

## Приложение на компостиран овчи тор за повишаване на почвената супресивност към ризоктонийно кореново гниене по пшеница

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

<sup>1</sup>Институт по почвознание, агротехнологии и защита на растенията „Никола Пушкиarov”, направление „Защита на растенията”, отдел “Фитопатология”, Костинброд 2230, ул. „Панайот Волов” № 35  
\*E-mail: vatchevtzenko@yahoo.com

### Резюме

Настоящото изследване демонстрира възможност за повишаване на супресивността на Алувиално-Ливадна почва по отношение на ризоктонийно кореново гниене по пшеница с причинител *Rhizoctonia solani* AG 4 чрез прилагане на добре разложен овчи тор. Опитите бяха проведени с термично стерилизирана (140°C за 6 h) и нестерилизирана, естествена почва, в които предварително бяха внесени различни количества от изследвания почвен подобрител: 0, 20, 60 или 100 ml L<sup>-1</sup> с последващо инкубиране в продължение на 90 дни. Експерименталните единици, използвани за биологичния тест за супресивност представляваха правоъгълни, пластмасови съдове (26 x 6 x 8 cm), с подложка и отвори за ръчно подаване на поливната вода откъм основата на съда, 7 cm височина на колоната от изследвана почва, двуредов посев от пшеница, сорт Ласка 5 (2 реда x 12 растения, 2 x 3 cm отстояние между растенията) и фокален източник на инокулум на патогена – 20 инокулумни зърна от чиста култура, развита върху автоклавиран (30 min на 121°C) ечемик, внесени в почвата в началото на двата реда след поникване на растенията. Получените резултати показват, че инкорпорирането на 60 или 100 ml L<sup>-1</sup> овчи тор (съответстващи на дози на торене от 15 и 25 m<sup>3</sup> dca<sup>-1</sup> обработваема площ при 25 cm дълбочина на орния слой) води до значително (P≤0,001) скъсяване на дистанцията на разпространение на ризоктонийното кореново гниене в посева от опитни растения от източника на инокулум и по-голям брой видимо здрави растения до 35-я ден след инокулирането. Постигнатите с тези количества подобрител в почвата нива на контрол над заболяването, изразени като процент редуциране на заболяването на база площ под кривата на болестта, бяха съответно 37,5% и 46,8%, и 31,0% и 55,4%, спрямо нетретираните контроли, съответно в стерилизираната, и нестерилизирана почва. Основен извод от изследването е, че компостираният овчи тор може да бъде прилаган успешно за устойчива борба с ризоктонийното кореново гниене по пшеницата – самостоятелно, върху участъци от полето с история на заболяване или като основен компонент на интегрирана система за опазване на културата.

**Ключови думи:** *Rhizoctonia solani* AG 4, кореново гниене по пшеница, житни култури, супресивност на почвата, устойчив метод за борба

# Use of composted sheep manure to increase soil suppressiveness towards *Rhizoctonia* root rot of wheat

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

<sup>1</sup>*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

The present study demonstrates the possibility to increase disease suppressiveness of Eutric Fluvisols towards *Rhizoctonia* root rot of wheat caused by *Rhizoctonia solani* AG 4 using well composted sheep manure. Experiments were conducted with dry-sterilized (140°C for 6 h) and unsterilized, natural soil in which the organic amendment was preliminary incorporated at a rate of 0, 20, 60, or 100 ml L<sup>-1</sup> and then incubated for 90 days. The experimental units used for testing of soils for disease suppressiveness consisted of rectangular plastic planter trays (26 x 6 x 8 cm) with saucers and drain holes allowing manual watering from the bottom of the tray, 7 cm height of the soil column, two-row planting of wheat, c. Laska 5 (2 rows x 12 plants, 2 x 3 cm spacing between plants and rows). As a focal source of inoculum, 20 autoclaved (121°C for 30 min) barley grains overgrown with the pathogen were introduced into the soil at the beginning of the rows after emerging of plants. The incorporation of 60 or 100 ml L<sup>-1</sup> sheep manure into soils (corresponding to fertilization doses of 15 and 25 m<sup>3</sup>, respectively per ha of cultivated land with 25 cm deep soil plough layer) gave a significant ( $P \leq 0.001$ ) reduction in spread of *Rhizoctonia* root rot from the point of inoculum source within the twin rows of wheat stands along with increased number of disease-free plants until the 35th day after inoculation. Levels of disease control achieved with these amounts of the amendment, calculated as area under the disease response curves, were 37.5% and 46.8%, and 31.0% and 55.4%, as compared to untreated controls with sterilized and unsterilized soil, respectively. In the light of the study, it was concluded that well composted sheep manure can be successfully applied for control of *Rhizoctonia* root rot of wheat, either individually or as an essential component of an integrated disease control strategy.

**Key words:** *Rhizoctonia solani* AG 4, root rot of wheat, cereal crops, soil suppressiveness, sustainable disease control method

Ризоктонийното кореново гниене с основен причинител *Rhizoctonia solani* Kühn (телеоморф *Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk) е почвенопреносимо заболяване с широк кръг от гостоприемници. Сред тях са редица стопански значими житни култури – пшеница, ечемик, овес, ръж и тритикале (Mathre, 1982; Weise, 1987; MacNish and Neate, 1996). Заболяването причинява най-големи загуби по пшеницата в региони с умерен климат (Clarkson and

Cook, 1983; Wiese 1987). Причинителите са разпространени повсеместно в Европа, Азия, Америка и Австралия (Neate, 1985; Demirci, 1998; Cook, 2012). Отглеждането на житните култури върху кисели и пясъкливи почви при ниски пролетни температури е основна предпоставка за поява и развитие на ризоктонийно кореново гниене (Mathre, 1982; Weise, 1987).

В инфектираните с *R. solani* посеви често се срещат ясно очертани, неравномерно разпръснати зони („хармани“) от болни растения (Weise, 1987; MacNish and Neate, 1996). По основата на стъблото се наблюдават ясно очертани некротични петна с елиптична до закръглена форма (Weise, 1987). Корените, засегнати от болестта, придобиват кафяв цвят и в резултат на гниенето броят им намалява (Mathre, 1982; Weise, 1987). Силно нападнатите растения остават по-дребни, хлоротични, полягат и загиват (Mathre, 1982; Weise, 1987; Mazzola et al., 1996).

