

Научная статья

УДК 632.934:633.853.494+633.853.483(470.62)

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-2-198-100-107

## Влияние химических фунгицидов на содержание почвенных микроспорителей в агроценозе рапса ярового в центральной зоне Краснодарского края

Оксана Анатольевна Сердюк

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17  
oserduk@mail.ru

**Аннотация.** Многие сельскохозяйственные культуры страдают от поражения различными почвенными грибами. Инфекционные болезни растений, вызываемые ими, могут представлять серьезную угрозу для урожайности культур, нанося значительный ущерб аграрной экономике во всем мире. На сегодняшний день химический метод защиты посевов масличных культур семейства Капустные наиболее распространен. Важным приемом этого метода является предпосевное протравливание семян, способствующее снижению уровня внешней и внутренней инфекции. Помимо эффективности против болезней, фунгициды должны быть экологически безопасными. В настоящее время нет однозначного мнения по вопросу влияния химических фунгицидов на почвенную микрофлору. Целью исследований являлось изучение влияния некоторых протравителей семян на содержание грибов-супрессоров рода *Trichoderma* Pers. и патогенных грибов рода *Fusarium* Link. в почве агроценоза рапса ярового. Исследования проводили в 2020–2022 гг. в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Перед посевом семена рапса ярового обрабатывали протравителями с действующими веществами (д. в.): тирам, ВСК (400 г/л) (эталон); карбоксин + тирам, ВСК (200 + 200 г/л); имазалил + тебуконазол, МЭ (100 + 60 г/л) и флудиоксонил, КС (25 г/л). Отборы проб почвы проводили перед посевом обработанных протравителями семян рапса и в фазах 2–4 настоящих листа и желтого стручка культуры. Изучали слой почвы в глубину от 0 до 10 см, т. к. в нем находится наибольшее количество боковых корней этой культуры. К моменту созревания рапса количество грибов-супрессоров в вариантах с

применением препаратов было на уровне с контролем, увеличившись на  $1,8–2,4 \times 10^3$  КОЕ/г и достигало  $7,3–8,0 \times 10^3$  КОЕ/г с максимумом в варианте с препаратом с д. в. флудиоксонил (25 г/л). Содержание патогенных микроспорителей *Fusarium* spp. к моменту созревания рапса в вариантах с применением препаратов было ниже контроля (семена без обработки) в 1,7–2,0 раза.

**Ключевые слова:** почвенные микроспорители, агроценоз, рапс, протравитель семян, фунгицид

**Для цитирования:** Сердюк О.А. Влияние химических фунгицидов на содержание почвенных микроспорителей в агроценозе рапса ярового в центральной зоне Краснодарского края // Масличные культуры. 2024. Вып. 2 (198). С. 100–107.

UDC 632.934:633.853.494+633.853.483(470.62)

## Influence of chemical fungicides on amount of soil micromycetes in spring rapeseed agroecenosis in the central zone of the Krasnodar region

Serdyuk O.A., senior researcher, PhD in agriculture

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia  
oserduk@mail.ru

**Abstract.** Different soil fungi infect many agricultural crops. They cause infectious diseases of plants and can be a serious threat for crop yield that leads to significant losses in the agricultural economics all over the world. Currently, a chemical method of Brassicaceae oil crops protection is the most spread. An important technique of this method is pre-sowing seed treatment decreasing a level of internal and external infections. Fungicides must be both effective against diseases and environmentally friendly. Currently, there is no unequivocal opinion how the chemical fungicides influence on soil microflora. The purpose of the research was to study impact of some seed protectants on an amount of suppressor fungi from species *Trichoderma* Pers. and pathogenic fungi from species *Fusarium* Link. in soil in spring rapeseed agroecenosis. The research was conducted at the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops in 2020–2022. Before sowing, the seeds were treated with protectants with active ingredients: thiram, WSC (400 g/l) (etalon), carboxin + thiram, WSC (200 + 200 g/l), imazalil + tebuconazole, OE (100 + 60 g/l), and fludioxonil, SC (25 g/l). Soil was sampled before planting of treated rapeseed seeds and in crop phases of 2–4 true leaves and yellow pods. The soil layer from 0 to 10 cm was studied as it con-

