

Почвенопреносими гъбни болести по житните култури със слята повърхност

Иво Янашков¹, Джованна Гиларди² и Ценко Въчев^{1*}

¹Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкиarov”,
направление „Защита на растенията”, отдел “Фитопатология”,
Костинброд 2230, ул. Панайот Волов № 35

²Център за иновации в земеделието и околната среда, Университет на Торино,
Виа Леонардо да Винчи № 44, 10095 Груглиаско, Торино, Италия

*E-mail: vatchevtzenko@yahoo.com

Резюме

Житните култури със слята повърхност, в т.ч. пшеница, ечемик, ръж, овес и др., отглеждани в различни региони по света, са обект на нападение от редица почвообитаващи гъби, гъбоподобни оомицети, както и примитивни зооспорови гъби. Засегнати са всички фази от развитието на растенията – гниене на семена и кълнове, кореново и базично гниене в по-късните фенофази. Някои коренови инфекции остават латентни до поява на благоприятни условия или до реколтиране на посевите. Сред най-широко разпространените почвени патогени по житните култури са гъби от род *Fusarium*. Инфекции по корените от видовете *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. avenacearum*, са свързани със значителни икономически загуби в топлите региони и тези с умерен климат, а в условията на по-хладен климат преобладават инфекции от *F. nivale*. Други видове от род *Fusarium*, като *F. poae*, *F. moniliforme*, *F. equiseti* и *F. oxysporum*, се считат за широко разпространени във всички региони, в които се отглеждат житни култури. Видовете *Gaeumannomyces graminis*, *Pseudocercospora herpotrichoides* и *Drechslera sorokiniana* се съобщават често като причинители на кореново и базично гниене по житни растения предвид широкото им разпространение и икономическо значение. Видовете от род *Rhizoctonia* – *R. solani* и *R. cerealis* - са свързани с чести повреди по житните култури, дължащи се на инфекции по корените и основата на стъблата. По-рядко съобщавани по житни култури са видовете *Colletotrichum graminicola*, *Aureobasidium bolleyi* и представители на разред *Agaricales*, включващи паразитните видове *Naucoria cereali*, *Pholiota dura* и *Marasmius tritici*. Голям брой гъбоподобни представители от род *Pythium* и *Lagena* (*Oomycota*), включително *P. graminicola*, *P. ultimum*, *P. irregulare*, *P. aristosporum*, *P. volutum* и др., както и видът *Lagena radicularis*, са някои от най-разпространените патогени, атакуващи кореновата система на житни култури в мокри, хладни условия. Примитивни зооспорови гъби, като *Olpidium brassicae*, *Rhizophyidium graminis* и *Ligniera pilorum*, са описани като причиняващи инфекции по кореновите власинки, а *Polymyxa graminis* е известен като вектор на някои икономически важни вируси по житни култури. Различни видове от род *Fusarium*, заедно с *Gaeumannomyces graminis*, *P. herpotrichoides*, *D. sorokiniana* и *Rhizoctonia spp.*, са откривани многократно по корените и базите на житни култури със слята повърхност в България. Липсват, обаче, достатъчно данни както за разпространението на отделните видове, така и за причиняваните загуби за зърнопроизводството в страната. Всички патогенни видове, обобщени в настоящия обзор, могат да заразяват житни растения както самостоятелно и независимо, така и в различни комбинации от два и повече патогенни вида. Патогени от родовете *Fusarium*, *Drechslera*, *Pseudocercospora* и *Rhizoctonia* са съобщени като причинители на смесени инфекции по корените и базите на растенията. Икономическите загуби, причинени от почвени заболявания по житните култури със слята повърхност, варират широко в различните региони според вида на гостоприемниците, екологичните и агрономическите условия на отглеждане.

Ключови думи: почвообитаващи гъби, житни култури със слята повърхност

Soilborne fungal diseases of small grain cereal crops

Ivo Yanashkov¹, Giovanna Gilardi² and Tzenko Vatchev^{1*}

¹Institute of Soil Science, Agro-Technology and Plant Protection “Nikola Pushkarov”, Plant Protection Division, Department of Plant Pathology, Kostinbrod 2230, 35 Panayot Volov St.

²Centre for Innovation in the Agro-Environmental Sector, AGROINNOVA, University of Torino, Via Leonardo da Vinci 44, 10095 Grugliasco, Torino, Italy

*E-mail: vatchevtzenko@yahoo.com

Abstract

Small grain cereal crops including wheat, barley, rye, oats, etc. grown in different geographic regions around the world are subject to attack by various soil inhabiting fungi, fungus-like oomycetes as well as primitive zoosporic fungi. All growth stages of the cereal crops are affected, and disease symptoms have been observed ranging from pre-emergence decay of seeds and post-emergence dumping-off of the young plants to root and lower stem rot of the older plants. Some root infections remain latent until favourable conditions or through to harvest. Species of the genus *Fusarium* rank among the most common soilborne pathogens on cereal crops. Root infections by *F. graminearum*, *F. culmorum* and *F. avenaceum* are associated with significant economical losses in hotter and temperate regions while *F. nivale* is predominant in cooler regions. Other *Fusarium* species like *F. poae*, *F. moniliforme*, *F. equiseti* and *F. oxysporum* are considered widely distributed in all areas where cereal crops are grown. In view of their wide distribution and economic importance fungal species such as *Gaeumannomyces graminis*, *Pseudocercospora herpotrichoides* and *Drechslera sorokiniana* are frequently reported as causal agents of root rot and stem base necrotic lesions on cereal plants. Similarly, species of genus *Rhizoctonia*, including *R. solani* and *R. cerealis*, are associated with frequent crop failures due to root and stem base infections. Less frequently reported on cereal crops are *Colletotrichum graminicola*, *Aureobasidium bolleyi* and representatives of order *Agaricales*, including parasitic species *Naucoria cerealis*, *Pholiota dura* and *Marasmius tritici*. Large number of fungus-like representatives of the genus *Pythium* and *Lagenia* (Oomycota) including *P. graminicola*, *P. ultimum*, *P. irregulare*, *P. aristosporum*, *P. volutum*, etc. as well as *Lagenia radiculicola* are some of the most prevalent pathogens attacking root system of cereal crops in wet, cool conditions. Primitive zoosporic species *Olpidium brassicae*, *Rhizophydium graminis* and *Ligniera pilorum* have been reported to develop most easily on root hairs first, while *Polymyxa graminis* is known as a vector of several economically important viruses of cereal crops. Various species of the genus *Fusarium*, along with *Gaeumannomyces graminis*, *P. herpotrichoides*, *D. sorokiniana* and *Rhizoctonia* spp. have been repeatedly found on roots and lower stems of small grain cereal crops in Bulgaria. Even though, comprehensive data on the prevalence of the different species, their distribution across the country and losses they incur on the cereal crops is currently lacking. All pathogenic species summarized in the present review may infect cereal plants singly and independently or in various combinations resulting in disease complexes. Pathogens of the genera *Fusarium*, *Drechslera*, *Pseudocercospora* and *Rhizoctonia* have been reported to cause mixed infections of two and more fungal species on roots and stem bases of plants. Economic losses caused by soilborne diseases in small grain cereal crops vary widely across the main growing regions depending on the host species, ecological and agronomical conditions of cultivation.

Keywords: soil inhabiting fungi, small grain cereal crops

Производството на зърно от житни култури със слята повърхност в България надвишава съществено потребностите на населението и индустрията към настоящия момент. Наред с гарантиране на ежегодния зърнен баланс, износът, предимно на пшеница и ечемик, осигурява значителни постъпления на финансови средства, захранващи икономиката на страната. Основен,

постоянно действащ фактор за редуциране на количеството и качеството на продукцията от зърно и намаляване на ефективността на производството, са широк набор от почвообитаващи фитопатогенни гъби. Тази група патогени по житните растения имат повсеместно или спорадично разпространение (Singleton et al., 1992; Strausbaugh et al., 2003), ежегодно (перманент-

но) или непостоянно (периодично) проявление (Wallwork, 2000). Могат да атакуват растенията самостоятелно, но по-често заразяват в комплекси от два и повече таксона – видове и родове гъби (Sturz and Bernier, 1987). Отделните почвени патогенни видове нападат повече от една житна култура, като у нас обикновено кореновата система на всяко житно растение на полето се оказва зесегната в една или друга степен. Всички фази от вегетационния период на житните култури са уязвими на инфекция. Причиняваните патологични явления се характеризират с некротични прояви по корените, базите и надземните части на растенията (Saari, 1985; Weise, 1987; Mathre et al., 2003; Cook, 2012). Инфекциите в ранни фази от развитие на културите често носят летален характер и водят до прореждане на посева скоро след сеитбата или поникването (Караджова, 1979; Hafiz, 1986; Kishwar et al., 1992; Pua et al., 1985; Khan et al., 2005). Проявите в по-късни фенофази се характеризират с различна степен на кореново и базично гниене (Cook and Christen, 1975; Paulitz et al., 2003), слабо братене (Ledinsham, 1973; Duczek, 1989), редуциран растеж (Campbell and Ephgrave, 1982; Smiley et al., 2005), увяхване на листната маса (Henson, 1989; Carter, et al., 1999), преждевременно стареене на класа - „белокласие” (Bottalico, 1998; Chongo et al., 2001; Cook, 2002; Goswami and Kistler, 2004; Bockus et al.; Jansen, 2005, 2007; Perez, 2007; Trail, 2002; Moya-Elizondo et al., 2011), спаружване на зърното (Wiese, 1987), и др. С настоящото обзорно изследване си поставихме за цел да обобщим и анализираме публикувани в научната литература данни относно видовия състав, разпространението и стопанското значение на почвообитаващите патогенни гъби по житни култури със слята повърхност у нас и в чужбина. За по-голяма яснота на изложението, отделните видове патогени са разгледани в контекста на причиняваните от тях болести. Обобщени са данни за годишния цикъл на развитие на причинителите и условията за проявление на заболяванията (Saari, 1985; Weise, 1987; Mathre et al., 2003; Cook, 2012). Отразени са известни за науката болести с многокомпонентна етиология с участие на два и повече патогенни вида и синдромен характер на проявите (Duben and Fehrmann, 1979; Sturz and Bernier, 1987; Miedaner et al., 1993; Smiley et al., 2005).

ФУЗАРИОЗИ ПО ЖИТНИТЕ КУЛТУРИ (СУХО ФУЗАРИЙНО КОРЕНОВО И БАЗИЧНО ГНИЕНЕ)

Това наименование обобщава сложни патологични явления по житните култури със слята повърхност – заболявания с многокомпонентна етиология, включваща комплекси от почвени патогенни гъби от род *Fusarium*. Видовете от този род са широко разпространени в районите с умерен и тропичен климат. Повечето култивирани растения страдат от болести, причинявани от тази таксономична група. Няколко вида *Fusarium* са известни като причинители на сухо (фузариено) кореново и базично гниене по житните култури в зоните с умерен климат. Проучванията върху проблема се ограничават предимно до прояви на фузариозите по пшеница, ечемик и овес (Parry et al., 1994; Chelkowski, 1998). Smith (1884) е сред първите автори, които описват болести по житните култури, причинявани от *Fusarium* spp. През годините, отделни автори посочват различни видове от род *Fusarium* като патогени по житните (Bennet, 1935). По пшеница и ечемик в умерените климатични зони най-често се споменават видовете *Fusarium culmorum* (Wm.G.Sm.) Sacc., *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. (телеоморф *Gibberella avenacea*, (R.J. Cook, 1967), *F. graminearum* Schwabe (телеоморф *G. zaeae* (Schwein.), (Petch, 1936), *F. poae* (Peck) Wollenw и *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & Hallet (телеоморф *Monographella nivalis* (Schaffnit) E. Müll., известен преди като *F. nivale* (Fr.) Ces. (Райлло, 1950; Mueller, 1977; Димитров, 1980; Врабчева и др., 2004; Bottalico, 1998).

