

Научная статья

УДК 633.854.78:632.937

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-2-198-94-99

**Элементы технологии
применения лабораторных
образцов смесевых
микробиологических препаратов
в препаративной форме
смачивающийся порошок
на основе перспективных
штаммов антагонистов на фоне
естественного поражения
масличного льна фузариозом
в полевых условиях**

Любовь Васильевна Маслиенко

Любовь Анатольевна Дейнега

Евгения Алексеевна Ефимцева

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17

biometod@vniimk.ru

Аннотация. В лаборатории биометода агро-технологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2022 г. в полевых условиях на фоне естественного поражения масличного льна возбудителями фузариоза проведены испытания лабораторных образцов смесевых микробиологических препаратов в препаративной форме смачивающийся порошок (СП) на основе перспективных штаммов-продуцентов. Для лабораторных образцов СП смесевых микробиопрепаратов, наработанных на основе различных соотношений перспективных грибного T-1 *Trichoderma* sp. и бактериального 11-3 *Bacillus* sp. компонентов (1 : 1; 1 : 2; 1 : 3), определены оптимальные нормы расхода. На среднем фоне поражения масличного льна сорта ВНИИМК 620 фузариозом в контроле без обработки 25,9 % защитный эффект у химического эталона Редиго Про отсутствовал. У биологических эталонов на основе отдельных продуцентов биологическая эффективность против болезни составила для грибного штамма с нормой расхода 0,05 кг/т – 66,0 % с невысоким дополнительным урожаем – 0,17 т/га, а для бактериального с нормой расхода

0,2 кг/т – 40,5 % с дополнительным урожаем 0,24 т/га. Оптимальная норма применения лабораторных образцов СП смесевых микробиопрепаратов во всех испытанных вариантах соотношений грибного и бактериального компонентов составила 0,3 кг/т. При этой норме расхода у СП в соотношении 1 : 1 установлена биологическая эффективность против фузариоза 54,8 % при дополнительном урожае 0,44 т/га; в соотношении 1 : 2 защитный эффект против патогена составил 40,5 %, дополнительный урожай – 0,23 т/га; в соотношении 1 : 3 биологическая эффективность составила 56,0 % при дополнительном урожае 0,54 т/га.

Ключевые слова: масличный лен, фузариоз, элементы технологии применения, лабораторные образцы, смесевые микробиологические препараты, биологическая эффективность

Для цитирования: Маслиенко Л.В., Дейнега Л.А., Ефимцева Е.А. Элементы технологии применения лабораторных образцов смесевых микробиологических препаратов в препаративной форме смачивающийся порошок на основе перспективных штаммов антагонистов на фоне естественного поражения масличного льна фузариозом в полевых условиях // Масличные культуры. 2024. Вып. 2 (198). С. 94–99.

UDC 633.854.78:632.937

Elements of application technologies of laboratory samples of mixed microbiological preparations in a preparative form wettable powder based on promising antagonist strains under natural infection of oil flax with fusarium wilt in fields

L.V. Maslienko, head of the lab., chief researcher, doctor of biology

L.A. Deynega, junior researcher, post-graduate student

E.A. Efimtseva, junior researcher, post-graduate student

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

17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia

biometod@vniimk.ru

Abstract. In 2022, laboratory samples of mixed microbiological preparations in a preparative form wettable powder (WB) based on promising strains-producers were tested in the laboratory of biological methods at the V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops in field conditions under natural infection of oil flax with fusariosis. We determined the optimal consumption rates the laboratory samples of WB of the mixed microbiopreparations based on different ratios (1 : 1; 1 : 2; 1 : 3) of promising fungal T-1 *Trichoderma* sp. and bacterial 11-3 *Bacillus* sp. components. A chemical etalon Redigo Pro had no protective effect at a middle level of fusariosis infec-

tion (25.9%) on oil flax variety VNIIMK 620 in control variant without microbiopreparations treatment. The biological etalons based on a separate producer had the biological efficiency against disease for a fungal strain with a consumption rate of 0.05 kg/t – 66.0% with a low additional yield of 0.17 t/ha, and for a bacterial strain with a consumption rate of 0.2 kg/t – 40.5% with additional yield 0.24 t/ha. The optimal consumption rate of the laboratory samples WP of the mixed microbiopreparations in all test variants of ratios between fungal and bacterial components is 0.3 kg/t. At this consumption rate of wettable powder, ratio 1 : 1 had the biological efficiency against fusariosis 54.8% with an additional yield of 0.44 t/ha; ratio 1 : 2 had a protective effect of 40.5% and additional yield of 0.23 t/ha; the biological efficiency of a ratio 0 : 3 was 56.0% with an additional yield of 0.54 t/ha.

Key words: oil flax, fusarium wilt, elements of application technology, laboratory samples, mixed microbiological preparations, biological efficiency

Введение. Наиболее вредоносной болезнью масличного льна, поражающей культуру во всех регионах выращивания, на протяжении всего периода вегетации является фузариоз. Сильное поражение неустойчивых сортов льна резко снижает урожай, вплоть до полной его гибели [1; 2; 3; 4].

