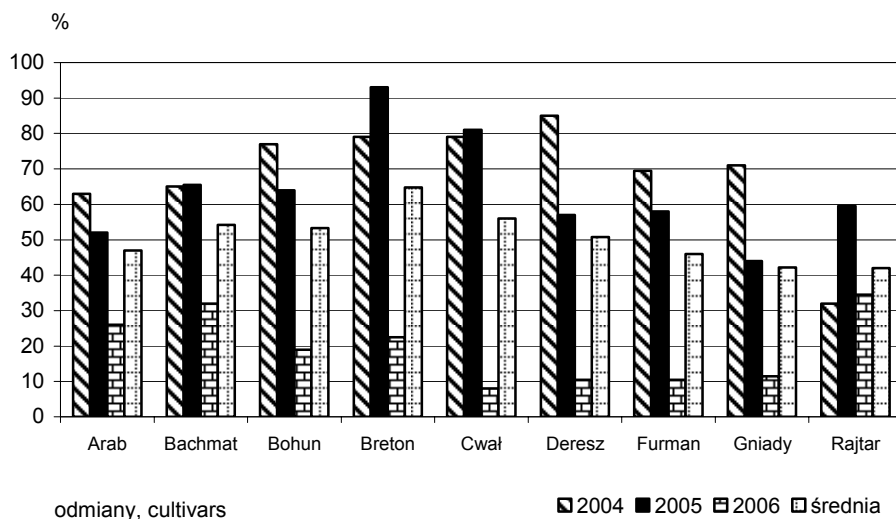
Badania przeprowadzono w latach 2004–2006 na polach Hodowli Roślin Danko w Kopaszewie, woj. wielkopolskie. Objęto nimi 9 odmian owsa: Arab, Bachmat, Bohun, Breton, Cwał, Deresz, Furman, Gniady i Rajtar, których ziarno zaprawiane na mokro zaprawą nasienną Maxim Star (200 mg preparatu na 100 kg ziarna), wysiewano w ilościach zalecanych dla praktyki rolniczej (Mazurek i in., 1993). W każdym roku badań przedplonem dla owsa były buraki cukrowe. W uprawach stosowano nawożenie mineralne, w ilościach N:P:K — 90:50:80 kg·ha⁻¹ oraz przeprowadzano zabieg herbicydowy z wykorzystaniem preparatu Mustang w dawce 0,6 l·ha⁻¹.

W każdym sezonie wegetacji oceniano porażenie korzeni oraz podstawy żdźbła owsa w fazie dojrzałości późno woskowej ziarna (87 w skali Tottmana (1987)). W tym celu pobierano po 200 żdźbeł (4×50 w różnych miejscach pola) każdej odmiany. W laboratorium ustalano udział żdźbeł z nekrotycznymi smugami na korzeniach i dolnych międzywęzłach oraz określano stopień ich porażenia wg 5° skali (Eng-Chong Pua i in., 1985). Natomiast wskaźniki chorobowe obliczono stosując wzór Mc Kinneya (Łacicowa, 1969). Uzyskane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem półprzedziałów ufności T-Tukeya (Żuk, 1989). W laboratorium przeprowadzono także analizę

mikologiczną chorych źdźbeł. Liczba fragmentów roślin pobieranych do analizy oraz sposób jej przeprowadzenia były takie jak w badaniach wcześniejszych owsa (Kiecana i in., 2003). Do oznaczania grzybów z rodzaju *Fusarium* użyto opracowania Nelsona i wsp. (1983), Burgessa i wsp. (1988). Przy określaniu innych gatunków grzybów wykorzystano klucze i monografie Elisa (1971), Domscha i wsp. (1980), Ramirez (1982) i Rifai (1969).

WYNIKI BADAŃ

W każdym sezonie wegetacji występowały rośliny z objawami zgnilizny korzeni i nekrotycznych smug na dolnych międzywęźlach. Odsetek takich źdźbeł wahał się od 32 (Rajtar) do 85% (Deresz) w 2004 roku, od 44 (Gniady) do 93% (Breton) w 2005 roku i od 8 (Cwał) do 34,5% (Rajtar) w 2006 r. Średnio po 3 latach badań udział źdźbeł z objawami chorobowymi wynosił od 42% w przypadku odmiany Rajtar do 64,8% w przypadku odmiany Breton (rys. 1).



