

Yanashkov, I., Maneva, S. & Vatchev, Tz. (2017). Application of fungicides for management of major root and lower stem rot diseases of wheat. *Rastenievadni nauki/Bulgarian Journal of Crop Science*, 54(3), 3-14 (Bg).

Приложение на фунгицидни средства за борба с основни причинители на кореново и базично гниене по пшеница

Иво Янашков, Светла Манева, Ценко Въчев*

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

*E-mail: vatchevtzenko@yahoo.com

Резюме

Сред болестите с най-голямо икономическо значение по житните култури със слята повърхност са гниенето на кълновете и пониците, както и проявите на кореново и базично гниене в по-късни фази от развитие на растенията. Причинители на тези патологични явления са почвообитаващи, запазващи се и пренасящи се със семена патогенни гъби и гъбоподобни оомицети. Борбата с тях се води главно чрез пресяване и третиране на семената. Използваните фунгицидни средства се отнасят към няколко химични групи, в т.ч. дитиокарбамати, имидазоли, оксатин-карбоксамиди, пиразол-4-карбоксамиди, триазоли и др. В настоящото изследване е проследено действието на нови и утвърдени в практиката фунгицидни формулации върху растежа на мицела на три основни патогена – *Fusarium culmorum*, *Drechslera sorokiniana* и *Pythium ultimum*, атакуващи корените и базите на житните растения. Сред тестираните в *in vitro* условия фунгицидите BAS 591 01 F (прохлораз 60 g/L + тритиконазол 20 g/L), BAS 9242 4 F (тирам 200 g/L + карбоксин 200 g/L), Витавакс 2000 (тирам 200 g/L + карбоксин 200 g/L) и Ранкона И-микс (ипконазол 20 g/L + имазилил 50 g/L) показаха 100% инхибиращ ефект върху растежа и убийствено (фунгицидно) действие по отношение на трите изпитвани патогена при 37.5, 75, 10 и 25 ml на литър агар, съответно. BAS 700 05 F (флуксапироксад 333 g/L) и BAS 595 01 F (прохлораз 60 g/L + тритиконазол 20 g/L) проявиха фунгицидни свойства към вида *D. sorokiniana* и фунгистатичен (задържащ растежа на мицела) ефект по отношение на *F. culmorum* и *P. ultimum* при 18.75 и 37.5 ml на литър агар. Ефективността на продуктите, показали фунгицидно действие срещу трите патогенни вида, беше изпитвана по отношение на загиване на кълновете и пониците на пшеница (сорт Мадара), причинявано от всеки един от патогените. Опитите бяха провеждани във вегетационни съдове със сеитба на третирани и нетретирани семена, изкуствено инокулирани с отделните видове. По отношение на заболяването, причинено от *F. culmorum*, с най-силен потискащ ефект (75.8%) се открояваше Витавакс 2000, приложен в препоръчителната доза за продукта 200 ml за 100 kg семена, следван от Ранкона И-микс в доза 100 ml/100 kg и BAS 9242 4 F в доза 300 ml/100 kg, с постигнато ниво на контрол, съответно 69.4% и 63.3%. Пълен контрол (96.1%) над болестта с причинител *D. sorokiniana* показва BAS 9242 4 F. Значителен, макар и по-слаб ефект беше отчетен след третиране на инфектирани с патогена семена с Ранкона И-микс и Витавакс 2000 – 77.3% и 67.8%, съответно. Високи нива на ефективност срещу загиването на кълновете, причинено от *P. ultimum* – между 92.2% и 81.9%, бяха постигнати чрез използване и на трите фунгицида – Витавакс 2000, BAS 9242 4 F, и Ранкона И-микс.

Ключови думи: пшеница; фунгициди; третиране на семената; почвообитаващи гъбни патогени; семеннопреносими гъбни патогени

Application of fungicides for management of major root and lower stem rot diseases of wheat

Ivo Yanashkov, Svetla Maneva, Tzenko Vatchev*

Institute of Soil Science, Agro-Technology and Plant Protection “Nikola Pushkarov”, Plant Protection Division, Department of Plant Pathology, Kostinbrod, Bulgaria

*E-mail: vatchevtzenko@yahoo.com

Abstract

Root and lower stem disease complex is among the most economically important diseases affecting small grain cereal crops causing seedling blight before or after emergence of the seedlings, root and lower stem rot in older plants. The causal agents of these pathological events include various soil and seedborne pathogenic fungi and fungal-like oomycetes. Fungicide seed treatment is a routine practice for the control of these pathogens in cereal crops. The fungicide products currently registered belong to several chemical groups, namely dithiocarbamates, imidazoles, oxathiocarbamides, pyrazole-4-carboxamides, triazoles, etc. The present study evaluated the effect of new and existing on the market fungicide formulations on mycelial growth of three major pathogens – *Fusarium culmorum*, *Drechslera sorokiniana* and *Pythium ultimum*, causing root and lower stem rot of wheat. Out of the fungicides tested *in vitro*, BAS 591 01 F (prochloraz 60 g/L + triticonazole 20 g/L), BAS 9242 4 F (thiram 200 g/L + carboxin 200 g/L), Vitavax 2000 (thiram 200 g/L + carboxin 200 g/L) and Rankona I-mix showed 100% inhibition of the mycelial growth and proved to be fungicidal on the three pathogenic fungi at 37.5, 75, 10 and 25 ml per liter of agar, respectively. BAS 700 05 F (fluoxapyroxide 333 g/L) and BAS 595 01 F (prochloraz 60 g/L + triticonazole 20 g/L) exhibited fungicidal properties against *D. sorokiniana* and completely inhibited the mycelial growth of *F. culmorum* and *P. ultimum* at 18.75 and 37.5 ml per liter of agar. The products that showed fungicidal action against the three pathogenic species were evaluated for their effectiveness in controlling damping-off of wheat (cultivar Madara) seedlings incited by each pathogenic species. Growth chamber pot experiments were conducted with treated and untreated seeds artificially inoculated with individual pathogen. Vitavax 2000 applied at the recommended dose of 200 ml per 100 kg of seeds proved to be the most effective in controlling damping-off in wheat seedlings caused by *F. culmorum* – 75.8% reduction of disease intensity, followed by Rankona I-mix at rate of 100 ml per 100 kg and BAS 9242 4 F at 300 ml per 100 kg with 69.4% and 63.3% levels of control, respectively. BAS 9242 4 F provided full control (96.1%) of the damping-off in wheat plants caused by *D. sorokiniana*. Significant but lesser disease reduction was achieved after treating the artificially infested seeds with Rankona I-mix and Vitavax 2000 – 77.3% and 67.8%, respectively. All the three fungicides showed high levels of efficiency – between 92.2% и 81.9%, against damping-off caused by *P. ultimum*.