tains the most amount of lateral roots of this crop. To the rapeseed maturation, amounts of suppressor fungi in variants with application of preparations was at the level of the control; it increased by  $1.8\text{--}2.4 \times 10^3$  CFU/g and reached  $7.3\text{--}8.0 \times 10^3$  CFU/g, maximal meaning was in variant with an active ingredient fludioxonil (25 g/l). The amount of pathogenic micro-mycetes *Fusarium* spp. was by 1.7–2.0 times lower the control to the rapeseed maturation in variants with application of preparations.

**Key words:** soil micromycetes, agrocenosis, rapeseed, seed protectant, fungicide

**Введение.** Почва является естественной средой обитания многих микроорганизмов: бактерий, актиномицетов, грибов, как сапротрофных, так и фитопатогенных [1; 2]. Почвенные микроорганизмы относятся к числу наиболее сложных и разнообразных сообществ на Земле, активно участвующих в биогеохимических циклах и являющихся важными факторами в круговороте углерода в почве. С деятельностью почвенных микроорганизмов, среди которых в достаточном количестве представлены микроскопические грибы, связаны разложение растительных остатков, превращение труднодоступных форм питательных веществ в усвояемые для растений формы, фиксация свободного азота воздуха [3]. Многие сельскохозяйственные культуры страдают от различных почвенных грибов [4]. Инфекционные болезни растений, вызываемые ими, могут представлять серьезную угрозу для урожайности сельскохозяйственных культур, нанося значительный ущерб аграрной экономике во всем мире [5; 6; 7]. Среди штаммов грибов, влияющих на рост сельскохозяйственных культур и вызывающих болезни, можно выделить роды *Tilletia* Tul. & C. Tul., *Pythium* Pringsheim, *Fusarium* Link., *Rhizoctonia* DC., *Sclerotinia* Fuckel и *Sclerotium* Taub. [8].

На сегодняшний день химический метод защиты посевов масличных культур семейства Капустные является наиболее эффективным и оперативным. Важный

прием этого метода – предпосевное протравливание семян, способствующее снижению уровня внешней и внутренней инфекции [9; 10; 11; 12; 13].

Ассортимент современных фунгицидов для обработки семян включает более 50 наименований [14]. Из них 70,0 % относится к триазоловым соединениям, обладающим высокой эффективностью против семенной и почвенной инфекции. Помимо эффективности против болезней, фунгициды должны быть экологически безопасными и экономически доступными. Поэтому ассортимент фунгицидов постоянно совершенствуется [15].

Также испытывают новые способы внесения препаратов. В Сибири разрабатывается новый способ внесения фунгицидов, который позволит снизить концентрацию химикатов в почве, сохраняя при этом эффективность, обеспечить пролонгированное действие фунгицидов и сократить количество обработок в течение вегетационного периода. Для этого системные фунгициды тебуконазол и эпоксиконазол были заключены в биоразлагаемую матрицу, состоящую из гомополимера поли-3-гидроксипропаната и древесной муки. Сухие компоненты смешивали и формировали в виде гранул, которые вносили в почву с семенами злаков яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.). В контрольные группы входили интактные растения и растения, обработанные свободными формами фунгицидов. Результаты показали, что влияние внедренных и свободных фунгицидов на окислительно-восстановительный гомеостаз в корнях пшеницы и ячменя варьирует в зависимости от стадии роста растений и существенно различается между видами растений. Встроенные фунгициды оказались более эффективными в снижении заражения корней, чем свободные аналоги. Применение фунгицидов в гранулах привело к снижению болезни корневыми гнилями у обоих злаков в 1,5–1,9 раза. Фунгицидные препараты, введенные в

разлагаемую основу, обеспечивают длительную защиту растений от почвенных возбудителей и борьбу с корневыми болезнями [16].