Rys. 1. Procentowy udział źdźbeł z objawami zgnilizny korzeni i nekrozy na dolnych międzywęźlach
Fig. 1. The percentage of oat stems with necrosis on root rot and necrosis on the lower internodes

Natomiast średnie wskaźniki chorobowe dla badanych odmian wynosiły od 14,3 w przypadku odmiany Rajtar do 26,9 dla odmiany Bohun i różniły się istotnie (tab. 1).

W wyniku analizy mikologicznej chorych roślin uzyskano 2226 izolatów grzybów, w tym 1155 z korzeni i 1071 z dolnych międzywęźli źdźbeł (tab. 2). Wśród wyizolowanych w ciągu 3 lat badań koloni, 89% stanowiły grzyby z rodzaju *Fusarium*, przy czym w 2004 roku 100% uzyskanych izolatów grzybów należało do tego rodzaju.

Tabela 1

Wartości wskaźników chorobowych, średnio po 3 latach badań
Values of the disease index, mean after 3 years of studies

Odmiana — Cultivar	Wskaźnik chorobowy — Disease index
Rajtár	14,3a
Deresz	18,4ab
Gniady	19,0b
Breton	21,2bc
Furman	21,7bc
Bachmat	22,5bcd
Cwał	25,4cd
Arab	26,0d
Bohun	26,9d

Średnie różnią się istotnie ($P \leq 0,05$) jeżeli nie są oznaczone tą samą literą

Means differ significantly ($P \leq 0.05$) if they are not marked with the same letter

Tabela 2

Grzyby wyizolowane z korzeni i podstawy źdźbła owsa w latach 2004–2006
Fungi isolated from roots and stem bases in years 2004–2006

Gatunek grzyba Fungus species	Liczba izolatów w poszczególnych latach badań Number of isolates in each year of investigations	Ogólna liczba izolatów Total number of isolates
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissler	2005 k 0, pz 4; 2006 k 0, pz 47	51
<i>Aureobasidium pullulans</i> De Barry Arnaud	2005 k 10, pz 0; 2006 k 45, pz 26	81
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoem.	2005 k 0, pz 8; 2006 k 14, pz 18	40
<i>Fusarium avenaceum</i> (Fr.) Sacc.	2004 k 25, pz 5; 2005 k 12, pz 2; 2006 k 6, pz 12	62
<i>Fusarium culmorum</i> (W.G.Sm.) Sacc.	2004 k 320, pz 181; 2005 k 263, pz 300; 2006 k 159, pz 326	1549
<i>Fusarium equiseti</i> (Corda) Sacc.	2005 k 0, pz 15; 2006 k 4, pz 0	19
<i>Fusarium oxysporum</i> Schlecht	2005 k 70, pz 42; 2006 k 206, pz 26	344
<i>Fusarium poae</i> (Peck.) Wr.	2005 k 5, pz 9	14
<i>Fusarium sporotrichioides</i> Sherb.	2006 k 10, pz 0	10
<i>Penicillium verrucosum</i> Dierckx var. <i>cyclopium</i> (Westling) Samson, Stolk et Hadlok	2005 k 4, pz 9; 2006 k 2, pz 11	26
<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn	2006 k 0, pz 13	13
<i>Trichoderma vireide</i> Rifai	2006 0, pz 17	17
Razem	2004 k 345, pz 186; 2005 k 364, pz 389; 2006 k	2226
Total	446, pz 496	

k — korzenie, roots

pz — podstawa źdźbła, stem base

W tym roku badań gatunek *F. culmorum* stanowił 92,75% (320 izolatów) wszystkich wyosobnień z korzeni i 97,31% (181 izolatów) z podstawy źdźbła, pozostałe kolonie należały do *F. avenaceum*. W sezonach wegetacji 2005 i 2006, zarówno z korzeni, jak i z podstawy źdźbła w największych ilościach uzyskiwano także gatunek *F. culmorum*, którego izolaty stanowiły: w 2005 roku 75,14% (263 izolaty) wszystkich *Fusarium* spp. wyizolowanych z korzeni i 81,52% (300 izolatów) z dolnych międzywęźli, zaś w 2006 roku 41,3% (159 izolatów) ogółu *Fusarium* spp. z korzeni i 83,16% (326 izolatów) z podstawy źdźbła (tab. 2). Pozostałe gatunki z tego rodzaju były reprezentowane przez *F. avenaceum*, *F. equiseti*, *F. oxysporum*, *F. poae* i *F. sporotrichioides*. Gatunek *B.*

