

## Ефективност на фунгициди за борба с фузариоза по класовете на пшеница в зависимост от фенологичната фаза на третиране

Иво Янашков<sup>1</sup>, Ценко Въчев<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкиarov”, научен отдел Защита на растенията, гр. Костинброд 2230, ул. „Панайот Волов” №35

\*E-mail: [vatchevtzenko@yahoo.com](mailto:vatchevtzenko@yahoo.com)

### Резюме

Макар често с променлив ефект, превантивното третиране на посевите с фунгицидни средства е основен метод да борба с Фузарииното гниене по класовете на житни култури със слята повърхност. В настоящото изследване бяха проведени два полеви опита, проследяващи ефективността на два фунгицидни продукта – Allegro® (суспензионен концентрат, 125 g/l епоксиконазол + 125 g/l крезоксим-метил) и Opera® (суспензионна емулсия, 85 g/l пираклостробин + 62.5 g/l епоксиконазол) за борба с Фузарииното гниене по класовете на зимна пшеница. Фунгицидите бяха прилагани в препоръчителните дози, съответно 75 ml/da и 150 ml/da върху опитни парцели (2.0 m x 1.0 m) по напълно рандомизиран блоков метод. По варианти, еднократни пръскания бяха извършвани в три фенологични фази на пшеницата: флагов лист (ВВСН 37-39), изкласяване (ВВСН 54-57) или цъфтеж (ВВСН 61-65). През периода на цъфтеж във всяка парцела китки от пшеничени класове бяха изкуственото инокулирани чрез опръскване с мицелно спорова суспензия от чисти култури на *Fusarium oxysporum*, *F. graminearum* и *F. culmorum*, или със смесен инокулум от трите патогена. Степента на нападение от Фузариоза беше отчитана като осреднен процент нападнати цветчета от клас. Най-високо ниво на контрол над болестта беше постигнат след пръскане на опитните растения по време на цъфтеж. Двата фунгицида редуцираха индекса на нападение, съответно, както следва: 59% и 63% по растенията, инокулирани с *F. oxysporum*, 61% и 74% с *F. graminearum*, 5% и 25% с *F. culmorum*, и 77% и 64% със комбиниран инокулум от трите патогена. Еднократното фунгицидно третиране на опитните растения в по-ранна фаза – флагов лист и изкласяване доведе до значително по-слабо редуциране на фузариозата по класовете – между 11% и 40% за *F. oxysporum* и *F. graminearum*, в сравнение с третирането по време на цъфтежа. Известно полезно редуциране на болестта, причинена от *F. culmorum* беше постигнато чрез приложение на Opera® през периода на изкласяване. Allegro®, приложен във фаза флагов лист, демонстрираше относително висока ефективност – 59%, когато опитните растения бяха инокулирани със смесен инокулум от трите патогена.

**Ключови думи:** житни; пшеница; фузариоза; фунгициди; фенологични фази

## Effectiveness of fungicides for controlling Fusarium head blight of wheat depending on the phenological stage of treatment

Ivo Yanashkov<sup>1</sup>, Tzenko Vatchev<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Institute of Soil Science, Agro-Technologies and Plant Protection “Nikola Pushkarov”, Department of Plant Protection, 35 Panayot Volov St., 2230 Kostinbrod, Bulgaria

\*E-mail: [vatchevtzenko@yahoo.com](mailto:vatchevtzenko@yahoo.com)

### Citation

Yanashkov, I., & Vatchev, Tz. (2019). Effectiveness of fungicides for controlling Fusarium head blight of wheat depending on the phenological stage of treatment, *Rasteniavadni nauki*, 56(5), 72-85 (Bg).

## Abstract

Although highly variable, preventive application of fungicides is considered the primary means of control on Fusarium head blight (FHB) of small-grain cereal crops. In this research, two field experiments were carried out to identify the ability of Allegro® (suspension concentrate, 125 g/l epoxiconazole + 125 g/l kresoxim-methyl) and Opera® (suspo-emulsion, 85 g/l pyraclostrobin + 62.5 g/l epoxiconazole) at three timings: flag leaf (BBCH 37-39), heading (inflorescence emergence, BBCH 54-57) or flowering, (anthesis, BBCH 61-65) to reduce Fusarium head blight of winter wheat. Each fungicide was applied alone at the recommended doses of 75 ml/da and 150 ml/da, respectively to plots (2.0 m x 1.0 m) of the wheat in a completely randomised block design. Different isolates of *Fusarium oxysporum*, *F. graminearum* and *F. culmorum* were inoculated, either alone or in combination of the three pathogens together, to groups of wheat heads by spraying with suspensions of spores and mycelium fragments during the period of flowering. Severity of FHB was measured by average percentage of *Fusarium*-damaged spikelets per wheat head. The highest levels of control were achieved by spraying with Allegro® or Opera® during flowering. Respectively, the two fungicides reduced the disease severity indices as follows: by 59% and 63% in plants inoculated with *F. oxysporum*, 61% and 74% with *F. graminearum*, 5% and 25% with *F. culmorum* and by 77% and 64% with the mixed inoculum of the three pathogens. Fungicide treatments at earlier timings either flag leaf or heading resulted in a significantly lower reduction of FHB – between 11% and 40% for *F. oxysporum* and *F. graminearum* inoculated plants. Some positive reduction of the disease caused by *F. culmorum* was achieved after the application of Opera® at heading. Application of Allegro® at flag leaf stage resulted in 59% reduction of FHB in plants inoculated with mixed inoculum, while Opera® applied at the two pre-flowering stages had no effect on the disease caused by the mixed infection of the three pathogenic species.

**Keywords:** cereals; wheat; Fusarium head blight; fungicides; phenological stages

Фузарииното гниене по класовете е повсеместно разпространено, стопански значимо заболяване по житните култури със слята повърхност. Развитието на болестта води до директни загуби, в т.ч. количествено намаляване на добива, по-ниска пазарна цена на продукцията, резултат от наличие на повредени зърна, биологично замърсяване на зърното и сламата със спори на гъбите-причинители от род *Fusarium* и продуцирани от патогените широк спектър вторични токсични метаболити, известни като микотоксини (Van der Fels-Klerx et al., 2012). Сред тях най-често съобщавани са дезоксиниваленол (DON), зеараленон (ZEN), ниваленол (NYV), фузаренон, T-2, HT-2 токсини, афлатоксини и техни деривати (Tanaka et al., 1988; Nordkvist & Häggblom, 2014; Darsanai & Takrami, 2017). Изброените гъбни токсини се различават по химична структура и физиологично действие (Rocha et al., 2005; Yanashkov et al., 2016), но присъствието им в храната е свързано с риск за здравето на хората, негативни ефекти върху здравето и продуктивността на домашните животни (D'Mello et al., 1997; Rodrigues & Naehrer, 2012).