Keywords: wheat; fungicides; seed treatment; soilborne pathogens; seedborne diseases

Третирането на семената с фунгицидни средства е основен метод за предпазване на житните посеви от загиване на кълнове и поници, както и от прояви на кореново и базично гниене при по-възрастни растения (Rennie and Cockerell, 1994; Campbell and Buchwalter, 2012; Van Alfen, 2014). При пшеница, ечемик и овес успешно се прилага химична обработка на семенния материал срещу заболявания, причинени от видовете *F. graminearum*, *F. culmorum*, *Pythium spp.*, *R. solani*, *D. sorokiniana*, *G. graminis*, *Penicillium spp.* и др. (Parry, 1990). С изразен ефект към описаните патогени се използват фунгицидни формулации, съдържащи едно или повече активни вещества, отнасящи се към различни химични групи, в т.ч. оксатин-карбоксамиди, имидазоли, дитиокарбамати, триазоли и др. (Mathre et al., 2001; Smiley et al., 2002; Van Alfen, 2014). Широк набор от фунгицидни средства, използвани в практиката за третиране на семена на

житни култури и методите за приложение за борба с почвенопреносими заболявания, са обобщени от Hutson and Roberts (1998), Carlile and Coules (2012).

Доказана биологична активност спрямо заболявания, причинявани от оомицетни гъбopodobни организми, по-специално *Pythium spp.*, проявяват фунгициди на базата на тирам, дифеноконазол (McMullen and Lamey, 2000), ипконазол (De Wolf, 2015), металаксил (Morton and Staub, 2008) и флуопиколид (Schirmer et al., 2012). Тирам е известен широкоспектърен фунгицид за предсеитбено обеззаразяване на семена (Smiley et al., 2002), предпазващ житни култури със слята повърхност от загиване на поници и поява на некротични листни петна, причинени от *Pyrenophora teres* Drechs. (анаморф *Drechslera teres* (Sacc.) Shoemaker) по ечемик (Hampton, 1980) и *Pyrenophora avenae* S. Ito & Kurib. (анаморф) по овес (Malone,

1968). Характеризира се с изразена ефективност при борба с кореново и базично гниене по пшеница и ечемик с причинители *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Cochliobolus sativus* или *Gaeumannomyces graminis* (Hudec, 2007). Ипконазол се отнася към групата на триазолите, известни като инхибитори на стероловия синтез, които блокират дихателните механизми на гъбите, без да предотвратяват покълването на спорите (Siegel, 1981; Buchenauer, 1987; Tateishi and Chida, 2000). Фунгицидът е ефикасно средство за третиране на семена от житни култури по отношение на *Drechslera* spp. и *Alternaria* spp. (Osborne & Ruden, 2011). Ипконазол потиска развитието на гъби от род *Fusarium* по корените и класовете, гниенето на кълнове и поници, предизвикано от *Rhizoctonia* spp., и ограничава проявите на снежна плесен по пшеницата с причинител *Microdochium nivale* (Rodriguez-Brljevich, 2008; De Wolf, 2015). Това активно вещество се използва още за едновременна борба срещу ленточна болест по ечемика (*Pyrenophora graminea* S. Ito & Kurib.), твърди и праховити главни по житните (Tomkins et al., 2009). В опити *in vitro*, препарат на тази база проявява фунгистатично действие към *Gibberella fujikuroi* (Sawada) Wollenw., анаморф *F. moniliforme* (Tateishi and Chida, 2000), причинител на гниене на кълнове и *Helminthosporium oryzae* Breda de Haan, причиняващ листни петна по ориз (Tateishi et al., 1998). От групата на триазолите дифеноконазол намира успешно приложение при контрола на широк кръг почвени фитопатогени, в т.ч. *F. graminearum*, *F. culmorum*, *C. sativus* и *G. graminis* (McMullen and Lamey, 2000). Тритиконазол е друг представител на триазолите, ефективен по отношение на *C. sativus* по пшеница и ечемик (Hudec, 2007). В *in vitro* опити потиска развитието на *F. graminearum* и *F. culmorum*, изолирани от захарно цвекло, и *F. sambucinum* Fuckel., изолиран от картофи (Burlakoti et al., 2010). Сред триазолите с изразена ефективност по отношение на гъби от род *Rhizoctonia*, като причинители на загиване на кълнове и поници, и кореново и базично гниене по пшеница и ечемик е описан ципроконазол (Sneh et al., 2013). Флутриафол потиска растежа на мицела на *R. solani* при *in vitro*

опити (Coterill, 1993). От същата група фунгицидни вещества тебуконазол намира успешно приложение за третиране на семена в борбата с *F. langsethiae*, като причинител на гниене по корени на пшеница (Lević et al., 2008; Mendez-Vilas, 2016). Протиоконазол е друг представител на триазололите, потискащ развитието на *F. graminearum* и *F. culmorum*, като причинители на фузариоза по класа при полски опити (Haidukowski et al., 2012).

Флуксапироксад от групата на пиразол-4-карбоксамидите е ефективен широкоспектърен фунгицид за обеззаразяване на семена от редица земеделски култури в т.ч. пшеница, ечемик, овес, ръж, тритикале, царевица и ориз. Фунгицидът възпрепятства покълването на гъбните спори и мицелния растеж, чрез инхибиране на ензимния комплекс сукцинат дехидрогеназа (Strathmann et al., 2011). Ограничава проявата на заболявания, причинени от представители на род *Alternaria* (Gudmestad et al., 2013). Друг инхибитор на сукцинат дехидрогеназата от групата на оксатин-карбоксамидите е карбоксин (Avenot and Michailides, 2010). Веществото потиска развитието на *R. solani* по пшеница (Ragsdale and Sisler, 1970; Morton and Staub, 2008), *F. moniliforme* по царевица (Fakorede et al., 2003), твърди и праховити главни (Mathre et al., 2001) и листни пригори, *Septoria nodorum* (Berk.) Berk (Bateman, 1977). Прохлораз е вещество с доказана биологична активност спрямо паразитно полягане по пшеница, причинявано от *Oculimacula aciformis* (Boerema, R. Pieters & Hamers) Crous & W. Gams (syn. *Tapesia aciformis*) (Burnett et al., 1997; Babij et al., 2000; Ray et al., 2004; Innocenti et al., 2013).