Ученые разных стран проводят исследования по изучению влияния химических фунгицидов на почвенные микромицеты. В настоящее время нет однозначного мнения по вопросу их влияния на почвенную микофлору. Одни исследователи считают, что от применения фунгицидов сельхозпроизводители получают не столько пользы для защиты посевов, сколько вреда от того, что препараты загрязняют почву и окружающую среду [17; 18; 19]. Изучение стробилюринового фунгицида трифлуксистербина показало его способность ингибировать окислительное фосфорилирование митохондрий грибов, тем самым разрушая выработку АТФ и энергетический цикл. Благодаря широкому бактерицидному спектру и высокой фунгицидной активности трифлуксистербин широко применяется в посевах сои, кукурузы и хлопка для борьбы с грибными болезнями. Между тем трифлуксистербин обнаружен в сельскохозяйственных почвах в концентрациях 0,005–0,09 мг/кг. Предполагается, что чрезмерное и постоянное использование фунгицидов для профилактики и борьбы с болезнями растений может привести к их накоплению в окружающей среде, тем самым оказывая неблагоприятное воздействие на организмы животных и человека [20].

В Китае проведен анализ содержания фосфолипидных жирных кислот (PLFA) и активности почвенных ферментов для оценки влияния фунгицидов карбендазима и ипродиона, применяемых в трех дозах. Оба препарата снижали активность ферментов, связанную с углеродом и фосфором. Так, содержание фосфомоноэстеразы, глюкозидазы и ксилозидазы в почве, обработанной фунгицидами в рекомендованной полевой норме, снизилось на 46, 61 и 34 % по сравнению с почвой без внесения фунгицидов. Наименьшие значения биомаркеров PLFA микоризных

грибов зарегистрированы в почвах, обработанных наибольшей дозой карбендазима и ипродиона [21].

Также изучено влияние препаратов, применяемых для опрыскивания растений, на грибные сообщества, связанные с растениями, включая ризосферные грибы [22]. Отмечены изменения в грибных сообществах ризосферы пшеницы после обработки нута фунгицидами при возделывании его в качестве предшественника. Однако следует отметить, что обработка фунгицидами включала пять обработок в течение одного сезона [23].

В других исследованиях показано, что, количество микроскопических грибов при применении химических протравителей семян, например, фурадана, не оказывает влияния на снижение их численности в почве по сравнению с контролем [24].

Данных в отношении влияния химических фунгицидов на почвенные микромицеты в агроценозе рапса ярового в изученной литературе обнаружено не было, поэтому целью исследований являлось изучение влияния некоторых протравителей семян на содержание грибов-супрессоров и патогенных грибов в почве агроценоза рапса ярового.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2020–2022 гг. в ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар, Россия) на черноземе выщелоченном. Объектами исследования служили грибы-супрессоры рода *Trichoderma* spp. и патогенные грибы рода *Fusarium* spp., содержащиеся в почве агроценоза рапса ярового.

Семена рапса ярового обрабатывали фунгицидами в соответствии с методическими указаниями по протравливанию семян сельскохозяйственных культур из расчета 10 л рабочей жидкости на тонну семян [25]. Площадь каждой делянки 12 м<sup>2</sup>, повторность опыта 3-кратная. Контрольный вариант – посев необработанными семенами рапса.

Изучали слой почвы на глубину до 10 см, т. к. в нем находится основное количество боковых корней этой культуры

[26]. Отборы проб почвы проводили на каждой делянке в пяти местах перед посевом семян рапса и в фазах 2–4 настоящих листа и желтого стручка культуры (на расстоянии 1,0 см от корней растений).