В България фузариоза по пшеницата е установена за първи път през 1915 г. в северозападната част на страната (Найденев, 1919) с причинител *Fusarium graminearum*. По-късно е съобщено за загинали пшеничени растения при нападение от вида *F. culmorum* (Атанасов и др., 1932). Видовете *F. graminearum* и *F. avenaceum* са изолирани от класове и корени на пшеница (Младенов, 1974). След 1960-те години фузариозата по класовете на пшеницата у нас се разпространява бързо, като нанесените загуби варират в зависимост от климатичните условия. Масово заболяване на пшеничени растения е установено през периода 1961-1964 г. в Търго-

вишки окръг (Василев и Трифонова, 1965). По данни от провежданите изследвания в България, най-масово разпространен по корените и базите на пшеницата е видът *F. graminearum* (Младенов, 1974; Караджова, 1979; Димитров, 1980). Освен това Караджова (1979, 1982, 2001) съобщава видовете *F. graminearum*, *F. avenacearum*, *F. culmorum*, *F. gibbosum* Appel & Wollenw., *F. moniliforme* J. Sheld., *F. semitectum* Berk. & Ravenel, *F. oxysporum* Schlecht. по пшеница, *F. graminearum*, *F. avenacearum*; *F. gobosum* по ечемик, *F. oxysporum* по ръж и *F. sporotrichiella* Bilai по овес. По-късно Вrabчева и др. (2004) установяват, че с най-висока честота на срещане в България се отличава видът *F. moniliforme* – 66% от получените изолати от зърно на пшеница, ечемик и царевица, следван от *F. graminearum*, *F. oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen, *F. sporotrichoides* Sherb., *F. nivale*, *F. poae*, *F. solani*, *F. culmorum*, и *F. proliferatum* Nirenberg ex Gerlach & Nirenberg.

Някои автори съобщават за съществуващи модели в разпространението на отделните видове *Fusarium* по географски региони и проявите на заболяване по житни култури, в зависимост от температурните предпочитания на всеки вид. Така например, установено е, че при видовете *F. graminearum*, *F. culmorum* и *F. avenaceum* доминират патогенните асоциации в по-топли и сухи райони с отглеждане на житни култури (Cook, 1968; Burgress, 1975; Burgess et al., 1993; Parry et al., 1995; Saremi et al., 1997; Doohan et al., 2003), докато *M. nivale* е изолиран по-често в условията на по-хладния и влажен климат на северните ширини (Rennie, 1983; Hudech and Muchova, 2010). Последният се свързва най-често с проявите на „снежна плесен” и загиване на растенията през зимните месеци, като стопанското му значение за Европа нараства (Ioos et al., 2004). Причинителят на това заболяване *Fusarium nivale* (Fries) Cesati (syn. *Monographella nivalis* var. *nivalis* (Schaffnit) E. Müll., с телеоморф *Calonectria nivalis* Schaffn. (syn. *Microdochium nivalis*) е почвенопреносим патоген с широк кръг от гостоприемници, сред които са икономически значимите пшеница, ечемик и овес (Millar and Colhman, 1969). Заболяването се среща най-често при студени и сухи условия през зимата, дълбока сеитба и ниски нива на рН (Millar and Colhoun, 1969).

Видове от род *Fusarium* нападат житните култури самостоятелно или като комплекс от два и повече патогена (Sturz and Bernier, 1987), причинявайки заболяване практически през всички фази от развитие на растенията (Weise, 1987; Mathre et al., 2003). Засягат се кълновете и пониците, корените, базите и класовете (Атанасов и др., 1920; Тупеневич и др., 1936; Saari, 1985; Cook, 2012). Изключение прави видът *F. poae*, който обикновено се изолира самостоятелно от класовете и по-рядко атакува корените и базите на растенията (Polley et al., 1991; Parry et al., 2007). Разпространението на причинителите на фузариози по класовете зависи от климатичните условия на конкретния регион. Въпреки известни колебания, отчетени през отделни години (Van Eeuwijk et al., 1995), се счита, че *F. graminearum* преобладава в по-топли, а *F. culmorum* в по-хладни региони (Parry et al., 1995).

Характерна проява при нападение от гъби от род *Fusarium* по житни със слята повърхност е гниене на кълновете преди поникване или некротично напетняване по стъблото и първите един-два листа, последвано от загиване на младите поници. Нападението скоро след сеитбата води до прореждане на посева в ранните фази от развитието на растенията (Караджова, 1979; Hafiz, 1986; Kishwar et al., 1992; Khan et al., 2006). Източник на инокулум са повърхностно инокулирани семена за посев, запазващи се в почвата сапрофитен мицел и трайни спори – хламидоспори (Snyder and Hansen, 1940). Главна роля в патологичния процес в ранните фази от развитието на културите играят видовете *F. culmorum*, *F. graminearum* и *F. avenaceum* (Parry et al., 1994; Khan et al., 2006; Bacon, 2007), особено в условията на суха почва (воден потенциал над -2.2 bar) и относително високи температури – 20°C и повече (Parry et al., 1994). Често проникването на тези патогени в основата на стъблата на поници от пшеница и ечемик при висока влажност и ниска температура на почвата води до безсимптомно развитие на болестта в по-късни фенофази (Shen, 1940; Griffin, 1972; Parendick and Cook, 1974; Cook and Whipps, 1993; Killham, 1994). При изследвания, провеждани в България, е установено, че гниенето на кълнове и поници на житните култури се дължи на инфекции с видовете *F. culmorum*, *F. graminearum*

и *F. avenaceum* (Атанасов и др., 1932; Младенов, 1974, 1980; Караджова, 1979).

Често първите прояви на фузариено кореново и базично гниене по зимни пшеница и ечемик се откриват напролет. Наблюдава се кафяво гниене, обхващащо най-долните листа с разкъсване на петурите, които потъмняват и падат върху почвената повърхност. Често ранните инфекции се доминират от вида *M. nivale* (Rennie et al., 1983; Nakajima and Abe, 1996). С напредване на сезона и повишаване на температурите, особено към фазата на изкласяване на културата, може да се очаква подмяна на този вид с по-топлолюбивите *F. culmorum*, *F. avenaceum* и др. (Cook, 1968, 1980; Brennan et al., 2005). Тогава гниенето преминава по долните 2-3 възела на стъблото, след което обхваща в по-голяма степен долните междувъзлия, както и корените. При по-силно нападение гниенето в основата на стъблото може да доведе до формиране на стерилни класове („белокласие“) и полягане на растенията (Parry et al., 1994; Windels, 2000; Markell, 2003; Bushnell, 2003; Brennan, 2005; Scherm et al., 2013). Същите автори отчитат значителни сезонни и годишни изменения в популацията на *Fusarium* spp. по корените и базите на зимната пшеница. Съществува мнението, че икономическото значение на тази форма на заболяване нараства с повишаване на нормите на азотно торене в съчетание със засушаването през втората половина на 20-ти век (Yang, et al., 2009; Bernhoft, 2012).

Представители на род *Fusarium*, в т. ч. *F. culmorum* и *F. avenaceum*, често причиняват комплексни патологични заболявания по базите на пшеница и ечемик при съвместна инфекция с видовете *Pseudocercospora herpotrichoides* и *M. nivale* (Duben and Fehrmann, 1979; Miedaner et al., 1993). Друго заболяване с многокомпонентна етиология е гниене по корените на пшеницата и ечемика, в резултат на нападение от *F. pseudograminearum* (O'Donnell & Aoki), *F. culmorum* (Wm. G. Sm.) Sacc., *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker (*Cochliobolus sativus* (Ito & Kuribayashi) Drechsler ex Dastur.), *F. avenaceum* (Fr.:Fr.) Sacc. и *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels & I. C. Hallett., установено в западната част на Северна Америка (Smiley et al., 2005). Инфекцията с *F. culmorum* и причинителя на бактериоза по пшеницата *Pseudomonas*

syringae pv. *atrofaciens* (McCulloch) Young et al. причинява съвместно заболяване по кореновата система, основата на стъблото или класовете на зимната мека пшеница (Василев и Караджова, 1988; Al-Sallami et al., 1997).

Почвообитаващи видове *Fusarium* са отговорни и за причиняване на повреди по репродуктивните органи на житните растения, в т.ч. пшеница, ечемик, ръж и овес (Parry et al., 1994; Miedaner, 1997; Chelkowski, 1998). Повредата се изразява в дребни, кафяви, воднисти петна по плевите в началото на инфекцията до гниене на цели класчета и класове с развитието на болестта. Като преобладаващи видове, причинители на тази форма на заболяване, се съобщават *F. graminearum* и *F. culmorum* (Sutton, 1982; Windels, 2000; Markell, 2003; Bushnell, 2003; Brennan, 2005; Scherm et al., 2013). В България най-масово разпространени по класовете на пшеница, ечемик и царевица са видовете *F. moniliforme* и *F. graminearum* (Младенов, 1974; Караджова, 1979; Димитров, 1980; Вrabчева и др., 2004). Причинителите на фузариено гниене отделят вивотоксини, като фузариева киселина (Dimond and Waggoner, 1953; Dimond, 1955), изолирана за пръв път от вида *Fusarium heterosporium* Ness. от Yabuta et al. през 1934 г. и причиняваща увяхване на растенията (Mehrotra and Aggarwal, 2003).

Наред с редуциране на добива, гъбите от род *Fusarium* имат способността да синтезират широк спектър от различни микотоксини, различаващи се по своята структура и физиологично действие (Rocha et al., 2005). Видовете *F. graminearum*, *F. sporotrichioides*, *F. poae* и *F. equiseti* (Corda) Sacc. отделят микотоксини от групата на трихотецените – ниваленол, дезоксиниваленол и фузаренон (Tanaka et al., 1988). Дезоксиниваленолът се открива в зърното още преди прибиране на реколтата (Bryden, 2012). Трихотецени се продуцират още от *F. crookwellense* и *F. culmorum*, а в северните части на умерените ширини – от *F. poae* (Bottalico, 1998). Тази група микотоксини, наред със зеараленон, са сред най-значимите, оказващи негативно влияние върху здравето и продуктивността на домашните животни (D'Mello et al., 1997). Зеараленонът се продуцира от вида *F. graminearum*. Този микотоксин контаминира зърното на полето преди прибиране на реколтата и в по-малка степен по

време на съхранението (Manova and Mladenova, 2009). Видовете *F. proliferatum* и *F. moniliforme* продуцират микотоксини от групата на фумонизините, в т.ч. FB1 и FB2 (Visconti and Doko, 1994).

Други житни култури, гостоприемници на гъби от род *Fusarium* са царевица, сорго, ориз, овес, по които патогените причиняват гниене по корените и надземните органи (Goswami and Kistler, 2004). Представители на род *Fusarium* са изолирани често от житни видове, по които болестта се развива латентно, без проява на видима симптоматика. Тук се включват гостоприемници от род *Agropyron*, *Agrostis*, *Bromus*, *Calamagrostis*, *Cenchrus*, *Cortaderia*, *Echinochola*, *Secale*, *Hierochloe*, *Lolium*, *Phleum*, *Poa*, *Schizachyrium*, *Setaria*, *Sorghum* и *Spartina* (Farr et al., 1989; Inch and Gilbert, 2003).

ПИТИЙНО КОРЕНОВО ГНИЕНЕ

Питийното кореново гниене се причинява от гъбоподобни видове от род *Pythium*, сем. *Pythiaceae*, клас *Oomycetes* (Middleton, 1943; Plaats-Niterink, 1981; Waterhouse, 1967, 1968; Weise, 1987). Патогените от този род са повсеместно разпространени и имат широк кръг от гостоприемници, сред които са икономически важните зърнено-житни култури пшеница, ечемик, овес и сорго (Plaats-Niterink, 1981; Mathre, 1982; Weise, 1987). Пшеницата се съобщава като най-чувствителен гостоприемник, по който питийното кореново гниене причинява най-големи загуби (McCarter and Littrell, 1970; Chamswarng and Cook, 1985). Заболяването се проявява през целия вегетационен период и е в състояние силно да редуцира добивите от зърно (Cook, 1985; Weise, 1987; Harvey, 2010).

