

Yanashkov, I., Avramov, Zh. & Vatchev, Tz. (2017). Soilborne fungal pathogens of small grain cereal crops in Bulgaria: species composition and distribution. *Rastenievadni nauki (Bulgarian Journal of Crop Science)*, 54(2), 10–23 (Bg).

Почвообитаващи гъбни патогени по житни култури със слята повърхност в България: видов състав и разпространение

Иво Янашков¹, Желю Аврамов², Ценко Вьчев^{1*}

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

²Лесотехнически университет, София 1797, бул. „Климент Охридски” № 10

*e-mail: vatchevtzenko@yahoo.com

Резюме

Житните култури със слята повърхност, в т.ч. пшеница, ечемик, ръж, овес, тритикале, лимец и др., са обект на нападение от редица почвообитаващи фитопатогенни гъби и гъбоподобни организми. Всички фази от развитието на растенията са чувствителни на инфекции. Нападението води до гниене на семената и кълновете, загиване на пониците, прореждане на посевите, гниене по корените и основата на стъблата на инфектираните растения в по-късни фенофази. В отделни случаи инфекцията протича безсимптомно до възникване на благоприятни условия за развитие на заболяване или остава латентна до края на вегетационния сезон и реколтирането на посева.

Резултатите от проведеното изследване показват, че сред най-широко разпространените почвени патогени по житните култури у нас са гъби от род *Fusarium*, в т.ч. видовете *F. oxysporum*, *F. graminearum* и *F. culmorum*, съставляващи съответно 32%, 22% и 17% от общия брой патогенни изолати, получени при обследване на корените и основата на стъблата на вегетиращи житни растения. Други видове от род *Fusarium*, като *F. sporotrichiella* и *F. equiseti* се срещат спорадично в отделни посеви с житни култури. Други почвообитаващи патогени, свързани с некротични повреди по корените и базите на житни култури, са *Drechslera sorokiniana* и *Rhizoctonia solani*. Двата вида съставляват съответно 11% и 8% от общия брой изолирани гъби. Гъбоподобни представители от род *Pythium*, по-специално видът *P. ultimum* и отделни неидентифицирани засега *Pythium* spp., заемат 10% от изолираните гъби. Представителите на този род са сред най-разпространените патогени, атакуващи кореновата система на житните растения, култивирани в преовлажнени и студени почви. Установените видове заразяват растенията самостоятелно или в комбинации от два и повече патогена едновременно. Смесени инфекции с участие на представители от род *Fusarium*, *Pythium* и *Rhizoctonia* са установени в част от обследваните житни посеви в страната. Икономическите загуби от причиняваните заболявания в различните зърнопроизводителни райони варират по години, в зависимост от вида на гостоприемника, почвено-климатичните и агрономическите условия на отглеждане.

Ключови думи: почвообитаващи гъбни патогени; житни култури със слята повърхност; структура на съобщесвото; разпространение

Soilborne fungal pathogens of small grain cereal crops in Bulgaria: species composition and distribution

Ivo Yanashkov¹, Zhelyu Avramov², Tzenko Vatchev^{1*}

¹Institute of Soil Science, Agro-Technology and Plant Protection “Nikola Pushkarov”, Plant Protection

Abstract

Small grain cereal crops including wheat, barley, rye, oats, triticale, einkorn etc. are subject to attacks of various soil inhabiting plant pathogenic fungi and fungus-like organisms. All growth stages of cereal crops are susceptible to infections. Attacks lead to pre-emergence decay of seeds, post-emergence damping-off of cereal seedlings, root and lower stem rot in later growth stages of the infected cereals. In individual cases, infection proceeds without obvious symptoms until favourable conditions arise or disease remains latent to the end of growing season and harvesting. Results of the present study show that fungi of genus *Fusarium* are the most frequent soilborne pathogens isolated from cereal crops in the country. Predominating species include *F. oxysporum*, *F. graminearum* and *F. culmorum*, constituting respectively 32%, 22% and 12% of the total number of pathogenic isolates obtained from the roots and lower stems of cereal plants. Other *Fusarium* species, such as *F. sporotrichiella* and *F. equiseti*, occur sporadically in a few fields grown with cereals. Other soil inhabiting pathogens, associated with root rot and stem base necrotic lesions on cereal crops are *Drechslera sorokiniana* and *Rhizoctonia solani*, constituting respectively 11% and 8% of the total number of isolated fungi. Fungus-like isolates of genus *Pythium*, *P. ultimum* in particular, and some currently unidentified *Pythium* spp., represent 10% of isolated fungi. The representatives of this genus are among the most prevalent pathogens, attacking root system of cereal plants, cultivated in waterlogged and cool soils. These species can infect cereal plants either individually or in combinations of two and more pathogens. Mixed infections with *Fusarium* spp., *Pythium* spp. and *Rhizoctonia solani* occur in some of the surveyed cereal fields in the country. Economic losses caused by soilborne diseases of cereal crops in various grain-producing areas vary over the years and depend on the host species, soil, climatic, and agronomical conditions of growing.

Key words: pathogenic soil inhabiting fungi; small grain cereal crops; community structure; distribution

Житните култури със слята повърхност, в т.ч. пшеница, ечемик, ръж, овес и др., отглеждани в различни региони по света и у нас, са обект на нападение от редица почвообитаващи гъби и гъбоподобни оомицетни организми (Atanasov et al., 1932; Mladenov, 1974; Todorova and Karzhin, 1978; Karadjova, 1979; Mladenov and Karadjova, 1982; Singleton et al., 1992; Strausbaugh et al., 2003). Почвени патогени от род *Fusarium*, *Gaeumannomyces*, *Drechslera*, *Oculimacula* (*Pseudocercospora*) или *Rhizoctonia* атакуват растенията самостоятелно или в комплекси от две и повече таксономични единици едновременно (Duben and Fehrmann, 1979; Sturz and Bernier, 1987; Duffy and Weller, 1994; Miedaner, 1997; Smiley et al., 2005b). Отделните видове почвени фитопатогени имат широк кръг от растения-гостоприемници сред житни култури и плевели. Обикновено кореновата система на растенията е засегната в една или друга степен през всички фази от вегетационния период. Причиняваните заболявания се характеризират с прояви на не-

кроза по корените и основата на стъблата на болните растения (Saari, 1985; Weise, 1987; Mathre et al., 2003; Cook, 2012).

Едни от най-широко разпространените причинители на кореново и базично гниене по житните култури са гъби от род *Fusarium*. Инфекции по корените, причинявани от видовете *F. graminearum* Schwabe, *F. culmorum* (Wm.G.Sm.) Sacc., *F. avenacearum* (Fr.) Sacc., са свързани със значителни икономически загуби в топлите и умерени ширини, а от *F. nivale* (Fr.) Ces. – в условията на по-хладен климат (Atanasov et al., 1932; Mladenov, 1974; Karadjova, 1979; Mladenov and Karadjova, 1982; Rennie et al., 1983; Hudec and Muchova, 2010). Други видове от род *Fusarium*, като *F. oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen, *F. moniliforme* J. Sheld., *F. sporotrichoides* Sherb. и *F. poae* (Peck) Wollenw се считат за повсеместно разпространени в районите с отглеждане на житни култури със слята повърхност (Rayllo, 1950; Müller, 1977; Dimitrov, 1980; Bottalico, 1998). Наред с редуциране на ко-

личеството и качеството на добива, гъбите от род *Fusarium* имат способността да синтезират широк спектър микотоксини, различаващи се по структура и физиологично действие (Rocha et al., 2005), но оказващи негативен ефект върху здравето на хората, здравето и продуктивността на домашните животни (D'Mello and Macdonald, 1997). Голям брой гъбоподобни представители от род *Pythium* (отдел *Oomycota*), включително *P. graminicola* Subraman., *P. ultimum* Trow, *P. irregulare* Buisman, *P. aristosporum* Vanterpool, *P. volutum* Vanterpool & Truscott и др. са сред най-разпространените патогени, атакуващи кореновата система на житни култури в условията на преовлажнена и студена почва (Griffin, 1958; Kauraw, 1979; Van der Plaats-Niterink, 1981; Ingram and Cook, 1999; Paulitz and Adams, 2003). Инфекциите по кълновете и пониците често водят до загиване на растенията и значително прореждане на посева скоро след сеитбата (Chamswarnng and Cook, 1985; Hering et al., 1987). Като често срещани причинители на гниене в ранните фенофази се съобщават още видовете *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. (Hering et al., 1987) по пшеница, *P. aristosporum* и *P. volutum* по пшеница, ечемик и овес (Chamswarnng and Cook, 1985).