Имазалил от групата на имидазолите проявява фунгициден ефект спрямо видовете *F. oxysporum* и *F. moniliforme* (Maldonado et al., 2005). При третиране на пшеничени семена предотвратява загиване на кълнове и поници и прояви на кореново гниене, причинено от *D. sorokiniana* (Verna, 1983). Използва се успешно за контрол над причинителите на ленточна болест по ечемика, *Pyrenophora graminea* и мрежеста петнистост, *Pyrenophora teres* (Nevil et al., 1988).

Флудиоксонил се отнася към групата на фенилпиролите и дава добри резултати при трети-

ране на семена срещу причинителите на снежна плесен по пшеница, ечемик, овес и тритикале, *M. nivale* и *M. majus* (Wollenw.) Glynn & S.G. Edwards (Jonavičienė et al., 2016). Веществото е ефикасно за обеззаразяване на семена на пшеница и ечемик против гниене на кълновете и поничите, предизвикано от *Rhizoctonia* spp. (Smiley et al., 2012).

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Прицелни патогенни видове

В това изследване бяха използвани три патогенни вида – *Fusarium culmorum*, *Drechslera sorokiniana* и *Pythium ultimum*, основни причинители на гниене на кълновете и поничите, водещо до прореждане на посевите от житни култури със слята повърхност в България. Същите видове са част от комплекса патогенни гъби, причиняващи кореново и базично гниене по житните в по-късни фази на развитие.

Изпитвани фунгициди

В изследването бяха включени общо шест фунгицидни продукта за изпитване в официално препоръчаните за употреба дози, както следва: BAS 700 05 F (флуксапироксад 333 g/L), 75 ml; BAS 591 01 F (прохлораз 60 g/L + тритиконозол), 150 ml; BAS 595 01 F (тритиконозол 25 g/L), 150 ml; BAS 9242 4 F (тирам 200 g/l + карбоксин 200 g/L), 75 ml; Витавакс 2000 (тирам 200 g/l + карбоксин 200 g/L), 40 ml; Ранкона И-микс (ипконазол 20 g/L + имазилил 50 g/L), 100 ml, съответно за всеки отделен продукт в 4 L вода за 100 kg семена.

Опити *in vitro*

Първоначално при лабораторни условия беше проследяван ефектът на изпитваните фунгицидни продукти върху растежа на мицела на трите патогенни гъби. Използван беше метод, описан от Sinclair and Dhingra (1995), Russell (2002) и много други. Всеки от изследваните фунгициди беше добавян към разтопена (45°C) овесена агарова (ОА) хранителна среда, предварително разлята и стерилизирана в стъклени колби (x 200 ml среда в една колба). Всеки фунгицид беше довеждан до концентрация, съответстваща на препоръчителната доза,

отбелязана върху етикета на продукта за 4 L вода и предвидена за третиране на 100 kg семена. За целта отделните фунгицидни формулации бяха добавяни към хранителната среда в следните количества: BAS 700 05 F, 3.7 ml; BAS 591 01 F, 7.5 ml; BAS 595 01 F, 7.5 ml; BAS 9242 4 F, 15 ml; Витавакс 2000, 15 ml; Ранкона И-микс, 2 ml, съответно за всеки отделен продукт в 200 ml агарова хранителна среда. След хомогенизиране чрез интензивно бълникане в продължение на 30 sec, така подготвените агарови среди бяха разливани в стерилни, 90 mm в диаметър, Петриеви блюда (x 20 ml във всяко блюдо) и оставяни да се втвърдят на стайна температура. Двадесет и четири часа по-късно в центъра на всяко блюдо беше поставяно по едно 6 mm агарово блокче, изрязано от периферията на седемдневна чиста култура на съответната гъба, развита в Петриево блюдо върху ОА. За контроли служеха идентично подготвени експериментални единици – гъбни посевки в Петриеви блюда с разлят ОА без фунгицид. Всеки вариант (вид патоген x фунгициден продукт) беше залаган в пет повторения. Инокулираните с патоген блюда бяха инкубирани при 26°C на тъмно в продължение на 14 дни или до изпълване на контролите с мицел на култивирани гъби. Ежедневно беше измерван диаметърът на формираните гъбни колонии (без този на агаровото блокче в центъра на блюдото). Потенциалният фунгициден ефект на тестовите продукти, показали пълно (100%) инхибиране на растежа на гъбния мицел, беше изпитван чрез прехвърляне на експонираните на действието на фунгициди агарови блокчета в Петриеви блюда с чиста хранителна среда (ОА) без добавен фунгицид. В продължение на 14 дни беше проследявано формирането на нови гъбни колонии от агаровите блокчета, белег за запазена жизнеспособност на гъбите (Sinclair and Dhingra, 1995).

Опити във вегетационни съдове

Тези опити бяха проведени съгласно методика, описана от Sinclair and Dhingra (1995) и в съответствие със Стандарт на ЕРРО РР 1/19. Бяха включени три от изпитваните фунгицидни продукти, показали 100% инхибиращ ефект върху растежа на колонии и фунгициден ефект по отношение и на трите прицел-

ни патогена. Ефективността на фунгицидите беше проследявана спрямо индивидуалните заболявания, причинявани от всеки отделен патоген.

Производство на инокулум и инокулиране на семена. Инокулум от трите вида патогени беше произведен след 7-дневно култивиране на чисти култури от *F. culmorum* и *P. ultimum*, или 14 дни на културите от *D. sorokiniana* върху картофено-декстрозен агар (КДА) в 90 mm Петриеви блюда, на тъмно, при 26°C. Съдържанието на по 10 блюда (агар с мицел и спори) от всеки патоген беше добавяно към 1000 ml чешмяна вода. Мицелно-споровата суспензия беше хомогенизирана с домакински миксер на средни обороти за около 30 sec. Висококачествен семенен материал от сорт Мадара със 100% кълняемост беше инокулиран по варианти чрез опръскване на семената със суспензия на съответен патоген – по 250 ml мицелно-спорова суспензия за един килограм семена. Като неинокулирана контрола служеха семена от същия сорт и партида пшеница, които бяха опръсквани с чиста чешмяна вода без инокулум на патоген. След механично размесване, семената бяха просушавани върху филтърна хартия при лабораторни условия в продължение на 72 часа. Проби от по 100 семена от всяко повторение бяха тествани за наличие на повърхностен инокулум. За целта беше използван блотинг тест с инкубиране на семена между два слоя навлажнена филтърна хартия и директни посявки от семена върху КДА (Sinclair and Dhingra, 1995; Waller et al., 2002). Кълняемостта на семената по варианти беше отчитана по идентичен начин след провеждане на допълнителни тестове.