Съгласно Plaats-Niterink (1981) патогени по корените на житните култури са следните видове от род *Pythium*: по пшеницата – *P. aristosporum* Vanterpool, *P. arrhenomanes* Drechsler, *P. dissotocum* Drechsler, *P. erinaceus* Robertson, *P. graminicola* Subraman., *P. intermedium* de Bary, *P. irregulare* Buisman, *P. iwayamai* S. Ito, *P. myriotylum* Drechsler, *P. oligandrum* Drechsler, *P. paroecandrum* Drechsler, *P. ostracodes* Drechsler, *P. scleroteichum* Drechsler, *P. sylvaticum* Campbell & Hendrix, *P. tardicrescens* Vanterpool, *P. torulosum*

Coker & Patterson, *P. volutum* Vanterpool & Truscott; по ечемика – *P. aristosporum* Vanterpool, *P. arrhenomanes*, *P. graminicola*, *P. intermedium*, *P. iwayamai* S. Ito, *P. oligandrum* Drechsler, *P. torulosum* Coker & Patterson Vanterpool; по овеса – *P. graminicola*, *P. myriotylum*, *P. torulosum*, *P. volutum*.

Кореново гниене, причинено от видовете *P. graminicola* и *P. ultimum* Trow по пшеница, ечемик и овес се среща често върху сбити, преобладажени, слабо кисели до неутрални почви с относително високо съдържание на органично вещество (Griffin, 1958; Kauraw, 1979; Paulitz, 2010). Същевременно Schroeder et al. (2007) изтъкват факта, че видовете *P. irregulare* и *P. ultimum* причиняват кореново гниене по пшеница и ечемик в райони с относително малко валежи. Друга причина за развитие на заболяването при житните култури е слабата запасеност на почвата с фосфатни съединения (Vanterpool, 1935).

Причинител на гниене по кълновете на пшеницата е *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. (Hering et al., 1987). Видовете *P. aristosporum* и *P. volutum* причиняват гниене на семената след сеитба, а по време на вегетацията – тежки форми на кореново гниене по пшеница, ечемик и овес (Chamswarng and Cook, 1985). Като причинители на загиване на кълнове и поници, както и на кореново гниене по пшеница и ечемик, са съобщени още видовете *Pythium heterothallicum*, *P. irregulare*, *P. torulosum* и *P. ultimum* var. *sporangiferum* (Cook and Ingram, 1990). През 2003 г. в Америка по пшеницата е открит нов вид, *Pythium abapressorium*, който формира изобилие от апресории. Патогенът причинява гниене и забавен растеж на корените на нападнатите растения (Paulitz and Adams, 2003).

Симптомите на питийно кореново гниене включват още скъсяване на първия същински лист, като растенията остават хлоротични и недоразвити. Често външните симптоми по засегнатите растения наподобяват азотен дефицит (Mathre, 1982; Chamswarng and Cook, 1985; Weise, 1987). По-късните инфекции през вегетационния период водят до по-слабо братене на културите, формират се малко на брой странични корени, а по болните тъкани се наблюдават воднисти, жълто-кафяви напетнявания (Carmichal, 1955; Mathre, 1982; Weise, 1987). В края на вегетационния период след полов про-

пес при част от видовете се образуват ооспори, с които патогените прекарват неблагоприятните условия (Weise, 1987; Agrios, 1997). След презимуване на ооспорите обикновено при наличие на висока почвена влажност в тях се образуват зооспори, които осъществяват първоначалните инфекции (Mathre, 1982; Weise, 1987). Известно е, че отделни видове *Pythium*, например *P. ultimum*, запазват своята жизнеспособност до 11 месеца като зооспорангии в почвата (Hendrix and Campbell, 1973), а като ооспори – до 12 години (Allen et al., 2004).

ЧЕРНО КОРЕНОВО ГНИЕНЕ

Причинител на черното кореново гниене по житните култури със слята повърхност е фитопатогенната гъба *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & D.L. Olivier (*syn. Ophiobolus graminis* Saccardo) от клас *Loculoascomycetes*, сем. *Venturiaceae* (Weise, 1987; Hornby, 1998; Cook, 2003). Заболяването е широко разпространено в житните посеви на Европа, Америка, Азия и Австралия (Mathre, 1982; Weise, 1987; Hornby, 1998). Черното кореново гниене се среща често в районите с умерен климат и богати на глина (бентонит) почви (Campbell and Ephgrave, 1982). Причинителят има широк кръг от гостоприемници сред житните видове, в т.ч. пшеница, ечемик, ръж, овес, житни треви от род *Bromus*, *Agropyron* и др. (Bockus and Tisserat, 2000). В България заболяването е съобщено за първи път от Тодорова (1973), а по-късно и от Кържин (1978). Авторите установяват, че в нашата страна при условията на интензивно земеделие и монокултурно отглеждане, черното кореново гниене се среща най-често по пшеница и по-рядко по ечемик и ръж (Тодорова, 1973; Кържин, 1978). Изследвания с причинителя на заболяването са провеждани още от Рачова и др. (*под печат*).

G. graminis представлява част от комплекса причинители на кореново и базично гниене по житните култури (Singleton, 1996). От своя страна видът се разделя на вариетети, нападащи отделните видове житни растения (Mathre, 1992; Freeman and Ward, 2004; Smiley et al., 2005). Причинител на тежки форми на заболяването по пшеница, ечемик и тритикале е *G. graminis* var.

tritici Wallker (Deacon, 1981; Walker, 1981; Hornby et al., 1998). Като по-слаб патоген по пшеницата е установен *G. graminis* var. *graminis* (Sacc.) Arx & D.L. Olivier (Freeman and Ward, 2004), докато по овеса е съобщаван *G. graminis* var. *avenae* (E.M. Turner) Dennis (Deacon, 1981; Walker, 1981; Hornby et al., 1998).

При силно нападение от болестта корените и базите на житните растения придобиват наситено черен цвят, което може да се разглежда като диагностичен белег, отличаващ черното кореново гниене от проявите на фузариено кореново гниене (Singleton, 1996). Болните растения изостават в растежа и братят по-слабо (Mathre, 1982; Weise, 1987). При по-силно нападение в засегнатия посев се наблюдават участъци или „хармани“ с преждевременно загинали растения (Freeman and Ward, 2004). По-късно, по време на изкласяване, инфектираните растения може да проявят формата „белокласие“. Формират се по-дребни и изправени класове, които придобиват белезникав оттенък (Mathre, 1982; Weise, 1987), остават стерилни или образуват по-малко и спаружени зърна с ниско хектолитрово тегло (Brown, 1997; Cook, 2001). При по-слабо нападение черното кореново гниене може да протече безсимптомно (Gerlagh, 1968; Mathre, 1982; Weise, 1987).

През вегетационния период патогенът се развива като мицел по корените и базите на гостоприемниците, след което образува плодни тела (псевдотеции) върху долните, увивни листа и основата на стъблата (Gerlagh, 1968; Agrios, 1997). Напролет аскоспорите се отделят от псевдотециите и инфектират гостоприемниците (Samuel and Garrett, 1934; Mathre, 1982). Причинителят на черното кореново гниене по житните култури презимува в растителните остатъци и почвата като мицел, псевдотеции и хламидоспори (Mathre, 1982; Weise, 1987). Умереният климат, влажната почва с алкална реакция и едностранчивото азотно торене на посевите създават благоприятни условия за развитие на заболяването (Mathre, 1982; Roget and Rovira, 1991). Гъбата *Phialophora graminicola* (Deacon) J. Walker се разглежда като съпътстващ причинителя на болестта вид (Deacon, 1973; Cook and Baker, 1983). Установено е още, че видът *P. graminicola* (телеоморф *Gaeumannomyces cylindrosporus* D. Hornby, Slope, Gutter. & Sivan) е слаб патоген за

житните култури, има способността да конкурира *G. graminis* по корените на растенията и ограничава до известна степен проявите на черно кореново гниене (Speakman and Lewis, 1978; Zriba, 1997; Mathre et al., 1998).

При безсменно отглеждане на житни култури в продължение на две до четири и повече години на едно и също поле се наблюдава т. нар. „монокултурно затихване” на черното кореново гниене (Cook and Weller, 1987; Ryder et al., 1990; Mazzola, 2002; Landa et al., 2002; Freeman and Ward, 2004; Kwak and Waller, 2013). Този ефект е следствие от увеличаване на популацията на антагонистични бактерии от род *Pseudomonas* в ризосферата на житните растения. Видовете *P. fluorescens* Flügge, *P. brassicacearum* Achouak et al. и *P. protegens* Ramette et al. са носители на гени Tn5 и Ph1, кодиращи синтеза на антибиотици, като феназин (Thomashow, 1990; Thomashow and Pierson, 1991; Haas and Défago, 2005; Mavrodi et al., 2006; Loper and Gross, 2007; Loper et al., 2012) и 2,4-диацетил флуороглуцинол (Raaijmakers and Weller, 1998; Notz et al., 2001; Weller et al., 2007; Loper et al., 2012), съответно. Тези антибиотични вещества потискат развитието на *G. graminis* в ризосферата на житните култури, в резултат на което заболяването затихва трайно (Brisbane and Rovira, 1988; Yang, 2011). Монокултурното затихване, свързано с използването на стопански „стари” почви, върху които житните култури са отглеждани повече или по-малко безсменно, е вероятна причина за относително по-слабото разпространение на болестта в България към настоящия момент. Може да се предположи, че в минали години – през 1970-те и началото на 1980-те, болестта е била проблем предимно върху новоосвободени за земеделско производство терени, на мястото на изкоренени гори и отделни новоразорани целинни места.

Изолирането на *G. graminis* от инфектирани растителни тъкани често се усложнява от присъствието на други патогенни гъби, като *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp. и *Fusarium* spp. (Duffy and Weller, 1994). В редица досегашни изследвания идентификацията на предполагаем причинител на черно кореново и базично гниене се основава на културални характеристики на патогена и тестове за патогенитет върху растенията-гостоприемници (Sadeghi et al., 2009; Cecilia, 2013).

ХЕЛМИНТОСПОРИОЗНО КОРЕНОВО ГНИЕНЕ

Хелминтоспориозното кореново гниене се причинява от патогенната гъба *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. & B. L. Jain, syn. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, (syn. *Helminthosporium sativum*) Pammel, C.M. King & Bakke (анаморф) с полова форма (телеоморф) *Cochliobolus sativus* (S. Ito & Kurib.) Drechsler ex Dastur. Патогенът е значим компонент в комплекса от почвени патогенни гъби по пшеницата и ечемика (Oswald, 1950; Mathre, 1982; Weise, 1987), докато овесът се напада по-слабо, в съчетание с по-малки икономически загуби (Wildermuth and McNamara, 1987). Хелминтоспориозното кореново и базично гниене по житните култури е повсеместно разпространено в Европа, Америка, Азия, Африка и Австралия (Drechsler, 1923; Butler 1961; Tinline et al., 1991; Acharya et al., 2011). Причинители на заболяването са редица представители на род *Drechslera* (*Helminthosporium*) (Luttrell, 1964). Видът *H. sativum* е описан от Johnson в Америка, Masee в Англия, Palm в Ява и Bassi в Италия, *H. inconepicuum* - от Peck и Atkinson, а *H. teres* - от Bakke (съгласно Drechsler, 1923). От представителите на род *Drechslera* в България е съобщен видът *D. tritici-repentis* (Died.) Shoemaker с телеоморф *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs., като причинител на листни петна по твърдата пшеница (Недялкова и др. 2013).