Проявите на редица заболявания, причинявани от почвообитаващи патогени зависят до известна степен от абиотичните – физични и химични – характеристики на почвата (Baker and Cook, 1974; Pankhurst et al., 1997; Janvier et al., 2006), по-голямо значение има стопанската история на полето и прилаганите земеделски практики (Mazzola, 2004; 2010; Löbmann et al., 2016), и най-вече биотичните особености на почвената екосистема – състав и структура на почвената биота (Shaw and Peters, 1994; Whipps, 1997; Löbmann et al., 2016), и микробиота (Killham, 1994; Boudreau and Mundt, 1997; Mazzola, 2002; 2004; 2010; Chandrashekara et al., 2012).

Комбинираният ефект – благоприятен и неблагоприятен, от въздействието на биотичните и абиотични почвени характеристики върху всеки почвообитаващ организъм определя рецептивността на всяка конкретна почва по отношение на този организъм (Cook and Baker, 1983; Vatchev, 2004; Janvier et al., 2006). Почвената рецептивност може да варира от кондусивност (при наличие на благоприятни условия) до супресивност – инхибиращ ефект по отношение на организми, които са част от или са в процес на внедряване в почвената екосистема. и заболявания по култивираните или виреещи върху съответната почва растения (Alabouvette et al., 1982 ; Alabouvette, 1986).

Рецептивността и преди всичко супресивността на почвата по отношение на фитопатогенни организми и причинявани от тях заболявания по растенията са обект на изключителен, научен интерес през последните десетилетия (Alabouvette

et al., 1982 ; Vatchev, 2004; Van Bruggen et al., 2006; Whipps, 1997; Löbmann et al., 2016). Във фитопатологичната литература и изследователска практика почвената супресивност се разглежда като обща, вследствие на общото въздействие, което оказва цялата почвена биота и преди всичко разнообразието, и биологичната активност на почвената микрофлора върху фитопатогените, и причиняваните от тях заболявания (Whipps, 1997; Mazzola, 2002; 2004; 2010). Като специфична се определя супресивността на почвата, дължаща се на един, конкретен организъм или група почвообитаващи организми, най-често микроорганизми (Vatchev, 2004; Jambhulkar, 2015). Прилагането на органични подобрители в почвата, насочено към повишаване на общата, почвена микробиологична активност е сред най-ефективните и най-често експериментирани подходи към индуциране на супресивност, или повишаване на супресивния ефект на почвата към болести по растенията (Bailey and Lazarovits, 2003; Chandrashekara et al., 2012). По данни от редица литературни източници заболяванията, причинявани от *R. solani* се повлияват след подобряване на почвата с компостиран животински тор от различен произход (Smiley et al., 1996; Sneh et al., 1996), компостирани органични материали (Tuitert et al., 1998; Pane et al., 2011), непатогенни щамове от същия вид (Mazzola, 2002), термично инактивиран мицел на гъбата (Vatchev and Dijst, 2010) и др. Заораването на вегетираща полска растителност (т. нар. зелено торене) е популярна практика в земеделието, свързана с повишаване на органичното съдържание, биологичната маса и биоразнообразие в почвата, а оттам – засилена микробиологична активност (Juo and Franzluebbers, 2003; Garbeva et al., 2004), фактори, които се свързват пряко с общата супресивност на почвената екосистема по отношение на ризоктонийното кореново гниене по пшеница (Parmeter et al., 1970; Mehrotra, 2003; Handiseni et al., 2013). Потискането на проявите на ризоктониоза в почви, в които е внесен органичен тор е констатирано при пшеница, житни треви, фасул, зеле, домати, памук, и др. (Papavizaz and Davey, 1960;

Smiley et al., 1996; Nelson and Boehm, 2002; Scheuerell et al., 2005; Muriungi, 2014; Mostafa, 2016). В експериментални условия, в почви, инокулирани с *R. solani* и засети с пшеница, се постига значително по-висок супресивен ефект по отношение на заболяването след внасяне на компостиран, говежди, оборски тор в сравнение с прилагане на синтетичен  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (Smiley et al., 1996; Sneh et al., 1996). Специфичната супресивност към патологичните прояви на *R. solani* по пшеница се свързва с антагонистичното действие на различни почвени бактерии, в т.ч. видове *Pantoea agglomerans*, *Exiguobacterium acetylicum* и *Microbacteria* spp. (Barnett et al., 2006), *Pseudomonas* spp. (Renato and Germida, 1991; Weller, 2007; Mavrodi et al., 2012; Yang et al., 2014), видове гъби от род *Trichoderma* (Elad et al., 1980; Worasatit et al., 1994; Abbas et al., 2017) и др. В инокулирани с *R. solani* пшеничени посеви заболяването се потиска успешно и добива от зърно се повишава при внасяне на компостиран, оборки тор в комбинация с химични средства и инокулум на *T. harzianum* (Smith and Wehner, 1987; Syers et al., 2001).

Настоящото изследване беше мотивирано от липсата на устойчиви химични, генетични или други подходи за опазване на културата от причиняването от патогена ризоктонийно кореново и базично гниене. Целта на изследването бе да се проследи ефектът от прилагане на компостиран овчи тор, като подобрител за повишаване на почвената супресивност по отношение на патологичните прояви на *R. solani* AG 4 по пшеницата. Друга основна цел бе да се потърси допълнителен стимул за по-широко приложение на органичното торене, като средство за възстановяване и подобряване на качеството, и здравното състояние на обработваемите почви.

## Материали и методи

### *Моделна патологична система.*

Експерименталният модел включваше естествена (нестерилизирана) или стерилизирана почва, инокулирана с изкуствено развит

инокулум на патогена при добавяне на различни количества (20, 60 или 100 ml L<sup>-1</sup> почва) органичен подобрител (компостиран овчи тор) и почва без добавка на подобрител (контролни варианти) за култивиране на пшеничени растения. Биологичните тестове бяха провеждани с пшеница, сорт Ласка 5 и високо агресивен изолат на *Rhizoctonia solani* AG 4, получен от симптоматични пшеничени растения в предходни наши проучвания.