Гъбните инфекции по корените и базите на житните култури през по-късни фенофази от развитие на растенията се характеризират с различна степен на прояви на кореново и базично гниене (Cook and Christen, 1976; Paulitz and Adams, 2003). Ниските добиви, получавани от болни растения се свързват с по-слабо братене (Duczek, 1989; Sharma, 2012), редуциран растеж (Campbell and Ephgrave, 1982; Smiley et al., 2005a), увяхване на листната маса (Carter et al., 1999), преждевременно стареене на класа („белокласие“) (Bottalico, 1998; Bockus et al., 2010; Chongo et al., 2001; Cook et al., 2002; Trail et al., 2002; Goswami and Kistler, 2004; Parry et al., 2007; Мoya-Elizondo et al., 2015), спаружване на зърното (Weise, 1987) и др. В условия на повлажен климат по пшеницата и ечемика се срещат инфекции, причинени от вида *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) (Oswald, 1950; Mathre, 1997; Weise, 1987). По-късно през вегетацията заболяването преминава от корените към основата на стъблото. По тези части, както и по ниско разположените обвивни листа, се развиват некротични участъци (Mathre, 1997; Weise, 1987), които се разрастват и през периода на изкласяване водят до прегаряне на петурите (Weise, 1987; Singleton, 2002).

Инфекцията с причинителя на черно кореново гниене *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & D.L. Olivier води до сериозни загуби при пшеница, ечемик, ръж и овес в Европа, Америка, Азия и Австралия (Todorova and Karzhin, 1972; Mathre, 1982; Weise, 1987; Hornby, 1998; Bockus and Tisserat, 2000). Заболяването е описано с икономическо значение по пшеница и ечемик в България от Karzhin (1983). Друг широко разпространен почвен патоген е видът *Oculimacula yallunde* (Wallwork & Spooner) Crous & W. Gams (syn. *Pseudocercospora herpotrichoides* (Fron.) Deighton), телеоморф *Tapesia yallundae* Wallwork & Spooner, като икономически значим причинител на базично гниене и паразитно полягане при пшеница, ечемик, ръж и овес (Fitt et al., 1988; Vilich-Meller, 1992; Cadle et al., 1997). С прояви на базично гниене и полягане на посева е свързано нападението от *Rhizoctonia solani* Kühn (Pitt, 1964; Parmeter, 1970; Weise, 1987) и *R. cerealis* Van der Hoeven (Lipps and Herr, 1982; Bockus et al., 2010; Hamada et al., 2011). Често тези заболявания се проявяват в посева като ясно очертани, неравномерно разпръснати огнища („хармани“) от болни или загинали растения (Weise, 1987; MacNish and Neate, 1996).

Други видове, в т.ч. *Glomerella graminicola* Politis (телеоморф) и анаморф *Colletotrichum graminicola* (Ces.) Wilson, syn. *Diocladium graminicola* Ces., *C. cereale* Manns, и *Aureobasidium bolleyi* (R. Sprague) Arx (syn. *Microdochium bolleyi* (R. Sprague) de Hoog & Herm.-Nijhof; syn. *Gloeosporium bolleyi* R. Sprague), имат ограничено разпространение и по-малко значение като патогени по житните култури със слята повърхност (Christensen, 1953; Kirk and Deacon, 1987; Balaz et al., 1996). Видът *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl има широк кръг от растения-гостоприемници. По житните, в т.ч. пшеница, сорго, ориз и др., се срещат предимно непатогенни форми на гъбата (Broggi et al., 2007).

От представения литературен преглед, както и от предходни наши публикации (Yanashkov and Vatchev, 2016; Yanashkov et al., 2016; Yanashkov and Vatchev, *in press*) е видно, че житните култури със слята повърхност се нападат от широк набор почвообитаващи гъбни патогени, причинители на гниене на пониците, кореново и базично гниене, практически през всички фази от развитие на растенията. Целта на настоящото изследване беше да се актуализират наличните данни относно видовия състав и да се установи разпространението на почвените гъбни патогени по житни култури със слята повърхност в България.

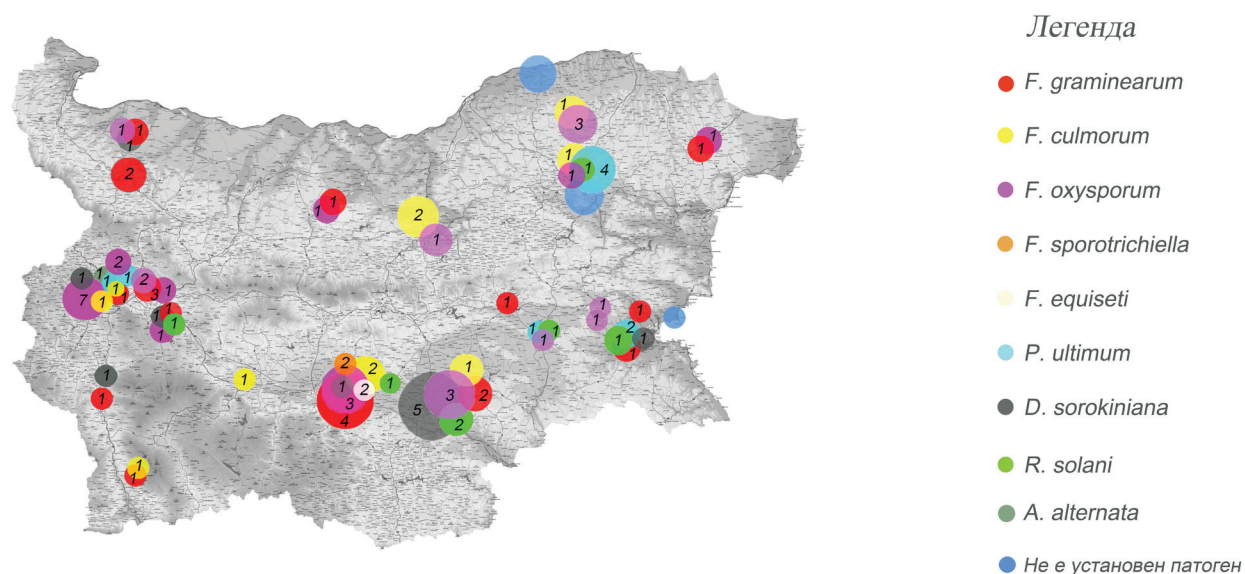
МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Период и обекти на обследване

Настоящото изследване беше проведено в рамките на три календарни години – от началото на 2014 г. до края на 2016 г. То обхваща – напълно или частично, четири вегетационни сезона на житни култури със слята повърхност. Посещенията на житни посеви в страната бяха

проведени през месеците септември (след сеитба и поникване) до края на ноември, и от февруари до юни-юли – непосредствено преди жътвата. Обследванията обхващаха следните фенофази от развитие на културите – 15-20 дни след сеитбата по време на поникване (ВВСН 00-12), трети лист (ВВСН 13-19), братене (ВВСН 20-29), вретенене (ВВСН 30-49), изкласяване (ВВСН 51-59), цъфтеж (ВВСН 61-69), наливане и узряване на зърното (ВВСН 71-77) (Meier, 1997).