За първи път Smith през 1884 отбелязва нападение на гъби от род *Fusarium* по житни кул-

тури във Великобритания (Smith, 1884). По-късно Bennett (1935) описва като причинители 14 вида от същия род, част от тях рекласифицирани по-късно. Многокомпонентната етиология на заболяването се усложнява допълнително от обстоятелството, че отделните патогени са в състояние да атакуват растенията, както самостоятелно, така и в комбинации от два и повече вида от род *Fusarium*. Предвид характера на етиологията, както и сложният синдром с прояви на некроза и гниене по класовете, корените и базите на житните растения дават основание на Parry et al. (1994), Doohan et al. (1998), Popovski & Celar (2013) и др. да разглеждат заболяването като комплексно патологично явление. Към настоящия момент известните причинители на Фузариино гниене по класовете на житни култури със слята повърхност са не по-малко от 17 отделни вида *Fusarium* spp. (Parry et al., 1995; Leonard & Bushnell, 2003). Видовете: *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder and Hansen, *F. graminearum* Schwabe (телеоморф *Gibberella zeae* (Schwein.) Petch) и *F. culmorum* (Wm.G.Sm.) Sacc. са сред най-често съобщаваните в научната литература причинители на фузариоза по класовете на пшеница (*Triticum aestivum* L.) и

ечемик (*Hordeum vulgare* L.), както в чужбина (Parry et al., 1995; Van Eeuwijk, 1995; Boshoff et al., 1998; Jones, 2000; Bushnell, 2003; Scherm, 2013), така и в България (Mladenov, 1974; Karadzhova, 1979; Dimitrov, 1980; Mladenov & Karadzhova, 1982; Dimov, 2006; Dimitrov et al., 2018). Наред с изброените видове, други често съобщавани причинители на заболяването са: *F. avenaceum* (Corda Fr.) Sacc. (*G. avenacea* R.J. Cook), *F. poae* (Peck) Wollenw., *Microdochium nivale* (Fr.) Samuels and I.C. Hallett (телеоморф *Monographella nivalis* (Schaffnit) E. Müll.), класифициран в миналото като *F. nivale* (Fr.) Sorauer и др. (Parry et al., 1995; Hofgaard et al., 2016 и мн. др.).

Борбата с Фузариено гниене по класовете на житните култури обикновено се осъществява с мерки, насочени срещу целия комплекс от участващите в етиологията на заболяването патогени. Унищожаването на запазващите се в следжътвените растителни остатъци вегетативни форми на причинителите чрез опламеняване на стърнищата оказва известен редуциращ ефект върху инокулумния потенциал на патогенните популации на полето (Postic et al., 2012; Hofgaard et al., 2016), а оттам и върху развитието на болестта по следващата житна култура (Dill-Macky & Jones, 2000; Pereyra & Dill-Macky, 2008). Мероприятието, обаче, е неприемливо от екологична гледна точка и у нас изгарянето на стърнища е забранено от Закона за опазване на земеделските земи.

Широко практикуваното в миналото дълбоко заораване на растителните остатъци чрез традиционната система за обработка на почвата – дълбока оран с обръщане на орния слой, последвана от предсеитбено дискуване на площите (Jones, 2000) е несъвместимо със съвременните, считани за екологически по-устойчиви консервационни системи на обработка, в т.ч. нулева, минимална, зонална, мулчираща и др. (Dimitrov, 2014; Mitova et al., 2015). Последните носят редица предимства, като ограничаване на минерализацията на органичното вещество в обработваемите почви, подобряване на микробиологичния статус и намаляване на емисиите от излъчваните в атмосферата радиационни („парникови“) газове, и др. (Rasmussen, 1999; Busari et al., 2015).

Сред житните култури със слята повърхност не е установено наличие на пълна устойчивост

към фузариозата по класовете; липсват и данни за толерантност спрямо продуцираните от причинителите токсини. Редица автори отбелязват известна по-ниска чувствителност или средно ниво на устойчивост при отделни линии и сортове по отношение на един или повече причинители (Wilcoxson, et al., 1992; Wiersma et al., 1996; Pirgozliev et al., 2003; Niwa et al., 2014; Niwa et al., 2018). Изследванията върху устойчивостта на житните култури към фузариоза по класовете досега показват наличие на множество локуси (Qualitative trait loci, QTLs) в генома на растенията, контролиращи количествена устойчивост от различен тип и същевременно липса на гени за пълна устойчивост към заболяването (Stenglein & Rogers, 2010; Niwa et al., 2018). Като цяло броят на по-слабо чувствителните форми по отношение на фузариозата по класовете е относително малък, а ниво на устойчивост – незадоволително от стопанска гледна точка (Rudd et al., 2001; Desheva et al., 2015; Vulchev, *непубликувани резултати*).

Значително инхибиране на болестта по отделни житни култури е постигано чрез третиране на вегетиращите растения с различни видове микроорганизми, в т.ч. бактерии, актиномицети и гъби с доказана антагонистична активност по отношение на патогените (Schisler, 2002; Palazzini et al., 2009; Timmusk et al., 2019). Извън експерименталната фаза на проучванията, обаче, биологичните средства за борба с Фузариеното гниене по класовете не са намерили реално практическо приложение. Към момента липсват официално регистрирани търговски продукти, базирани на биоагенти за борба със заболяването в житни култури, включително и у нас. Друг биологично базиран метод, по-слабо изследван, но перспективен и с реални възможности е създаването в почвата на среда, супресивна по отношение на инокула на патогените, чрез целенасочено манипулиране на почвената микрофлора (Mazzola, 2010). Така, прилагайки подходящо органично, в т.ч. и зелено торене, Perez et al. (2008) постигат повишаване на популационната плътност на микроорганизми-антагонисти в почвата и редуциране на преживяващия в почвата инокулум на основни причинители на фузариоза по класовете. Други културностопански методи, като сеитбооборот с нежитни култури, избор на подходящ предшественик и момент за

сеитба, оптимален поливен режим, и др., подробно отразени и анализирани от Wegulo et al. (2015) и Shah et al. (2017) се очертават като ефективни за борба срещу болестта, ако са обединени в интегрирана система.

Направеният дотук анализ на основните методи за контрол на Фузариозата по класовете, макар да няма претенции за изчерпателност, очертава липсата на достатъчни алтернативни методи за опазване на житните култури от заболяването. В научната литература и в практиката съществува мнението, че редуциране на Фузарииното гниене по класовете, в т.ч. и на количеството акумулирани микотоксини в зърнената продукция се постига чрез прилагане на подходящи фунгицидни средства по време на вегетацията на културите (Mesterházy et al., 2011; Shah et al., 2017). Wilcoxson (1996) подробно отразява известните и употребявани до към средата на 90-те години фунгицидни средства за борба със заболяването, както и особености на биологичната им активност спрямо отделните причинители. Впоследствие подобни прегледи са публикувани и от много други автори (Pirgozliev et al., 2003; Mesterházy et al., 2011; Wegulo et al., 2015; Machado et al., 2017; Shah et al., 2017). В предходна наша публикация (Yanashkov et al., 2017) обобщаваме актуални данни за активните вещества с установено фунгицидно действие спрямо основни фитопатогени от род *Fusarium*, причинители на болести по житните култури.

Триазолите са клас системни фунгициди, известни инхибитори на деметилирането (DMI) при стероловия биосинтез в гъбната клетка нарушавайки структурата и функциите на клетъчната стена (Köller, 1988). Считани са за най-често използваните химични средства за борба с Фузарииното гниене по класовете на житните култури, и редуциране на нивата на замърсяване на зърното с гъбни токсини. (Paul et al., 2010; Shah et al., 2017). От тази химична група като ефективни срещу болестта се посочват тебуконазол, метконазол и протиоконазол (Paul et al., 2008), включени самостоятелно или в смес от две активни вещества в изпитваните фунгицидни формулации (Scarpino et al., 2015). Duan et al. (2018) установяват способността на епоксиконазол, активно вещество от същия клас фунгициди, да контролира ефективно заболяването по пшеница. Епоксиконазол, тебуконазол, бро-

муконазол и прохлораз (имидазол) са доказано ефективни срещу Фузариоза по класовете с причинители *F. graminearum* и *F. culmorum*, докато крезоксим-метил, също от групата на триазолите е демонстрирал незадоволително ниво на контрол по отношение на заболяването по твърда пшеница (Menniti et al., 2003). Фунгицидите от групата на стробилурините (QoI) се приемат за недостатъчно ефективни спрямо Фузарииното гниене по класовете на житните (Pirgozliev et al., 2002). Комбинацията, обаче, от пираклостробин (стробилурин) и метконазол дава добри резултати в борбата с болестта по пшеницата с причинител *F. graminearum* (Spolti et al., 2013). Butkutė et al. (2008) констатираат задоволителен инхибиращ ефект върху заболяването при приложение на пираклостробин и други стробилурини – самостоятелно или в комбинация с триазоли, или морфолини.