sorokiniana wyizolowywano w 2005 roku z podstawy źdźbła owsa — 8 izolatów oraz z korzeni i podstawy źdźbła w 2006 roku — łącznie 32 izolaty, co stanowiło 3,4% ogółu wyosobnień w tym roku badań (tab. 2). Kolonie innych grzybów należały do *Alternaria alternata* (2,3% wszystkich uzyskanych izolatów grzybów w ciągu 3 lat badań), *Aureobasidium pullulans* (3,6%), *Penicillium verrucosum* var. *cyclopium* (1,2%), *Rhizoctonia solani* (0,6%) i *Trichoderma viride* (0,8%) (tab. 2).

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że w każdym sezonie wegetacji i u wszystkich analizowanych genotypów owsa występowały rośliny z objawami nekrotycznych smug na dolnych międzywęźlach. Ten typ objawu chorobowego już wcześniej uznano za charakterystyczny dla porażenia owsa przez *Fusarium* spp. w Stanach Idaho i Washington oraz w Polsce w województwie lubelskim (Cook, 1968; Kiecana, Mielniczuk, 2001; Kiecana i in., 2003). Udział chorych źdźbeł owsa oraz wartości wskaźników chorobowych były jednak znacznie wyższe aniżeli w przypadku owsa uprawianego na Lubelszczyźnie (Kiecana i in., 2003).

Główną przyczyną nekrozy korzeni i podstawy źdźbła owsa uprawianego w warunkach Wielkopolski okazał się gatunek *F. culmorum*. Według Łacicowej i Pięty (1998) oraz Kiecany i współautorów (2003) szkodliwość tego gatunku w stosunku do zbóż, w tym do owsa jest większa przy wyższej temperaturze, stąd dominacja *F. culmorum* w uprawach owsa w cieplejszym regionie naszego kraju jakim jest Wielkopolska. Obserwacje polowe roślin i wyniki analizy mikologicznej porażonych organów wskazują na udział w powodowaniu chorób podsuszkowych owsa, także innych gatunków z rodzaju *Fusarium*, a zwłaszcza *F. avenaceum* oraz *B. sorokiniana*. Gatunki *F. culmorum* i *F. avenaceum* uznano za groźne patogeny siewek oraz korzeni i źdźbeł starszych roślin owsa na Lubelszczyźnie (Kiecana, 1998; Kiecana, Mielniczuk, 2001; Kiecana i in., 2003). *Fusarium culmorum* i *F. avenaceum* wraz z *F. crookwellense*, wykazały także znaczną patogenność w stosunku do siewek tego zboża, w warunkach kontrolowanej temperatury i wilgotności (Mańka, 1989; Kiecana, Kocylak, 1999).

Szkodliwość *F. culmorum* w stosunku do zbóż wynika między innymi ze zdolności tworzenia toksycznych metabolitów wtórnych, głównie deoksyniwalenolu, który powoduje szereg zmian w metabolizmie komórki roślinnej. Toksyna ta może wywoływać zaburzenia w podziałach mitotycznych komórki, abberacje chromosomowe oraz wpływać na funkcjonowanie błon cytoplazmatycznych, a także hamuje wzrost siewek zbóż oraz obniża zdolność kiełkowania ziarna (Wiśniewska, Chełkowski, 1994; Dahleen, Mc Cormic, 2001; Šrobárová, Pavlová, 2001). Natomiast w patogenezie chorób powodowanych przez *F. avenaceum* bierze udział moniliformina, związek o charakterze fitotoksycznym. Według Packi (1997) metabolit ten powoduje zaburzenia w podziałach komórkowych zachodzących w korzeniach kukurydzy.

Na uwagę zasługuje uzyskiwany z chorych korzeni oraz źdźbeł owsa grzyb *Bipolaris sorokiniana*, który odgrywa istotną rolę w porażaniu różnych gatunków zbóż. Między innymi może być przyczyną nekrozy korzeni i pochew liściowych oraz plamistości liści

w pierwszych tygodniach wzrostu, zaś u roślin starszych powoduje zgorzel podstawy źdźbła, plamistości liści oraz patogeniczne zmiany w zabarwieniu plewek ziarniaków (Almgren i in., 1999; Hossain, Hossain, 2001; Kiecana i in., 2003; Fernandez, Jefferson, 2004; Strausbaugh i in., 2004). Fakt otrzymania izolatów tego gatunku z roślin owsa wskazuje na jego obecność i możliwość uszkodzenia tego zboża w warunkach glebowo-klimatycznych Wielkopolski.