### *Почва и внасяне на подобрител.*

За целите на изследването беше използвана Алувиално-Ливаден тип почва от района на направление Защита на растенията на ИПАЗР „Никола Пушкиров“ край гр. Костинброд (30,0% пясък, 17,5% прах, 52,0% глина рН (KCl) 6,56, 4,03% хумус). От избрания необработваем терен бяха събирани индивидуални почвени проби – монолити, на дълбочина до 20 cm с петметрово отстояние между точките на пробовземане. Събраните индивидуални монолити бяха смесвани и напълно хомогенизирани чрез размесване, след което почвата беше пресявана през сито (3 x 3 cm). Част от почвата беше термично стерилизирана в сух стерилизатор на 140°C за 6 h, а останалата беше използвана като естествена (нестерилизирана) почва. Еднакви количества (7,0 L) от стерилизираната и нестерилизирана почва бяха разпределяни в метални съдове с размери 30 x 30 x 8 cm. За подобрител на почвата беше използван добре разложен, овчи оборски тор, добит от частно, придворно стопанство край гр. Костинброд. По варианти към почвата в съдовете бяха добавяни по 0, 20, 60 или 100 ml от подобрителя на 1L почва (табл. 1), съответстващи на дози на торене 0, 5, 15 и 25 m<sup>3</sup> органичен тор на един декар площ при 25 cm дълбочина на орния слой. След пълно хомогенизиране съдовете бяха разполагани върху лабораторен плот във фитостатно помещение и покривани с листов филтърна хартия. Третираните и нетретираните с подобрител почви бяха инкубирани в продължение на 90 дни при температура 19-22°C. За оптимално протичане на микробиологичните процеси, влажността на почвата беше поддържана в

границите 70-75% от ППВ чрез периодични поливки с чешмяна вода.

#### *Биологичен тест за супресивност.*

В настоящото изследване за установяване на нивото на супресивност на нетретирана и третирана почви по отношение на ризоктонийно кореново гниене по пшеницата беше използван директен метод, разработен от доц. Въчев в предходни изследвания върху заболявания, причинявани от *R. solani* по други култури (Въчев, непубликувани данни). Методът се основава на способността на болестта да се разпространява огнищно по пшеничените растения в посева от единичен източник на инфекция (под формата на „хармани”, Sneh et al., 1996; Schroeder and Paulitz, 2008) и е оптимизирана версия на биологичен тест, използван в предходни наши изследвания (Vatchev and Dijst, 2010). По 1,1 L от изследваната почва за всеки вариант беше насипвана в правоъгълни, пластмасови съдове с размери 26 x 6 x 8 cm. Във всяка опитна единица (съд) бяха засявани по два реда от по 12 (24 във всеки съд) висококачествени семена пшеница, сорт Ласка 5 на разстояние 2 cm в реда и 3 cm между двата реда. Опитните единици – по четири за всеки вариант, бяха разполагани в напълно рандомизирани блокове в лаборатория с пряк достъп на дневна светлина и температура от около 20°C. Инокулум на *R. solani* беше развиван предварително в чисти култури в Петриеви блюда върху автоклавиран (30 min на 121°C) ечемичени зърна в продължение на 14 дни при 26°C. След поникване на опитните растения (пет дни след сеитбата) бяха внасяни по 20 инокулумни зърна в единия край на всеки съд на около 0,5-1 cm дълбочина в почвата, под формата на фокален (точков) източник на инфекция. Целеше се, гъбата да се разпространява от източника на инфекция чрез нарастващия мицел във и под въздействие на изследваната почва. Всеки съд беше снабден с подложка, позволяваща ръчно подаване на вода от подложката към отворите на дъното на вегетационния съд. Ежедневно в подложката на всеки съд беше добавяна чешмяна вода, така че

в нея да се поддържа постоянен воден стълб с височина 1 cm. По този начин на повърхността на изследваната почва (7 cm колона) беше създаван постоянен воден потенциал (pF) от около - 30 mBar. От друга страна, с поливка чрез просмукване на водата в почвата откъм основата на съда се избягваше допълнителен, механичен пренос на вегетативни структури на патогена от източника на инокулум.

#### *Честота и параметри на отчитане.*

Опитите бяха отчитани на всеки седем дни в продължение на 35 дни след инокулиране. При всяко отчитане здравето състояние на всяко пшеничено растение беше оценявано визуално като „здрavo”, „болно”, „загинало” или „липсващо”, и отбелязвано върху схематична карта, показваща местоположението на отделните растения във вегетационния съд. На базата на тези карти беше определяна дистанцията (периметър) на разпространение на ризоктонийното гниене в двата реда растения от източника на инфекция. Дистанцията на разпространение и площта под кривата на болестта служеха за основен параметър, характеризиращ нивото на супресивност на почвата по отношение на заболяването във всяко повторение. Допълнителен критерий за нивото на супресивност на изследваната почва бяха общият брой на загиналите и болни растения, респективно броят на оставащите видимо здрави растения във всяка експериментална единица (вегетационен съд).

#### *Статистически анализи.*

Получените експериментални данни бяха обработвани статистически и анализирани по стандартен метода 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 достоверност при  $P \leq 0,05$ ,  $P \leq 0,01$  и  $P \leq 0,001$  (Gardiner, 1997). Честотно разпределение на броя загинали, видимо болни и здрави растения беше изчислявано в края на всеки опит. Експерименталните данни от отделните повторения на всеки вариант бяха анализирани поотделно за установяване

**Таблица 1.** Ефект от инкорпориране на компостиран овчи тор в Алувиално-Ливадна почва върху честота на срещане на ризоктонийно кореново гниене по пшеничени растения 35 дни след инокулиране.

**Table 1.** Effect of composted sheep manure incorporated in Eutric Fluvisols on disease incidence of Rhizoctonia root rot of wheat plants 35 days after inoculation.

| №        | Почва / Soil                | Инкорпориран овчи тор / Incorporated sheep manure (ml/L) | Брой загинали растения / Number of dead plants | Брой болни растения / Number of symptomatic plants | Брой здрави растения / Number of healthy plants |
|----------|-----------------------------|--|--|--|---|
| 1        | Стерилизирана<br>Sterilized | 0  | 11,0 a*  | 2,00 a   | 11,0 a  |
| 2        | Стерилизирана<br>Sterilized | 20   | 9,3 b  | 1,7 a  | 13,0 b  |
| 3        | Стерилизирана<br>Sterilized | 60   | 7,0 c  | 1,3 a  | 15,7 c  |
| 4        | Стерилизирана<br>Sterilized | 100  | 6,0 c  | 1,3 a  | 16,7 c  |
| 5        | Естествена<br>Natural       | 0  | 3,7 d  | 1,3 a  | 19,0 d  |
| 6        | Естествена<br>Natural       | 20   | 3,7 d  | 1,6 a  | 18,7 d  |
| 7        | Естествена<br>Natural       | 60   | 2,0 e  | 2,0 a  | 20,0 de   |
| 8        | Естествена<br>Natural       | 100  | 1,3 e  | 1,0 a  | 21,7 e  |
| F        |                             |  | 88,71  | 1,23   | 77,45   |
| Sd       |                             |  | 0,52   | 0,45   | 0,58  |
| LSD 0,05 |                             |  | 1,12   | 0,97   | 1,25  |

\*Стойности, обозначени с различен буквен символ, са статистически различни при  $P \leq 0,001$ , съгласно метода за разпределение на Duncan.