Немалка част от упоменатите триазолови и стробилуринови фунгицидни средства проявяват широк спектър на действие, с активност и по отношение на редица други фитопатогенни гъби, атакуващи надземните части на житните култури със слята повърхност (Poole & Arnaudin, 2014). Сред прицелните патогени са причинители на некротични напътнявания по надземните части на растения – *Pyrenophora tritici-repentis* (Died.) Drechs. (анаморф *Drechslera tritici-repentis* (Died.) Shoemaker), *Phaeosphaeria avenaria* (G.F. Weber) O.E. Eriksson f. sp. *triticea* T. Johnson (анаморф *Stagonospora avenae* (A.B. Frank) Bisset f.sp. *triticea* T. Johnson), *Zymoseptoria tritici* (Desm.) Quaedvlieg and Crous (syn. *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt. In Cohn) (анаморф *Septoria tritici* Roberge In Desmaz.) и др. (Nedyalkova et al., 2013), ръжди, и брашнести мани (Robert et al., 2004; Blandino et al., 2011).

Голяма част от разрешените за употреба и използвани в зърнопроизводството средства за контрол на Фузарииното гниене по класовете на житните култури носят висок вроден и общ риск от поява и развитие на резистентност в популациите на патогените (FRAC, 2018). Не са редки случаите на установена кръстосана резистентност между активни вещества от една и съща или различни химични групи. Поради тези причини еднократното третиране с дадено активно вещество или група активни вещества



в рамките на един вегетационен период е често налагано ограничение от компетентните органи на национално или европейско равнище, като средство за управление на риска от поява и развитие на резистентност (Vatchev & Stoev, 2012). А като оптимален период за третиране обикновено се препоръчва фазата на цъфтеж или краткото време преди отваряне на цветовете (Spolti et al., 2013).

Предварително счетохме, че управлението на риска от резистентност и потенциалната възможност за опазване на житните култури от инфекции по генеративните органи, и по листната маса на растенията с едно химично третиране са предпоставка за съвместяване на химичната борба срещу различните причинители на Фузариоза по класовете, напътнявания по надземните части, ръжди, брашнеста мана, и др. Също така взехме предвид обстоятелството, че опазването на последния, флагов лист здрав и свободен от инфекции е от особено значение за получаване на нормален добив от зърно, което от своя страна предполага третирането на растенията да се осъществява в по-ранна фенологична фаза (Hardwick et al., 1994; Figueroa et al., 2018).

Не беше изяснен напълно въпросът за ефективността на фунгицидните средства по отношение на Фузарииното гниене по класовете в случай на еднократно третиране на посевите във фенофази, предшествващи цъфтежа. Затова целта на настоящото изследване бе да се сравни ефективността на два фунгицидни продукта – Allegro® (суспензионен концентрат, 125 g/l епоксиконазол + 125 g/l крезоксим-метил) и Орега® (суспензионна емулсия, 85 g/l пиракло-стробин + 62.5 g/l епоксиконазол) (BASF България), за борба с фузариози по класовете на зимна пшеница чрез еднократното третиране на културата в три различни фенологични фази – флагов лист, изкласяване и цъфтеж.

## МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Приложената в настоящото изследване научна методология е разработена в отдел „Фитопатология“ на бившия Институт за защита на растенията, гр. Костинброд (Караджова и Вълчев, *непубликувани данни*). Всички използвани

методи са съобразени с Добрата експериментална практика (ДЕП), Стандарти PP1/26(4), и PP 1/181(4) на Европейската и средиземноморска организация по растителна защита за оценка на ефикасност на продукти за растителна защита (ОЕПП/EPPO, 2012; 2012a), както и методики, описани от други автори (Jones, 2000).

### *Място и условия на експериментиране.*

Опитите бяха провеждани двукратно през 2014 и 2015 г. на опитното поле на направление Защита на растенията, край гр. Костинброд. Почвеният тип беше излужена Чернозем-Смолница (1.2% пясък; 64.5% глина; 16.6% прах; pH (KCl) 5.46; 4.71% хумус). Като опитна култура беше използвана зимна пшеница, с. Миряна, засявана в началото на октомври с приблизителна гъстота на посева 550 растения на m<sup>2</sup>. За предшественик служеше едногодишна черна угар за да се ограничи евентуалното, неконтролирано заразяване на растенията със запазващия се предимно в растителни остатъци инокулум на причинителите на болестта (Miller et al., 1998; Dill-Macky & Jones, 2000; Schisler et al., 2002).

### *Експериментален дизайн.*

Във всички проведени опити бяха оформяни опитни парцели с размер 2 m<sup>2</sup> (2.0 x 1.0 m), като всяка парцела беше третирана еднократно с отделен фунгицид в конкретна фенофаза от развитие на пшеницата или служеше за нетретирана (напръскана с чиста вода) контрола. Всеки вариант (фунгицид x фаза на третиране) беше реплициран трикратно, при което бяха оформени три напълно рандомизирани блока. Всяка единична парцела беше разделена на 4 дробни парцели от по 0.5 m<sup>2</sup> (субпарцели с размери 1.0 x 0.5 m). Допълнително, 24 ч. след приложение на фунгицидните средства по една китка от по 25 класа от средната част на всяка субпарцела (4 китки за всяка опитна парцела) беше завързвана и етикирана по варианти (третиране x фенофаза на третиране x вид патоген).

### *Приложение на фунгицидните средства.*

Изпитвано беше действието на два формулирани фунгицидни продукта на BASF България – Allegro® (суспензионен концентрат, 125 g/l епоксиконазол + 125 g/l крезоксим-метил) и Орега® (суспензионна емулсия, 85 g/l пиракло-

стробин + 62.5 g/l епоксиконазол) в дози, съответно 75 ml/da и 150 ml/da. Използваното количество работен разтвор за всеки фунгицид съответстваше на 100 l/da, така че всяка парцела беше опръсквана с по 200 ml воден разтвор от съответния фунгицид в концентрация 0.075% за продукт Allegro® или 0.15% за продукт Opera®. За целта беше използвана гръбнопреносима пръскачка със сгъстен въздух, модел "Matabi". За качествено опръскване на класовете на пшеницата, количеството разтвор, предвидено за една парцела беше изпръсквано двуфазно – половината (около 100 ml) – от едната страна на парцелата, а останалата част – от противоположната страна на същата парцела. По варианти, пръскания бяха извършвани в три фенологични фази на пшеницата: флаговлист (ВВСН 37-39), изкласяване (ВВСН 54-57) или цъфтеж (ВВСН 61-65), съответно 30 и 20 дни, или 24 часа преди изкуственото инокулиране на растенията с прицелните патогени. Контролните, нетретирани парцели бяха напръсквани еднократно по описания начин с по 200 ml чешмяна вода.