За установяване на видовия състав и разпространението на почвените патогенни гъби по житни култури в България бяха посещавани и обследвани 151 полета с производствени посеви в основни зърнопроизводителни региони на страната, в т.ч. гр. Монтана – с. Пишурка; гр. Ловеч – с. Дойренци; Велико Търново – с. Ресен; гр. Тутракан – с. Нова Черна и с. Стефан Караджа; гр. Исперих – с. Лудогорци; гр. Шумен – с. Венец; гр. Добрич – с. Полковник Иваново; гр. София – гр. Божурище, гр. Костинброд и с. Негован; гр. Елин Пелин – с. Григорово и с. Новихан; гр. Сливница – с. Гълъбовци; гр. Кюстендил – с. Драгодан; гр. Благоевград – с. Кочериново; гр. Сандански – с. Вихрен; гр. Пазарджик –



Фигура 1. Обследвани посеви и брой получени патогенни изолати от съответен патогенен вид за периода 2014-2016 г.

Figure 1. Field locations surveyed between 2014 and 2016 and number of isolates assigned to particular pathogenic species

с. Злокучене; гр. Садово; гр. Стара Загора – с. Гълъбовци; гр. Сливен; гр. Ямбол – с. Дряново; гр. Карнобат; гр. Бургас – с. Българово, с. Драганци, с. Росен и с. Русокастро. Във всяко землище бяха обследвани от един до 27 отделни посева (блока), заети с житни култури. Част от посевите бяха посещавани двукратно в рамките на един и същ вегетационен сезон, за да се проследят евентуални промени във видовия състав на патогенните асоциации по корените и основата на стъблата на растенията в различни фенофази. Обект на обследване бяха обикновената (зимна) пшеница (*Triticum aestivum* L.) – 110 посева, твърда пшеница (*T. durum* Desf.) – два посева, ечемик (*Hordeum vulgare* L.) – 20 посева, овес (*Avena sativa* L.) – 15 посева, ръж (*Secale cereale* L.) – един посев, тритикале (*Triticosecale* Wittm. ex A. Camus) – един посев, еднозърнест лимец (*T. monococcum* L.) – един посев и спелта (*T. spelta* L.) – един посев (Фиг. 1).

Обследване и събиране на растителни проби

Събрани бяха данни за точното местоположение на обследваните полета, почвения тип, както и данни за сорт, предшественик и основни елементи на агротехниката за отделни посеви. За установяване на евентуални патологични изменения по растенията – прояви на кореново и базично гниене (% видимо болни растения), наблюденията във всеки посев бяха извършвани по периферията и диагоналите на съответното поле (Ledingham et al., 1973). От всеки обследван посев бяха събирани между 6 и 20 растителни проби, в зависимост от размера на блока. Всяка проба се състоеше от по 10 видимо болни или видимо здрави житни растения, събрани от места, отстоящи на еднакво разстояние едно от друго по диагоналите на съответното поле (Piening et al., 1976; Iram et al., 2003). При обследване на посеви с ограничен размер – до 10 da, беше прилагана решетъчна схема на обследване и събиране на проби (Sinclair and Dhingra, 1995; Mehrotra and Aggarwal, 2013). В допълнение, към пробите от отглежданата култура бяха вземани проби от житни плевели, в т.ч. пирей (*Agropyrum repens* L.), див овес (*A. fatua* L.) и кокоше просо (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) с цел да се установи евентуалната роля на дивите видове като потенциални резервоари на па-

тогенни за житните култури микроорганизми. Всяка събрана проба беше поставяна самостоятелно в книжен плик, пликовете бяха надписвани и транспортирани до лаборатория. Растителните проби бяха съхранявани за кратко в хладилник при температура 4°C или анализирани веднага.

Симптоми на заболяване

Наблюдаваните симптоми по видимо болни растения – на полето и от събраните проби, бяха надлежно описвани. Части от нападнатите растения бяха повърхностно промивани с течаща вода и поставяни за 24 часа във влажна камера при 26°C на тъмно за индуциране на спороношение от вероятен гъбен причинител (Sinclair and Dhingra, 1995).

Изолиране на гъбни и гъбоподобни организми

Части от събраните растения, с или без прояви на заболяване, бяха промивани на течаща вода за 2 часа, подсушавани между два слоя филтърна хартия и повърхностно стерилизирани чрез потапяне за една минута в 70% етилов алкохол или две минути в 0.1% натриев хипохлорид (NaClO) и промивани в стерилна дестилирана вода. След подсушаване между два слоя стерилна филтърна хартия, от зоната между видимо болната и здравата тъкан бяха изрязвани късчета с размер до 2 mm и поставяни върху овесен (ОА) или воден (ВА) агар, предварително разлят в Петриеви блюда. Блюдата бяха инкубирани при 26°C на тъмно в продължение на 10-14 дни. Периодично беше проследявано развитието на гъбен мицел от анализирани растителни тъкани. Части от мицела на формираните гъбни колонии бяха пренасяни стерилно върху чисти агарови среди и инкубирани при същите лабораторни условия. Пречистените гъбни изолати бяха прехвърляни върху наклонен ОА, предварително разлят в епруветки и съхранявани в хладилник при 4°C (Alexopoulos, 1952; Gams et al., 1975; Mehrotra and Aggarwal, 2013). От спорообразуващите гъбни изолати бяха получавани моноспорови култури по стандартен метод (Ainsworth, 1968): дъното на Петриево блюдо с разлят ВА беше разчертавано с по няколко перпендикулярно пресичащи се линии. От силно разрежена спорова суспен-

зия на съответния изолат с микропипета беше накапвана по една капка в местата на пресичане на линиите. След 16-часово инкубиране, с помощта на микроскоп бяха отбелязвани местата с една единствена спора на съответната гъба. С помощта на тапопробивач (6 mm) беше изрязвано агарово блокче заедно със спората и поставяно в Петриево блюдо с чиста агарова хранителна среда. След инкубиране при 26°C и формиране на гъбна колония, късчета мицел бяха пренасяни в епруветки с наклонен агар. Получените чисти култури бяха използвани за по-нататъшни изследвания.

Идентифициране на получените изолати

Всички получени изолати бяха идентифицирани на базата на културални и морфологични особености в съответствие с критерии, отразени от Marasas et al. (1984) и Leslie and Summerell (2006) за гъби от род *Fusarium*, Christensen (1922) и Morejon (2006) за род *Drechslera*, Weise (1987), Tredway and Burpee (2001) за род *Rhizoctonia* и Nagrale et al. (2013) за род *Alternaria*. За идентифициране на видове от род *Pythium* бяха използвани водни култури на изолатите. За целта агарови блокчета с диаметър 6 mm, изрязани от чиста култура на съответния изолат върху овесен агар, бяха поставяни в Петриеви блюда, съдържащи стерилна дестилирана вода и късчета от листа на житна трева с дължина 2.5-3 cm. Листата бяха предварително промивани с чешмяна вода и стерилизирани чрез кипване в стерилна дестилирана вода за 10 min. Така приготвените блюда бяха поставяни върху лабораторен плот при 20°C за 24-48 часа, след което под микроскоп бяха наблюдавани образуваните спорангии (Piieva, 1979; Piieva et al., 1995; De Cock and Lévesque, 2004). Видовата принадлежност на изолатите беше определяна на базата на морфологични особености в съответствие с критериите, описани от Van der Plaats-Niterink (1981), Vanev et al. (1993).

Патогенитет на изолираните гъби

Патогенитетът на изолатите беше изпитван двукратно по два метода – в Петриеви блюда при лабораторни условия и във вегетационни съдове при оранжерийни условия.

По първия метод, разработен от Vatchev (Vatchev, Ts., unpublished data) по пет броя пше-

ничени семена (сорт Ласка 5), бяха предварително повърхностно дезинфекцирани чрез потапяне в 70% етилов алкохол за една минута и промивани със стерилна дестилирана вода. Семената бяха поставяни върху филтърна хартия, навлажнена със стерилна дестилирана вода в 90 mm Петриеви блюда. След покълване на семената в резултат на тридневно инкубиране на тъмно при 26°C, до всяко семе беше поставяно по едно агарово блокче с диаметър 6 mm, изрязано от периферията на петдневна чиста култура на съответния изследван изолат, развит върху овесена агарова среда. За всеки изолат бяха използвани по четири повторения. За контрола служеха експериментални единици, подготвени по идентичен начин, с агарови блокчета без развит патоген. Блюдата с инокулирани и неинокулирани кълнове бяха подреждани върху лабораторен плот по напълно рандомизиран блоков дизайн и инкубирани при лабораторни условия (19-22°C) в продължение на 10 дни. Ежедневно бяха отчитани появата и развитието на видими симптоми на заболяване по отделните части на кълновете във всяко блюдо. За потвърждаване на наличие на патоген в тъканите, видимо болни и здрави части от инокулираните кълнове бяха подлагани на фитопатологичен (микробиологичен) анализ по описания по-горе метод за изолиране на патогенни организми (Mehrotra and Aggarwal, 2013).