Патогенът се запазва и развива по-добре в рохкави почви след механична обработка и наличие на растителни остатъци от предшестващи култури (Reis and Abrao, 1983; Mathieson et al., 1990; Wildermuth et al., 1997). Количеството на инокулум в почвата се редуцира при отглеждане на бобови култури (Wildermuth and McNamara, 1991). Ниските норми на азотно торене оказват по-силно инхибиране върху проявите на хелминтоспориозно кореново и базично гниене по житните култури, докато ефектът от прилагане на сеитбооборот е незначителен (Dalal et al., 2004; Fernandez and Zentner, 2005).

Съгласно Tinline et al. (1988) размерът на болестта по житните растения зависи пряко от количеството конидиоспори на патогена в почвата. При сеитба на инфектирани семена, кълно-

те и пониците често загиват (Couture and Sutton, 1980). Болните растения образуват по-слаба коренова маса (Kokko et al., 1995). По корените и базите на растенията в начални фази на развитие се появяват овални до елипсоидни, тъмнокафяви некротични петна (Mathre, 1982; Mathre, et al., 2003; Fedel-Moen and Harris, 1987; Kokko et al., 1995). В следващите фенофази степента на заболяване нараства. При по-силна атака посевът поляга и растенията загиват преждевременно (Mathre, 1982). По-слабо нападнатите растения братят слабо и формират класове с по-малък брой зърна, което е допълнителен фактор за редуциране на добива (Acharya et al., 2011). Подобно на фузариеното и черното кореново гниене, и при това заболяване може да се наблюдава симптомът „белокласие“ (Weise, 1987). В условията на по-влажен климат инфекцията преминава от корените към стъблото и към ниско разположените, обвивни листа, по които се развиват некротични участъци (Mathre, 1982; Weise, 1987). Често към периода на изкласяване по горните листа се появяват различно големи, елиптични, тъмнокафяви петна, водещи до прегаряне на петурите (Weise, 1987; Singleton, 1996).

Първичната инфекция от *D. sorokiniana* се осъществява по кълновете и корените на житните растения от мицел и конидии (Mathre, 1982; Weise, 1987). След развитие на болестта в основата на стъблата по некротиралите тъкани се формира конидиално спороношение. Конидиоспорите на гъбата се разпространяват по въздушен път с теченията и осъществяват вторични инфекции по листната маса (Drechsler, 1923; Weise, 1987). В края на сезона се образуват плодни тела – псевдотеции на съвършената форма *C. sativus*, с които патогенът се запазва жизнеспособен при неблагоприятни условия (Singleton, 1996). Гъбата може да се развива сапрофитно и се запазва в почвата и растителните остатъци, като дебелостенни конидии (Luttrell, 1963; Jones and Clifford, 1983; Mathre, 1987). *Drechslera sorokiniana* продуцира микотоксина прехелминтоспорол (Kumar et al., 2002). Счита се, че този микотоксин е свързан с вирулентността на патогена и че играе роля в патологичния процес по корените на ечемика (Aroga et al., 2002). Доказателства в тази посока липсват.

Представителите на род *Drechslera* често участват в смесени инфекции по корените и ба-

зите на житните култури в комбинация с гъби от род *Fusarium* (Butler, 1961). В редица досегашни изследвания идентификацията на предполагаем причинител на хелминтоспориозно кореново гниене се основава на морфологични характеристики и тестове за патогенитет върху растенията-гостоприемници (Zillinsky, 1984; Singleton et al., 1992; Wallwork, 2000; Bailey et al., 2003; Bockus et al., 2010).

РИЗОКТОНИЙНО КОРЕНОВО ГНИЕНЕ

Ризоктонийното кореново гниене с причинители *Rhizoctonia solani* Kühn (телеоморф *Thanatephorus cucumeris*) и *Rhizoctonia cerealis* Van der Hoeven (телеоморф *Ceratobasidium cereale* Murray & Burpee) е почвенопреносимо заболяване с широк кръг от гостоприемници. Сред тях са редица стопански значими житни култури – пшеница, ечемик, овес, ръж и тритикале (Mathre, 1982; Weise, 1987; MacNish and Neate, 1996). Заболяването причинява най-големи загуби по пшеницата в региони с умерен климат (Clarkson and Cook, 1983; Wiese 1987). Причинителите са разпространени повсеместно в Европа, Азия, Америка, Канада и Австралия (Neate, 1985; Demirci, 1998; Cook, 2012). Видът *R. cerealis* се среща често в комплексни инфекции с гъби от род *Fusarium* (Singleton, 1996) и причинителя на базично гниене *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton (Mathre, 1982; Cavellier et al., 1985). Отглеждането на житните култури върху кисели и песъкливи почви при ниски пролетни температури е основна предпоставка за поява и развитие на ризоктонийно кореново гниене (Mathre, 1982; Weise, 1987).

Видът *Rhizoctonia solani* включва редица анастомозни групи, като по пшеницата са известни AG 1, AG 4, AG 8, AG 11, а по соргото – AG 1-IA (Anderson, 1982; Mathre, 1982; Neate, 1985; Neate & Warcup, 1985; Sneh et al., 1991). Предвид формирането на хифни връзки в рамките на отделните анастомозни групи и генетичната изолитаност помежду им, всяка анастомозна група може да се разглежда като самостоятелен причинител на заболяване (Въчев, 1995; Илиева и др., 1995).

Кореновото гниене, причинено от *Rhizoctonia* spp. се проявява във всички фази от развитието

на житните култури. В посевите се наблюдават ясно очертани, неравномерно разпръснати зони („хармани“) от болни растения (Weise, 1987; MacNish and Neate, 1996). По основата на стъблото се наблюдават ясно очертани некротични петна с елиптична до закръглена форма (Weise, 1987). Корените, засегнати от болестта, придобиват кафяв цвят и в резултат на гниенето броят им намалява (Mathre, 1982; Weise, 1987). Силно нападнатите растения остават по-дребни, хлоротични, полягат и загиват (Mathre, 1982; Weise, 1987; Mazzola et al., 1996). До известна степен растенията могат да преодолеят заболяването чрез формиране на нови корени (Burpee, 1980; Carling and Sumner, 1992; Weise, 1987). След жътвата или преждевременното загиване на гостоприемника, патогенът преминава в сапрофитна фаза на развитие. Той формира устойчиви на неблагоприятни условия структури – склероции, които се запазват в почвата и растителните остатъци (Mathre, 1982; Weise, 1987; Cook, 2002).

ПАРАЗИТНО ПОЛЯГАНЕ НА ЖИТНИТЕ КУЛТУРИ

Причинител на паразитното полягане, известно още като базично гниене, по житните култури е видът *Oculimacula yallunde* (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams (syn. *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton), телеоморф *Tapesia yallundae* Wallwork & Spooner. Заболяването е икономически значимо при пшеница, ечемик, ръж и овес (Fitt et al., 1988; Vilich-Meller, 1992; Cadle et al., 1997). Разпространено е повсеместно в Европа, Африка, Австралия, Северна и Южна Америка (Mathre, 1982; Wiese, 1987; Fitt et al., 1988). Гостоприемници на патогена са и редица житни треви (Parry, 1990), в т.ч. *Agropyron repens* (L.) P. Beauv., *Bromus diandrus* Roth и *Hordeum leporinum* Link (Cunningham, 1981; Dyer and Bradshaw, 2002).

Съвършената форма на патогена се разделя на два морфологично идентични, генетично различими щамове. Чрез PCR-базирани методи са идентифицирани W-тип (*Tapesia yallundae*) и R-тип (*Tapesia acuformis* (Boerema, R. Pieters & Hamers) Crous) (Creighton, 1989; Daniels et al., 1991).

Паразитното полягане се проявява по житните от началото до края на вегетацията. Забо-

ляването причинява гниене на тъканите в основата на стъблата (Fitt et al., 1988; Carver, 2009). Некротичната проява се изразява в елиптично, жълто-кафяво петно с по-тъмен венец по периферията. Поради формата и наличието на характерно концентрично прошарване на повредената тъкан, често петното се оприличава на „око“ (Fitt et al., 1988; Parry, 1990). Симптомите наподобяват тези, причинявани от *Rhizoctonia* spp., но петната са по-неясно очертани и с елиптична форма (Mathre, 1982; Weise, 1987). Загниването на тъканите в основата често води до полягане на нападнатите растения. В резултат на болестта може да се наблюдава преждевременно узряване на зърното и поява на симптом „белокласие“. Според Carver (2009) причинител на повредата е видът *Tapesia acuformis*. Високата влажност на почвата, хладното и влажно време благоприятстват развитието на базичното гниене по житните култури (Fitt et al., 1988; Hollmann, 2007).

Патогенът зимува като мицел по растителните остатъци в почвата (Mathre, 1982; Wiese, 1987; Parry, 1990). Напролет върху презимувалия мицел се формира конидиално спороношение. Първоначалната инфекция се осъществява от конидиоспорите на гъбата. Вторично формираното спороношение по време на вегетацията води до инфектиране на нови растения в посева (Mathre, 1982; Wiese, 1987; Fitt et al., 1988).

АНТРАКНОЗНО БАЗИЧНО ГНИЕНЕ ПО ЖИТНИТЕ КУЛТУРИ

Антракноза с причинител *Glomerella graminicola* Politis (телеоморф) и анаморф *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson, syn. *Dicladium graminicola* Ces., *C. cereale* Manns е друго почвенопреносимо заболяване с повсеместно разпространение, установено по широк кръг житни треви и зърнено-житни култури (Christensen, 1953). Над 100 ботанически вида от сем. *Poaceae* (*Gramineae*) са обект на нападение от страна на патогена (Mathre, 1997). Заболяването има по-голямо икономическо значение за царевичката и соргото (Nicholson, 1992; Bergstrom and Nicholson, 1999). Back et al. (1999) не установяват значителни разлики във вирулентността на отделни изолати на *C. graminicola*, получени от

различни гостоприемници. Често, обаче, причинителят на антракнозата по соргото се разглежда като отделен вид – *C. sublineolum* Henn. (Sherriff et al., 1995; Zanette et al., 2009). Болестта е съобщена по редица житни култури със слята повърхност, в т.ч. пшеница, ечемик, овес, ръж и др. (Mathre, 1997; Crouch and Beirn, 2009; Sharma, 2012). Проявите на антракнозно базично гниене по житни със слята повърхност са близки до причиняваните от *Tapesia yallundae* или *Rhizoctonia* spp. елиптични, некротични напетнявания в основата на стъблото. Обикновено петната се появяват непосредствено под или над повърхността на почвата. Отличителен белег за напетняванията от антракноза е изпъстрянето на повредените тъкани с тъмно оцветени асервули на гъбния причинител (Mathre, 1997). Преживяващият в почвата мицел на патогена осъществява първични инфекции по корените, кореновата шийка и основата на стъблата (Sukpo et al., 2008). Вторични заразявания с конидиоспори водят до поява на некротични петна по надземните части на растенията (Venard et al., 2008). Болестта се пренася със семена, когато по време на реколтиране по тях попадат конидиоспори на патогена. Към момента не разполагаме с конкретни данни за разпространение на вида по житни култури в България.

ДРУГИ ПАТОГЕННИ ГЪБИ, ПРИЧИНИТЕЛИ НА КОРЕНОВО ГНИЕНЕ ПО ЖИТНИТЕ КУЛТУРИ

Aureobasidium bolleyi (R. Sprague) Arx (syn. *Microdochium bolleyi* (R. Sprague) de Hoog & Herm.-Nijhof; syn. *Gloeosporium bolleyi* R. Sprague) от клас *Sordariomycetes*, сем. *Hyponectriaceae* е сравнително рядко срещан патоген по житни култури и диворастящи тревисти житни треви. Съобщения за патогена са постъпвали от Европа, Канада, Америка и Австралия в сухи години (Fitt and Horneby, 1978; Kirk and Deacon, 1987; Balaz et al., 1996; Jefferson, 2004). Болестта причинява гниене по кълновете и пониците. По-късно през вегетационния сезон по корените на растенията се образуват тъмнокафяви некротични петна. Нападнатите растения изостават в растежа вследствие на редуциране на поглъщателната способност и възпрепятстване

на транспорта на хранителни вещества в кореновата система (Weise, 1987; Sharma, 2012).