#### *Производство на инокулум и инокулиране.*

За изкуствено заразяване на класовете на пшеницата бяха подбрани три вида патогенни гъби от род *Fusarium*, съхранявани в колекцията на научен отдел „Фитопатология“, ИПАЗР „Никола Пушкиarov“, София: *F. oxysporum* (щам №25), *F. graminearum* (щам №10) и *F. culmorum* (щам №15), основни причинители на фузариози по класовете на житните култури със слята повърхност у нас. Инокулум от трите вида патогени беше произведен след 7-дневно култивиране на чисти култури върху кисел картофен агар (КА) в 90 mm Петриеви блюда, на тъмно, при 25-26 °C. Съдържанието на по 10 блюда чиста култура (агар с мицел и спори) от всеки патоген беше хомогенизирано в 1000 ml чешмяна вода при средни обороти на домакински миксер за около 30 sec. до получаване на еднородна суспензия. Смесен инокулум от трите патогена беше подготвян по идентичен начин, като мицелно-спорова суспензия с участие на по три Петриеви блюда с развити чисти култури от всеки патоген, хомогенизирани съвместно в 900 ml чешмяна вода. Съгласно Протокол, разработен в отдел Защита на растенията, Костинброд, идентичен на този, прилаган от други автори (Mesterházy

et al., 2003), както и у нас (Karadzhova, 1979; Mladenov & Karadzhova, 1982), получената суспензия беше прецеждана през двуслойна марля, довеждана до концентрация от  $5 \times 10^8$  инфекциозни единици – спори и хифни фрагменти на 1 ml чрез камера на Burker, LEIN-OPTIC, JENA, Germany и използвана веднага за инокулации. Инокулирането беше осъществено по време на цъфтежа на опитните растения – 24 h след фунгицидното пръскане в тази фенофаза. Предварително подготвените китки от по 25 класа от съответна субпарцела бяха изкуствено инокулирани с един от трите патогенни вида *Fusarium* (*F. oxysporum*, *F. graminearum* или *F. culmorum*), или смесен инокулум с участие на трите патогена. Инокулирането беше осъществявано с еднолитрова ръчна пръскалка, като върху всяка китка бяха изпръсквани по 20 ml суспензия от съответния вид *Fusarium* sp., приложен от всички страни на китката. Всяка китка поотделно беше поставяна в условия на влажна камера за 24 h. За целта бяха използвани навлажнени отвътре полиетиленови пликкове, които бяха привързвани върху инокулираните класове. За контроли служеха китки от съответни единични парцели инокулирани по идентичен начин, но нетретирани с фунгицид. Като допълнителна контрола бяха използвани неинокулирани, нетретирани класове, които служеха за визуални сравнения между вариантите, но резултатите от наблюденията върху тях не бяха вземани под внимание при статистическите анализи на получените данни. В хода на опитите част от болните класове бяха подлагани на фитопатологичен анализ за потвърждаване на естеството на инфекцията.

#### *Отчитане на резултатите.*

Степента на нападение по варианти и повторения беше отчетена във фаза восьмична зрялост на културата. За всеки житен клас беше отчитан броя на болните и здрави класчета и бяха изчислявани съответните проценти. Индексът на нападение за всяко повторение и вариант беше изчисляван като осреднена стойност от процента болни класчета от всичките 25, респективно 75 класа (за вариант). Поради ограничения размер на извадките в този опит (с изкуствено заразяване) ефектът на третиранията върху добива от зърно беше проследяван чрез претегляне на 100

овършани зърна от всяка инокулирана с патоген китка. Ефективността на всяко фунгицидно третиране (формулиран продукт x фаза на приложение) беше калкулирана по формула на Abbott:

$$E_{\%} = 100 - (T \cdot 100 / K),$$

където:

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

T – индекс на нападение във вариант с фунгицидно третиране;

K – индекс на нападение в контролния вариант с инокулиране, без третиране (Abbott, 1925).

*Статистически анализ на получените данни.*

Получените експериментални данни от двукратно провеждане на експеримента през два последователни вегетационни сезона бяха об-

общени и анализирани чрез статистически обработки по метода на вариационния анализ (ANOVA) и по метода на Duncan, използващи F-тест за оценка на значимост на анализа нива на достоверност при  $P \leq 0.05$ ,  $P \leq 0.01$  и  $P \leq 0.001$  (Gardiner, 1997).

## РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

*Ефективност на изпитваните фунгицидни средства.*

Резултатите, представени в Таблица 1 показват, че двата изпитвани фунгицида – Allegro® и Opera®, приложени в трите прицелни фази от развитието на пшеницата значително редуцираха проявите на гниене по класовете, причинено от вида *F. oxysporum*. Най-силен фунгициден ефект беше отчетен след третиране

**Таблица 1.** Ефективност на фунгицидни средства срещу фузариоза по класовете на пшеница с причинител *Fusarium oxysporum* при третиране в три различни фенофази на културата

**Table 1.** Effectiveness of fungicides applied in three different phenological stages of wheat in controlling *Fusarium* head blight caused by *Fusarium oxysporum*

№	Третиране/ Treatment	Фенологична фаза/ Phenological stage	Индекс на нападение(%) <sup>1</sup> / Disease index(%) <sup>1</sup>	Ниво на контрол (%) <sup>3</sup> / Level of control (%) <sup>3</sup>
1	Нетретирана контрола/ Untreated control	-	79.89 a <sup>2</sup>	-
2	Allegro® 75 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	48.75 bc	38.98
3	Allegro® 75 ml/da	Изкласяване/ Heading	53.32 b	33.26
4	Allegro® 75 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	33.03 cd	58.66
5	Opera® 150 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	57.38 b	28.18
6	Opera® 150 ml/da	Изкласяване/ Heading	63.12 b	20.99
7	Opera® 150 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	29.73 d	62.79

F= 9.82, Sd= 7.81, LSD<sub>0.05</sub> = 16.4.

<sup>1</sup> Индексът на нападение изразява осреднен % на заразени с *Fusarium* spp. класчета в един клас. Данните за всеки вариант са получени от три изкуствено инокулирани китки (повторения) от класове на растения при двукратно провеждане на опита.

Disease index is calculated as an average percentage of FHB-infected spikelets per wheat head. Data for each treatment are generated on three artificially inoculated bunches (replicates) of 25 flowering ears.

<sup>2</sup> Стойностите, обозначени с различни символи са статистически различни при  $P \leq 0.001$ , съгласно теста за разпределение на Duncan.

Means without letter in common are significantly different at  $P \leq 0.001$  according to the range test of Duncan.

<sup>3</sup> Ефективността на всяко приложено третиране е изчислена по формулата на Abbott на база индекс на нападение. The effectiveness of each applied treatment is calculated on the base of disease index value using Abbott's formula.

на опитните растения във фенофаза цъфтеж – съответно 59% и 63% инхибиране на заболяването. В по-ранните фази на третиране се наблюдаваше, като цяло, по-силен инхибиращ ефект от страна на Allegro® в доза 75 ml/da (33%-39%) в сравнение с Opera® – 150 ml/da (21%-28%), но разликите в действието на двата продукта бяха статистически недоказани. Анализите показаха, че отчетените индекси на нападение, респективно нивата на контрол във вариантите с третиране във фенофази флагов лист и изкласяване бяха идентични и за двата фунгицида.

По отношение на *F. graminearum* бяха установени статистически значими разлики между вариантите с третиране в различните фенофази (Таблица 2). И двата препарата редуцираха значително заболяването в сравнение с нетретирания, инфектирана контрола. Изключение

правеха вариантите с третиране във фаза изкласяване, където, въпреки отчетеното по-слабо нападение, действието на приложените фунгициди беше незначително. И по отношение на този патоген най-силен ефект беше отчетен след пръскане по време на цъфтежа, непосредствено преди инокулиране на класовете – 60% и 74% инхибиране, съответно за Allegro® и Opera®. Пръскането в предходните две фенофази имаше по-слаб фунгициден ефект.

По отношение на считания за най-агресивен от трите патогена, *F. culmorum* (Vatchev & Yanashkov, 2017), ефектът от приложения Allegro® беше незначителен – до 5% инхибиране на проявите на заболяване по класовете, независимо от фазата, в която бе проведено третирането (Таблица 3). Статистически по-нисък индекс на нападение от *F. culmorum* беше отчетен във вариантите с Opera®, когато проду-

**Таблица 2.** Ефективност на фунгицидни средства срещу фузариоза по класовете на пшеница с причинител *Fusarium graminearum* при третиране в три различни фенофази на културата

**Table 2.** Effectiveness of fungicides applied in three different phenological stages of wheat in controlling *Fusarium* head blight caused by *Fusarium graminearum*

№	Третиране/ Treatment	Фенологична фаза/ Phenological stage	Индекс на нападение(%) <sup>1</sup> / Disease index(%) <sup>1</sup>	Ниво на контрол (%) <sup>3</sup> / Level of control (%) <sup>3</sup>
1	Нетретирана контрола/ Untreated control	-	84.49 a <sup>2</sup>	-
2	Allegro® 75 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	52.19 bc	38.23
3	Allegro® 75 ml/da	Изкласяване/ Heading	64.35 ab	23.84
4	Allegro® 75 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	33.23 c	60.67
5	Opera® 150 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	67.37 ab	20.26
6	Opera® 150 ml/da	Изкласяване/ Heading	75.02 a	11.21
7	Opera® 150 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	21.83 d	74.16

F= 10.35, Sd= 9.95, LSD<sub>0.05</sub> = 20.05.