\*Means without a letter in common are significantly different at  $P \leq 0,001$  according to the range test of Duncan.

на хомогенност на резултатите, след което резултатите от два последователно проведени опита бяха обединени и представени съвместно. Всички анализи бяха извършвани с програмен продукт, разработен в направление Защита на растенията, гр. Костинброд на ИПАЗР „Никола Пушкиров”, гр. София (С. Манева, *непубликувани материали*).

*Ниво на контрол върху болестта.*

Нивото на контрол над ризоктонийното кореново гниене по пшеницата чрез повишаване на почвената супресивност по варианти беше калкулирано според площта под кривата на болестта по формулата на Abbott (1925):  $E\% = 100 - (T * 100 / K)$ , където:

$E\%$  – ефективност на третирането, ниво

на контрол;

T – площ под кривата на болестта за съответен вариант с третиране ( $cm^2$ );

K – площ под кривата на болестта за контролен вариант без третиране.

### Резултати и обсъждане

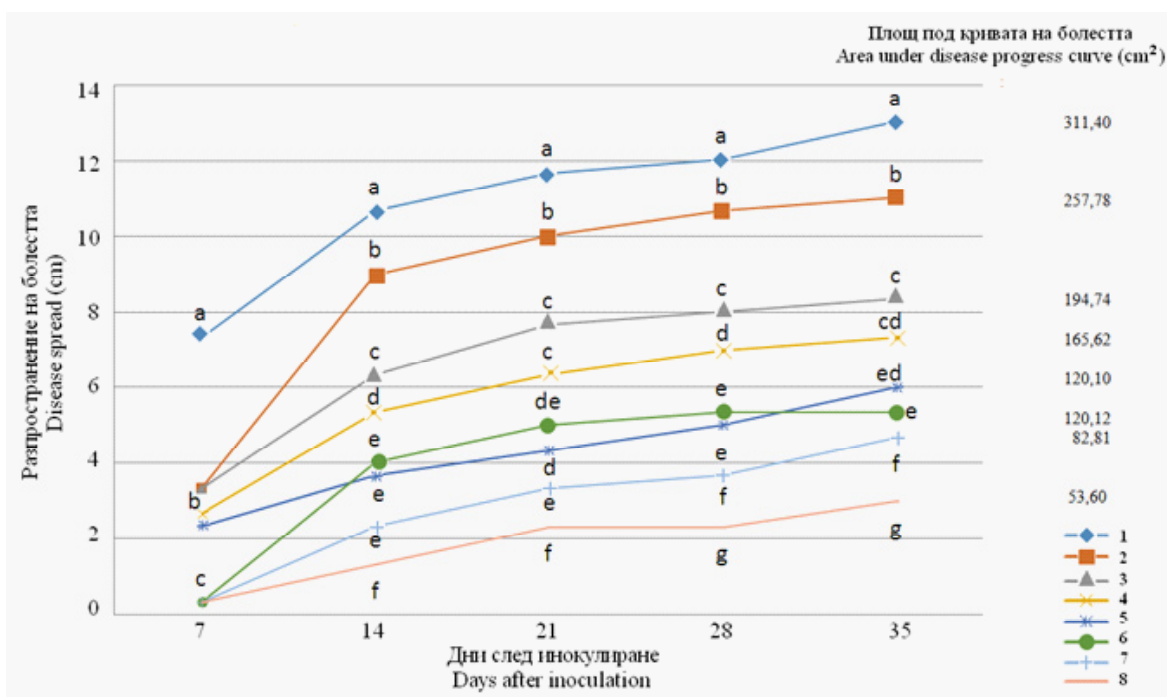
На фигура 1 са представени резултатите за разпространение на ризоктонийното кореново гниене по пшеничените растения от източника на инокулум в отделните варианти между седмия и 35-я ден след инокулиране. При всяко отчитане (през интервали от седем дни) бяха констатирани значителни статистически разлики ( $P \leq 0,001$ ) между отделните третираня. Като цяло, значително по-силно нападение беше

наблюдавано във вариантите със стерилизирана почва (1-4). Ризоктонийното кореново гниене се разпространяваше по опитните пшеничени растения на най-голяма дистанция от източника на инокулиране в нетретираната, стерилизирана контрола (вариант 1) – на 13 cm при последното, пето отчитане на 35-я ден след инокулирането. Същевременно, значително по-слабо ( $P \leq 0,001$ ) разпространение на ризоктонийното кореново гниене беше отчетено в нестерилизираната (естествена), нетретирана контрола (вариант 5), където заболяването достигаше 6 cm дистанция от източника на инокулум (фиг. 1). Разликите между двете нетретирани почви се обясняват с елиминиране на общата супресивност в резултат на термичното стерилизиране на първата и превръщането ѝ в максимално кондусивна (благоприятна за развитие на болестта, Cook and Baker, 1983; Vatchev, 2016). Може да се приеме, че в процеса на приложеното термично въздействие ( $140^{\circ}\text{C}$  за 2h), почти напълно е убита естествената микрофлора в почвата, основен фактор, определящ нивото на почвената супресивност по отношение на фитопатогенни организми и причинявани от тях заболявания (Killham, 1994; Boudreau and Mundt, 1997; Mazzola, 2010). След предварително обогатяване на стерилизираната почва с добре разложен овчи тор (варианти 2-4) беше отбелязвано значително по-забавено ( $P \leq 0,001$ ) разпространение на ризоктонийното кореново гниене в сравнение със съответната нетретирана (без органичен подобрител) контрола за целия период на отчитане (фиг. 1). При това дистанцията на разпространение на болестта в тези варианти намаляваше с увеличаване на внесените количества органичен тор – от 20 и 60 до 100 ml L<sup>-1</sup>, и достигаше 11, 8 и 7 cm, съответно от източника на инокулум до приключване на опита. При последното отчитане статистически еднаква беше дистанцията на нарастване на заболяването във варианта с най-голямо количество внесен органичен тор (вариант 4) и нетретираната, нестерилизирана (естествена) контрола (вариант 5). Резултатите недвусмислено показват, че в резултат на инкорпориране на компостиран овчи тор в

стерилизирана, високо кондусивна почва супресивният ефект спрямо ризоктонийното кореново гниене по пшеницата се възстановява, като внесената доза от 100 ml L<sup>-1</sup> почти напълно възвръща нивото на супресивност, отчетено в естествената почва.