Третиране на семената с фунгицидни средства. Инокулирани и неинокулирани с патоген семена бяха третирани по варианти с един от следните фунгициди: BAS 9242 4 F, Витавакс 2000 и Ранкона И-микс в официално препоръчаните дози (Таблицы 3, 4 и 5). Използваните в опитите количества продукт и вода за полумокро третиране бяха преизчислявани към 1 kg семена, или съответно 3 ml, 2 ml, и 1 ml, разтворени в по 40 ml вода за всеки от трите фунгицида. Всяка третирана проба (повторение) беше поставяна в полиетиленов плик и размесвана до пълно и равномерно покритие на семената с приложения химичен агент.

Сеитба и условия на култивиране. По 40 третирани или нетретирани с фунгицид семена бяха засявани по варианти във вегетационни съдове (алуминиеви тарини с размери 25x25x7 cm и обем 4.4 L) с насипана торово-почвена смес (Fitogea, София) със следните характеристики: електропроводимост: 40 mS/m; pH H₂O 5.5-6.5; органично вещество 80% W/W; смес от светъл и тъмен торф 90-95%; перлит 5-10%; калциев карбонат (CaCO₃) 3-5 kg/m³; влажност на търговския продукт 60-70%. Беше спазвана редова схема на сеитба 3x2 cm и дълбочина 3 cm. За всеки вариант (патоген x фунгицидно третиране) бяха използвани по три повторения (вегетационни съда). Експериментални единици, подготвени по идентичен начин и засети с инокулирани или неинокулирани семена, бяха използвани като нетретирани контролни варианти. Съдовете бяха подреждани върху метални стелажки във фитостатно помещение по напълно рандомизиран блоков дизайн. Условията за култивиране на опитните растения бяха както следва: температура 20 ± 2°C, осветеност 2000-3000 lux, осигурявани от живачни лампи с бяла светлина и фотопериод 16:8 часа.

Отчитане на нападението. Броят на непоникналите, загинали след поникването и видимо болни растения – с некротични прояви по корените и базите, беше отчитан във всяко повторение периодично от поникване на опитните растения до фенофаза 1-2 лист. Разпространението (честота на срещане) на заболяването по варианти беше изчислявано като процент загинали поници и процент болни растения със симптоми на кореново и базично гниене в края на опита спрямо съответния общ брой засети семена.

Статистически анализи

Всеки опит (*in vitro* и във вегетационни съдове) беше проведен двукратно. Експерименталните данни от два последователно проведени опита бяха анализирани поотделно за установяване на хомогенност на резултатите, след което - обединени и анализирани съвместно. Получените данни бяха анализирани след статистическа обработка по стандартен метод за вариационен анализ и по метода на Duncan, използващи *F*-тест за оценка на значимостта на анализа и *t*-тест за значимост на разликите при нива на дос-

товерност при $P \leq 0.05$, $P \leq 0.01$ и $P \leq 0.001$ (Gardiner, 1997). Всички анализи бяха извършвани с програмен продукт IBM SPSS Statistics 19.

Ниво на контрол

Ефективността на всяко фунгицидно третиране по варианти беше калкулирана по формулата на Abbott (1925): $E_{\%} = 100 - (T * 100 / K)$, където:

$E_{\%}$ – ефективност (директна ефикасност) на фунгицидното третиране, ниво на контрол;

T – сума от % загинали и % симптоматични растения във вариант с фунгицидно третиране;

K – сума от % загинали и % симптоматични растения в контролния вариант с изкуствено инокулирани, нетретирани с фунгицид семената.

РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

Опити *in vitro*

Четири от изпитваните фунгицидни продукти – BAS 591 01 F, BAS 9242 4 F, Витавакс 2000 и Ранкона И-микс инхибираха напълно (100%) растежа на мицела на вида *F. culmorum* (данните не са представени). Допълнителни посевки на експонирани на фунгицидно въздействие агарови блокчета с предварително развита върху тях гъба върху чиста хранителна среда не показаха развитие на *F. culmorum* в продължение на 14 дни. Това категорично доказва, че тези четири продукта имат фунгициден (убийствен) ефект по отношение на патогена. Същевременно използваният в опитите изолат на *F. culmorum* се развиваше успешно върху хранителна среда без добавка на фунгицид и изпълваше Петриевото блюдо до четринадесетия ден след стартиране на *in vitro* опита, когато диаметърът на колонията достигаше 84.0 mm. Тези данни, както и резултатите за инхибиращия ефект на останалите два фунгицида – BAS 700 05 F и BAS 595 01 F, върху растежа на мицела на *F. culmorum*, са представени на Таблица 1. Видно е, че и двата продукта потискат напълно развитието на патогена до четвъртия ден след посевката. Значително редуциран е растежът на гъбата ($P \leq 0.001$) във вариантите с фунгицид в сравнение с нетретирания контрол, като тази тенденция се запазва до края на експериментирането. Значително по-силен инхибиращ ефект ($P \leq 0.001$) върху патогена се наблюдава във варианта с BAS 595 01

F, където растежът на колонията на *F. culmorum* беше преустановен след осмия ден от началото на опита.

Всички изпитвани фунгицидни продукти показаха 100% инхибиращ ефект върху растежа на мицела на вида *D. sorokiniana* (данните не са представени). Гъбата се развиваше успешно единствено в контролния вариант без добавен фунгицид. Гъбата не показва развитие в продължение на 14 дни след като експонирани на фунгицидно въздействие агарови блокчета с предварително развит върху тях мицел бяха превърлени от хранителна среда с фунгицид върху чиста хранителна среда. Този факт неоспоримо доказва, че всички изпитвани фунгициди проявяват убийствен ефект върху *D. sorokiniana*.

По идентичен начин, по отношение на вида *P. ultimum* BAS 591 01 F, BAS 9242 4 F, Витавакс 2000 и Ранкона И-микс проявиха 100% инхибиращ ефект върху растежа на мицела и фунгицидно действие върху патогена.