<sup>1</sup> Индексът на нападение изразява осреднен % на заразени с *Fusarium* spp. класчета в един клас. Данните за всеки вариант са получени от три изкуствено инокулирани китки (повторения) от класове на растения при двукратно провеждане на опита.

Disease index is calculated as an average percentage of FHB-infected spikelets per wheat head. Data for each treatment are generated on three artificially inoculated bunches (replicates) of 25 flowering ears.

<sup>2</sup> Стойностите, обозначени с различни символи са статистически различни при  $P \leq 0.001$ , съгласно теста за разпределение на Duncan.

Means without letter in common are significantly different at  $P \leq 0.001$  according to the range test of Duncan.

<sup>3</sup> Ефективността на всяко приложено третиране е изчислена по формулата на Abbott на база индекс на нападение. The effectiveness of each applied treatment is calculated on the base of disease index value using Abbott's formula.



кътът беше прилаган във фенофаза изкласяване или цъфтеж. Най-високо ниво на контрол над заболяването беше постигнато след третиране с Опера® във фенофаза цъфтеж – 25% ефективност.

Максимално близки до условията на заразяване при естествените инфекции на класовете в производството бяха вариантите със смесен инокулум от трите вида патогенни гъби. Обобщените данни от тези опити са представени в Таблица 4. Значителен процент нападение по класовете – близо 23%, беше отчетено във вариантите без изкуствено инокулиране (нетретираната контрола), където, най-вероятно, инфекцията се дължеше на „естествен“ пренос на инокулум от съседните пшеничени растения,

инокулирани с трите патогенни гъби. При направените фитопатологични анализи в хода на експериментите и трите вида гъби бяха реизолирани от класовете на растенията, което потвърди комплексната етиология на инфекцията. И при този способ на инокулиране най-слабо развитие на заболяването беше отчетено при пръскане на растенията с Allegro® и Опера® във фенофаза цъфтеж – съответно 5% и 8% нападение по класовете, и във фенофаза флагов лист след приложение на Allegro® – 9%. Постигнатите нива на контрол в тези варианти бяха съответно 77%, 64% и 59%. Индексът на нападение в останалите третирани с фунгициди варианти варираше между 20% и 26%. Нападението в два от вариантите – Allegro® x изкласяване и

**Таблица 3.** Ефективност на фунгицидни средства срещу фузариоза по класовете на пшеница с причинител *Fusarium culmorum* при третиране в три различни фенофази на културата

**Table 3.** Effectiveness of fungicides applied in three different phenological stages of wheat in controlling *Fusarium* head blight caused by *Fusarium culmorum*

№	Третиране/ Treatment	Фенологична фаза/ Phenological stage	Индекс на нападение(%) <sup>1</sup> / Disease index(%) <sup>1</sup>	Ниво на контрол (%) <sup>3</sup> / Level of control (%) <sup>3</sup>
1	Нетретирана контрола/ Untreated control	-	92.50 a <sup>2</sup>	-
2	Allegro® 75 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	92.97 a	-0.51 <sup>4</sup>
3	Allegro® 75 ml/da	Изкласяване/ Heading	89.80 a	2.02
4	Allegro® 75 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	87.86 a	5.02
5	Опера® 150 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	90.76 a	1.88
6	Опера® 150 ml/da	Изкласяване/ Heading	75.66 b	18.2
7	Опера® 150 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	69.20 b	25.19

F= 7.37, Sd= 4.85, LSD<sub>0.05</sub> = 10.17.

<sup>1</sup> Индексът на нападение изразява осреднен % на заразени с *Fusarium* spp. класчета в един клас. Данните за всеки вариант са получени от три изкуствено инокулирани китки (повторения) от класове на растения при двукратно провеждане на опита.

Disease index is calculated as an average percentage of FHB-infected spikelets per wheat head. Data for each treatment are generated on three artificially inoculated bunches (replicates) of 25 flowering ears.

<sup>2</sup> Стойностите, обозначени с различни символи са статистически различни при  $P \leq 0.001$ , съгласно теста за разпределение на Duncan.

Means without letter in common are significantly different at  $P \leq 0.001$  according to the range test of Duncan.

<sup>3</sup> Ефективността на всяко приложено третиране е изчислена по формулата на Abbott на база индекс на нападение. The effectiveness of each applied treatment is calculated on the base of disease index value using Abbott's formula.

<sup>4</sup> Отрицателният знак отразява незначително по-силно нападение, отчетено в съответния вариант, в сравнение с нетретираната контрола.

Minus sign indicates a higher disease incidence compared to the untreated control.

Opera® x флагов лист, дори превишаваше това в нетретирания контрол, но установените разлики в индексите на нападение бяха статистически незначителни.

При постоянно провежданите визуални наблюдения върху третирани и нетретирани опитни растения не бяха констатирани негативни странични ефекти от приложението на Allegro® или Opera®, независимо от фазата на третиране на растенията – флагов лист, изкласяване или цъфтеж. Фитопатологични (микробиологични) анализи на видимо инфектирани класове от опитни варианти доказваха присъствие на съответните патогени в растителните тъкани.

От данните, получени в настоящото изследване е видно, че фунгицидните продукти Allegro® и Opera®, приложени съответно в дози 75 ml/da и 150 ml/da, значително редуцираха проявите на фузариози по класовете на пшеницата. Най-нисък индекс на нападение беше постигнат след пръскане на опитните растения по време на цъфтежа на културата по отношение на нападението от *F. oxysporum* и *F. graminearum*. По-слаба ефективност беше реализирана по отношение на *F. culmorum*: известно ограничаване на заболяването, предизвикано от патогена, беше отчетено единствено след третиране с Opera®. Това се обяснява от една

**Таблица 4.** Ефективност на фунгицидни средства срещу фузариоза по класовете на пшеница, причинена от смесена инфекция от три патогена: *Fusarium oxysporum*, *F. graminearum* и *F. culmorum* при третиране в три различни фенофази на културата

**Table 4.** Effectiveness of fungicides applied in three different phenological stages of wheat in controlling Fusarium head blight caused by mixed infection by three pathogenic fungi: *Fusarium oxysporum*, *F. graminearum* and *F. culmorum*

№	Третиране/ Treatment	Фенологична фаза/ Phenological stage	Индекс на нападение(%) <sup>1</sup> / Disease index(%) <sup>1</sup>	Ниво на контрол (%) <sup>3</sup> / Level of control (%) <sup>3</sup>
1	Нетретирана контрола/ Untreated control	-	22.61 a	-
2	Allegro® 75 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	9.22 b	59.22
3	Allegro® 75 ml/da	Изкласяване/ Heading	25.72 a	-13.75 <sup>4</sup>
4	Allegro® 75 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	5.23 b	76.87
5	Opera® 150 ml/da	Флагов лист/ Flag leaf	25.75 a	-13.89
6	Opera® 150 ml/da	Изкласяване/ Heading	19.58 a	13.40
7	Opera® 150 ml/da	Цъфтеж/ Flowering	8.11 b	64.13

F= 3.88, Sd= 7.36, LSD<sub>0.05</sub> = 21.19.

<sup>1</sup> Индексът на нападение изразява осреднен % на заразени с *Fusarium* spp. класчета в един клас. Данните за всеки вариант са получени от три изкуствено инокулирани китки (повторения) от класове на растения при двукратно провеждане на опита.