От данните, представени на фигура 1 се вижда, че в съответствие с предварителните очаквания заболяването по опитните пшеничени растения нараства значително по-слабо ( $P \leq 0,001$ ) във вариантите с нестерилизирана, естествена почва (варианти 5-8). Инкорпорирането на добре разложен овчи тор в естествената почва допълнително повишава супресивния ефект. Това се доказва със значително по-краткото разстояние от източника на инокулум, до което достига заболяването във вариантите с 60 и 100 ml L<sup>-1</sup> почва през целия период на отчитане на опита (варианти 7 и 8). В края на изследването дистанцията на разпространение на ризоктонийното кореново гниене в тези варианти достигаше съответно 4,4 и 5 cm.

Аналогични тенденции в резултатите, съответно за стерилизираната и нестерилизирана почва, бяха установени и по отношение на процента на редуциране на заболяването на база площ под кривата на болестта в края на опита (постигнато ниво на контрол, фиг. 1), изчислявано по формулата на Abbott (непредставени данни). Вследствие на внесения в стерилизираната почва оборски тор заболяването беше редуцирано съответно със 17,2%, 37,5% и 46,8%, за вариантите с 20, 60 и 100 ml L<sup>-1</sup> почва (варианти 2-4), спрямо нетретираната контрола (вариант 1). А след внасяне на подобрителя в нестерилизирана почва, постигнатото ниво на контрол над ризоктонийното кореново гниене беше 0%, 31,0% и 55,4%, съответно във вариантите с 20, 60 и 100 ml L<sup>-1</sup> почва (варианти 6-8), спрямо нетретираната, нестерилизирана контрола (вариант 5, непредставени данни). И двата отчитани параметъра – скъсената дистанция на разпространение от източника на инокулум и редуцираната площ под кривата на прогресиране на болестта потвърждават първоначалната хипотеза за значително повишен супресивния ефект в Алувиално-Ливадната почва вследствие



**Фигура 1.** Разпространение на ризоктонийно кореново гниене от точков източник на инфекция по пшеничени растения в стерилизирана и нестерилизирана почва, с или без инкорпориран овчи тор. Стойности, обозначени с различен буквен символ са статистически различни при  $P \leq 0.001$ , съгласно метода за разпределение на Duncan.

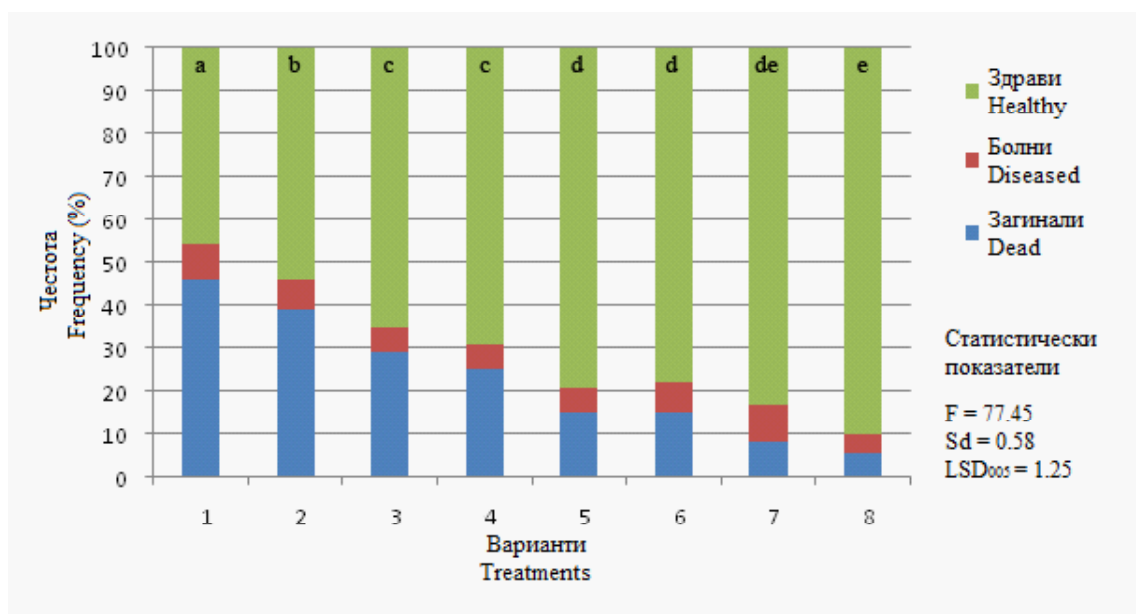
**Figure 1.** Spread of *Rhizoctonia* root rot of wheat plants from a single point of inoculation in either sterilized or natural soils either non-amended or amended with composted sheep manure. Means without a letter in common are significantly different at  $P \leq 0.001$  according to the range test of Duncan.

на инкорпориране на компостиран овчи тор. При това, с увеличаване на внесеното количество компостиран тор до  $100 \text{ ml L}^{-1}$ , нараства и супресивния ефект на съответната третирана почва по отношение на заболяването.

Индукцираният супресивен ефект от инкорпориране на добре разложен овчи тор в Алувиално-Ливадна почва по отношение на ризоктонийното кореново и базично гниене по пшеницата се демонстрира и от данните за здравното състояние на опитните растения в края на опита (35-и ден след инокулиране). Отчитането на този показател беше от значение поради спецификата на използвания в изследването тест, а именно възможността част от опитните растения в периметъра на разпространяващото се от източника на инокулум заболяване да остават видимо здрави до приключване на експеримента (Vatchev and Dijst, 2010, Въчев,

непубликувани данни). Обобщените резултати от двата проведени биологични теста са представени на таблица 1. Статистически доказани разлики ( $P \leq 0,001$ ) между отделните варианти бяха констатирани по показателите „загинали” и „зdravi” растения. Видимо по отчетливо повишаване на супресивния ефект беше отбелязано в стерилизираната почва, където с повишаване на количеството внесен подобрител намаляваше броят на загиналите и се повишаваше броят на оставащите видимо здрави опитни растения. Във вариантите с нестерилизирана почва статистически по-висок брой здрави растения беше отбелязан в почвата с най-висока доза внесен оборски тор (вариант 8). Най-малко загинали растения бяха отчетени във вариантите с 60 и 100 ml подобрител на 1 L нестерилизирана почва. За по-добра визуализация тези резултати са





Фигура 2. Честотно разпределение на загинали, болни и здрави растения по варианти 35 дни след инокулиране. Стойности, обозначени с различни буквени символи, са статистически различни при  $P \leq 0.001$ , съгласно метода за разпределение на Duncan.