Фунгицидът BAS 595 01 F инхибираше значително ($P \leq 0.001$) растежа на мицела на *P. ultimum* в сравнение с развитието на гъбата в контролния вариант без добавен фунгицид в хранителната среда (Таблица 2). BAS 700 05 F демонстрираше незначителен фунгициден ефект по отношение на патогена, но само в началото на експериментирането. След третия ден в този вариант гъбата се развиваше така, както и в нетретирания контрол.

Опити във вегетационни съдове

Във всички проведени опити резултатите за разпространението на болестта, включващи процента на непоникналите и загинали поници скоро след поникване, както и процента на растенията с видими симптоми на кореново и базично гниене в края на опита, показаха статистически доказани разлики между вариантите с предсеитбено фунгицидно третиране на инокулираните семена и нетретирания контролни варианти при $P \leq 0.05$. Резултатите от действието на трите изпитвани фунгицида върху нападението от вида *F. culmorum* са представени на Таблица 3. Силно нападение беше отчетено в контролния, нетретирания вариант, съответно 21.7% загинали поници и 57.5% симптоматични растения в края на опита. Спрямо контролата, във вариантите с фунгицидно третиране на семена-

Таблица 1. Ефект на два фунгицидни препарата върху растежа на гъбните колонии на *Fusarium culmorum* в опити *in vitro*

Ден след посаявката	Третиране/Вариант Диаметър на гъбните колонии (mm)			Статистически показатели ^a	
	Нетретирана контрола	BAS700 05 F 3.7 ml/200 ml	BAS595 01 F 7.5 ml/200 ml	F	LSD _{0.05}
първи	0.0 a ^b	0.0 ns ^c a	0.0 ns a	85.58	0.015
втори	12.3 a	0.0 +++ a	0.0 +++ a	35.68	0.050
трети	18.0 a	0.0 +++ b	0.0 +++ b	85.59	0.177
четвърти	20.0 a	0.0 +++ b	0.0 +++ b	35.61	0.400
пети	23.0 a	8.0 +++ b	5.7 +++ c	97.01	0.151
шести	27.0 a	9.0 +++ b	7.0 +++ b	64.03	0.227
седми	30.7 a	9.3 +++ b	8.3 +++ b	74.73	0.151
осми	36.0 a	10.7 +++ b	10.3 +++ b	51.75	0.131
девети	42.0 a	16.0 +++ b	10.3 +++ c	98.89	0.200
десети	51.0 a	19.0 +++ b	10.3 +++ c	88.94	0.239
единадесети	62.3 a	24.3 +++ b	10.3 +++ c	69.02	0.262
дванадесети	70.0 a	30.3 +++ b	10.3 +++ c	66.56	0.303
тринадесети	80.7 a	33.3 +++ b	10.3 +++ c	62.31	0.354
четиринадесети	84.0 a	33.3 +++ b	10.3 +++ c	84.47	0.239

^a Представените статистически показатели се отнасят за статистически анализ на данните от съответното отчитане (ден след посаявката)

^b Варианти, обозначени с еднакъв буквен символ, се отнасят към един и същ клас на разпределение по Duncan спрямо изследвания признак – размер на coloniите

^c Статистическа доказаност на разликите спрямо контролата: ns – статистически недоказана разлика; + = P≤0.05; ++ = P≤0.01; +++ = P≤0.001

Таблица 2. Ефект на два фунгицидни препарата върху растежа на гъбните колонии на *Pythium ultimum* в опити *in vitro*

Ден след посаявката	Третиране/Вариант Диаметър на гъбните колонии (mm)			Статистически показатели ^a	
	Нетретирана контрола	BAS700 05 F 3.7 ml/200 ml	BAS595 01 F 7.5 ml/200 ml	F	LSD _{0.05}
първи	9.3 a ^b	0.83 + ^c b	0.0 +++ c	70.8	0.056
втори	12.7 a	1.2 ns a	0.0 +++ b	34.9	0.005
трети	33.7 a	3.3 ns a	18.0 +++ b	85.6	0.177
четвърти	84.0 a	90.0 ns a	55.2 +++ b	25.6	0.4
пети	84.0 a	90.0 ns a	55.3 +++ b	25.6	0.4
шести	84.0 a	90.0 ns a	55.3 +++ b	25.6	0.4

^a Представените статистически показатели се отнасят за статистически анализ на данните от съответното отчитане (ден след посаявката)

^b Варианти, обозначени с еднакъв буквен символ, се отнасят към един и същ клас на разпределение по Duncan спрямо изследвания признак – размер на coloniите

^c Статистическа доказаност на разликите спрямо контролата: ns – статистически недоказана разлика; + = P≤0.05; ++ = P≤0.01; +++ = P≤0.001

та, загиването на растенията в ранни фази беше редуцирано значително ($P \leq 0.001$), като процентът на загиване варираше между 0% във варианта с Ранкона И-микс до 1.7% в този с Витавакс 2000. Не бяха установени статистически доказани разлики в действието на трите фунгицида по отношение на прореждане на посевите в началото на вегетацията на опитните растения. Същата тенденция се запазваше до края на опита – значително ($P \leq 0.05$) редуциране на проявите на кореново и базично гниене във вариантите с фунгицидно третиране в сравнение с нетретирания контрола. Инхибирането на болестта варираше между 75.8% за Витавакс 2000 до 63.3% за BAS 9242 4 F, но между постигнатите нива на ефективност с използване на трите фунгицида не бяха констатирани статистически доказани разлики.

Силен инхибиращ ефект върху заболяването с причинител *D. sorokiniana* беше постигнат чрез третиране на семената и с трите изпитвани фунгицидни продукта (Таблица 4). В сравнение с нетретирания контрола, загиването на младите понизи във вариантите с третиране беше незначително при $P \leq 0.001$ – от 0% за Витавакс 2000 до 1.7% за BAS 9242 4 F. Същевременно, в края на вегетацията не бяха отчетени болни растения след третиране с BAS 9242 4 F, докато

нападението във вариантите с Витавакс 2000 и Ранкона И-микс беше съответно 14.2% и 9.2%, съответно, с висока статистическата достоверност на разликите в действието на трите фунгицида ($P \leq 0.001$). Спрямо контролния вариант и трите фунгицида демонстрираха относително високо ниво на контрол: BAS 9242 4 F – 96.1% (пълнен контрол), Ранкона И-микс – 77.3% и Витавакс 2000 – 67.8% (Таблица 4).