По втория метод на изследване изпитваните гъбни изолати бяха култивирани при 26°C в Петриеви блюда с предварително разлят ОА в продължение на 7-14 дни в зависимост от вида на съответния изолат. След като културите изпълваха блюдата, съдържанието на всяко блюдо беше смесвано с един литър стерилизирана почва, насипвана в отделни вегетационни съдове (саксии). Във всяка саксия бяха посявани по 10 броя семена от пшеница (сорт Ласка 5), ечемик (сорт Обзор), ръж (сорт Милениум), овес (сорт Калоян), тритикале (Вихрен) или еднозърнест лимец (българска популация), в зависимост от вида на културата, от която е получен съответният изолат. За всеки изолат се използваха по четири еднолитрови саксии (повторения). За контрола служеха четири повторения, подготвени по идентичен начин, но без внесен в тях патоген. Опитните единици бяха подреждани по напълно рандомизиран блоков дизайн вър-

ху бетонен плот в застъклена, експериментална, неотопляема оранжерия. В продължение на два месеца беше проследявано развитието на пшеничните растения във всяка саксия. В края на опитите инокулираните и неинокулираните (контролни) растения бяха изваждани внимателно, кореновата им система беше промивана на течаща вода и подсушавана между двуслойна филтърна хартия. Отчитани бяха прояви на кореново и базично гниене (Ledingham et al., 1973). За потвърждаване на патогенитетните свойства на всеки изолат, от видимо болни тъкани бяха правени реизолации по описания по-горе метод (Mehrotra and Aggarwal, 2013).

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Симптоми на заболяване

В обследваните посеви, в резултат на прегледи, извършени на полето и в лабораторни условия, след промиване на кореновата система на събраните растения, беше установено разпространение на кореново и базично гниене между 20% и 30% от растенията в по-голяма част от обследваните посеви. Видими патологични изменения по надземните части на растения от обследваните посеви бяха наблюдавани единствено по обикновена пшеница в района на гр. Исперих и по еднозърнест лимец край с. Гълъбовци, в района на гр. Сливница. В тези посеви беше констатирано заболяване, обхващащо до 100% от растенията. Симптомите включваха масирана хлороза по листната маса, некротични напетнявания, развиващи се откъм периферията на петурите и водещи до прегаряне на част от листата. По основата на стъблата и корените на всички симптоматични растения беше наблюдавано гниене и покафеняване на тъканите. Наблюдаваната симптоматика по посевите в нашата страна не се отличава от описаните в литературата прояви на кореново и базично гниене по житни култури със слята повърхност (Karadjova, 1979; Dimitrov, 1980; Mathre, 1997; Weise, 1987; Mathre et al., 2003; Cook, 2012). В пет от обследваните посеви (3.3% от общия брой обследвани), в райони около Божурище, Карнобат, Добрич, Шумен и Тутракан, не бяха отчетени видими прояви на заболяване.

Изолирани на гъбни и гъбоподобни патогенни видове

През периода на изследване бяха получени общо 94 патогенни изолата от 82 (54.3%) от обследваните посеви, заети с житни култури с прояви на кореново и базично гниене. Установените фитопатогени се отнасяха към пет отделни рода. Най-често срещани бяха представителите на род *Fusarium* – 66 получени изолата или 70.2% от общия брой изолирани патогени. Патогени от този род бяха изолирани от 60 обследвани полета – 39.7% от всички обследвани посеви. Сред видовете от род *Fusarium* с най-широк ареал на разпространение се отличаваха *F. oxysporum*. Този вид беше установен в 28 полета (18.5% от всички обследвани), а делът на получените изолати от този вид – 30 броя, съставляваше 45.5% от изолатите от род *Fusarium*. Следващ най-масово разпространен вид беше *F. graminearum*, чиито изолати – 21, съставляваха 31.8%, следван от *F. culmorum* с 11 изолата или 16.7% от общия брой на изолатите, отнасящи се към род *Fusarium*. Съотношението на трите вида спрямо всички получени гъбни изолати бе съответно 31.9%, 22.4% и 11.7%. В отделни посеви беше констатирано нападение от видовете *F. sporotrichiella* и *F. equiseti*. От тях бяха получени по два изолата, съответстващи на 3.0% от изолатите от род *Fusarium* и 2.1% от общия брой изолирани гъби. Други изолирани патогенни видове, в т.ч. *Drechslera sorokiniana*, *Pythium ultimum*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* и *Alternaria alternata* съставляват съответно 10.6%, 6.4%, 3.2% и 2.1% от общия брой изолати, получени от житни култури със слята повърхност (Фиг. 1, Табл. 1).

Представени по култури, видът *F. oxysporum* беше изолиран от корени и бази на пшеница, ечемик и овес; *F. graminearum* – пшеница, ечемик, тритикале и овес; *F. culmorum* – пшеница, ечемик и тритикале; *F. sporotrichiella* – пшеница; *F. equiseti* – пшеница и ръж; *D. sorokiniana* – пшеница, ечемик и лимец; *P. ultimum* пшеница и *R. solani* – пшеница. Освен това *F. oxysporum* беше изолиран от див овес и кокоше просо, а *F. graminearum* – от пирей.

Сред обследваните посеви бяха установени общо девет смесени инфекции, шест от които в полета с пшеница, причинени от видовете *P. ultimum* и *F. graminearum*; *F. graminearum*

Таблица 1. Структура на видовия състав и разпространението на установени патогенни видове по житни култури със слята повърхност в България

Table 1. Community structure and distribution of fungal and fungal-like pathogens on small grain cereal crops in Bulgaria

№	Вид патоген/ Pathogenic species	Брой получени изолати/ Number of isolates obtained	% получени изолати от съответния род/ % of isolates assigned to the respective genus	% от общия брой получени изолати/ % of the total number of isolates	Брой получени изолати от блок/поле Number of isolates detected in each location	% от общия брой обследвани полета/ % of the total number of locations
1	<i>F. culmorum</i>	11	16.7	11.7	11	7.3
2	<i>F. graminearum</i>	21	31.8	22.4	20	13.3
3	<i>F. oxysporum</i>	30	45.5	31.9	28	18.5
4	<i>F. sporotrichiella</i>	2	3.0	2.1	2	1.3
5	<i>F. equiseti</i>	2	3.0	2.1	2	1.3
6	<i>D. sorokiniana</i>	10	100	10.6	10	6.6
7	<i>R. solani</i>	7	100	7.5	7	4.6
8	<i>P. ultimum</i>	6	66.7	6.4	6	4.0
9	<i>Pythium</i> spp.	3	33.3	3.2	3	2.0
10	<i>A. alternata</i>	2	100	2.1	2	1.3

и *F. equiseti*; *F. culmorum* и *F. oxysporum*; *F. oxysporum* и *R. solani*; *D. sorokiniana* и *R. solani* (в два посева). По други култури бяха констатирани три смесени инфекции – две по ечемик, причинени от *D. sorokiniana* и *F. graminearum*, и една по тритикале с участието на *F. culmorum* и *F. graminearum*. За наличие на смесени инфекции по корените и базите на житни култури със слята повърхност съобщават и други автори, в т.ч. Duben and Fehrmann (1979), Sturz and Bernier (1987), Miedaner et al. (1993), Smiley et al. (2005b). Очевидно с преобладаващо значение са един или друг патогенен вид в зависимост от гостоприемника и условията на отглеждане.