ГЪБИ ОТ РАЗРЕД *AGARICALES*, АСОЦИИРАНИ С КОРЕНИ НА ПШЕНИЦА И ДРУГИ ЖИТНИ КУЛТУРИ

Като паразити по корените на пшеница, ечемик и овес са установени гъби от род *Naucoria* (Sprague, 1938). Сред тях видът *Naucoria cerealis* Browe от клас *Agaricomycetes*, разред *Agaricales*, сем. *Strophariaceae*, е патоген по корени на пшеница, ечемик и ориз в Северна Америка (Krupa and Dommergues, 1979). Гъбите от този род формират бели ризоморфи по повърхността на нападнатите коренови тъкани (Sprague, 1938; Krupa and Dommergues, 1979). Въпреки доказаните паразитни свойства, е установено, че представителите на род *Naucoria* стимулират растежа и повишават устойчивостта на житните култури (Sprague, 1938).

Видът *Pholiota dura* (Bolton) Fries, (syn. *Agrocybe dura* (Bolton) Singer, syn. *Agrocybe praecox* (Pers.) Fayod, syn. *Agrocybe gibberosa* (Fr.) Fayod) от клас *Agaricomycetes*, разред *Agaricales* сем. *Strophariaceae* е открит по корените на пшеница, ечемик и овес в Северна Америка (Sprague, 1938). Гъбата образува бял, ризоморфен мицел, който се свързва с прояви на некроза по листните влагалища и епидермалните клетки на корените. Видът *P. dura* се разглежда обикновено като непатогенен и благоприятен за растежа на житните култури (Krupa and Dommergues, 1979).

Marasmius tritici Young от сем. *Marasmiaceae*, клас *Agaricomycetes*, е друг патоген, причиняващ базично гниене по пшеница, ечемик, ориз и житни треви. Хифите на тази паразитна гъба разрушават клетките на флоемните и паренхимните тъкани и причиняват гниене по кората на корените (Warren and Lucas, 1973).

ПРИМИТИВНИ ЗООСПОРОВИ ГЪБИ ПО КОРЕНИТЕ НА ЖИТНИТЕ КУЛТУРИ

Lagena radicularis Vanterpool & Ledingham е облигатен, гъбен паразит от сем. *Ancilistaceae*, клас *Oomycota*. Видът инфектира кореновите

власинки и епидермалните коренови клетки на пшеницата. В резултат културите растат бавно, образуват по-малко братя и дават по-нисък добив (Vanterpool and Ledingham, 1930).

Гъбата *Olpidium brassicae* (Wor.) Dang. от сем. *Olpidiaceae*, клас *Chytridiomycetes* причинява инфекции чрез зооспори и води до образуване на кисти по корените на житните растения (Temmink and Campbell, 1969).

Rhizophydium graminis Ledingham от сем. *Rhizophydiaceae*, клас *Chytridiomycetes* е паразитен гъбен вид по корените на над 20 вида от сем. *Gramineae*. Видът е установен в Северна Америка (Macferline, 1970; Barr, 1973). Сред гостоприемниците на вида са стопански значими култури, в т.ч. пшеница, ечемик и царевица (Barr, 1973). *R. graminis* се развива по кореновите власинки и епидермалните клетки на растенията, без да причинява видими симптоми на заболяване (Macferline, 1970; Barr, 1973). Образова сферични или чашковидни спорангии по повърхността на корените (Barr, 1973).

Ligniera pilorum Fron & Gaillat от сем. *Plasmodiophoraceae*, клас *Plasmodiophoromycetes*, е гъбен патоген, разпространен по видове райграс в Северна Америка и Нова Зеландия. Видът паразитира по декоративните тревисти видове *Poa annua* L. и *Lolium perenne* L., причинявайки хипертрофия на кореновите власинки (Barr, 1979; McLaughlin, 2001).

Гъбата *Polymyxa graminis* Ledingham (Led.) от сем. *Plasmodiophoridae*, клас *Plasmodiophoromycetes*, е облигатен паразит по корените на житните растения. Видът не е патогенен, но пренася редица вирусни болести по житните, в т.ч. Barley yellow mosaic virus (Вирус на жълтата мозайка по ечемика), Soilborne wheat mosaic virus (Почвенопреносим вирус на мозайка по пшеницата), Wheat spindle streak mosaic virus (Вирус на вретеновидната щрихова мозайка по пшеницата) (Nolt et al., 1981; Kanyuka et al., 2003).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От прегледа на представените в настоящия обзор литературни източници заключаваме, че житните култури у нас и в чужбина са гостоприемник на широк кръг почвообитаващи па-

тогени, отнасящи се към разнородни таксономични групи. Етиологията на заболяванията по кореновата система и основата на стъблата на растенията, отглеждани в различни географски райони на света, включва редица видове гъби, гъбоподобни оомицети и примитивни зооспорови гъби. Разпространението и икономическото значение на отделните причинители показва, че проблемът с опазване на житните култури от почвенопреносими болести не може да се счита за окончателно решен. Представените в настоящия обзор литературни данни показват, че към настоящия момент не разполагаме с достатъчно актуална информация относно асоциациите от патогенни гъби и гъбоподобни организми, атакуващи корените и базите на житните култури със слята повърхност в България. Липсват осъвременени, конкретни данни както за разпространението на отделни видове патогени по региони в страната, така и за причиняваните стопански загуби за зърнопроизводството. Досегашни изследвания на наши автори показват, че житните култури със слята повърхност в нашата страна са потенциален обект на нападение от редица почвени патогенни гъби, атакуващи растенията, както самостоятелно, така и в комплекси от по няколко патогенни вида. Очертава се необходимост от разработване на ефективни методи за контрол над вредата, с цел повишаване на добивите и качеството на зърното. Като първа крачка в тази посока се налага актуализиране на информацията за етиологията на преобладаващите почвенопреносими заболявания по корените и базите на житните култури, и изясняване на мащаба на причиняваните от тях щети за българското зърнопроизводство.

ЛИТЕРАТУРА

- Атанасов, Д., Д. Додов, С. Мартинов, В. Трифонова, Ал. Христов, 1932. Годишник на Софийски университет, Агрономически факултет, 10: 341-366.
- Билай, В., 1977. *Фузариоза*. Киев. С., 318 с.
- Василев, М., С. Трифонова, 1965. Наблюдения върху фузариозата по пшеница. *Растениевъдни науки*, 2: 109-115.
- Василев, В., Й. Караджова, 1988. Съвместна проява на *Fusarium culmorum* и *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* при зимната мека пшеница. *Растениевъдни науки*, 5: 91-95.

- Въчев, Ц.**, 1995. Проучвания върху почвените патогенни гъби по оранжерийните домати. Автореферат, Костинброд, 1995, 199 с.
- Димитров, М.**, 1980. Микопейзаж на зърнените култури пшеница, царевица и фасул в България. Дисертационен труд за присъждане на научна степен дмн, София, 250 с.
- Илиева, И., Ц. Въчев, П. Милоева**, 1995. Вътрешно разнообразие на *Rhizoctonia solani* Kuhn. В: Сборник доклади от Научна конференция „Съвременна растителна защита“, София, с. 156-161.
- Караджова, Й.**, 1979. Проучвания върху видове *Fusarium* по зърнено-житните. Дисертация за присъждане на научна степен ксн, София, 130 с.
- Караджова, Й.**, 2001. Проучване отношението на сортове пшеница към два вида *Fusarium*, причинител на фузариоза по класа. *Растениевъдни науки*, 38: 275-178.
- Младенов, М.**, 1974. Определяне на някои произходи от род Фузариум, причиняващ фузариоза по пшеницата в България. *Растениевъдни науки*, 11: 142-147.
- Младенов, М., Й. Караджова**, 1982. Проучване отношението на сортове и линии пшеница към четири вида *Fusarium*, причиняващи фузариоза по класа. Доклад на II национален симпозиум по имунитет на растенията, Пловдив, т. 1, с. 155-161.
- Найденев, В.**, 1919. Опоителен хлеб. *Земледелие*, 23: 103.
- Недялкова, С., З. Стоянова, Р. Родева**, 2013. Гъбни патогени, причиняващи листно напътняване по твърдата пшеница в България през периода 2010 – 2012. *Science and Technologies*, 6: 252-258.
- Прескотт, М., П.А. Бурнетт, Е.Е. Сари, Дж. Рансом, Дж. Боуман, В. де Миллиано, Дж. Сингх, Г. Беке-ле**, 2002. Болести вредители пшеницы. Руководство для полевого определения, 141 с.
- Тодорова, В., Х. Кържин**, 1978. Черно то кореново гниене по пшеницата (*Ophiobolus graminis* Sacc.).
- Тупеневич и др.**, 1936. Оценка сортов яровой пшеницы на устойчивость к фузариозу, с. 139-141.
- Acharya, K., A. Dutta, P. Pradhan**, 2011. *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoem.: The most destructive wheat fungal pathogen in the warmer areas. *Australian Journal of Crop Science*, 5: 1064.
- Agrrios, G. N.**, 1997. Plant pathology, 4th ed. Academic Press, San Diego, CA, 635 p.
- Allen, T.W., A. Martinez, L.L. Burpee**, 2004. *Pythium* blight of turfgrass. The Plant Health Instructor. www.apsnet.org.
- Al-Sallami, F., S. Karov, P. Vassileva, R. Popova, V. Vassilev**, 1997. *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* associated with fungal black point of wheat (*Triticum aestivum*) grain. *Developments of Plant Pathology*, 9: 505-508.
- Anderson, N.A.**, 1982. The genetics and pathology of *Rhizoctonia solani*. *Annual Review of Phytopathology*, 20: 247-329.
- Andrews, S., J. Pitt**, 1986. Selective medium for isolation of *Fusarium* species and dematiaceous hyphomycetes from cereals. *Applied and Environ Microbiology*, 51: 1235-1238.
- Apoga, D., H. Akesson, H.B. Jansson, G. Odham**, 2002. Relationship between production of the phytotoxin prehelminthosporol and virulence in isolates of the plant pathogenic fungus *Bipolaris sorokiniana*. *European Journal of Plant Pathology*, 108: 519-526.
- Back, P.A., P.J. Landschoot, R. Huff**, 1999. Variation in pathogenicity, morphology, and RAPD marker profiles in *Colletotrichum graminicola* from turfgrasses. *Crop Science*, 39: 1129-1135.
- Bacon, C., D. Hinton**, 2007. Potential for control of seedling blight of wheat caused by *Fusarium graminearum* and related species using the bacterial endophyte *Bacillus mojavensis*. *Biocontrol Science and Technology*, 17: 81-94.
- Bailey, K.L., B.D. Gossen, R.K. Gugel, R.A.A. Morrall** (eds.), 2003. Diseases of field crops in Canada. 3rd edition. Saskatoon, Saskatchewan: University Extension Press, University of Saskatchewan, 290 p.
- Balaz, F., F. Bagi, I. Glidzic**, 1996. *Microdochium bolleyi* – a pathogen of wheat in Yugoslavia. *Zastita bilja*, 47: 179-188.
- Barr, D.J.S.**, 1973. *Rhizophydium graminis* (Chytridiales): Morphology, host range and temperature effect. *Canadian Plant Disease Survey*, 53: 191-193.
- Barr, D.J.S.**, 1979. Morphology and host range of *Polymyxa betae* and *Lignigera pilorum* from Ontario and some other areas. *Plant Pathology*, 1: 85-94.
- Bekele, B.**, 2007. Wheat disease and pests: a guide for field identification. Books and monographs Mexico, DF (Mexico). CIMMYT, 138 p.
- Bennet, J.J.**, 1935. *Fusarium* species in British cereals. *Annals of Applied Biology*, 22: 479-501.
- Bergstrom, G.C., R.L. Nicholson**, 1999. The biology of corn anthracnose. *Plant Disease*, 83: 596-608.
- Bernhoff, A., M. Torp, P. Clasen, A. Loes, A. Kristoffersen**, 2012. Influence of agronomic and climatic factors on *Fusarium* infestation and mycotoxin contamination of cereals in Norway. In: *Additives and contaminants: Part A. Chemistry, analysis, control, exposure and risk assessment*, 29: 1129-1140.
- Bland, W.L.**, 1992. Quantifying plant-root development. In: L.L. Singleton, J.D. Mihail & C.M. Rush (eds). *Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi*. St. Paul, MN, USA, American Phytopathological Society Press, p. 225-235.
- Bockus, W.W., R.L. Bowden, R.M. Hunger, W.L. Morrill, T.D. Murray, R.W. Smiley** (eds.), 2010. Compendium of wheat diseases and insects. 3rd edition. APS Press, St. Paul, MN, 171 p.
- Bockus, W.W., N.A. Tisserat**, 2000. Take-all root rot. The Plant Health Instructor. www.apsnet.org.
- Bolley, H.C.**, 1913. Wheat troubles and soil deterioration. *Agricultural Experiment Station Bulletin*, 107: 1-98.