Трите изпитвани фунгицида демонстрираха сходна ефективност по отношение на заболяването, причинено от вида *P. ultimum*. Получените резултати са представени на Таблица 5. Видно е от резултатите, че и двете отчетени прояви на заболяване – загиване на кълновете, кореновото и базично гниене по пшеницата – са редуцирани значително ($P \leq 0.001$) във вариантите с фунгицидно третиране спрямо нетретирания контрола. Едновременно с това, редуцирането на болестта с използване на трите фунгицидни средства варира между 92.2% и 81.9%, съответстващо на ниво пълен контрол.

Три от изследваните от нас фунгицидни продукта – BAS 9242 4 F, Витавакс 2000 и Ранкона И-микс – показаха достатъчно силен инхибиращ и фунгициден ефект по отношение и на трите прицелни за изследването патогена. Понататъшни изследвания, провеждани във ве-

Таблица 3. Ефект от действието на предсеитбено третиране на изкуствено инокулирани семена с фунгицидни средства върху нападението от *Fusarium culmorum* по корените и основата на стъблата на пшеница

№	Вариант (третиране)	Разпространение на болестта ^a		Инхибиране на болестта ^c (%)
		% загинали	% болни	
1	Нетретирана контрола	21.7 a ^b	57.5 a	-
2	BAS 9242 4 F 300 ml/100 kg	0.8 +++ b	28.3 + b	63.3
3	Витавакс 2000 200 ml/100 kg	1.7 +++ b	17.5 ++ b	75.8
4	Ранкона И-микс 100 ml/100 kg	0.0 +++ b	24.2 ++ b	69.4
Статистически показатели		F = 53.80 Sd = 0.81 Lsd _{0.05} = 1.97	F = 8.06 Sd = 3.52 Lsd _{0.05} = 8.62	
ns = статистически недоказана разлика; + = $P \leq 0.05$; ++ = $P \leq 0.01$; +++ = $P \leq 0.001$				

^a Процент на загинали и видимо болни растения от общия брой опитни растения в съответния вариант в края на опита

^b Варианти, обозначени с еднакъв буквен символ, се отнасят към един и същи клас на разпределение спрямо изследвания признак – индекс на нападение

^c Инхибирането на заболяването е калкулирано на базата на разпространението на болестта (% загинали и % видимо болни растения) в съответния вариант с третиране, в сравнение с нетретирания контрола по формулата на Abbott и съответства на нивото на контрол, постигнато с прилагане на съответния фунгициден продукт

гетационни съдове с третиране на изкуствено инокулирани семена от пшеница, демонстрираха висока ефективност на фунгицидите по отношение на причиняваните от *F. culmorum*, *D.*

sorokiniana и *P. ultimum* индивидуални заболявания по културата.

Ефектът на BAS 9242 4 F и Витавакс 2000 към трите патогена вероятно се обуславя от факта, че

Таблица 4. Ефект от действието на предсеитбено третиране на изкуствено инокулирани семена с фунгицидни средства върху нападението от *Drechslera sorokiniana* по корените и основата на стъблата на пшеница

№ Вариант (третиране)	Разпространение на болестта ^a		Инхибиране на болестта ^c (%)
	% загинали	% болни	
1 Нетретирана контрола	15.8 a ^b	28.3 a	-
2 BAS 9242 4 F 300 ml/100 kg	1.7 +++ b	0.0 +++ d	96.1
3 Витавакс 2000 200 ml/100 kg	0.0 +++ b	14.2 +++ b	67.8
4 Ранкона И-микс 100 ml/100 kg	0.8 +++ b	9.2 +++ c	77.3
Статистически показатели	F =33.79 Sd = 0.73 Lsd _{0.05} = 1.80	F =72.99 Sd = 0.61 Lsd _{0.05} = 1.49	

ns = статистически недоказана разлика; + = P≤0.05; ++ = P≤0.01; +++ = P≤0.001

^a Процент на загинали и видимо болни растения от общия брой опитни растения в съответния вариант в края на опита

^b Варианти, обозначени с еднакъв буквен символ, се отнасят към един и същи клас на разпределение спрямо изследвания признак – индекс на нападение

^c Инхибирането на заболяването е калкулирано на базата на разпространението на болестта (% загинали и видимо болни растения) в съответния вариант с третиране, в сравнение с нетретираната контрола по формулата на Abbott и съответства на нивото на контрол, постигнато с прилагане на съответния фунгициден продукт

Таблица 5. Ефект от действието на предсеитбено третиране на изкуствено инокулирани семена с фунгицидни средства върху нападението от *Pythium ultimum* по корените и основата на стъблата на пшеница

№ Вариант (третиране)	Разпространение на болестта ^a		Инхибиране на болестта ^c (%)
	% загинали	% болни	
1 Нетретирана контрола	27.5 a ^b	36.7 a	-
2 BAS 9242 4 F 300 ml/100 kg	0.8 +++ b	5.8 +++ b	89.7
3 Витавакс 2000 200 ml/100 kg	0.0 +++ b	5.0 +++ b	92.2
4 Ранкона И-микс 100 ml/100 kg	0.8 +++ b	10.8 +++ b	81.9
Статистически показатели	F =64.06 Sd = 0.95 Lsd _{0.05} = 2.33	F =68.92 Sd = 1.02 Lsd _{0.05} = 2.49	

ns = статистически недоказана разлика; + = P≤0.05; ++ = P≤0.01; +++ = P≤0.001

^a Процент на загинали и видимо болни растения от общия брой опитни растения в съответния вариант в края на опита

^b Варианти, обозначени с еднакъв буквен символ, се отнасят към един и същи клас на разпределение спрямо изследвания признак – индекс на нападение

^c Инхибирането на заболяването е калкулирано на базата на разпространението на болестта (% загинали и видимо болни растения) в съответния вариант с третиране, в сравнение с нетретираната контрола по формулата на Abbott и съответства на нивото на контрол, постигнато с прилагане на съответния фунгициден продукт