Идентифициране на получените изолати

Върху агарови хранителни среди изолатите от вида *F. oxysporum* формираха бял, по рядко с жълто-оранжев оттенък, фин, паяжиновиден, стелещ се по повърхността въздушен мицел, който със застаряване на гъбната култура се уплътняваше и набръчкваше. Развити върху картофено-декстрозен агар (КДА), повечето изолати от този вид оцветяваха средата от бе-

лезникаво до бледожълто, а върху ОА – от розово-червено до виолетово. Продуцираха многобройни, събрани в “главички”, едноклетъчни или двуклетъчни, хиалинни микроконидии с овално-елипсовидна или цилиндрична форма, прави или леко извити, с размери 2.6-4.2 µm x 5.4-12.0 µm. Макроконидии се образуваха върху относително къси разклонения на въздушния мицел и по-рядко в спородохии. Този тип спори бяха безцветни, вретеновидно-сърповидни, прави или леко извити, с равен диаметър по дължината, постепенно и равномерно стесняващи се към краищата, най-често с 3-5 напречни прегради, с размери 3.8-5.0 µm x 33.0-60.5 µm. Върхната клетка беше неудължена, а основната оформяше ясно изразено „краче”. Безцветни хламидоспори с гладка или грапава повърхност се формираха обикновено 14 дни след посевката, терминално или интеркаларно – в хифите на мицела или на повърхността им.

Изолатите от вида *F. graminearum* формираха добре развит, пухест въздушен мицел, първоначално бял, а впоследствие розов до яркочервен. Колониите на гъбата оцветяваха субстрата

от розово-червено до винено-червено, червено-жълто или тъмно кремаво. Продуцираха безцветни макроконидии с 3-6 напречни прегради и размери 3.2-6.2 μm x 23.2-74.6 μm . Макроконидиите бяха сърповидни или вретеновидни с постепенно и равномерно стесняваща се конусовидна връхна клетка и с ясно изразено краче в основата. Формираха се в спородохии или върху хифите на въздушния мицел. Липсваха микроконидии, хламидоспори и склероции.

Изолатите на *F. culmorum* образуваха добре развит въздушен мицел, достигащ на височина 6-8 mm над повърхността на средата, първоначално бял, а със застаряване на културата – оранжево-кафяв или червеникавокафяв. Пигментирането на средата беше жълто-кафяво до тъмнокафяво. Не се наблюдаваха склероции, хламидоспори и микроконидии. Макроконидиите се образуваха в спородохии и във въздушния мицел. Те бяха безцветни, сърповидни, вретеновидни, елипсовидно извити или почти прави, със стеснена връхна клетка, най-често с 3-5 напречни прегради, имаха ясно изразено краче в основата и размери 4.2-8.8 μm x 18.3-64.7 μm .

Изолатите, отнасящи се към вида *F. sporotrichiella* образуваха първоначално бял или бледорозов, а впоследствие карминено-червен въздушен мицел. Хранителната среда под колонията беше първоначално безцветна, а по-късно се оцветяваше в жълто до кафяво. Върху хифите на въздушния мицел се формираха многобройни безцветни микроконидии с крушовидна, лимонovidна или сферична форма. Образуваните макроконидии бяха сравнително малко на брой, сърповидно извити, слабо разширени в средата с 1-3, по-рядко 4-5 напречни прегради и размери 3.0-4.9 μm x 9.2-38.5 μm . Хламидоспори се формираха интеркаларно в хифите, поединично или във верижки.

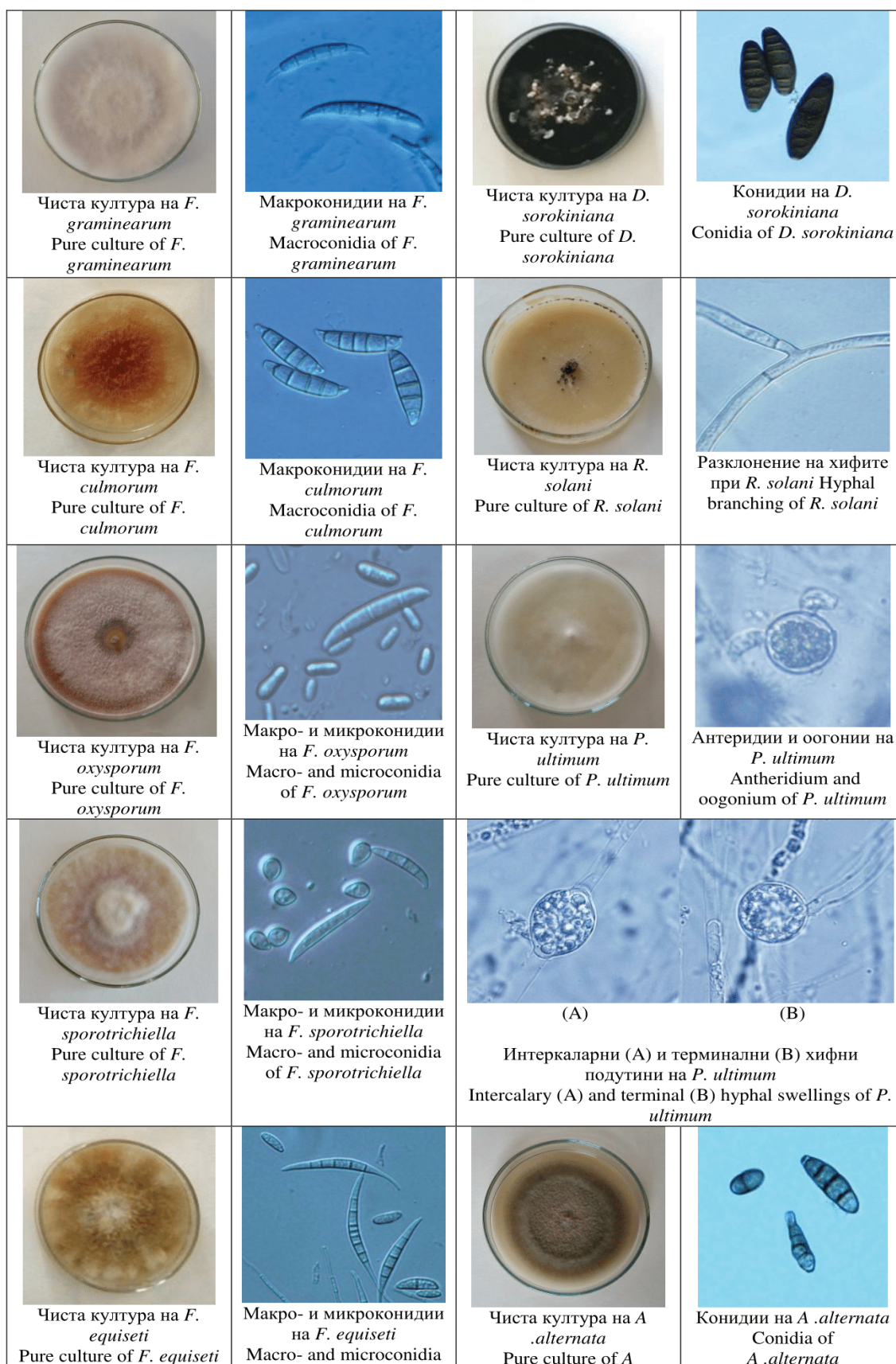
Получените изолати от вида *F. equiseti* формираха добре развит, паяжиновиден, въздушен мицел, първоначално бял, а по-късно бледожълт или светлокафяв, в който често се формираха оранжеви спородохии. Върху хифите на въздушния мицел се развиваха овални или слабо извити микроконидии с 1-2 септи и размери 9.2-17.2 μm . Макроконидиите бяха сърповидно извити, с базална клетка под формата на „краче“, тънкостенни, с пет, рядко до осем ясно изразени септи и размери 54.2-60.1 μm . Често апикалната

клетка се характеризираше със силно удължена форма или наподобяваше камшиче. Видът образуваше множество единични или подредени във верижки хламидоспори.