- Bottalico, A.**, 1998. Fusarium diseases of cereals: Species complex and related mycotoxin profiles in Europe. *Journal of Plant Pathology*, 80: 85-103.
- Brisbane, P., A. Rovira**, 1988. Mechanisms of inhibition of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* by fluorescent pseudomonads. *Plant Pathology*, 37: 104-111.
- Brown, P.D., M.J. Morra**, 1997. Control of soil-borne plant pests using glucosinolate containing plants. *Advances in Agronomy*, 61: 167-231.
- Burgess, L.W., A.H. Wearing, T.A. Toussoun**, 1975. Surveys of Fusaria associated with crown rot of wheat in Eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 26: 791-799.
- Burgess, L.W., C. Forbes, P.E. Nelson, W.F.O. Marasas, K.P. Gott**, 1993. Characterization and distribution of *Fusarium acuminatum*. *Mycologia*, 85: 119-124.
- Bushnell, W.R., B.E. Hazen, C. Pritsch**, 2003. Histology and physiology of *Fusarium* head blight. In: Fusarium head blight of wheat and barley (Leonard, K.J. and Bushnell, W.R., eds). St. Paul, MN: APS Press, 530 p.
- Butler, F.C.**, 1961. Root and foot rot diseases of wheat. New South Wales, Sydney, Australia. *N. S. W. Department of Agriculture Bulletin*, 98 p.
- Cadle, M.M., T.D. Murray, S.S. Jones**, 1997. Identification of resistance to *Pseudocercospora herpotrichoides* in *Triticum monococcum*. *Plant Disease*, 81: 1181-1186.
- Campbell, R., J. Ephgrave**, 1982. Effect of bentonite clay on the growth of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and on its interactions with a Antagonistic bacteria. *Journal of General Microbiology*, 129: 771-777.
- Carling, D.E., D.R. Sumner**, 1992. Rhizoctonia. In: L.L. Singleton, J.D. Mihail & C.M. Rush (eds.) *Methods for Research on Soilborne Phytopathogenic Fungi*. St. Paul, MN, USA, American Phytopathological Society Press, p. 157-165.
- Carmichal, J.W.**, 1955. Lacto fuchsin: a new medium for mounting fungi. *Mycologia*, 47: 611 p.
- Carter, J., J. Spink, P. Cannon, M. Daniels M., A. Osbourn**, 1999. Isolation, characterization and avenacin sensitivity of a diverse collection of cereal-root-colonizing fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 3364-3372.
- Carver**, 2009. Wheat science and trade. John Wiley and Sons Inc., Publication, 586 p.
- Cavelier, N., P. Lucas, G. Boulch**, 1985. Evolution du complexe parasitaire constitué par *Rhizoctonia cerealis* Van der Hoeven et *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron) Deighton, champignons parasites de la base des tiges de céréales. *Agronomie, EDP Sciences*, 5: 693-700.
- Cecilia, N.**, 2013. Biology of *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis* isolates from rice and grasses and epidemiological aspects of crown sheath rot of rice. *Tropical Plant Pathology*, 38: 495-504.
- Chamswang, C., R.J. Cook**, 1985. Identification and comparative pathogenicity of Pythium species from wheat roots and wheat-field soils in the Pacific Northwest. *Phytopathology*, 75: 821-827.
- Chelkowski, J.**, 1998. Distribution of *Fusarium* species and their mycotoxins in cereal grains. In: K.K. Sinha, D. Bhatnagar (eds). *Mycotoxins in agriculture and food safety*. Marcel Dekker Inc., New York, pp. 109-133p.
- Chongo Gossen, B., H. Kutcher, J. Gilbert, T. Turkington, M. Fernandez, D. McLaren**, 2001. Reaction of seedling roots of 14 crop species to *Fusarium graminearum* from wheat heads. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23: 132-137.
- Christensen, J.J.**, 1953. Root rots of wheat, oats, rye, barley. In: Stefferud, A. (ed.). *Plant diseases: the yearbook of agriculture*. Washington: Department of Agriculture, pp. 321-328.
- Clarkson, J.D.S., R.J. Cook**, 1983. Effect of sharp eyespot (*Rhizoctonia cerealis*) on yield loss in winter wheat. *Plant Pathology*, 32: 421-428.
- Cook, R.J.**, 1968. Fusarium root and foot rot on cereals in the Pacific Northwest. *Phytopathology*, 58: 127-131.
- Cook, R.J., A.A. Christen**, 1975. Growth of cereal root-rot fungi as affected by temperature-water potential interactions. *Phytopathology*, 66: 193-197.
- Cook, R.J., M. Weller**, 1987. Management of take-all in consecutive crops of wheat or barley. In: Chet, I. (ed.) *Innovative approaches to plant disease control*. John Wiley and Sons Inc., New York, pp. 41-76.
- Cook, R.J.**, 2001. Management of wheat and barley root diseases in modern farming systems. *Australasian Plant Pathology*, 30: 119-126.
- Cook, R.J., W.F. Schillingerb, W. Neil**, 2002. Rhizoctonia root rot and take-all of wheat in diverse direct-seed spring cropping systems. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 24: 349-358.
- Cook, R.J.**, 2003. Take-all of wheat. *Physiol. Mol. Plant Pathology*, 62: 73-86.
- Cook, R.J.**, 2012. Root diseases of wheat and barley. *Plant Health International*. www.planthealthinternational.com.
- Cooke, R.C., J.M. Wipps**, 1993. Ecophysiology of fungi. Blackwell Scientific Publications, Oxford UK. 337 p.
- Couture, L., J.C. Sutton**, 1980. Effect of dry heat treatments on survival of seed borne *Bipolaris sorokiniana* and germination of barley seeds. *Canadian Plant Disease*, 60: 59-61.
- Creighton, N.F.**, 1989. Identification of W-type and R-type isolates of *Pseudocercospora herpotrichoides*. *Plant Pathology*, 38: 484-493.
- Crouch, J.A., L.A. Beirn**, 2009. Anthracnose of cereals and grasses. *Fungal Diversity*, 39: 19-44.
- Cunningham, P.**, 1981. Occurrence, role and pathogenic traits of a distinct pathotype of *Pseudocercospora herpotrichoides*. *British Mycological Society*, 76: 13-15.
- Dalal, R.C., E.J. Weston, W.M. Strong, K.J. Lehane, J.E. Cooper, G.B. Wildermuth, A.J. King, C.J. Holmes**, 2004. Sustaining productivity of a Vertosol at Warra, Queensland, with fertilisers, no-tillage or legumes. Yield, nitrogen and disease-break benefits from

- lucerne in a two-year lucerne-wheat rotation. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44: 607-616.
- Daniels, A., J.A. Lucas, J.F. Peberdy**, 1991. Morphology and ultrastructure of W and R pathotypes of *Pseudocercospora herpotrichoides* on wheat seedlings. *Mycological Research*, 95: 385-397.
- Deacon, J.**, 1973. Factors affecting occurrence of the *Ophiobolus* patch disease of turf and its control by *Phialophora radicicola*. *Plant Pathology*, 22: 149-153.
- Deacon, J.W.**, 1981. Ecological relationships with other fungi: competitors and hyperparasites. In: *Biology and control of take-all* (Asher, M.J.C. and Shipton, P.J., eds). London: Academic Press, pp. 75-101.
- Demirci, E.**, 1998. *Rhizoctonia* species and anastomosis groups isolated from barley and wheat in Erzurum, Turkey. *Plant Pathology*, 47: 10-15.
- Dimond, A.E.**, 1955. Pathogenesis in the wilt diseases. *Review of Plant Pathology*, 6: 329-390.
- Dimond, A.E., P.E. Waggoner**, 1953. On the nature and role of vivotoxins in plant disease. *Phytopathology*, 43: 229-235.
- D'Mello, J.P.C., A.M.C. Macdonald**, 1997. Mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology*, 69: 155-166.
- Doohan, F.M., J. Brennan, B.M. Cooke**, 2003. Influence of climatic factors on *Fusarium* species pathogenic to cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109: 755-768.
- Drechsler, C.**, 1923. Some graminicolons species of *Helminthosporium*. I. *Journal of Agricultural Research*, 24: 641-739.
- Duben, J., H. Fehrmann**, 1979. Vorkommen und Pathogenität von *Fusarium*-Arten an Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland. I. Artenspektrum und jahreszeitliche Sukzession an der Halmbasis. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 86: 638-652.
- Duczek, L.J.**, 1989. Relationship between common root rot (*Cochliobolus sativus*) and tillering in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 11: 39-44.
- Duffy, B., D. Weller**, 1994. A semiselective and diagnostic medium of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Phytopathology*, 84: 1407-1415.
- Dyer, P., R. Bradshaw**, 2002. First report of apothecia of *Tapesia yallundae* occurring on the wild grass *Holcus lanatus* (Yorkshire Fog) in New Zealand. *Plant Pathology*, 51: 806.
- Farr, D.F., G.F. Bills, G.P. Chamuris, A.Y. Rossman**, 1989. Fungi on plants and plant products in the United States. St. Paul, MN: APS Press, 1252 p.
- Fedel-Moen, R., J.R. Harris**, 1987. Stratified distribution of *Fusarium* and *Bipolaris* on wheat and barley with dryland root rot in South Australia. *Plant Pathology*, 36: 447-454.
- Fernandez, M.R., R.P. Zentner**, 2005. The impact of crop rotation and N fertilizer on common root rot of spring wheat in the Brown soil zone of western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*, 85: 569-575.
- Fitt, B.D.L., D. Horneby**, 1978. Effect of root infecting fungi of wheat transport process and growth. *Physiological Plant Pathology*, 13: 355-346.
- Fitt, B., A. Goulds, R. Polley**, 1988. Eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) epidemiology. In: Relation to prediction of disease severity and yield loss in winter wheat — A review. *Plant Pathology*, 37: 311-328.
- Freeman, J., E. Ward**, 2004. Pathogen profile *Gaeumannomyces graminis*, the take-all fungus and its relatives. *Molecular Plant Pathology*, 5: 235-52.
- Garrett, S.D.**, 1934. Factors affecting the severity of take-all. I. The importance of soil micro-organisms. *Journal of the Department of Agriculture, South Australia* 37: 664-674.
- Gilchrist, L.I.**, 1985. CIMMYT methods for screening wheat for *Helminthosporium sativum* resistance. In: *Wheats for more tropical environments*, Mexico, pp. 149-151.
- Goswami, R., H. Kistler**, 2004. Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular Plant Pathology*, 5: 515-25.
- Griffin, D.M.**, 1958. Influence of pH on the incidence of damping-off. *Trans. British Mycology Society*, 41: 483-490.
- Griffin, D.M.**, 1972. Ecology of fungi. Syracuse University Press, 193 p.
- Haas, D., G. Défago**, 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent *Pseudomonas*. *Nature Reviews Microbiology*, 3: 307-319.
- Hafiz, A.**, 1986. Plant diseases: Pakistan Agricultural Research Council. North West Frontier Provinces and Punjab. *Sarhad Journal of Agriculture*, 8: 541-545.
- Harvey, P.**, 2010. Pythium root rot. *Grain Research and Development Corporation*. www.grdc.com.au.
- Hendrix, F.F., W.A. Campbell**, 1973. Pythiums as plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 11: 77-98.
- Hering, T.F., R.J. Cook, W.H. Tang**, 1987. Infection of wheat embryos by *Pythium* species during seed germination and the influence of seed age and soil matric potential. *Phytopathology*, 77: 1104-1108.
- Hornby, D.**, 1998. Take-All of cereals a regional perspective. *Experimental Agriculture*, 35: 507-516.
- Huber, D.M., R.D. Graham**, 1992. Techniques for studying nutrient-disease interactions. In: L.L. Singleton, J.D. Mihail & C.M. Rush (eds). *Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi*. St. Paul, MN, USA, American Phytopathological Society Press, p. 204-214.
- Hudech, K., D. Muchová**, 2010. Influence of temperature and species origin on *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* pathogenicity to wheat seedlings. *Plant Protection Science*, 46: 59-65.
- Inch, S., J. Gilbert**, 2003. The incidence of *Fusarium* species recovered from inflorescences of wild grasses in southern Manitoba. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 25: 379-383.
- Ingram, D.M., R.J. Cook**, 1999. Pathogenicity of four *Pythium* species to wheat, barley, peas and lentils. *Plant Pathology*, 39: 110-117.