Figure 2. Frequency distribution of dead, diseased and healthy wheat plants per treatment 35 days after inoculation. Means without a letter in common are significantly different at  $P \leq 0.001$  according to the range test of Duncan.

представени като честотно разпределение на фигура 2.

С резултатите от проведените опити, от една страна привеждаме убедителни доказателства за супресивния характер на компостирания овчи тор, като почвен подобрител, а от друга – верифицираме използвания бърз метод за установяване на нивото на почвена супресивност по отношение на ризиктонийното кореново гниене по пшеницата. Методът ще даде възможност за бърз, директен скрининг на неограничен брой почви, със или без добавка на почвени подобрители, относно нивото на рецептивност – варираща от кондуктивност до супресивност (Oyarzun et al., 1994; 1997; Vatchev, 2004), към заболяването по пшеница и други житни култури със слята повърхност.

Настоящото изследване доказва по неоспорим начин възможността за значително повишаване на супресивността на Алувиално-Ливадна почва по отношение на ризиктонийно кореново гниене по пшеница чрез инкорпориране на добре разложен, оборски, овчи тор. Резултатите

от проведените опити показват, че с внасяне на изследвания подобрител в почвата се редуцира разпространението на заболяването в пшеничния посев, намалява се броят на симптоматичните – болни и загинали, растения като, съответно, се увеличава броят на видимо здравите, безсимптомно развиващи се пшеничени растения. При това, с увеличаване на количеството на инкорпорирания овчи тор от 20 на 60 и 100 ml на 1 L почва – термично стерилизирана или нестерилизирана (естествена), инхибиращият, супресивен ефект по отношение на заболяването нараства значително с увеличаване на използваната доза.

Очаквано по-висок супресивен ефект беше установен в естествена със или без подобрител почва в сравнение с стерилизираните почвени аналози. Този факт потвърждава биологичния характер на установената обща супресивност на почвата по отношение на заболяването, очевидно дължаща се на естествената почвена микрофлора или отделни нейни компоненти. Редица автори стигат до аналогични изводи

относно заболявания, причинявани от *R. solani* (Tuitert, 1998; Vatchev and Dijst, 2010; Pane, 2011) и много други почвени фитопатогенни гъби (Boehm and Hoitink, 1992; Kokalis-Burelle and Kloepper, 2004; Janvier et al., 2006; и мн. др.). Внасянето на добре разложен овчи тор в почвата вероятно води, както до обогатяване на видовия състав на полезните и антагонистични микроорганизми в почвената екосистема (Smith and Wehner, 1987; Sneh et al., 1996), така и до активизиране на общата микробиална активност (Bailey and Lazarovits, 2003; Chandrashekara et al., 2012), фактор за висок супресивен ефект на екосистемата спрямо почвообитаващи фитопатогени, и причиняваните от тях заболявания (Vatchev, 2004; Mazzola, 2004, 2010; Vatchev and Dijst, 2010).

Прилаганите количества на органичния подобрител в изследването, съответстват на дози на торене от 5, 15 и 25 m<sup>3</sup> оборски тор за декар обработваема площ при 25 cm дълбочина на орния слой. Така получените резултати могат успешно да се екстраполират към производствените условия на полето и да бъдат директно внедрени в земеделската практиката за борба с ризоктонийното кореново и базично гниене по пшеницата. Данните от изследването сочат, че за да има значим практически ефект, внасяните количества от подобрителя трябва да надвишават 15 m<sup>3</sup> dca<sup>-1</sup> площ. Това предполага преимуществено локално приложение на органичния тор – върху площи, върху които заболяването е било разпространено през предходни години. Така предлаганият от нас подход би бил напълно съвместим с принципите на прецизното, локално-специфично земеделие. Използването, обаче, на овчи тор при други почвени типове и патологични системи, както и на други органични материали с аналогична цел би трябвало да се базира на предварителни научни резултати, генерирани по емпиричен експериментален път (Gardiner, 1997; Bonanomi et al., 2007; Meghvansi and Varma, 2015). Допълнителни изследвания ще бъдат необходими за изясняване на конкретните биологични механизми, които стоят зад повишената почвена супресивност в

отговор на обогатяване на почвата с органичен тор.

## Изводи

На този етап на провежданата изследователска работа представяме изводи, касаещи практически аспекти на борбата с ризоктонийното кореново гниене по пшеницата с използване на компостиран овчи тор, а именно:

Инкорпорирането на добре разложен овчи тор в дози между 60 L и 100 ml L<sup>-1</sup> води до значително повишаване на нивото на общата почвена супресивност към ризоктонийното кореново гниене по пшеница в предварително стерилизирана или нестерилизирана, естествена, Алувиално-Ливадна почва.

Преизчислени към единица площ и 25 cm дълбочина на почвения профил, посочените дози съответстват на 15 до 25 m<sup>3</sup> подобрител на декар обработваема площ. В съответствие с принципите на прецизното земеделие, такива относително високи норми на органично торене биха могли да се прилагат локално върху участъци от полето с доказана история на ризоктонийното кореново гниене. Като почвен подобрител, компостиранят оборски тор може да бъде включен в цялостна интегрирана система за екологически устойчив контрол над вредата от заболяването по пшеница.

Допълнителни изследвания са необходими за разкриване на биологичните механизми зад повишената почвена супресивност в изследваната Алувиално-Ливадна почва. Репродуцирането на получените резултати към други, сходни патологични системи трябва да се базира на предварителни данни, генерирани по емпиричен път на експериментиране при конкретните условия.

Използваният от нас биологичен тест носи оригинален характер и ще даде възможност за бърз, директен скрининг на неограничен брой почви и почвени подобрители, относно нивото на рецептивност към ризоктонийното кореново гниене по пшеница и други житни култури със слята повърхност.