Далее пять проб объединяли в средний образец и из него отбирали навеску 1 г, используемую для приготовления первого разведения. Доводили путем добавления небольшого количества стерильной водопроводной воды до пастообразного состояния и растирали в течение 5 мин. Первое разведение навески почвы делали в стерильной посуде, добавляя стерильную водопроводную воду в соотношении 1 : 10 к весу почвы. Далее в течение 10 мин вертикально встряхивали почвенную суспензию первого разведения в пробирках с резиновыми пробками. После этого стерильной пипеткой отбирали 1 мл и переносили в пробирку с 9 мл стерильной водопроводной воды. При этом получали второе разведение, содержащее 0,01 г/мл почвы (1 : 100), которое использовали для посева почвы на поверхность питательной среды Чапека в количестве 0,2 мл на одну чашку Петри. Культивирование проводили при температуре 25 °С. Количество колоний микромицетов в каждой чашке подсчитывали на 7-е сутки культивирования и далее делали перерасчет на 1 г почвы [27].

Микромицеты идентифицировали с использованием микроскопа Motic BA300 с увеличением 400х по определителям М.А. Литвинова, В.И. Билай [26; 28].

**Результаты исследований.** Перед посевом семян рапса ярового содержание грибов *Trichoderma* spp. в почве опытного участка составляло в среднем за три года исследований  $4,9 \times 10^3$  КОЕ/г. В фазе вегетации рапса 2–4 настоящих листа содержание грибов *Trichoderma* spp. в образцах почвы незначительно увеличилось во всех вариантах, составив  $5,0$ – $6,2 \times 10^3$  КОЕ/г, с максимальным повышением в варианте с использованием препарата с д. в. флудиксонил (25 г/л) (таблица).

Таблица

**Влияние химических протравителей семян на содержание микромицетов *Trichoderma* spp. и *Fusarium* spp. (КОЕ/г) в почве агроценоза рапса ярового**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2020–2022 гг.

Вариант	Норма расхода препарата, л/т	Содержание микромицетов в почве, КОЕ/г, фаза вегетации рапса	
		2–4 настоящих листа	желтый стручок
<i>Trichoderma</i> spp. (перед посевом $4,9 \times 10^3$ КОЕ/г)			
Контроль (семена без обработки)	-	$5,6 \times 10^3$	$7,7 \times 10^3$
Тирам, ВСК (400 г/л) (эталон)	4,0	$5,0 \times 10^3$	$7,4 \times 10^3$
Карбоксин + тирам, ВСК (200 + 200 г/л)	2,0	$5,2 \times 10^3$	$7,3 \times 10^3$
Имазалил + тебуконазол, МЭ (100 + 60 г/л)	0,4	$5,8 \times 10^3$	$7,6 \times 10^3$
Флудиксонил, КС (25 г/л)	3,0	$6,2 \times 10^3$	$8,0 \times 10^3$
<i>Fusarium</i> spp. (перед посевом $16,8 \times 10^3$ КОЕ/г)			
Контроль (семена без обработки)	-	$3,9 \times 10^3$	$7,9 \times 10^3$
Тирам, ВСК (400 г/л) (эталон)	4,0	$3,0 \times 10^3$	$4,2 \times 10^3$
Карбоксин + тирам, ВСК (200 + 200 г/л)	2,0	$3,3 \times 10^3$	$4,7 \times 10^3$
Имазалил + тебуконазол, МЭ (100 + 60 г/л)	0,4	$2,9 \times 10^3$	$4,0 \times 10^3$
Флудиксонил, КС (25 г/л)	3,0	$2,7 \times 10^3$	$3,8 \times 10^3$

В фазе желтого стручка количество почвенных грибов-супрессоров в вариантах с применением препаратов было на уровне с контролем, увеличившись на  $1,8$ – $2,4 \times 10^3$  КОЕ/г, –  $7,3$ – $8,0 \times 10^3$  КОЕ/г. Максимальное содержание грибов *Trichoderma* spp. отмечено в варианте с препаратом с д. в. флудиксонил (25 г/л) –  $8,0 \times 10^3$  КОЕ/г.