- Ios, R., A. Belhadj, M. Menez**, 2004. Occurrence and distribution of *Microdochium nivale* and *Fusarium* species isolated from barley, durum and soft wheat grains in France from 2000 to 2002. *Mycopathologia*, 158: 351-362.
- Jefferson, K.K.**, 2004. What drives bacteria to produce biofilm? *Federation of European Microbiological Societies Microbiology Letters*, 236: 163-173.
- Johnson, L.F., E.A. Curl**, 1972. Methods for research on the ecology of soilborne plant pathogen. Minneapolis, MN, USA, Burgess Publication, 247 p.
- Jones, D.G., B.C. Clifford**, 1983. Cereal diseases, their pathology and control. John Wiley and Sons, 309 p.
- Kanyuka, K., E. Ward, E.M. Adams**, 2003. *Polymyxa graminis* and the cereal viruses it transmits: a research challenge. *Molecular Plant Pathology*, 4: 393-406.
- Kauraw, L.P.**, 1979. Effect of different soil types, pH, and phosphorus levels on wheat seedlings and the incidence of *Pythium graminicola*. *Plant and Soil*, 53: 551-557.
- Khan, M.R., S. Fischer, D. Egan, F. Doohan**, 2006. Biological control of *Fusarium* seedling blight disease of wheat and barley. *Biological Control*, 96: 386-394.
- Killham, K.**, 1994. Soil Ecology. Cambridge University Press, 243 p.
- Kirk, J.J., J.W. Deacon**, 1987. Control of take-all fungus by *Microdochium bolleyi* and interactions involving *M. bolleyi*, *Phialophora graminicola* and *Periconia macrospinoso* on cereal crops. *Plant and Soil*, 98: 231-237.
- Kishwar, A., H. Sher, S. Iftikhar, K. Ali, S. Hassan**, 1992. Foot rot diseases of wheat in rainfed areas of North West Frontier Provinces and Punjab. *Sarhad Journal of Agriculture*, 8: 541-545.
- Kokko, E.G., R.L. Conner, G.C. Kozub, B. Lee**, 1995. Effects of common root rot on discoloration and growth of the spring wheat root system. *Phytopathology*, 85: 203-208.
- Krupa, S., Y. Dommergues**, 1979. Ecology of root pathogens. *Developments in Agricultural and Managed Forest Ecology*, 5: 1-281.
- Kumar, J., P. Schafer, R. Huckelhoven, G. Langen, H. Baltruschat, E. Stein, S. Najarajan, K.H. Kogel**, 2002. *Bipolaris sorokiniana*, a cereal pathogen of global concern: cytological and molecular approaches towards better control. *Molecular Plant Pathology*, 3: 185-195.
- Kwak, Y., D. Weller**, 2013. Take-all of wheat and natural disease suppression: a review. *Plant Pathology Journal*, 29: 125-135.
- Landa, B.B., O.V. Mavrodi, J.M. Raaijmakers, B.B.M. Gardener, L.S. Thomashow, D.M. Weller**, 2002. Differential ability of genotypes of 2,4-diacetylphloroglucinol-producing *Pseudomonas fluorescens* strains to colonize the roots of pea plants. *Applied and Environmental Microbiology*, 68: 3226-3237.
- Latch, G.C.M.**, 1966. Fungous diseases of ryegrasses in New Zealand. Foliage, root and seed diseases. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 9: 808-819.
- Loper, J.E., H. Gross**, 2007. Genomic analysis of antifungal metabolite production by *Pseudomonas fluorescens* Pf-5. *European Journal of Plant Pathology*, 119: 265-278.
- Loper, J.E., K.A. Hassan, D.V. Mavrodi, E.W. Davis II, C.K. Lim, B.T. Shaffer, L. Elbourne, V. Stockwell, S. Hartney, K. Breakwell, M.D. Henkels, S. Tetu, L. Rangel, T. Kidarsa, N. Wilson, J. Mortel, C. Song, R. Blumhagen, D. Radune, J. Hostetler, L. Brinkac, A. Durkin, D. Kluepfel, W. Wechter, A. Anderson, Y. Kim, L. Pierson, E. Pierson, S. Lindow, Kobayashi, D. Raaijmakers, D. Weller, L. Thomashow, A. Allen, I. Paulsen**, 2012. Comparative genomics of plant-associated *Pseudomonas* spp.: Insights into diversity and inheritance of traits involved in multitrophic interactions. *PLoS Genetics*, 8: 1-27.
- Luttrell, E.S.**, 1963. Taxonomic criteria in *Helminthosporium*. *Mycologia*, 55: 643-674.
- Luttrell, E.S.**, 1964. Systematics of *Helminthosporium* and related genera. *Mycologia*, 56: 119-132.
- Macferline**, 1970. *Lagena radicola* and *Rhizophydium graminis*, two common and neglected fungi. *British Mycological Society*, 55: 113-116.
- MacNish, G., S. Neate**, 1996. Rhizoctonia bare patch of cereals. *Plant Disease*, 80: 965-971.
- Malalasekera, R., F. Sanderson, J. Colhoun**, 1973. *Fusarium* diseases of cereals: IX. Penetration and invasion of wheat seedlings by *Fusarium culmorum* and *F. nivale*. *Transactions of the British Mycological Society*, 60: 453-462.
- Manova, R., R. Mladenova**, 2009. Incidence of zearalenone and fumonisins in Bulgarian cereal production. *Food Control*, 20: 362-365.
- Mathieson, J., C. Rush, D. Bordovsky, L. Clark, O. Jones**, 1990. Effects of tillage on common root rot of wheat in Texas. *Plant Disease*, 74: 1006-1008.
- Mathre, D.E.**, 1997. Compendium of barley diseases. 2nd Edition. APS Press, 90 p.
- Mathre, D.E., R.H. Johnston, W.E. Grey**, 1998. Biological control of take-all disease of wheat caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* under field conditions using a *Phialophora* spp. *Biocontrol Science and Technology*, 8: 449-457.
- Mathre, D.E., R.H. Johnston, W.E. Grey**, 2003. Diagnosis of common root rot of wheat and barley. *Plant Health Progress*.
www.plantmanagementnetwork.org.
- Mazzola, M.**, 2002. Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. In: Veen-van, J.H., Laanbroek, H.J., Vos-de, W.M. (eds.), *Proceedings of the 9th International Symposium on Microbial Ecology*, 81: 557-564.
- Mavrodi, O., B. Landa, K. Schroeder, R. Allende-Molar, D. Weller**, 2006. Enrichment and genotypic diversity of phtD-containing fluorescent *Pseudomonas* spp. in two soils after a century of wheat and flax monoculture. *FEMS Microbiol. Ecology*, 55: 351-368.
- McCarter, S.M., R.H. Littrell**, 1970. Comparative pathogenicity of *Pythium aphanidermatum* and *Pythium*

- myriotylum* to 12 plant species and intraspecific variation in virulence. *Phytopathology*, 60: 264-268.
- McLaughlin, D.J., E.G. McLaughlin, P.A. Lamke**, 2001. The Mycota. Systematic and Evolution. VII. Springer, 261 p.
- Mehrotra, R.S., Aggarwal**, 2003. Plant Pathology. Second edition. McGraw Hill Education, 847 p.
- Middleton, J.T.**, 1943. The taxonomy, host range and geographic distribution of the genus *Pythium*. *Memoirs of the Torrey Botanical Club*, 20: 1-170.
- Miedaner, T.**, 1997. Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding*. 116: 201-220.
- Millar, C., J. Colhoun**, 1969. *Fusarium* diseases of cereals: IV. Observations on *Fusarium nivale* on wheat. *Transactions of the British Mycological Society*, 52: 57-66.
- Mueller, E.**, 1977. Die systematische des "Schneeschim-mels". *Revue de Mycologie*, 41: 129-134.
- Nakajima, T., J. Abe**, 1996. Environmental factors affecting expression of resistance to pink snow mold caused by *Microdochium nivale* in winter wheat. *Canadian Journal of Botany*, 74: 1783-1788.
- Neate, S.M.**, 1985. *Rhizoctonia* in South Australian wheat fields. In: Parker C.A., Rovira A.D., Moore K.J. and Wong P.T.W. (eds.) In: *Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens*. American Phytopathological Society, pp. 54-56.
- Neate, S.M., J.H. Warcup**, 1985. Anastomosis grouping of some isolates of *Thanatephorus cucumeris* from agricultural soils in South Australia. *Transactions of the British Mycological Society*, 85: 615-620.
- Nolt, B.L., C.P. Romaine, S.H. Smith, H. Cole**, 1981. Further evidence for the association of *Polymyxa graminis* with the transmission of Wheat Spindle Streak Mosaic Virus. *Phytopathology* 71: 1269-1272.
- Papavizas, G.C.**, 1967. Evaluation of various media and antimicrobial agents for isolation of *Fusarium* from soil. *Phytopathology*, 57: 848-852.
- Papendick, R.I., R.J. Cook**, 1974. Plant water stress and development of *Fusarium* foot rot in wheat subjected to different cultural practices. *Phytopathology*, 64: 358-363.
- Parry, D. W.**, 1990. Plant Pathology in Agriculture. Cambridge University Press, 365 p.
- Parry, D.W., T.R. Pettitt, P. Jenkinson, A.K. Lees**, 1994. The cereal *Fusarium* complex. In: Blakeman, J.P. and Williamson, B. (eds.), *Ecology of Plant Pathogens*, pp. 301-320.
- Parry, D., P. Jenkinson, L. McLeod**, 2007. *Fusarium* ear blight (scab) in small grain cereals - a review. *Plant Pathology*, 44: 207-238.
- Paulitz, T.C., K. Adams**, 2002. *Pythium abapressorium* - a new species from Eastern Washington. *Mycologia*, 95: 180-186.
- Paulitz, T., K. Adams**, 2003. Composition and distribution of *Pythium* communities in wheat fields in Eastern Washington State. *Phytopathology*, 93: 867-873.
- Plaats-Niterink, A.J. van der**, 1981. Monograph of the genus *Pythium*. *Studies in Mycology*, p. 242.
- Polley, R.W., J.A. Turner, V. Cockerell, J. Robb, K.A. Scudamore, M.F. Sanders, N. Magan**, 1991. Survey of *Fusarium* species infecting winter wheat in England, Wales and Scotland. Home Grown Cereals Authority, 100 p.
- Pua, E.C., R.L. Pelletier, H.R. Klinck**, 1985. Seedling blight, spot blotch and common root rot in Quebec and their effect on grain yield in barley. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 7: 395-401.
- Raaijmakers, M., D. Weller**, 1998. Natural plant protection by 2,4-Diacetylphloroglucinol producing *Pseudomonas* spp. in take-all decline soils. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 11: 144-152.
- Reis, E., Abrao**, 1983. Effect of tillage and wheat residue management on the vertical distribution and inoculum density of *Cochliobolus sativus* in soil. *Plant Disease*, 67: 1088-1089.
- Rennie, W., M. Richardson, M. Noble**, 1983. Seed-borne pathogens and the production of quality seed in Scotland. *Seed Science and Technology*, 11: 1115-1127.
- Rocha, O., K. Ansari, F.M. Doohan**, 2005. Effects of trichothecene mycotoxins on eukaryotic cells: a review. *Food Additives and Contaminants*, 22: 369-378.
- Roget, D.K., A.D. Rovira**, 1991. The relationship between incidence of infection by the take-all fungus (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*), rainfall and yield of wheat in South Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31: 509-513.
- Ryder, M., P. Brisbane, A. Rovira**, 1990. Mechanisms in biological control of take-all of wheat by rhizosphere bacteria. In: Hornby D. (ed.), *Biological control of soilborne plant pathogens*, pp. 123-130.
- Saari, E.E.**, 1985. Distribution and importance of root rot diseases of wheat, barley and triticale in South and Southeast Asia In: *Wheats for more tropical environments*. Mexico, DF, CIMMYT, pp.189-195.
- Sadeghi, L., A. Elah, S. Naser, M. Ghalandar**, 2009. Identification of Iranian populations of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* using morphological, molecular and pathological studies. *Iran. J. Plant Path.*, 45: 27-30.
- Saremi, I.I., D. Backhouse, L.W. Burgess**, 1997. Mycogeographic survey of *Fusarium* species in Southeastern New South Wales, Australia. Fifth European *Fusarium* Seminar. *Cereal Research Communications*, 25: 611-612.
- Schroeder, K.L., P.A. Okubara, T.C. Paulitz**, 2007. Geographic distribution of *Rhizoctonia* and *Pythium* species in soils from dryland cereal cropping systems in Eastern Washington. USDA-ARS, Washington State University.
- Sharma, I.**, 2012. Disease resistance in wheat. *Molecular Plant Pathology*, 14: 323-41.
- Scherm, B., V. Balmas, F. Spanu, G. Pani, G. Delogu, M. Pasquali, Q. Migheli**, 2013. *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Molecular Plant Pathology*, 14: 323-341.
- Shen, C.I.**, 1940. Soil conditions and the *Fusarium culmorum* seedling blight of wheat. *Annals of Applied Biology*, 27: 323-329.