Върху твърди хранителни среди изолатите от вида *D. sorokiniana* образуваха тъмен, маслинено-кафяв, сравнително бавно растящ мицел. Културите на гъбата продуцираха изобилие от прости, септирани, единични или на групи конидионосци с размери 110-220 μm x 6-10 μm . Конидиоспорите бяха едри, елипсовидни или цилиндрични, тъмнокафяви или масленозелени, с 3-8 септи и размери 50.0-70.0 μm x 15.0-20.0 μm .

Изолатите от вида *P. ultimum* образуваха колонии от плътен, въздушен, памуковиден мицел. Микроскопските наблюдения разкриваха наличие на закръглени до сферични хифни подутини, предимно интеркаларни, 14-28 μm в диаметър. Върху агарови хранителни среди беше наблюдавано формиране на спорангии със закръглена или бъчвовидна форма, с размери 12-26 μm , терминални, понякога интеркаларни. Спорангиите на тези изолати прорастаха с кълн, не беше наблюдавано освобождаване на зооспори. Видът е хомоталичен. Във водни култури на изолатите се образуваха сферични оогонии, терминални, по-рядко интеркаларни, с гладка повърхност и размери 16-25 μm в диаметър. Антеридиите бяха мехуровидно издути, предимно моноклинни, възникващи непосредствено под оогония, извити, докосващи последния с остър връх. Формираните в резултат на половия процес ооспори бяха сферични, с гладка обвивка, аплеротични, 16-21 μm в диаметър.

Получените изолати от вида *R. solani* развиваха белезникав, въздушен и стелещ се, субстратен мицел. По-късно колонииите потъмняваха, придобивайки светлокафява пигментация и характерно радиално разрастване на мицелните хифи от агаровото блокче към периферията на Петриевото блюдо. Гъбите развиваха септиран мицел с кафеникаво оцветяване и широчина на хифите между 5, и 15 μm . Хифите формираха разклонения в близост до крайната (връхна) септа. Новото разклонение често излизаше под прав или остър ъгъл, с характерното за вида прищипване (стесняване) в основата на новата хифа и формиране на септа на близко разстояние от мястото на разклонението. Изолатите от този вид не формираха спороношение. След 7-14 дни в колонии-



Фигура 2. Морфологични особености на фитопатогенни гъби, изолирани от корени и бази на житни култури със слята повърхност

Figure 2. Morphological characteristics of plant pathogenic fungi isolated from roots and basal stems of small grain cereal crops

те се образуваха светлокафяви до тъмнокафяви склероции, разпръснати или групирани, често в концентрични кръгове около агаровото блокче и по периферията на колонията.

Върху агарови хранителни среди изолатите от *A. alternata* формираха буен, тъмнозелен или кафяв в центъра въздушен мицел, преминаващ до мръснобял към краищата на колонията. Често в културата се наблюдаваше по-тъмно до черно прошарване в центъра и под формата на концентрични кръгове. Спороношението беше представено от тъмно маслинозелено оцветени конидионосци, прости или разклонени, разположени поединично или на групи. Конидиоспорите се формираха поединично или във верижки, често от по 7 до 10 конидии с удължено крушовидна или обратно бухалковидна форма, светло- до златистокафяво оцветяване, 2-6 тъмнокафяви до черни надлъжни и 0-3 напречни прегради. Спорите на този вид се характеризираха с добре изразен апикален израстък – покъс от самата спора и конична форма на базалната клетка. Размерът на конидиите варираше между 21.7 µm и 45.0 µm на дължина и 10.0-12.5 µm в диаметър (Фиг. 2).

Патогенитет на изолираните гъби

По първия метод за доказване на патогенитет – в Петриеви блюда при лабораторни условия, изследваните изолати причиняваха некротични напътнявания, често прерастващи в гниене по коренчетата и стъблата на инокулираните пшеничени кълнове. Некротични прояви бяха наблюдавани на 4-5-ти ден след инокулиране с всички изолати от род *Pythium*, 5-7 дни след инокулиране с гъбите от род *Fusarium* и 10-14 дни след инокулиране с изолатите от *R. solani* и *D. sorokiniana*. Освен по коренчетата и стъблото, *D. sorokiniana* предизвикваше некрози и по листата на инокулираните кълнове. При направените впоследствие реизолации от повредените тъкани бяха получени чисти култури с таксономични особености, идентични на изходните щамове. Два от изпитваните осем изолата на гъбата *A. alternata* предизвикваха поява на сходни некротични напътнявания по опитните растения, като проявите бяха с видимо по-слаба интензивност в сравнение с останалите таксономични групи. Част от изолатите на този вид не заразяваха и не предизвикваха поява на симпто-

ми на заболяване по инокулираните пшеничени кълнове.

В опитите за патогенитет, провеждани във вегетационни съдове при оранжерийни условия, всички изпитвани изолати от род *Fusarium* предизвикваха гниене по корените и отчасти по основата на стъблата на отделни инокулирани растения от съответния гостоприемник. По-силни прояви на заболяване се наблюдаваха след инокулации с изолатите от видовете *F. culmorum*, *F. graminearum* и *F. sporotrichiella*. Инфекциите с тези видове често водеха до загиване и прореждане на част от растенията в опитните съдове. Всички изолати от видовете *F. oxysporum* и *F. equiseti* причиняваха по-слаби прояви на кореново и базично гниене, като само отделни инокулирани растения от съответната култура загиваха преди края на опита. Изолатите от вида *D. sorokiniana* предизвикваха кореново, както и силно изразено базично гниене, засягащо практически всички опитни растения. Изкуствените заразявания с този патоген рядко водеха до загиване на отделни растения. С прояви на некротично напътняване по корените бяха свързани изкуствените заразявания с изолатите на *Pythium* spp., в т.ч. *P. ultimum*. Слабо кореново гниене и по-силно изразени некротични напътнявания в основата на стъблата бяха наблюдавани при заразяване на отделните гостоприемници с изолатите на *R. solani*. Като цяло изолатите от този вид предизвикваха загиване на значителна част от опитните растения, отглеждани в алувиално-ливадна почва. По-слабо развитие на болестта беше наблюдавано при провеждане на опитите в почва от типа чернозем-смолник. Аналогични резултати са установени в предходни изследвания, провеждани от Blair (1943) и Rovira (1986). Изолатите от вида *A. alternata* причиняваха слаби прояви на кореново и базично гниене или инфектираха растенията без видима проява на симптоми. При направените реизолации от болни опитни растения бяха получавани реизолати с културални и морфологични особености, идентични с тези на внесените инокуланти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите, представени в настоящата публикация показват, че редица почвени патоген-

ни гъби и гъбоподобни организми, в т. ч. *F. oxysporum*, *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. sporotrichiella*, *F. equiseti*, *D. sorokiniana*, *Pythium ultimum*, *Pythium spp.*, *R. solani* и *A. alternata*, атакуват корените и базите на житни култури със слята повърхност в България. Разпространението на патогените е повсеместно в обследваните зърнопроизводствени региони в страната. Отделните видове нападат житните растения както самостоятелно, така и в комплекси от по няколко патогенни вида. Предвид потенциалните загуби, свързани с причиняваните повреди по корените и основата на стъблата на растенията, налице е необходимост от разработване на ефективни стратегии за контрол над вредата, повишаване на добивите и качеството на зърното.