Содержание в почве патогенных микромицетов *Fusarium* spp. перед посевом рапса составляло  $16,8 \times 10^3$  КОЕ/г. В фазе развития растений рапса 2–4 настоящих листа содержание этих грибов в почве снизилось во всех вариантах, в том числе и контроле, в 5–6 раз по сравнению с их исходным содержанием и составило  $2,7$ – $3,9 \times 10^3$  КОЕ/г.

При этом в фазе желтого стручка содержание микромицетов *Fusarium* spp. в контроле увеличилось по сравнению с данными предыдущего учета на  $4,0 \times 10^3$  КОЕ/г, составив  $7,9 \times 10^3$  КОЕ/г, а в вариантах с использованием препаратов –

на  $1,1-1,4 \times 10^3$  КОЕ/г, т. е. до  $3,8-4,7 \times 10^3$  КОЕ/г.

**Выводы.** Испытанные химические протравители семян рапса ярового в условиях центральной зоны Краснодарского края не оказывали отрицательного влияния на содержание грибов-супрессоров *Trichoderma* spp. в почве в течение вегетации культуры. Содержание патогенных микромицетов *Fusarium* spp. в фазе желтого стручка рапса ярового в вариантах с применением препаратов было ниже по сравнению с контрольным вариантом (семена без обработки) в 1,7–2,0 раза.

#### Список литературы

1. *Chakraborty P., Krishnani K.K.* Emerging bioanalytical sensors for rapid and close-to-real-time detection of priority abiotic and biotic stressors in aquaculture and culture-based fisheries: [Электронный ресурс] // *Science of The Total Environment*. – 2022. – V. 838. – 156128. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156128> (дата обращения: 15.01.2024).
2. *Мишустин Е.Н., Емцев В.Т.* Микробиология. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
3. *Berg B., McClaugherty C.* Plant Litter. Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. – Springer Berlin, Heidelberg, 2014. – 315 p.
4. *Lisuma J.B., Mbega E.R., Ndakidemi P.A.* Dynamics of nicotine across the soil–tobacco plant interface is dependent on agroecology, nitrogen source, and rooting depth: [Электронный ресурс] // *Rhizosphere*. – 2019. – V. 12. – 100175. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100175> (дата обращения: 15.01.2024).
5. *Назаров П.А., Балеев Д.Н., Иванова М.И., Соколова Л.М.* [и др.]. Инфекционные болезни растений: этиология, современное состояние, проблемы и перспективы защиты растений // *Acta Naturae* (русскаяязычная версия). – 2020. – Т. 12. – № 3 (46). – С. 46–59.
6. *Пивень В.Т., Сердюк О.А.* Снижение вредоносности болезней озимого рапса // *Масличные культуры*. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2010. – Вып. 2 (144–145). – С. 97–98.
7. *Сердюк О.А., Шипиевская Е.Ю., Трубина В.С.* Поражение горчицы белой болезнями в условиях центральной зоны Краснодарского края // *Международная науч.-практ. конф. «Научное обеспечение производства риса и овощебахчевых культур в современных условиях»*. Краснодар, 09 сентября 2016 г. – Краснодар, 2016. – С. 184–188.
8. *Egging V., Nguyen J., Kurouski D.* Detection and identification of fungal infections in intact wheat and sorghum grain using a hand-held Raman spectrometer: [Электронный ресурс] // *Analytical Chemistry*. – 2018. – V. 90. – P. 8616–8621. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b01863> (дата обращения: 15.01.2024).
9. *Escamilla D., Rosso M.L., Zhang B.* Identification of fungi associated with soybeans and effective seed disinfection treatments // *Food Science & Nutrition*. – 2019. – V. 7. – I. 10. – P. 3194–3205.
10. *Hu X., Roberts D.P., Xie L., Qin L.* [et al.]. Seed treatment containing *Bacillus subtilis* BY-2 in combination with other *Bacillus* isolates for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape // *Biol. Control*. – 2019. – V. 133. – P. 50–57.
11. *Gupta S., Didwania N., Singh D.* Biological control of mustard blight caused by *Alternaria brassicae* using plant growth promoting bacteria: [Электронный ресурс] // *Current Plant Biology*. – 2020. – V. 23. – 100166. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100166> (дата обращения: 15.01.2024).
12. *Пивень В.Т., Коновалов Н.Г., Сердюк О.А.* Влияние обеззараживания семян горчицы сарептской фунгицидами на их посевные качества // *Научно-технический бюллетень ВНИИМК*. – 2004. – Вып. 2 (131). – С. 83–84.