- Sherriff, C., M.J. Whelan, G.M. Arnold, J.A. Bailey**, 1995. rDNA sequence analysis confirms the distinction between *Colletotrichum graminicola* and *C. sublineolum*. *Mycological Research*, 93: 475-478. www.pressurebiosciences.com.
- Shoemaker, R.A.**, 1959. Nomenclature of *Drechslera* and *Bipolaris* grass parasites segregated for *Helminthosporium*. *Canadian Journal of Botany*, 37: 879-887.
- Singleton, L.L., J.D. Mihail, C.M. Rush** (eds.), 1992. Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi. APS Press, St. Paul, MN, USA, 266 p.
- Singleton, L.L., G. Krenzer**, 1996. Seed treatment, variety and planting date effects on sharp eyespot and *Fusarium* root rot at Perkins. *Biological and Cultural Tests*, 11: 91.
- Smiley, R., P. Dernoeden, B. Clarke**, 2005. Compendium of turfgrass diseases. 3rd ed. APS Press, St. Paul, MN, USA, 167 p.
- Smiley, R., J. Gourlie, S. Easley, L. Patterson, R. Whitaker**, 2005. Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley. Plant disease in the Pacific Northwest. *Plant Disease*, 89: 595-604.
- Smith, W.G.**, 1884. Diseases of field and garden crops. Macmillan, London, UK, 353 p.
- Snyder, W.C., H.N. Hansen**, 1940. The species concept in *Fusarium*. *American Journal of Botany*, 27: 64-67.
- Speakman, J.B., B.G. Lewis**, 1978. Limitation of *Gaeumannomyces graminis* by wheat root responses to *Phialophora radicularis*. *The New Phytologist*, 80: 373-380.
- Sprague, R.**, 1938. Gill fungi associated with the roots of cereals. *Phytopathology*, 28: 78-79.
- Stack, R.W.**, 1977. A simple selective medium for isolation of *Cochliobolus sativus* from diseased cereal crowns and roots. *Plant Disease*, 61: 521-522.
- Strausbaugh, C., C. Bradley, A. Koehna, R. Forster**, 2003. Survey of root diseases of wheat and barley in southeastern Idaho. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 26: 167-176.
- Sturz, A.V., C.C. Bernier**, 1987. Survival of cereal root pathogens in the stubble and soil of cereal versus non-cereal crops. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 9: 205-213.
- Sukno, S.A., V.M. García, B.D. Shaw, M.R. Thon**, 2008. Root infection and systemic colonization of maize by *Colletotrichum graminicola*. *Applied and Environmental Microbiology*, 74: 823-832.
- Sutton, J.C.**, 1982. Epidemiology of wheat head blight and maize ear rot caused by *Fusarium graminearum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 4: 195-209.
- Tanaka, T., A. Hasegawa, S. Yamamoto, U. Lee, Y. Sugiura, Y. Ueno**, 1988. Worldwide contamination of cereals by the *Fusarium* mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol and zearalenone. 1. Survey of 19 countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36: 979-983.
- Temmink, J.H.M., R.N. Campbell**, 1969. The ultrastructure of *Olpidium brassicae*. III. Infection of host roots. *Canadian Journal of Botany*, 47: 421-424.
- Thomashow, L., D. Weller, R. Bonsall, L. Pierson L.**, 1990. Production of the antibiotic phenazine-1-carboxylic acid by fluorescent pseudomonas species in the rhizosphere of wheat. *Applied and Environmental Microbiology*, 56: 908-12.
- Thomashow, L., L. Pierson**, 1991. Genetic aspects of phenazine antibiotic production by fluorescent pseudomonas that suppress take-all disease of wheat. In: *Advances in molecular genetics of plant-microbe interactions*. Springer Science and Business Media, B.V., pp. 443-449.
- Tinline, R., G. Wildermuth, D. Spurr**, 1988. Inoculum density of *Cochliobolus sativus* in soil and common root rot of wheat cultivars in Queensland. *Australian Journal of Agricultural Research*, 39: 569-577.
- Tinline, R.D., K.L. Bailey, L.J. Duczek, H. Harding** (eds.), 1991. Proc. Int. Workshop on Common Root Rot of Cereals, 1st, Saskatoon, Canada, 175 p.
- Trail, F., H. Xu, R. Loranger, D. Gadoury**, 2002. Physiological and environmental aspects of ascospore discharge in *Gibberella zeae*. *Mycologia*, 94: 181-189.
- Van Eeuwijk, F.A., A. Mesterhazy, C.I. Kling, P. Ruckebauer, L. Saur, H. Burstmayr, M. Lemmens, L.C.P. Keizer, N. Maurin, C.H.A. Snijders**, 1995. Assessing nonspecificity of resistance in wheat to head blight caused by inoculation with European strains of *F. culmorum*, *F. graminearum* and *F. nivale* using a multiplication model for interaction. *Theoretical and Applied Genetics*, 90: 221-228.
- Vanterpool, T.C., G.A. Ledingham**, 1930. Studies of "browning" root rot of cereals. I. The association of *Lagenaria radicularis* n. gen; n. sp. with root injury of wheat. *Canadian Journal Research*, 2: 171-194.
- Vanterpool, T.C.**, 1935. Studies on browning root rot of cereals: III. Phosphorus-nitrogen relations of infested fields. IV. Effects of fertilizer amendments. V. Preliminary plant analyses. *Canadian Journal of Research*, 13: 220-250.
- Venard, C., S. Kulshrestha, J. Sweigard, E. Nuckles, L.J. Vaillancourt**, 2008. The role of a fadA ortholog in the growth and development of *Colletotrichum graminicola* in vitro and in planta. *Fungal Genetics and Biology*, 45: 973-983.
- Vilich-Meller, Vivian**, 1992. *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Fusarium* spp. and *Rhizoctonia cerealis* stem rot in pure stands and interspecific mixtures of cereals. *Crop Protection*, 11: 45-50.
- Visconti, A., M. Doko**, 1994. Survey of fumonisin production by *Fusarium* isolated from cereals in Europe. *Journal of Aoac International*, 77: 546-550.
- Wallwork, H.**, 2000. Cereal root and crown diseases. South Australian Research and Development Institute, Adelaide, 104 p.
- Walker, J.**, 1981. Taxonomy of take-all fungi and related genera and species. In: *Biology and control of take-all* (Asher, M.J.C. and Shipton, P.J., eds). Academic Press, pp. 15-74.

- Warren, T.B., L.T. Lucas**, 1973. Histopathology of Marasmium blight of American beachgrass. *Phytopathology*, 63: 725-728.
- Waterhouse, G.M.**, 1967. Key to *Pythium pringsheim*. Commonwealth Mycological Institute. *Mycological Papers*, 109: 1-15.
- Waterhouse, G.M.**, 1968. The genus *Pythium pringsheim*. Commonwealth Mycological Institute. *Mycological Papers*, 110: 1-71; 50.
- Weise, M.V.**, 1987. Compendium of wheat diseases, 2nd ed. St Paul, MN, USA, APS Press, American Phytopathological Society, 112 p.
- Weller, D.M., B.B. Landa, O.V. Mavrodi, K.L. Schroeder, L. De La Fuente, B.S. Bankhead, R. Allende Molar, R.F. Bonsall, D. Mavrodi, L.S. Thomashow**, 2007. Role of 2,4-diacetylphloroglucinol-producing fluorescent *Pseudomonas* spp. in the defense of plant roots. *Plant Biology*, 9: 4–20.
- Wildermuth, G.B., R.B. McNamara**, 1987. Susceptibility of winter and summer crops to root and crown infection by *Bipolaris sorokiniana*. *Plant Pathology*, 36: 481-491.
- Wilhelm, S.**, 1966. Chemical treatments and inoculum potential of soil. *Ann. Rev. Phytopath.*, 4: 53-78.
- Yang, F. , J. Jensen, N. Spliid, B. Svensson, S. Jacobsen, L. Jorgensen, H. Jorgensen, D. Collinge, C. Finnie**, 2009. Investigation of the effect of nitrogen on severity of Fusarium head blight in barley. *Journal of Proteomics*, 73: 743–752.
- Yang, M., D. Mavrodi, O. Mavrodi, R. Bonsall, J. Parejko, T. Paulitz, L. Thomashow, H. Yang, D. Weller, J. Guo**, 2011. Biological control of take-all by fluorescent *Pseudomonas* spp. from Chinese wheat fields. *Phytopathology*, 101: 1481-1491.
- Zanette, G.F., M.A. Gisele, N.L.D.P. Meirelles**, 2009. Morphogenetic characterization of *Colletotrichum sublineolum* strains, causal agent of anthracnose of Sorghum. *Tropical Plant Pathology*, 34: 146-151.
- Zillinsky, F.J.**, 1984. Common diseases of small grain cereals: A guide to identification. *Cambridge University Press*, 20: 98-98.
- Zriba, N.**, 1997. Characterization of *Phialophora* spp. isolates from a Montana take-all suppressive soil and their use in suppression of wheat take-all caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (Ggt). *Canadian Journal of Plant Pathology*, 21: 110-118.