## Литература

- Abbas, A., Jiang, D., Fu, Y.,** 2017. Trichoderma spp. as antagonist of Rhizoctonia solani. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 8: 402.
- Alabouvette, C.,** 1986. Fusarium-wilt suppressive soils from Châteaurenard region: review of a 10-year study. *Revue d'Agronomie*, 3: 273-284.
- Alabouvette, C., Couteaudier, Y., Louvet, J.,** 1982. Comparaison de la réceptivité de différents sols et substrats de culture aux fusarioses vasculaires. *Agronomie*, 2: 1-6.
- Baker, K.F., Cook, R.J.,** 1974. Biological control of plant pathogens. W.H. Freeman and Company, San Francisco, 433 pp.
- Bailey, K.L., Lazarovits G.,** 2003. Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil and Tillage Research*, 72: 169-180.
- Barnett, S.J., Roget D.K., Ryder M.H.,** 2006. Suppression of Rhizoctonia solani AG-8 induced disease on wheat by the interaction between Pantoea, Exiguobacterium, and Microbacteria. *Australian Journal of Soil Research*, 44: 331-342.
- Boehm, M.J., Hoitink, H.A.J.,** 1992. Sustainance of microbial activity in potting mixes and its impact on severity of Pythium root rot of poinsettia. *Phytopathology*, 82: 259-264.
- Bonanomi, G. Antignani, V., Pane, C., Scala, F.,** 2007. Suppression of soilborne fungal diseases with organic amendments. *Journal of Plant Pathology*, 89: 311-324.
- Boudreau, M., Mundt, C.,** 1997. Ecological approaches to disease control. In: Rechcigl N.A. and Rechcigl, J.E., (eds.) Environmentally safe approaches to crop disease control, pp. 33-62. *Lewis Publishers*, 386 p.
- Cook, R.J., K.E. Baker,** 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant Pathogens. *American Phytopathological Society*, 539 p.
- Cook, R., Thomashow, L.S., Weller, D.M., Fujimoto, D., Mazzola, M., Bangera, G., Kim, D.,** 1995. Molecular mechanisms of defense by rhizobacteria against root disease. *National Academy of Sciences*, 92: 4197-4201.
- Cook, R.J., Schillingerb, W.F., Neil, W.,** 2002. Rhizoctonia root rot and take-all of wheat in diverse direct-seed spring cropping systems. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 24: 349-358.
- Chandrashekhara, C., Kumar, R., Bhatt, J.C., Chandrashekhara, K.,** 2012. Suppressing Soils in Plant Disease Management. In: Eco-friendly Innovative Approaches in Plant Disease Management, Chapter: 14, Publisher: International Book Distributors, Editors: Singh V.K., Singh, Y., Singh, A., pp. 241-256.
- Clarkson, J.D.S., Cook, R.J.,** 1983. Effect of sharp eyespot (Rhizoctonia cerealis) on yield loss in winter wheat. *Plant Pathology*, 32: 421-428.
- Demirci, E.,** 1998. Rhizoctonia species and anastomosis groups isolated from barley and wheat in Erzurum, Turkey. *Plant Pathology*, 47: 10-15.
- Elad, Y., Chet, I., Katan, J.,** 1980. Trichoderma harzianum: A biocontrol agent effective against soilborne plant pathogens Sclerotium rolfsii and Rhizoctonia solani. *The American Phytopathological Society*, 70: 110-121.
- Garbeva, P., Van Veen, J.A., Van Elsas, J.D.,** 2004. Microbial diversity in soil: Selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness. *Annual Review of Phytopathology*, 42: 243-270.
- Gardiner, W.P.,** 1997. Statistics for the biosciences: data analysis using Minitab software. Prentice Hall. London, New York, Toronto, Sydney, Tokyo, Singapore, Madrid, Mexico City, Munich, Paris, 416 p.
- Jambhulkar, P.P., Sharma, M.P., Lakshman, D., Sharma, P.,** 2015. Natural Mechanisms of Soil Suppressiveness Against Diseases Caused by Fusarium, Rhizoctonia, Pythium, and Phytophthora, pp. 95-123. In: Organic Amendments and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management. Springer International Publishing Switzerland. Editors: Meghvansi, M.K., Varma, A., 531 p.
- Handiseni, M., Brown, J., Zemetra, R., Mazzola, M.,** 2013. Effect of Brassicaceae seed meals with different glucosinolate profiles on Rhizoctonia root rot in wheat. *Crop Protection*, 48: 1-5.
- Janvier, C., Villeneuve, F., Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Mateille, T., Stainberg, C.,** 2006. Soil Health through Soil Disease Suppression: Which Strategy from Descriptors to Indicators? *Soil Biology and Biochemistry*, 39: 1-23.
- Juo, A.S.R., Franzluebbbers, K.,** 2003. Tropical Soils: Properties and Management for Sustainable Agriculture. *Oxford University Press Inc.*, New York, 281 p.
- Killham, K.,** 1994. Soil ecology. Cambridge University Press, 242 p.
- Kokalis-Burelle, N., Kloepper, J.W.,** 2004. Soil ecosystem health and its role in plant disease suppression, pp. 123-140 In: Lartey, R.T. and Caesar, A. (eds.) Emerging concepts in plant health management. Research Signpost, Trivandrum, India, 298 p.
- Löbmann, M.T., Vetukuri, R.R., de Zinger, L., Alsanus, B.W., Grenville-Briggs, L.J., Walter, A.J.,** 2016. The occurrence of pathogen suppressive soils in Sweden in relation to soil biota, soil properties, and farming practices. *Applied Soil Ecology*, 107: 57-65.
- Mathre, D.E.,** 1987. Compendium of barley diseases. 2nd Edition. *APS Press*, 90 p.
- Mazzola, M.,** 2002. Mechanisms of natural soil suppressiveness to soilborne diseases. In: Veen-van, J.H., Laanbroek, H.J., Vos-de, W.M. (eds.), Proceedings of the 9th International Symposium on Microbial Ecology, Amsterdam, Netherlands, August 2001. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81: 557-564.
- Mazzola, M.,** 2004. Assessment and management of soil microbial community structure for disease suppression. *Annual Review of Phytopathology*, 42: 35-59.
- Mazzola, M.** 2010. Management of resident soil micro-