13. Сердюк О.А., Горлова Л.А. Влияние предпосевной обработки семян рапса ярового фунгицидами на их посевные качества и биометрические параметры проростков // *Агрофорум*. – 2019. – № 6. – С. 38–40.

14. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. – М., 2023. – Часть I. Пестициды. – С. 65–894.

15. Здрожжевская С.Д. Перспективные фунгициды на основе триконазола // *Фитосанитарное оздоровление систем: материалы Второго Всероссийского съезда по защите растений*. – СПб., 2005. – Т. II. – С. 285–286.

16. Prudnikova S.V., Menzianova N.G., Pyatina S.A., Streltsova N.V. Fungicidal activity of slow-release formulations of tebuconazole and epoxiconazole to control root rot pathogens of cereal crops: [Электронный ресурс] // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. – 2023. – V. 128. – 102166. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102166> (дата обращения: 15.01.2024).

17. Кандыбин Н.В., Смирнов О.В. Микробиологизация – альтернатива химизации при получении экологически безопасной продукции растениеводства: региональные рекомендации. – М., 1995. – Вып. 1. – 72 с.

18. Новожилов К.В., Семенова Н.Н., Петрова Т.М. Моделирование поведения пестицидов в окружающей среде // *Защита и карантин растений*. – 1999. – № 12. – С. 8–13.

19. Ижевский С.С. Негативные последствия применения пестицидов // *Защита и карантин растений*. – 2006. – № 5. – С. 16–19.

20. Xiao Z., Hou K., Zhou T., Zhang J. [et al.] Effects of the fungicide trifloxystrobin on the structure and function of soil bacterial community: [Электронный ресурс] // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2023. – V. 99. – 104104. – Режим доступа:

<https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104104> (дата обращения: 15.01.2024).

21. Verdenelli R.A., Dominchin M.F., Barbero F.M., Pérez-Brandán C. [et al.]. Effect of two broad-spectrum fungicides on the microbial communities of a soil subjected to different degrees of water erosion: [Электронный ресурс] // *Applied Soil Ecology*. – 2023. – V. 190. – 104984. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104984> (дата обращения: 15.01.2024).

22. Karlsson I., Friberg H., Steinberg C., Persson P. Fungicide effects on fungal community composition in the wheat phyllosphere: [Электронный ресурс] // *PLoS One*. – 2014. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111786> (дата обращения: 15.01.2024).

23. Esmaeili T.A., Hamel C., Gan Y. Pyrosequencing reveals the impact of foliar fungicide application to chickpea on root fungal communities of durum wheat in subsequent year // *Fungal Ecology*. – 2015. – V. 15. – P. 73–81.

24. Иванцова Е.А. Влияние пестицидов на микрофлору почвы и полезную биоту // *Вестн. Волгогр. гос. ун-та*. – 2013. – Сер. 11. Естеств. науки. – № 1 (5). – С. 35–40.

25. Методические указания по протравливанию семян сельскохозяйственных культур. – М.: Колос, 1988. – 48 с.

26. Литвинов М.А. Методы выделения микроскопических грибов из почвы. Определитель микроскопических почвенных грибов. – Л.: Изд-во «Наука», 1967. – 311 с.

27. Методы микробиологического контроля почвы. Методические рекомендации / ФНЦ им. Ф.Ф. Эрисмана, Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, Центр ГСЭН в Краснодарском крае. – 2004. – 12 с.

28. Билай В.И. Фузарии. – Киев: «Наукова думка», 1977. – 339 с.