и двата фунгицида съдържат активна съставка тирам. Веществото е от групата на дитио-карбаматите с доказан ефект по отношение на патогени от род *Pythium* (McMullen and Lamey, 2000) и *F. culmorum* (Hudec, 2007). Двата продукта включват в състава си и карбоксин, доказан химичен агент в борбата с *Fusarium* spp., *Drechslera* spp., *Pythium* spp. и *Rhizoctonia* spp. (Saunders and Hettel, 1994). Постигнатият ефект от използването на Ранкона И-микс може да се отдаде на съдържанието на ипконазол (фунгицид от групата на триазолите), известен инхибитор на стероловия синтез (Siegel, 1981; Buchenauer, 1987; Tateishi and Chida, 2000), който блокира дишането при редица фитопатогенни гъби, включително видове от род *Fusarium*, *Drechslera*, *Rhizoctonia* и др. (Rodriguez-Brljevich, 2008; De Wolf, 2015). Ранкона И-микс включва в състава си още имазилил, отнасящ се към групата на имидазолите, с установен фунгициден ефект към *D. sorokiniana* (Verna, 1983). От същата група активни вещества е прохлораз, влизащ в състава на BAS 591 01 F, който в нашите опити, провеждани в условия *in vitro*, се откроява с фунгициден ефект и към трите патогена. Продуктът съдържа също тритиконазол (триазол), установяван като ефективно средство за борба с гъбните видове *F. graminearum*, *F. culmorum* (Burlakoti et al., 2010) и *D. sorokiniana* (Hudec, 2007). По литературни данни от групата на пиразол-4-карбоксамидите е флуксапироксад (BAS 700 05 F), активно вещество, ефективно за борба с гъби от род *Alternaria* (Gudmestad et al., 2013). Тестваният продукт показва силен инхибиращ ефект срещу вида *D. sorokiniana*, както и висока ефективност по отношение на заболяването, причинявано от патогена. Тритиконазол е единствена активна съставка на BAS 595 01 F. По данни от литературата може да се използва успешно срещу заболявания, предизвиквани от *F. culmorum* (Burlakoti et al., 2010). В нашите опити BAS 595 01 F демонстрира инхибиращ ефект върху растежа на мицела на гъбата и достатъчно високо ниво на контрол над заболяването по пшеница.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В литературата се посочват редица други фунгицидни средства, отнасящи се към раз-

лични химични групи, ефективни срещу патогени от род *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Drechslera*, *Gaeumanomyces*, *Alternaria*, *Penicillium* и др. (Mathre et al., 2001; Smiley et al., 2002; Smiley et al., 2012; Gudmestad et al., 2013; Van Alfen, 2014; Jonavičienė et al., 2016). Представените от тези автори данни, както и резултатите от настоящото изследване показват, че съществуват разработени, ефективни фунгицидни продукти за контрол на комплекса от семенопреносими, почвообитаващи, патогенни гъби по пшеница и други житни култури със слята повърхност. Предвид ежегодните загуби, свързани с прореждане на посевите, повреди по корените и основата на стъблата на растенията в производството, налице е необходимост от разработване на ефикасни, широкоспектърни формулации и/или подходящи резервоарни смеси от фунгициди за контрол над целия комплекс от патогенни организми и за повишаване на добивите и качеството на зърното. За тази цел е необходимо провеждане на допълнителни, понататъшни изследвания на терен и в условия на производството.

ЛИТЕРАТУРА

- Abbott, W. S.** (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.
- Avenot, H. F., & Michailides, T. J.** (2010). Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop Protection*, 29(7), 643-651.
- Babij, J., Zhu, Q., Brain, P., & Hollomon, D. W.** (2000). Resistance risk assessment of cereal eyespot, *Tapesia yallundae* and *Tapesia acuformis*, to the anilinopyrimidine fungicide, cyprodinil. *European journal of plant pathology*, 106(9), 895-905.
- Bateman, C. L.** (1977). Effects of seed treatments on *Septoria nodorum* infection of winter wheat. *Plant Pathology*, 26(3), 127-134.
- Buchenauer, H.** (1987). Mechanism of action of triazol fungicides and related compounds, pp. 205-232. In: *Modern Selective Fungicides: Properties, Applications, Mechanisms of Action* (Lyr H., ed.). Longman Scientific and Technical. Copublished in the United States with John Wiley and Sons, Inc.
- Burlakoti, P., Rivera, V. V., Burlakoti, R. R., Nelson, R., Adhikari, T. B., Secor, G. A., & Khan, M. F.** (2010). Baseline sensitivity of *Fusarium* species associated