ЛИТЕРАТУРА

- Atanasov, D., Dodov, D., Martinov, S., Trifonova, V., Hristov, A.** (1932). Sofia University yearbook, Faculty of Agronomy, 10, 341-366 (Bg).
- Alexopoulos, C. J.** (1952). *Introductory mycology*, John Wiley & Sons, New York.
- Balaz, F., Bagi, F. & Glidzic, I.** (1996). *Microdochium bolleyi* – a pathogen of wheat in Yugoslavia. *Zastita bilja*, 47, 179-188.
- Blair, I. D.** (1943). Behaviour of the fungus *Rhizoctonia solani* Kiihn in the soil. *Annals of applied biology*, 30(2), 118-127.
- Bockus, W. W., & Tisserat, N. A.** (2000). *Take-all root rot. The plant Health Instructor. DOI: 10.1094. PHI-1-2000-1020-01.* www.apsnet.org.
- Bockus, W. W., Bowden, R. L., Hunger, R. M., Murray, T. D., & Smiley, R. W.** (2010). *Compendium of wheat diseases and pests* (No. Ed. 3). American Phytopathological Society (APS Press), St. Paul, MN.
- Bottalico, A.** (1998). *Fusarium diseases of cereals: species complex and related mycotoxin profiles, in Europe. Journal of Plant Pathology*, 80, 85-103.
- Broggi, L. E., González, H. H. L., Resnik, S. L., & Pacin, A.** (2007). *Alternaria alternate* prevalence in cereal grains and soybean seeds from Entre Rios, Argentina. *Revista iberoamericana de micología*, 24(1), 47-51.
- Cadle, M. M., Murray, T. D., & Jones, S. S.** (1997). Identification of resistance to *Pseudocercospora herpotrichoides* in *Triticum monococcum*. *Plant Disease*, 81(10), 1181-1186.
- Campbell, R., & Ephgrave, J. M.** (1983). Effect of bentonite clay on the growth of *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and on its interactions with antagonistic bacteria. *Microbiology*, 129(3), 771-777.
- Carter, J. P., Spink, J., Cannon, P. F., Daniels, M. J., & Osbourn, A. E.** (1999). Isolation, characterization, and avenacin sensitivity of a diverse collection of cereal-root-colonizing fungi. *Applied and environmental microbiology*, 65(8), 3364-3372.
- Chamswarn, C., & Cook, R. J.** (1985). Identification and comparative pathogenicity of *Pythium* species from wheat roots and wheat-field soils in the Pacific Northwest. *Phytopathology*, 75(7), 821-827.
- Chongo, G., Gossen, B. D., Kutcher, H. R., Gilbert, J., Turkington, T. K., Fernandez, M. R., & McLaren, D.** (2001). Reaction of seedling roots of 14 crop species to *Fusarium graminearum* from wheat heads. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 23(2), 132-137.
- Christensen, J. J.** (1922). *Studies on the parasitism of Helminthosporium sativum* (Vol. 11). University Farm, St. Paul, 55 p.
- Christensen, J. J.** (1953). Root rots of wheat, oats, rye, barley. In: *Plant Diseases: the Yearbook of Agriculture*, Washington: Department of Agriculture, 321-328.
- Cook, R. J.** (2012). Root diseases of wheat and barley: what do they look like and what do they do to the crop? *Plant Health International*. www.planthealthinternational.com.
- Cook, R. J., & Christen, A. A.** (1976). Growth of cereal root-rot fungi as affected by temperature-water potential interactions. *Phytopathology*, 66(2), 193-197.
- Cook, R. J., Schillinger, W. F., & Christensen, N. W.** (2002). Rhizoctonia root rot and take-all of wheat in diverse direct-seed spring cropping systems. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 24(3), 349-358.
- De Cock, A. W. A. M., & Lévesque, C. A.** (2004). New species of *Pythium* and *Phytophthora*. *Studies in Mycology*, 50, 481-487.
- Dimitrov, M.** (1980). Mycology review of cereals crops - wheat, corn and beans in Bulgaria. Dissertation for awarding of DMN degree, Sofia, 250 p. (Bg).
- D'Mello, J. P. F. & Macdonald A. M. C.** (1997). Mycotoxins. *Animal Feed Science and Technology*, 69, 155-166.
- Duffy, B. K., & Weller, D. M.** (1994). A semiselective and diagnostic medium for *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Phytopathology*, 84(12), 1407-1415.
- Duben, J., & Fehrmann, H.** (1979). Vorkommen und Pathogenität von *Fusarium*-Arten an Winterweizen in der Bundesrepublik Deutschland: I. Artenspektrum und jahreszeitliche Sukzession an der Halmbasis/ Occurrence and pathogenicity of *Fusarium* species on winter wheat in the Federal Republic of Germany: I. Spectrum of species and seasonal succession at the stem base. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz/Journal of Plant Diseases and Protection*, 86(11), 638-652.
- Duczek, L. J.** (1989). Relationship between common root rot [*Cochliobolus sativus*] and tillering in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 11(1), 39-44.
- Fitt, B. D., Goulds, A., & Polley, R. W.** (1988). Eyespot (*Pseudocercospora herpotrichoides*) epidemiology in

- relation to prediction of disease severity and yield loss in winter wheat - a review. *Plant Pathology*, 37(3), 311-328.
- Gams, W., van der Aa, H. A., Van der Plaats-Niterink, A. J., Samson, R. A., & Stalpers, J. A.** (1987). *CBS course of mycology* (No. Ed. 3). Centraalbureau voor schimmelcultures. Institute of Royal Netherlands Academy of Science and Letters, 105 p.
- Goswami, R. S., & Kistler, H. C.** (2004). Heading for disaster: *Fusarium graminearum* on cereal crops. *Molecular plant pathology*, 5(6), 515-525.
- Griffin, D. M.** (1958). Influence of pH on the incidence of damping-off. *Transactions of the British Mycological Society*, 41(4), 483-490.
- Hamada, M. S., Yin, Y., Chen, H., & Ma, Z.** (2011). The escalating threat of *Rhizoctonia cerealis*, the causal agent of sharp eyespot in wheat. *Pest Management Science*, 67(11), 1411-1419.
- Hering, T. F., Cook, R. J., & Tang, W. H.** (1987). Infection of wheat embryos by *Pythium* species during seed germination and the influence of seed age and soil matrix potential. *Phytopathology*, 77(7), 1104-1108.
- Hornby, D.** (1998). *Take-all disease of cereals: a regional perspective*. CAB International
- Hudec, K., & Muchová, D.** (2010). Influence of temperature and species origin on *Fusarium* spp. and *Microdochium nivale* pathogenicity to wheat seedlings. *Plant Protection Science*, 46(2), 59-65.
- Ilieva, E.** (1979). Causative agents of *Phytophthora* rot on greenhouse tomatoes. *Gradinarska i lozarska nauka*, 16(3), 67-74 (Bg).
- Ilieva, E., Arulappan, F. X., & Pieters, R.** (1995). *Phytophthora* root and crown rot of raspberry in Bulgaria. *European Journal of Plant Pathology*, 101(6), 623-626.
- Ingram, D. M., & Cook, R. J.** (1990). Pathogenicity of four *Pythium* species to wheat, barley, peas and lentils. *Plant Pathology*, 39(1), 110-117.
- Iram, S., Ahmad, I., & Ashraf, M.** (2003). A study on fungi and soil born diseases associated with rice-wheat cropping system of Punjab province of Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6, 1-6.
- Karadjova, Y.** (1979). Studies on *Fusarium* species on cereals. Dissertation, Sofia, 130 p. (Bg).
- Karzhin, H.** (1983). Control of diseases of cereal crops in intensive growing. *Natsionalen agrarno-promishlen sayuz. Centar za nauchno-tehnicheska i ikonomicheska informatsia*. Sofia, 58 p. (Bg).
- Kauraw, L. P.** (1979). Effect of different soil types, pH and phosphorus levels on the wheat seedling and the incidence of *Pythium graminicolum*. *Plant and Soil*, 53(4), 551-557.
- Kirk, J. J., & Deacon, J. W.** (1987). Control of the take-all fungus by *Microdochium bolleyi*, and interactions involving *M. bolleyi*, *Phialophora graminicola* and *Periconia macrospinosa* on cereal roots. *Plant and Soil*, 98(2), 231-237.
- Ledingham, R. J., Atkinson, T. G., Horricks, J. S., Mills, J. T., Piening, L. J., & Tinline, R. D.** (1973). Wheat losses due to common root rot in the prairie provinces of Canada, 1969-71. *Can. Plant Dis. Surv.*, 53(3), 113-122.
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A.** (2008). *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons, Blackwell Publishing, 388 p.
- Lipps, P. E., & Herr, L. J.** (1982). Etiology of *Rhizoctonia cerealis* in sharp eyespot of wheat. *Phytopathology*, 72(12), 1574-1577.
- MacNish, G. C., & Neate, S. M.** (1996). *Rhizoctonia* bare patch of cereals. *Plant disease (USA)*.
- Marasas, W. F. O., Nelson, P. E., & Toussoun, T. A.** (1984). *Toxigenic Fusarium species. Identity and mycotoxicology*. Pennsylvania State University Press., 328 p.
- Mathre, D. E.** (1997). Compendium of Barley Diseases. The American Phytopathological Society. *Press. St. Paul*.
- Mathre, D. E., Johnston, R. H., & Grey, W. E.** (2003). Diagnosis of common root rot of wheat and barley. *Plant Health Progress*, 8(19), 1-6. www.plantmanagementnetwork.org.
- Mehrotra, R. S. & Aggarwal, A.** (2013). *Fundamentals of Plant Pathology*. McGraw-Hill Education, New Delhi, 433 p.
- Meier, U.** (1997). *Growth stages of mono- and dicotyledonous plants*. Blackwell Wissenschafts-Verlag.
- Miedaner, T.** (1997). Breeding wheat and rye for resistance to *Fusarium* diseases. *Plant Breeding*, 116(3), 201-220.
- Mladenov, M.** (1974). Determination of some origins of genus *Fusarium*, causing wheat fusariosis in Bulgaria. *Rastenievadni nauki*, 11(2), 153-159 (Bg).
- Mladenov, M. & Karadjova, I.** (1982). Survey of the reaction of wheat varieties and lines to four *Fusarium* species causing head fusariosis. Report of 2nd national symposium on plant immunity, Plovdiv, 1, 155-161 (Bg).
- Morejon, K. R., Moraes, M. H. D., & Bach, E. E.** (2006). Identification of *Bipolaris bicolor* and *Bipolaris sorokiniana* on wheat seeds (*Triticum aestivum* L.) in Brazil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37(3), 247-250.
- Moya-Elizondo, E., Arismendi, N., Castro, M. P., & Doussoulin, H.** (2015). Distribution and prevalence of crown rot pathogens affecting wheat crops in southern Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 75(1), 78-84.
- Müller, E.** (1977). Die systematische stellung des 'Schneeschimmels'. *Revue de Mycologie*, 41, 129-134.
- Nagrале, D. T., Gaikwad, A. P., & Sharma, L.** (2013). Morphological and cultural characterization of *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler blight of gerbera (*Gerbera jamesonii* H. Bolus ex JD Hook). *Journal of Applied and Natural Science*, 5(1), 171-178.
- Oswald, J. W.** (1950). Etiology of cereal root rots in California. *Hilgardia*, 19(15).
- Parmeter, J. R.** (1970). *Rhizoctonia solani, biology and pathology*. University of California Press.
- Parry, D. W., Jenkinson, P., & McLeod, L.** (1995). *Fusarium ear blight (scab) in small grain cereals – a review*. *Plant Pathology*, 44(2), 207-238.