## References

1. Chakraborty P., Krishnani K.K. Emerging bioanalytical sensors for rapid and close-to-real-time detection of priority abiotic and biotic stressors in aquaculture and culture-based fisheries: [Elektronnyy resurs] // *Science of The Total Environment*. – 2022. – V. 838. – 156128. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156128> (data obrashcheniya: 15.01.2024).
2. Mishustin E.N., Emtsev V.T. *Mikrobiologiya*. 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Agropromizdat, 1987. – 368 s.
3. Berg B., McLaugherty C. *Plant Litter. Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration*. – Springer Berlin, Heidelberg, 2014. – 315 r.
4. Lisuma J.B., Mbega E.R., Ndakidemi P.A. Dynamics of nicotine across the soil–tobacco plant interface is dependent on agroecology, nitrogen source, and rooting depth: [Elektronnyy resurs] // *Rhizosphere*. – 2019. – V. 12. – 100175. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2019.100175> (data obrashcheniya: 15.01.2024).
5. Nazarov P.A., Baleev D.N., Ivanova M.I., Sokolova L.M. [i dr.]. Infektsionnye bolezni rasteniy: etiologiya, sovremennoe sostoyanie, problemy i perspektivy zashchity rasteniy // *Acta Naturae (russkoyazychnaya versiya)*. – 2020. – T. 12. – № 3 (46). – S. 46–59.
6. Piven' V.T., Serdyuk O.A. Snizhenie vredonosnosti bolezney ozimogo rapsa // *Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK*. – 2010. – Vyp. 2 (144–145). – S. 97–98.
7. Serdyuk O.A., Shipievskaya E.Yu., Trubina V.S. Porazhenie gorchitsy beyloy boleznyami v usloviyakh tsentral'noy zony Krasnodarskogo kraya // *Mezhdunarodnaya nauch.-prakt. konf. «Nauchnoe obespechenie proizvodstva risa i ovoshchebakhchevykh kul'tur v sovremennykh usloviyakh»*. Krasnodar, 09 sentyabrya 2016 g. – Krasnodar, 2016. – S. 184–188.
8. Egging V., Nguyen J., Kurouski D. Detection and identification of fungal infections in intact wheat and sorghum grain using a hand-held Raman spectrometer: [Elektronnyy resurs] // *Analytical Chemistry*. – 2018. – V. 90. – R. 8616–8621. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1021/acs.anal-chem.8b01863> (data obrashcheniya: 15.01.2024).
9. Escamilla D., Rosso M.L., Zhang B. Identification of fungi associated with soybeans and effective seed disinfection treatments // *Food Science & Nutrition*. – 2019. – V. 7. – I. 10. – P. 3194–3205.
10. Hu X., Roberts D.P., Xie L., Qin L. [et al.]. Seed treatment containing *Bacillus subtilis* BY-2 in combination with other *Bacillus* isolates for control of *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape // *Biol. Control*. – 2019. – V. 133. – P. 50–57.
11. Gupta S., Didwania N., Singh D. Biological control of mustard blight caused by *Alternaria brassicae* using plant growth promoting bacteria: [Elektronnyy resurs] // *Current Plant Biology*. – 2020. – V. 23. – 100166. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2020.100166> (data obrashcheniya: 15.01.2024).
12. Piven' V.T., Konovalov N.G., Serdyuk O.A. Vliyanie obezzarzhivaniya semyan gorchitsy sareptskey fungitsidami na ikh posevnye kachestva // *Nauchno-tekhnicheskiiy byulleten' VNIIMK*. – 2004. – Vyp. 2 (131). – S. 83–84.
13. Serdyuk O.A., Gorlova L.A. Vliyanie predposevnoy obrabotki semyan rapsa yarovogo fungitsidami na ikh posevnye kachestva i biometricheskie parametry prorostkov // *Agroforum*. – 2019. – № 6. – S. 38–40.
14. Gosudarstvennyy katalog pestitsidov i agrokhimikatov, razreshennykh k primeneniyu na territorii Rossiyskoy Federatsii. – M., 2023. – Chast' I. Pestitsidy. – S. 65–894.
15. Zdrozhevskaya S.D. Perspektivnyye fungitsidy na osnove tritikonazola // *Fitosanitarnoe ozdorovlenie sistem: materialy Vtorogo Vserossiyskogo s"ezda po zashchite rasteniy*. – SPb., 2005. – T. II. – S. 285–286.
16. Prudnikova S.V., Menzianova N.G., Pyatina S.A., Streltsova N.V. Fungicidal activity of slow-release formulations of tebu-