Patogeniczność *B. sorokiniana* związana jest z wytwarzaniem przez ten gatunek drugorzędowych metabolitów, które wykazują właściwości fitotoksyczne, np. prehelmin-tosporalu, redukującego sprawność działania pomp wodorowo-wapniowych w komórce roślinnej (Olbe i in., 1995).

Gatunek *Aureobasidium pullulans* wyosabniany dość często, zarówno z korzeni jak i z dolnych międzywęźli źdźbeł owsa w badaniach Łacicowej i współautorów (1997), okazał się słabym patogenem, który zwłaszcza razem z *B. sorokiniana* osłabiał wschody jęczmienia jarego i wzmacniał ostrość objawów chorobowych na roślinach.

WNIOSKI

1. Zagrożenie dla owsa uprawianego w województwie wielkopolskim stanowi głównie gatunek *F. culmorum*.
2. Ze względu na dużą szkodliwość *F. culmorum* należy uwzględnić tego patogena w hodowli odmian owsa przygotowywanych do uprawy w Polsce.

LITERATURA

- Adamiak J., Adamiak E. 1999. Plonotwórcza i plonochronna rola owsa w płodozmianach zbożowych. Yield — forming and crop protecting role of oats in cereal crop rotations. Pamiętnik Puławski — Mat. Konf. 114: 16 — 21.
- Almgren I., Gustafsson M., Fält A.S., Lindgren H., Liljeroth E. 1999. Interaction between root and leaf disease development in barley cultivars after inoculation with different isolates of *Bipolaris sorokiniana*. J. Phytopathol. 147: 331 — 337.
- Burgess L., Liddell C., Summerell B. A. 1988. Laboratory manual for *Fusarium* research. Department of Plant Pathology and Agricultural Entomology, University of Sydney.
- Cegiełko M. 2006. Badanie szczepów *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem. i *Drechslera avenae* (Eidam) Sharif oraz podatności genotypów owsa (*Avena sativa* L.) na te czynniki chorobotwórcze — rozprawa doktorska
- Chełkowski J. 2005. Genomy grzybowe i identyfikacja grzybów toksynotwórczych za pomocą analiz DNA. Materiały XIII Konferencji Krajowej pt. „Grzyby mikroskopowe i ich metabolity”, Poznań 7 listopada 2005.
- Cook R. J. 1968. Influence of oats on soil — borne population of *Fusarium roseum* f.sp. *culmorum*. Phytopathology 58: 957 — 960.
- Cook R. J. 1981. *Fusarium* diseases of wheat and other small grains in North America. In: Nelson P. E., Toussoun T. A., Cook R. J. (ed.). *Fusarium: Diseases, Biology and Taxonomy*. The Pennsylvania State University Press, University Park and London: 39 — 52.
- Dahleen I. S., Mc Cormick S. P. 2001. Trichothecene toxin on barley callus and seedling growth. Cereal Res. Comm. 29, 1–2: 115 — 120.
- Domsch K. H., Gams W., Anderson T. H. 1980. Compendium of soil fungi. vol. 1, Academic Press: 859 pp.
- Elis M. B. 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England: 382 pp.