Disease index is calculated as an average percentage of FHB-infected spikelets per wheat head. Data for each treatment are generated on three artificially inoculated bunches (replicates) of 25 flowering ears.

<sup>2</sup> Стойностите, обозначени с различни символи са статистически различни при  $P \leq 0.001$ , съгласно теста за разпределение на Duncan.

Means without letter in common are significantly different at  $P \leq 0.001$  according to the range test of Duncan.

<sup>3</sup> Ефективността на всяко приложено третиране е изчислена по формулата на Abbott на база индекс на нападение. The effectiveness of each applied treatment is calculated on the base of disease index value using Abbott's formula.

<sup>4</sup> Отрицателният знак отразява незначително по-силно нападение, отчетено в съответния вариант, в сравнение с нетретирания контрол.

Minus sign indicates a higher disease incidence compared to the untreated control.

страна с изключително високата агресивност на *F. culmorum* (Tóth et al., 2008; Yanashkov et al., 2016; Vatchev & Yanashkov, 2017). Същевременно се счита, че използваният метод на изкуствено инокулиране с чиста култура на гъбата създава условия за максимално висок инфекциозен натиск върху гостоприемника (Jones, 2000; Mesterházy et al., 2003). Значително редуциране на фузариозата по класовете беше отчетено във вариантите със смесен инокулум на трите патогена: постигната ефективност чрез третиране по време на цъфтеж с Allegro® и Opera® беше съответно 77% и 64%. Използването на смесен инокулум от трите вида *Fusarium* spp., вероятно създава инфекциозна обстановка, близка до „естествено“ съществуващата при производствени условия и не би трябвало да се пренебрегва при провеждане на опити за ефикасност на фунгицидни продукти към фузариоза на терен.

В настоящото изследване еднократното фунгицидно третиране на опитните растения в по-ранна фаза – флагов лист и изкласяване доведе до значително по-слабо редуциране на фузариозата по класовете – между 11% и 40% за *F. oxysporum* и *F. graminearum*, в сравнение с третирането по време на цъфтежа. Allegro®, приложен във фаза флагов лист демонстрираше относително висока ефективност – 59%, когато опитните растения бяха инокулирани със смесен инокулум от трите патогена. Третирането срещу смесената инфекция в двете предцъфтежни фенофази – флагов лист и изкласяване, с Opera®, обаче, се оказа безрезултатно спрямо фузариозата по класовете на пшеница и през двете години на провеждане на опитите. Аналогична тенденция се наблюдава в резултати от изследвания, провеждани и от други автори. Edwards & Godley (2010) постигат най-добър контрол над Фузариоза по класовете на пшеница чрез пръскане с протиоконазол (триазол) по време на цъфтежа на опитните растения. С провеждане на третирането в по-ранна фенологична фаза – изкласяване или флагов лист, ефективността на фунгицида по отношение на заболяването и свързаното с него акумулиране на микотоксини в зърното намалява. Редица автори отбелязват относително по-слабия ефект на фунгицидните средства в борбата с Фузариоза по класовете на житните. Съгласно Machado et al. (2017), Shah et al. (2017) и др., нивото на кон-

трол над болестта при производствени условия рядко превишава 70%, а Mesterházy et al. (2003) установяват, че ефективността на използваните за борба фунгицидни средства се определя от агресивността на конкретния причинител или причинители. Освен с високата агресивност на патогенните организми, относително по-слабият ефект от пръскането с фунгициди – стробилурини (Butkutė et al., 2008) или триазоли (Poole & Arnaudin, 2014), се обяснява с благоприятни за развитието на болестта хладно, влажно време с чести превалявания по време на цъфтежа и фенофазите непосредствено след цъфтеж. Parry et al. (1994) отдават колебливия, непостоянен ефект на химичните средства спрямо фузариозата по класовете на житните на различна чувствителност на отделните видове-причинители на болестта към използваните активни вещества. Авторите считат, че след фунгицидно третиране са възможни промени във структурата на патогенните популации по класовете, изразяващо се в намножаване на по-устойчиви видове към използвания фунгицид за сметка на по-чувствителните. Приема се, че интегрирането в практиката на химичния метод с други методи за контрол, като отглеждане на по-слабо чувствителни сортове към Фузариоза би било достатъчно условие за опазване на посевите от заболяването (McMullen et al., 1997; Leonard & Bushnell, 2003; Mesterházy et al., 2003; Willyerd et al., 2012). Допълнителни изследвания са необходими за евентуално, успешно съчетаване на двата компонента – по-ниска чувствителност на сорта и третиране за растенията с фунгицидни средства в предцъфтежни фенофази на културата, с цел опазване на посевите от по-широк кръг фитопатогенни гъби.

## ИЗВОДИ

Приложението на Allegro® в доза 75 ml/da и Opera® 150 ml/daa във фенофаза цъфтеж на пшеницата осигурява достатъчно висок, напълно задоволителен от стопанска гледна точка, фунгициден ефект спрямо Фузариоза по класовете.

Еднократно третиране на растенията с един от двата фунгицида в по-ранни фенологични фази – флагов лист или изкласяване, ограничават заболяването по-слабо, а постиганото ниво

на контрол е непостоянно и трудно предвидимо. При третиране във фенофаза флагов лист само Allegro® от двата продукта дава относително добър резултат спрямо смесени инфекции с причинители на болестта.

За оптимизиране на фенологичните фази на приложение на фунгицидите за борба с Фузариоза по пшеница и други житни култури със слята повърхност се изисква прилагане на емпиричен подход с предварителни опити, доказващи ефективността на продукта в съответната фенологична фаза на културата.