conazole and epoxiconazole to control root rot pathogens of cereal crops: [Elektronnyy resurs] // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. – 2023. – V. 128. – 102166. – Rezhim dostupa:

<https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102166> (data obrashcheniya: 15.01.2024).

17. Kandybin N.V., Smirnov O.V. Mikrobiologizatsiya – al'ternativa khimizatsii pri poluchenii ekologicheskoi bezopasnoy produktsii rastenievodstva: regional'nye rekomendatsii. – M., 1995. – Vyp. 1. – 72 s.

18. Novozhilov K.V., Semenova N.N., Petrova T.M. Modelirovanie povedeniya pestitsidov v okruzhayushchey srede // *Zashchita i karantin rasteniy*. – 1999. – № 12. – S. 8–13.

19. Izhevskiy S.S. Negativnye posledstviya primeneniya pestitsidov // *Zashchita i karantin rasteniy*. – 2006. – № 5. – S. 16–19.

20. Xiao Z., Hou K., Zhou T., Zhang J. [et al.] Effects of the fungicide trifloxystrobin on the structure and function of soil bacterial community: [Elektronnyy resurs] // *Environmental Toxicology and Pharmacology*. – 2023. – V. 99. – 104104. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2023.104104> (data obrashcheniya: 15.01.2024).

21. Verdenelli R.A., Dominchin M.F., Barbero F.M., Pérez-Brandán C. [et al.]. Effect of two broad-spectrum fungicides on the microbial communities of a soil subjected to different degrees of water erosion: [Elektronnyy resurs] // *Applied Soil Ecology*. – 2023. – V. 190. – 104984. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.104984> (data obrashcheniya: 15.01.2024).

22. Karlsson I., Friberg H., Steinberg C., Persson P. Fungicide effects on fungal community composition in the wheat phyllosphere: [Elektronnyy resurs] // *PLoS One*. – 2014. – Rezhim dostupa: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111786> (data obrashcheniya: 15.01.2024).

23. Esmaili T.A., Hamel C., Gan Y. Pyrosequencing reveals the impact of foliar

fungicide application to chickpea on root fungal communities of durum wheat in subsequent year // *Fungal Ecology*. – 2015. – V. 15. – P. 73–81.

24. Ivantsova E.A. Vliyaniye pestitsidov na mikrofloru pochvy i poleznuyu biotu // *Vestn. Volgogr. gos. un-ta*. – 2013. – Ser. 11. Estestv. nauki. – № 1 (5). – S. 35–40.

25. Metodicheskie ukazaniya po pro-travlivaniyu semyan sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. – M.: Kolos, 1988. – 48 s.

26. Litvinov M.A. Metody vydeleniya mikroskopicheskikh gribov iz pochvy. Opredelitel' mikroskopicheskikh pochvennykh gribov. – L.: Izd-vo «Nauka», 1967. – 311 s.

27. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya pochvy. Metodicheskie rekomendatsii / FNTs im. F.F. Erismana, Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii, Tsentr GSEN v Krasnodarskom krae. – 2004. – 12 s.

28. Bilay V.I. Fuzarii. – Kiev: «Naukova dumka», 1977. – 339 s.

#### Сведения об авторе

**О.А. Сердюк**, ст. науч. сотр., канд. с.-х. наук

*Получено/Received*

13.02.2024

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

26.02.2024

*Получено после доработки/Manuscript revised*

06.03.2024

*Принято/Accepted*

25.04.2024

*Manuscript on-line*

30.06.2024