- Piening, L. J., Atkinson, T. G., Horricks, J. S., Ledingham, R. J., Mills, J. T., & Tinline, R. D.** (1976). Barley losses due to common root rot in the Prairie Provinces of Canada, 1970-72. *Canadian Plant Disease Survey*, 56, 41-45.
- Paulitz, T. C., & Adams, K.** (2003). Composition and distribution of *Pythium* communities in wheat fields in eastern Washington State. *Phytopathology*, 93(7), 867-873.
- Pitt, D.** (1964). Studies on sharp eyespot disease of cereals II. Viability of sclerotia: persistence of the causal fungus, *Rhizoctonia solani* Kühn. *Annals of applied Biology*, 54(2), 231-240.
- Ainsworth, G. C.** (1968). *Plant Pathologist's Pocketbook*, CMI, Kew Surrey, England.
- Rayllo, A. I.** (1950). Fungi of genus *Fusarium* /Райлло, А. И. (1950). Грибы рода *Fusarium*. М.: *Сельхозгиз*, Moscow (Ru).
- Rennie, W. J., Richardson, M. J., & Noble, M.** (1983). Seed-borne pathogens and the production of quality cereal seed in Scotland. *Seed Science and Technology*, 11, 1115-1127.
- Rocha, O., Ansari, K., & Doohan, F. M.** (2005). Effects of trichothecene mycotoxins on eukaryotic cells: a review. *Food additives and contaminants*, 22(4), 369-378.
- Rovira, A. D.** (1986). Influence of crop rotation and tillage on *Rhizoctonia* bare patch of wheat. *Phytopathology*, 76(7), 669-673.
- Saari, E. E.** (1985). Distribution and importance of root rot diseases of wheat, barley and triticale in South and Southeast Asia. In *Symposium on Wheats for More Tropical Environments, Mexico, DF (Mexico), 24-28 Sep 1984*. CIMMYT.
- Sharma I.** (2012). Disease Resistance in Wheat. *Molecular Plant Pathology*, 14: 323-41.
- Singleton, L. L. (2002). Diseases of roots and crowns. *FAO Plant Production and Protection Series (FAO)*.
- Singleton, L. L., Mihail, J. D., & Rush, C. M.** (1992). *Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi*, APS Press, St. Paul, MN, 266 p.
- Sinclair, J. B., & Dhingra, O. D.** (1995). *Basic plant pathology methods*. CRC press.
- Smiley, R. W., Dernoeden, P. H., & Clarke, B. B.** (2005a). *Compendium of turfgrass diseases*. 3rd ed. APS Press, St. Paul, MN., 167 p.
- Smiley, R. W., Gourlie, J. A., Easley, S. A., Patterson, L. M., & Whittaker, R. G.** (2005b). Crop damage estimates for crown rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. *Plant Disease*, 89(6), 595-604.
- Strausbaugh, C. A., Bradley, C. A., Koehn, A. C., & Forster, R. L.** (2004). Survey of root diseases of wheat and barley in southeastern Idaho. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 26(2), 167-176.
- Sturz, A. V., & Bernier, C. C.** (1987). Survival of cereal root pathogens in the stubble and soil of cereal versus noncereal crops. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 9(3), 205-213.
- Todorova, V. & Karzhin, H.** (1972). The worldwide experience of applying effective methods for control of root rot of cereal crops. CNTII, SSA, Sofia, 127 p. (Bg).
- Trail, F., Xu, H., Loranger, R., & Gadoury, D.** (2002). Physiological and environmental aspects of ascospore discharge in *Gibberella zeae* (anamorph *Fusarium graminearum*). *Mycologia*, 94(2), 181-189.
- Tredway, L. P., & Burpee, L. L.** (2001). *Rhizoctonia* diseases of turfgrass. *The Plant Health Instructor*. <http://www.apsnet.org>.
- Van der Plaats-Niterink, A. J.** (1981). Monograph of the genus *Pythium*. *Studies in Mycology*, (21).
- Vanev, S., Dimitrova, E. & Ilieva, E.** (1993). The fungi in Bulgaria. Volume 2. Order *Peronosporales*. Bulgarian Academy of Sciences, 196 p.
- Vilich-Meller, V.** (1992). *Pseudocercospora herpotrichoides*, *Fusarium* spp. and *Rhizoctonia cerealis* stem rot in pure stands and interspecific mixtures of cereals. *Crop Protection*, 11(1), 45-50.
- Weise, M. V.** (1987). *Compendium of wheat diseases*, 2nd ed. St Paul, MN, USA, APS Press, American Phytopathological Society, 112 p.
- Yanashkov, I. T. & Vatchev, T. D.** (2016). First report of root and lower stem rot caused by *Fusarium equiseti* (Corda) Saccardo on wheat and rye in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(6), 993-994.
- Yanashkov, I. T. & Vatchev, T. D.** (2017). First report of root and lower stem rot caused by *Drechslera sorokiniana* on einkorn in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science* (In press).
- Yanashkov, I., Gilardi, G. & Vatchev, T.** (2016). Soilborne fungal diseases of small grain cereal crops. *Rastenevadni nauki*, 53(1-3), 3-21 (Bg).