- bial 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.
- MacNish, G., Neate, S.**, 1996. Rhizoctonia Bare Patch of Cereals. *Plant Disease*, 80: 965-971.
- Mavrodi, O.V., Walter, N., Elateek, S., Taylor, C.G., Okubara, P.A.**, 2012. Suppression of Rhizoctonia and Pythium root rot of wheat by new strains of *Pseudomonas*. *Biological Control*, 62: 93-102.
- Meghvansi, M.K., Varma, A.**, 2015. Organic Amendments and Soil Suppressiveness in Plant Disease Management. *Springer*, 531 p.
- Mehrotra, R.S., Aggarwal**, 2003. *Plant Pathology*. Second edition. *Tata McGraw Hill Publishing Company Limited*. New Delhi, 847 p.
- Mostafa, A.A.**, 2016. Organic composts for suppression rhizoctonia cotton damping-off disease. Proceedings of The IRES International Conference, Hong Kong, 05th April 2016, pp. 1-7.
- Muriungi, S.J., Mutitu, E.W., Muthomi, J.W.**, 2014. Efficacy of cultural methods in the control of Rhizoctonia solani strains causing tomato damping off in Kenya. *African Journal Of Food, Agriculture and Development*, 14: 8776-8790.
- Neate, S.M.**, 1985. Rhizoctonia in South Australian wheat fields. In: Parker, C.A., Rovira, A.D., Moore, K.J. and Wong, P.T.W. (eds.) *Ecology and Management of Soilborne Plant Pathogens*, pp. 54-56. American Phytopathological Society, 358 p.
- Nelson, E.B.**, 2002. Microbial Mechanics Of Compost-Induced Disease Suppression. *BioCycle*, pp. 45-47.
- Oyarzun, P.J., Dijst G., Zoon, F.C., Maas, P.W.Th.**, 1997. Comparison of soil receptivity to *Thielaviopsis basicola*, *Aphanomyces euteiches*, and *Fusarium solani* f.sp. pisi causing root rot in pea. *Phytopathology*, 87: 534-541.
- Oyarzun, P.J., Dijst, G., Maas, P.W.Th.**, 1994. Determination and analysis of soil receptivity to *Fusarium solani* f.sp. pisi causing dry root rot of pea. *Phytopathology*, 84: 834-842.
- Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R.**, 1997. Biological indicators of soil health. In: Pankhurst, C.E., Doube, B.M., Gupta, V.V.S.R. (eds.) *Biological indicators of soil health*, pp. 419-435. *CAB International*, 451 p.
- Pane, C., Spaccini, R, Piccolo, A, Scala, F, Bonanomi, G.**, 2011. Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biological Control*, 56: 115-124.
- Parmeter, J.R.**, 1970. *Rhizoctonia solani*, Biology and Pathology. American Phytopathological Society. Symposium of *Rhizoctonia solani* held at the Miami meeting of the Society, 255 p.
- Renato de Freitas, J., Germida, J.J.**, 1991. *Pseudomonas cepacia* and *Pseudomonas putida* as winter wheat inoculants for biocontrol of *Rhizoctonia solani*. *Canadian Journal of Microbiology*, 37: 780-784.
- Schroeder, K.L., Paulitz, T.C.**, 2008. Effect of Inoculum Density and Soil Tillage on the Development and Severity of *Rhizoctonia* Root Rot. *Phytopathology*, 98: 304-314.
- Scheuerell, S.J., Sullivan, D.M., Mahaffee, W.F.**, 2005. Suppression of Seedling Damping-Off Caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in Container Media Amended with a Diverse Range of Pacific Northwest Compost Sources. *Phytopathology*, 95: 306-315.
- Shaw, M.W., Peters, J.C.**, 1994. The biological environment and pathogen population dynamics: uncertainty, coexistence and competition. In: Blakeman, J.P., Williamson, B. (eds.), *Ecology of plant pathogens*, pp. 17-37. *CAB International*, 362 p.
- Smiley, W.R., Collins, P.H., Rasmussen, P.E.**, 1996. Diseases of wheat in long-term agronomic experiments at Pendleton, Oregon. *Plant Disease*, 80: 813-820.
- Smith, E.M., Wehner, F.C.**, 1987. Biological and chemical measures integrated with deep soil cultivation against crater disease of wheat. *Phytophylactica*, 19: 87 – 90.
- Sneh, B., Jabaji-Hare, S., Neate, S.M., Dijst, G.**, 1996. *Rhizoctonia* Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control, 578 p.
- Syers, J.K., Penning de Vries, F.W.T., Nyamudeza, P.**, 2001. *The Sustainable Management of Vertisols*. *CABI Publishing*, 304 p.
- Tuitert, G., Szczech, M., Bollen, G.J.**, 1998. Suppression of *Rhizoctonia solani* in Potting Mixtures Amended with Compost Made from Organic Household Waste. *Phytopathology*, 88: 764-773.
- Van Bruggen, A.H.C., Semenov, A.M., van Diepeningen, A.D., de Vos, O.J., Blok, W.J.**, 2006. Relation Between Soil Health, Wave-like Fluctuations in Microbial Populations, and Soilborne Plant Disease Management. *European Journal of Plant Pathology*, 115: 105-122.
- Vatchev, T.D.**, 2004. The impact of soil biota and crop management practices on soil-borne plant pathogens and diseases in agricultural systems. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 10: 71-87.
- Vatchev, T., Dijst, G.**, 2010. Induced soil suppressiveness against *Rhizoctonia solani* using mycelial amendments. *Journal of Balkan Ecology*, 13: 391-403.
- Vatchev, T.D.**, 2016. Long-term effect of biocidal soil disinfestation: review and case study on greenhouse tomato. *Global Journal of Advanced Biological Sciences*, 2: 1-13.
- Weise, M.V.**, 1987. *Compendium of wheat diseases*, 2nd ed. St Paul, MN, USA, APS Press, American Phytopathological Society, 112 p.
- Weller, D.M.**, 2007. *Pseudomonas* biocontrol agents of soilborne pathogen: looking back over 30 years. *Phytopathology*, 97: 250–256.
- Whipps, J.M.**, 1997. Developments in the biological control of soil-borne plant pathogens. In: Callow, J.R. (ed.) *Advances in botanical research: Incorporating advances in plant pathology*, 26: 1-134 pp. *Academic Press, Harcourt Brace and Company Publishers*, 376 p.

**Worasatit, N.K., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L, Rowland, C.,** 1994. Variation in pyrone production, lytic enzymes and control of rhizoctonia root rot of wheat among single-spore isolates of *Trichoderma koningii*. *Mycological Research*, 98: 1357-1363.

**Yang, M.M., Wen, S.S., Mavrodi, D.V., Mavrodi, O.V., von Wettstein, D, Thomashow, L.S., Guo J.H., Weller, D.M.,** 2014. Biological control of wheat root diseases by the CLP-producing strain *Pseudomonas fluorescens* HC1-07. *Phytopathology*, 104: 248-56.