- with Fusarium diseases to Metconazole, Triticonazole, and Thiabendazole fungicides. *Journal of Sugar Beet Research*, 47(1), 23-24.
- Burnett, F. J., Oxley, S. J. P., & Harling, R.** (1997). The use of PCR diagnostics to monitor development of eyespot in winter wheat. *HGCA Project Report (United Kingdom)*, 150, 1-25.
- Campbell, C. L., & Buchwalter, D.** (Eds.) (2012). *Epidemiology and management of root diseases*. Springer Science & Business Media.
- Carlile, W. R., & Coules, A.** (2012). *Control of crop diseases*. Cambridge University Press.
- Cotterill, P. J.** (1993). Effect of flutriafol on saprophytic survival and growth of *Rhizoctonia solani* (AG-8). *Australasian Plant Pathology*, 22(2), 53-57.
- De Wolf, E. D.** (2010). *Seed Treatment Fungicides for Wheat Disease Management 2010*. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, Kansas State University.
- Fakorede, M. A. B., Badu-Apraku, B., Kamara, A. Y., Menkir, A., & Ajala, S. O.** (2003). Maize revolution in West and Central Africa: an overview. In *Maize Revolution in West and Central Africa: Proceedings of a Regional Maize Workshop*. Ibadan, Nigeria: Wecaman/IITA (pp. 3-15).
- Gardiner, W. P.** (1997). *Statistics for the biosciences: data analysis using minitab software*. Prentice Hall, London.
- Gudmestad, N. C., Arabiat, S., Miller, J. S., & Pasche, J. S.** (2013). Prevalence and impact of SDHI fungicide resistance in *Alternaria solani*. *Plant disease*, 97(7), 952-960.
- Haidukowski, M., Visconti, A., Perrone, G., Vanadia, S., Pancaldi, D., Covarelli, L., Balestrazzi, R. & Pascale, M.** (2012). Effect of prothioconazole-based fungicides on Fusarium head blight, grain yield and deoxynivalenol accumulation in wheat under field conditions. *Phytopathologia Mediterranea*, 51(1), 236-246.
- Hampton, J. G.** (1980). The role of seed-borne inoculum in the epidemiology of net blotch of barley in New Zealand. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, 8(3-4), 297-299.
- Hudec, K.** (2007). Pathogenicity of fungi associated with wheat and barley seedling emergence and fungicide efficacy of seed treatment. *Biologia*, 62(3), 287-291.
- Hutson, D. H., & Roberts, T. R.** (Eds.). (1999). *Metabolic pathways of agrochemicals: Insecticides and fungicides*. Royal Society of Chemistry.
- Innocenti, G., Roberti, R., & Alvisi, G.** (2013). Efficacy of foliage fungicides against eyespot of winter wheat in Northern Italy. *Phytopathologia Mediterranea*, 52(3), 442-448.
- Jonavičienė, A., Supronienė S., & Semaškienė R.** (2016). *Microdochium nivale* and *M. majus* as causative agents of seedling blight in spring cereals. *Žemdirbystė (Agriculture)*, 103(4), 363-368.
- Lević, J., Stanković, S., Krnjaja, V., Kovačević, T., Tančić, S., & Bočarov-Stančić, A.** (2008). Pathogenicity and phytotoxicity of *Fusarium langsethiae* on wheat seedlings. *Cereal Research Communications*, 36, 515-516.
- Maldonado, M. C., Santa-Runco, R., & Navarro, A. R.** (2005). Isolation, identification and antifungal susceptibility of lemon pathogenic and non pathogenic fungi. *Revista Iberoamericana de Micología*, 22(1), 57-59.
- Malone, J. P.** (1968). Mercury-resistant *Pyrenophora avenae* in Northern Ireland seed oats. *Plant Pathology*, 17(1), 41-45.
- Mathre, D. E., Johnston, R. H., & Grey, W. E.** (2001). Small grain cereal seed treatment. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-I-2001-1008-01.
- McMullen, M. P. & Lamey, H. A.** (2000). Seed treatment for disease control. *Extension Plant Pathologists*. <http://library.ndsu.edu/>.
- Méndez-Vilas, A.** (2016). *Microbes in the Spotlight: Recent Progress in the Understanding of beneficial and Harmful Microorganisms*. Brown Walker Press Boca Raton, 496 p.
- Morton, V., & Staub, T.** (2008). A short history of fungicides. *APSnet Features*, <http://www.apsnet.org/>.
- Nevil, D., Nyfeler, R., & Sozzi, D.** (1988). CGA 142705: a novel fungicide for seed treatment. In *Brighton Crop Protection Conference. Pests and Diseases*, Vol. 1. (pp. 65-72). British Crop Protection Council.
- Osborne, L., & Ruden, K.** (2011). Seed treatment fungicide options for wheat in South Dakota. *Fact Sheets*. http://openprairie.sdstate.edu/extension_fact/166.
- Parry, D. W.** (1990). *Plant pathology in agriculture*. CUP Archive.
- Ragsdale, N. N., & Sisler, H. D.** (1970). Metabolic effects related to fungitoxicity of carboxin. *Phytopathology*, 60(10), 1422-1427.
- Ray, R. V., Jenkinson, P., & Edwards, S. G.** (2004). Effects of fungicides on eyespot, caused predominantly by *Oculimacula acuformis*, and yield of early-drilled winter wheat. *Crop Protection*, 23(12), 1199-1207.
- Rennie, W. J. & Cockerell, V.** (1994). Seed treatment, progress and prospects. British Crop Protection Council and the Pesticides Group of the Society of Chemical Industry and held at the University of Kent, 482 p.
- Rodriguez-Brljevič, C.** (2008). *Interaction of fungicide seed treatments and the Fusarium-maize (Zea mays L.) pathosystem*. Iowa State University.
- Russell, P. E.** (2002). *Sensitivity baselines in fungicide resistance research and management* (pp. 1-53). Brussels: Crop Life International.
- Saunders, D. A. & Hettel G. P.** (1994). *Wheat in Heat-stressed Environments: Irrigated, Dry Areas, and Rice-Wheat Farming systems*, 402 p.
- Schirmer, U., Jeschke, P. & Witschel, M.** (2012). *Modern Crop Protection Compounds*. John Wiley & Sons, 534 p.
- Siegel, M. R.** (1981). Sterol-inhibiting fungicides: effects on sterol biosynthesis and sites of action. *Plant Diseases*, 65, 986-989.
- Sinclair, J. B., & Dhingra, O. D.** (1995). *Basic plant pathology methods*. CRC press.

- Smiley, R. W., Cook, R. J., & Paulitz, T.** (2002). *Seed treatments for small grain cereals*. Corvallis, Or.: Extension Service, Oregon State University.
- Smiley, R. W., Paulitz, T., & Marshall, J.** (2012). *Controlling root and crown diseases of small grain cereals*. [Corvallis, Or.]: Oregon State University Extension Service.
- Sneh, B., Jabaji-Hare, S., Neate, S. M., & Dijst, G.** (Eds.). (2013). *Rhizoctonia species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control*. Springer Science & Business Media.
- Strathmann, S., Walker, S., & Barnes, J.** (2011, June). Fluxapyroxad: a new broad-spectrum fungicide. In *Phytopathology*, 101(6), 172.
- Tateishi, H., & Chida, T.** (2000). Sensitivity of Fusarium moniliforme isolates to ipconazole. *Journal of General Plant Pathology*, 66(4), 353-359.
- Tateishi, H., Saishoji, T., Suzuki, T. & Chida, T.** (1998). Antifungal properties of the seed disinfectant ipconazole and its protection against “bakanae” and other diseases of rice. *Japanese Journal of Phytopathology*, 64(5), 443-450.
- Tomkins, M. J., Archer, T., Maude, S. J., & Littlewood, K.** (2009). The development of seed treatment products based on the new fungicide ipconazole. In *Association Française de Protection des Plantes, 9ème conférence internationale sur les maladies des plantes, Tours, France, 8 et 9 Décembre 2009* (pp. 843-848). Association Française de Protection des Plantes (AFPP).
- Van Alfen, N. K.** (2014). *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. University of California, 464 p.
- Verma, P. R.** (1983). Effect of triadimenol, imazalil, and nuarimol seed treatment on common root rot and grain yields in spring wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 5(3), 174-176.
- Waller, J. M., Lenné, J. M., & Waller, S. J.** (Eds.). (2002). *Plant pathologist's pocketbook*. CABI.