- Eng Hong Pua R. L., Pelletier R., Klinck H. R. 1985. Seedling blight spot blotch and common root in Quebec and their effect on grain yield in barley. *Can. J. Plant Pathol.* 7: 395 — 401.
- Fernandez M. R., Jefferson P. G. 2004. Fungal populations in roots and crowns of common and durum wheat in Saskatchewan. *Can. J. Plant Pathol.* 26: 325 — 334.
- Hossain M. M., Hossain I. 2001. Effect of black pointed seed in seed sample on leaf spot severity and grain infection of wheat in the field. *Pakistan J. of Biological Sciences* 4, 11: 1350 — 1352.
- Kiecana I. 1998. Występowanie *Fusarium* spp. na owsie (*Avena sativa* L.). *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin* 38 (2): 541 — 543.
- Kiecana I., Kocylak E. 1999. Pathogenicity of *Fusarium* spp. to seedlings of oats (*Avena sativa* L.). *Plant Breeding and Seed Science* 43, 1: 91 — 99.
- Kiecana I., Mielniczuk E., 2001. Występowanie *Fusarium culmorum* (W.G.SM) Sacc., *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. oraz *Fusarium crookwellense* Bugres, Nelson & Toussoun na rodach hodowlanych owsa (*Avena sativa* L.). *Acta Agrobotanica* 54, 1: 83 — 93.
- Kiecana I., Mielniczuk E., Cegiełko M., Pszczółkowski P. 2003. Badania nad chorobami podsuszkowymi owsa (*Avena sativa* L.) z uwzględnieniem temperatury i opadów. *Acta Agrobotanica*. 56, 1–2: 95 — 107.
- Łacicowa B. 1969. Metoda laboratoryjna szybkiej oceny odporności jęczmienia na *Helminthosporium sativum*. P. K. et B. *Biul. IHAR* 3–4: 61 — 61.
- Łacicowa B. 1990. Mikoflora ziarna jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) wzrastającego w warunkach zagrożenia chorobowego przez *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram et Jain. (= *Helminthosporium sativum* P.K. et B.). *Rocz. Nauk Roln. sec. E*, 20, 1–2: 17 — 23.
- Łacicowa B., Pięta D. 1998. Wpływ temperatury i opadów na udział grzybów w powodowaniu chorób podsuszkowych jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.). *Acta Agrobotanica*, 51, (1–2): 51 — 61.
- Łacicowa B., Kiecana I., Pięta D. 1990. Choroby podsuszkowe jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) uprawianego w Lubelskiem. *Rocz. Nauk Roln., Ser E*, 20, 1: 7 — 15.
- Łacicowa B., Kiecana I., Pięta D. 1997. Grzyby powodujące choroby podsuszkowe jęczmienia jarego (*Hordeum vulgare* L.) uprawianego w monokulturze z uwzględnieniem *Aureobasidium pullulans* (de Bary) Arnaud. *Ann. UMCS, s. E*, 5: 237 — 245.
- Mańka M. 1989. Patogeniczność wybranych gatunków z rodzaju *Fusarium* dla siewek zbóż. *Rocz. AR Pozn., Rozprawy Naukowe* 201: 1 — 64.
- Mazurek J., Mazurek J., Król M. 1993. Wpływ odmiany gleby i agrotechniki na plonowanie owsa. W: *Biologia i agrotechnika owsa. Puławy, IUNG*: 247 — 308.
- Nelson P. E., Toussoun T. A., Marasas W. F. O. 1983. *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. The Pennsylvania State University Press, University Park and London.
- Olbe M., Sommarin M., Gustafsson M., Lundborg T. 1995. Effect of fungal pathogen *Bipolaris sorokiniana* toxin prehelminthosporal on barley root plasma membrane vesicles. *Plant Pathol.* 44: 625 — 635.
- Packa D. 1997. Cytogenetic effect of *Fusarium mycotoxins* on tip cells of rye. (*Secale cereale* L.), wheat (*Triticum aestivum* L.) and field bean (*Vicia faba* L. var. minor). *J. Appl. Genet.* 38, 3: 259 — 272.
- Ramirez C. 1982. *Manual and atlas of the Penicillia*. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, New York, Oxford: 875 pp.
- Rifai M. A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. Commonwealth Mycological Institute Kew, Surrey, England: 56 pp.
- Strausbaugh C. A., Bradley C. A., Koehn A. C., Forster R. L. 2004. Survey of root diseases of wheat and barley in Southeastern Idaho. *Can. J. Plant Pathol.* 26: 167 — 176.
- Šrobárová A., Pavlová A. 2001. Toxicity of secondary metabolites of the fungus *F. culmorum* in relation to resistance of winter wheat cultivars. *Cereal Res. Commun.* 29, 1–2: 101 — 108.
- Tottman D. R. 1987. The decimal code for the growth stages of cereals with illustrations. BCPC Publications Reprinted from the *Annals of Applied Biology*, 110. Occasional Publication 4: 441 — 454.
- Wiśniewska H., Chełkowski J. 1994. Influence of deoxynivalenol on root tip cells of wheat seedlings. *Acta Physiol. Plant.* 16: 159 — 162.
- Żuk B. 1989. *Biometria stosowana*. PWN. Warszawa.