## ЛИТЕРАТУРА

- Abbott, W.S.** (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Bennett, F.T.** (1935). Fusarium species on British cereals. *Annals of Applied Biology*, 22, 479-501.
- Blandino, M., Pascale, M., Haidukowski, M., & Reyneri, A.** (2011). Influence of agronomic conditions on the efficacy of different fungicides applied to wheat at heading: effect on flag leaf senescence, Fusarium head blight attack, grain yield and deoxynivalenol contamination.
- Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., & Dulazi, A.A.** (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3, 119-129.
- Butkutė, B., Mankevičienė, A., & Gaurilėikienė, I.** (2008). A comparative study of strobilurin and triazole treatments in relation to the incidence of Fusarium head blight in winter wheat, grain quality and safety, *Cereal Research Communications*, 36, 671-676.
- Boshoff, W.H.P., Pretorius, Z.A., & Swart, W.J.** (1998). Fusarium species in wheat grown from head blight infected seed. *South African Journal of Plant and Soil*, 15(1), 46-47.
- Darsanai, R.K., & Takrami, A.R.** (2017). Occurrence of T-2 toxin and aflatoxin B1 in cereals and cereal based products: a short review. *Journal of Chemical Health Risks*, 7, 331-334.
- Desheva, G., Chavdarov, P., Kyosev, B., & Dimitrov, E.** (2015). Study of common winter wheat genotypes for productivity and resistance to the Fusarium head blight (*Fusarium culmorum*). *Agricultural Sciences*, 7, 17-24.
- D'Mello, J.P.F., Porter, J.K., Macdonald, A.M.C., & Cochrane, M.P.** (1997). Handbook of Plant and Fungal Toxicants. Edited by J. P. Felix D'Mello. CRC Press, 368 p.
- Dimitrov, M.** (1980). Mycology review of cereals crops - wheat, corn and beans in Bulgaria. Dissertation for awarding of DMN degree, Sofia, 250 p. (Bg).
- Dimitrov, E., Uhr, Z.P., Andonov, B., & Velcheva, N.** (2018). Study of Resistance of Common Winter Wheat Lines to the Fusarium Head Blight (*Fusarium culmorum*). *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 2(3), 167-176.
- Dimov, R., & Dimov, A.** (2006). Reaction of growth in Bulgaria wheat varieties against Fusarium head blight. *Plant Science*. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BG2007000123>.
- Dill-Macky, R., & Jones, R.K.** (2000). The effect of previous crop residues and tillage on Fusarium head blight to wheat. *Plant Disease*, 84, 71-76.
- Dimitrov, I.** (2014). Criteria of the choice of a level of the soil tillage in dependence of some physical parameters. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 48, 21-25.
- Doohan F.M., Parry D.W., Jenkinson, P., Nicholson P.** (1998). The use of species-specific PCR-based assays to analyse Fusarium earblight of wheat. *Plant Pathology*, 47, 197-205.
- Duan, Y., Xiao, X., Lia, T., Chen, W., Wang, J., Fraaije, B.A., & Zhou, M.** (2018). Impact of epoxiconazole on Fusarium head blight control, grain yield and deoxynivalenol accumulation in wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 152, 138-147.
- Edwards, S.G., & Godley, N.P.** (2010). Reduction of Fusarium head blight and deoxynivalenol in wheat with early fungicide applications of prothioconazole. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 27, 629-635.
- Figuroa, M., Hammond-Kosack, K.E., & Solomon, P.S.** (2018). A review of wheat diseases-a field perspective. *Molecular Plant Pathology*, 19, 1523-1526.
- FRAC (Fungicides Resistance Action Committee)** (2018). FRAC Code List ©\*2018: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). [www.phibase.org/images/fracCodeList.pdf](http://www.phibase.org/images/fracCodeList.pdf)
- Hardwick, N.V., Jenkins J.E.E., Collins, B., & Groves, S.J.** (1994). Powdery mildew (*Erysiphe graminis*) on winter wheat: control with fungicides and the effects on yield. *Crop Protection*, 13(2), 93-98.
- Hofgaard, I.S., Seehusen, T., Aamot, H.U., Riley, H., Razzaghian, J., Le, V.H., Hjelkrem, A-G.R., Dill-Macky, R., Brodal, G.** (2016). Inoculum Potential of *Fusarium* spp. Relates to Tillage and Straw Management in Norwegian Fields of Spring Oats. *Frontiers in Mycology*, 7, Article 556, 15 p.
- Jones, R.K.** (2000). Assessments of Fusarium head blight of wheat and barley in response to fungicide treatment. *Plant Disease*, 84, 1021-1030.
- Karadzheva, Y.** (1979). Studies on *Fusarium* species on cereals. Dissertation, Sofia, 130 p. (Bg).
- Köller, W.** (1988). Steroldemethylation inhibitors: mechanism of action and resistance. pp 79-88 In: Delp, C.J. (ed) Fungicide Resistance in North America, APS Press, St. Paul, Minnesota, 133 p.
- Leonard, K.J., & Bushnell, W.R.** (2003). Fusarium Head Blight of Wheat and Barley. APS Press, St Paul, Minnesota, 512 p.



- Machado, F.J., Santana, F.M., Lau, D., & DelPonte, E.M.** (2017). Quantitative review of the effects of triazole and benzimidazole fungicides on fusarium head blight and wheat yield in Brazil. *Plant Disease*, 101, 1633–1641.
- Mazzola, M.** (2010). Management of residents oil microbial community structure and function to suppress soilborne disease development. pp. 200-218, In: M.P. Reynolds (ed.), *Climate Change and Crop Production*. CABI, Wallingford, UK, 292 p.
- McMullen, M., Jones, R., & Gallenberg, D.** (1997). Scab of wheat and barley: a re-emerging disease of devastating impact. *Plant Disease*, 81, 1340–1348.
- Menniti, A.M., Pancaldi, D., Maccaferri, M., & Casalini, L.** (2003). Effect of fungicides on Fusarium head blight and deoxynivalenol content in durum wheat grain. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 109-115.
- Mesterházy, Á., Bartók, T., & Lamper, C.** (2003). Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium* and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of Fusarium head blight. *Plant Disease*, 87, 1107-1115.
- Mesterházy, A., Tóth, B., Varga, M., Bartók, T., Szabó-Hévr, A., Farády, L., & Lehoczki-Krsjak, S.** (2011). Role of fungicides, application of nozzle types, and the resistance level of wheat varieties in the control of fusarium head blight and deoxynivalenol. *Toxins*, 3, 1453-1483.
- Miller, J.D., Culley, J., Fraser, K., Hubbard, S., Meloche, F., Ouellet, T., Seaman, W.L., Seifert, K.A., Turkington, K., & Voldeng, H.** (1998). Effect of tillage practice on Fusarium head blight of wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 20, 95-103.
- Mitova, T., Dimitrov, I., Kostadinov, G., Mihov, M., Nikolova, D., Stratieva, S., Toncheva, R., Kancheva, R., Nenov, M., & Gerasimova, I.** (2015). Soil Tillage in the Regions of Chernozems. *Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 49, 3-10.
- Mladenov, M.** (1974). Determination of some origins of genus *Fusarium*, causing wheat fusariosis in Bulgaria. *Rastenievadni nauki*, 11 (2), 153-159 (Bg).
- Mladenov, M., & Karadzhova, 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).
- Nedyalkova, S., Stoyanova, Z., & Rodeva, R.** (2013). Fungal pathogens causing leaf spotting diseases of durum wheat in Bulgaria during the period 2010-2012. *Science and Technology*, 3, 254-258.
- Niwa, S., Kubo, K., Lewis, J., Kikuchi, R., Alagu, M., & Ban, T.** (2014). Variations for Fusarium Head blight resistance associated with genomic diversity in different sources of the resistant wheat cultivar ‘Sumai 3’. *Breeding Science*, 64, 90–96.
- Niwa, S., Kazama, Y., Abe, T., & Ban, T.** (2018). Tracking haplotype for QTLs associated with Fusarium head blight resistance in Japanese wheat (*Triticum aestivum* L.) lineage. *Agriculture and Food Security*, 7 (4), 11p.
- Nordkvist, E., & Häggblom, P.** (2014). Fusarium mycotoxin contamination of cereals and bedding straw at Swedish pig farms. *Animal Feed Science and Technology*. 198, 231-237.
- OEPP/EPPO** (2012). Standard PP1/26(4) Foliar and ear diseases of cereals. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 42, 419-425.
- OEPP/EPPO** (2012a). Standard PP 1/181(4) Conduct and reporting of efficacy evaluation trials, including good experimental practice. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 42, 382-393.
- Palazzini, J.M., Ramirez, M.L., Alberione, E., Torres, A.M., & Chulze, S.N.** (2009). Osmotic stress adaptation, compatible solutes accumulation and biocontrol efficacy of two potential biocontrol agents on Fusarium head blight in wheat. *Biological Control*, 51, 370–376.
- Parry, D.W., Jenkinson, P., & McLeod, L.** (1995). Fusarium earblight (scab) in small-grain cereals – a review. *Plant Pathology*, 44: 207–238.
- Parry, D.W., Pettitt, T.R., Jenkinson, P., & Lees A.K.** (1994). The cereal Fusarium complex. In: Blakeman P., Williamson B. (eds) *Ecology of Plant Pathogens*. CAB International, Wallingford, UK: 301-320.
- Paul, P.A., Lipps, P.E., Hershman, D.E., McMullen, M.P., Draper, M.A., & Madden, L.V.** (2008). Efficacy of triazole-based fungicides for fusarium head blight and deoxynivalenol control in wheat: a multivariate meta-analysis. *Phytopathology*, 98, 999–1011.
- Paul, P.A., McMullen, M.P., Hershman, D.E., & Madden, L.V.** (2010). Meta-analysis of the effects of triazole-based fungicides on wheat yield and test weight as influenced by Fusarium head blight intensity. *Phytopathology*, 100, 160–171.
- Pereyra, S.A., & Dill-Macky, R.** (2008). Colonization of the residues of diverse plant species by *Gibberella zeae* and the contribution to Fusarium head blight inoculum. *Plant Disease*, 92, 800–807.
- Perez, C., Dill-Macky, R., & Kinkel, L.L.** (2008). Management of soil microbial communities to enhance populations of *Fusarium graminearum* antagonists in soil. *Plant and Soil*, 302, 53–69.
- Pirgozliev, S.R., Edwards, S.G., Hare, M.C., & Jenkinson, P.** (2002). Effect of dose rate of azoxystrobin and metconazole on the development of Fusarium head blight and the accumulation of deoxynivalenol (DON) in wheat grain. *European Journal of Plant Pathology*, 108, 469–78.
- Pirgozliev, S.R., Edwards, S.G., Hare, M.C., & Jenkinson, P.** (2003). Strategies for the control of Fusarium head blight in cereals. *European Journal of Plant Pathology*, 109, 731–742.
- Poole, N.F., & Arnaudin, M.E.** (2014). The role of fungicides for effective disease management in cereal crops. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 36, 1-11.
- Popovski, S., & Celar, F.A.** (2013). The impact of environmental factors on the infection of cereals with Fusarium

- species and mycotoxin production – a review. *Acta Agricultrae Slovenica*, 101, 105–116.
- Postic, J., Cosic, J., Vrandecic, K., Jurkovic, D., Saleh, A.A., & Leslie, J.F.** (2012). Diversity of *Fusarium* species isolated from weeds and plant debris in Croatia. *Journal of Phytopathology*, 160, 76–81.
- Rasmussen, K.J.** (1999). Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil and Tillage Research*, 53, 3–14.
- Robert, C., Bancal, M.-O., Nicolas, P., Lannou, C., & Ney, B.** (2004). Analysis and modelling effects of leaf rust and *Septoria tritici* blotch on wheat growth. *Journal of Experimental Botany*, 55, 1079–1094.
- Rodrigues, I., & Naehrer, K.** (2012). A three-year survey on the world wide occurrence of mycotoxins in feed stuffs and feed. *Toxins*, 4, 663–675.
- Rudd, J. C., Horsley, R. D., McKendry, A. L., & Elias, E. M.** (2001). Host plant resistance genes for *Fusarium* head blight. *Crop Science*, 41(3), 620–627.
- Scherm, B., Balmas, V., Spanu, F., Pani, G., Delogu, G., Pasquali, M., & Migheli, Q.** (2013). *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. *Molecular Plant Pathology*, 14, 323–41.
- Scarpino, V., Reyneri, A., Sulyok, M., Krska, R., & Blandino, M.** (2015). Effect of fungicide application to control *Fusarium* head blight and 20 *Fusarium* and *Alternaria* mycotoxins in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *World Mycotoxin Journal*, 8, 499–510.
- Shah, L., Alic, A., Yahyac, M., Zhuabc, Y., Wangabc, S., Siabcd, H., Rahmane, H., & Maabcd, C.** (2017). Integrated control of *Fusarium* head blight and deoxynivalenol mycotoxin in wheat. *Plant Pathology*, BSPP, 18 p.
- Schisler, D.A., Khan, N.I., Boehm, M.J., & Slininger, P.J.** (2002). Greenhouse and field evaluation of biological control of *Fusarium* head blight on durum wheat. *Plant Disease*, 86, 1350–1356.
- Smith, W. G.** (1884). *Diseases of Field and Garden Crops: Chiefly Such as are Caused by Fungi*. Macmillan and Company.
- Spolti, P., Guerra, D.S., Badiale-Furlong, E., & Del Ponte, E.M.** (2013). Single and sequential applications of metconazole on eorin mixture with pyraclostrobin to improve *Fusarium* head blight control and wheat yield in Brazil. *Tropical Plant Pathology*, 38, 85–96.
- Stenglein, S. A., & Rogers, W. J.** (2010). Barley and Wheat Resistance Genes for *Fusarium* Head Blight. *Management of Fungal Plant Pathogens*, 78.
- Tanaka, T., Hasegawa, A., Yamamoto, S., Lee, U., Sugiura, Y., & Ueno, Y.** (1988). Worldwide contamination of cereals by the *Fusarium* mycotoxins nivalenol, deoxynivalenol and zearalenone. 1. Survey of 19 countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 979–983.
- Timmusk, S., Copolovici, D., Copolovici, L., Teder, T., Nevo, E., & Behers, L.** (2019). *Paenibacillus polymyxa* biofilm polysaccharides antagonise *Fusarium graminearum*. *Scientific Reports*, 9: 662, 11 p.
- Tóth, B., Kászonyi, G., Bartók, T., Varga, J., & Mesterházy, Á.** (2008). Common resistance of wheat to members of the *Fusarium graminearum* species complex and *F. culmorum*. *Plant Breeding*, 127: 1–8.
- Van der Fels-Klerx, H.J., Klemsdal, S., Hietaniemi, V., Lindblad, M., Ioannou-Kakouriand, I., & Van Asselt, E.D.** (2012). Mycotoxin contamination of cereal grain commodities in relation to climate in North West Europe. *Food Additives and Contaminants*, A 29: 1581–1592.
- Vatchev, T., & Stoev, A.** (2012). Resistance to plant protection products: Risk assessment. *Agricultural Science*, 45, 3–21.
- Vatchev, Tz., & Yanashkov, I.** (2017). Effect of natural grass fallow on *Fusarium* root and crown rot of wheat. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 54(3), 15–27 (Bg).
- Van Eeuwijk, F.A., Mesterhazy, A., Kling, C.I., Ruckebauer, P., Saur, L., Burstmayr, H., Lemmens, M., Keizer, L.C.P., Maurin, N., & Snijders, C.H.A.** (1995). Assessing nonspecificity of resistance in wheat to head blight caused by inoculation with European stains of *F. culmorum*, *F. graminearum* and *F. nivale* using a multiplication model for interaction. *Theoretical and Applied Genetics*, 90, 221–228.
- Wegulo, S.N., Baenziger, P.S., Nopsa, J.H., Bockus, W.W., & Hallen-Adams, H.** (2015). Management of *Fusarium* head blight of wheat and barley. *Crop Protection*, 73, 100–107.
- Wiersma, J.V., Peters, E.L., Hanson, M.L., Bouvette, R.J., & Busch, R.H.** (1996). *Fusarium* head blight in hard red spring wheat: cultivar responses to natural epidemics. *Agronomical Journal*, 88, 223–230.
- Wilcoxson, R.D.** (1996). Fungicides for control of *Fusarium* head blight: A review. Paper No. 22507, Minnesota Agricultural Experiment Station, University of Minnesota, St. Paul, Minnesota, USA, 17 p.
- Wilcoxson, R.D., Busch, R.H., & Ozmon, E.A.** (1992). *Fusarium* head blight resistance in spring wheat cultivars. *Plant Disease*, 76, 658–661.
- Willyerd, K.T., Li, C., Madden, L.V., Bradley, C.A., Bergstrom, G.C., Sweets, L.E., McMullen, M., Ransom, J.K., Grybauskas, A., Osborne, L., Wegulo, S.N., Hershman, D.E., Wise, K., Bockus, W.W., Groth, D., Dill-Macky, R., Milus, E., Esker, P.D., Waxman, K.D., Adee, E.A., Ebelhar, S.E., Young, B.G., & Paul, P.A.** (2012). Efficacy and stability of integrating fungicide and cultivar resistance to manage *Fusarium* head blight and deoxynivalenol in wheat. *Plant Disease*, 96, 957–967.
- Yanashkov, I., Gilardi, G., & Vatchev, T.** (2016). Soilborne fungal diseases of small grain cereal crops. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 53(1/3), 3–21.
- Yanashkov, I., Maneva, S., & Vatchev, T.** (2017). Application of fungicides for management of major root and lower stem rot diseases of wheat. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 54(3), 3–14 (Bg).