В лаборатории биометода агротехнологического отдела ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, одной из немногих в России, ведутся исследования по разработке микробиологических препаратов для защиты масличных и других сельскохозяйственных культур от болезней. С 2019 г. проводятся исследования по разработке микробиологического метода снижения вредоносности фузариоза масличного льна. Наиболее распространенным возбудителем болезни культуры в Краснодарском крае нами установлен вид *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Shyd. et Hans. var. *orthoceras* (App. et Wr.) Bilai.

Зарегистрированных биологических препаратов, защищающих масличный лен от возбудителей фузариоза в России нет.

В результате ступенчатого скрининга антагонистов из рабочей коллекции лаборатории биометода выделены два пер-

спективных штамма антагониста возбудителя фузариоза масличного льна – Т-1 *Trichoderma* sp. и 11-3 *Bacillus* sp., показавших максимальную эффективность *in vitro* и на фоне искусственного заражения в лабораторных условиях во влажной камере и грунте [5; 6].

В последние годы в лаборатории ведутся исследования по разработке технологии получения препаративной формы микробиопрепаратов смачивающийся порошок (СП) при поверхностном выращивании штаммов-продуцентов на жидких питательных средах с пролонгированным сроком хранения. Одним из преимуществ этой препаративной формы является возможность создания смесевых препаратов на основе разных штаммов-продуцентов, позволяющих получать высокоэффективные экологически пластичные микробиопрепараты, не зависимо от сложившихся погодных условий, благоприятных для грибного или бактериального компонентов.

Данное исследование посвящено разработке элементов технологии применения лабораторных образцов смесевых микробиологических препаратов в препаративной форме СП на основе перспективных штаммов антагонистов на фоне естественного поражения масличного льна возбудителем фузариоза в полевых условиях.

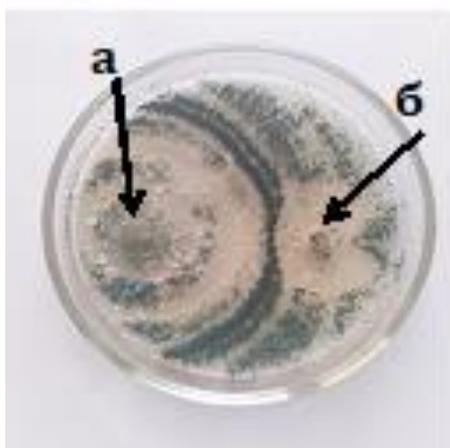
Материалы и методы. Объекты исследования: масличный лен сорта ВНИИМК 620, штаммы-продуценты Т-1 *Trichoderma* sp. и 11-3 *Bacillus* sp., лабораторные образцы микробиопрепаратов в препаративной форме смачивающийся порошок, смесевые препараты.

Лабораторные образцы СП микробиопрепаратов на основе грибного Т-1 *Trichoderma* sp. и бактериального 11-3 *Bacillus* sp. штаммов изготавливали в лаборатории биометода по разработанной нами методике [7; 8].

Оценку биологической и хозяйственной эффективности лабораторных образцов микробиопрепаратов в полевом опыте

проводили на фоне естественного поражения масличного льна сорта ВНИИМК 620 фузариозом. Площадь делянки 15 м², повторность 4-кратная, расположение делянок систематическое.

Смесевые препараты изготавливали в зависимости от совместимости штаммов-продуцентов на средах КСА и Тайлона-3



КСА

а



Тайлона-3

б

Рисунок 1 – Совместное культивирование грибного Т-1 *Trichoderma* sp. и бактериального 11-3 *Bacillus* sp. штаммов-продуцентов микробиопрепаратов на агаризированных питательных средах. Срок культивирования 10 суток (ориг.), а – гриб; б – бактерия

В двойных культурах, при совместном культивировании на обеих агаризированных питательных средах, благоприятных для грибного Т-1 *Trichoderma* sp. (КСА) и бактериального 11-3 *Bacillus* sp. (Тайлона-3) компонентов, гриб подавлял бактерию. Поэтому при изготовлении лабораторных образцов смесевых препаратов использовали соотношения грибного и бактериального компонентов с постепенным увеличением бактерии – 1 : 1; 1 : 2 и 1 : 3. Для каждого соотношения испытывали нормы расхода 0,1; 0,2 и 0,3 кг/т. Контроль – без обработки, химический эталон – Редиг Про, СК, 0,5 л/т, биологические – СП на основе отдельных штаммов-продуцентов, с ранее определенными оптимальными нормами расхода: для грибного – 0,05 кг/т и бактериального – 0,2 кг/т. Семена обрабатывали лабораторными образцами микробиопрепаратов вручную, с нормой расхода рабочей жидкости из расчета 6,0 л/т. Всего испытывали 13 вариантов. Посев льна осуществляли сеялкой, уборку – вручную (снопы), в 8-кратной повторности по 0,1 м². Сразу после обмолота вручную и взвешивания урожая определяли влажность по ГОСТ 12041-66 [9] и массу семян приводили к 12,0%-ной влажности [10]. Биологическую эффективность защитных мероприятий определяли сравнением данных учетов в контроле и в вариантах опыта по поражению растений масличного льна фузариозом. В каждом варианте учитывали 200 растений [11].

Результаты и обсуждение. Благоприятные погодные условия в Краснодарском крае в 2022 г. способствовали формированию среднего естественного фона поражения масличного льна сорта ВНИИМК 620 фузариозом. К моменту созревания на опытном участке в контроле без обработки распространенность фузариозного увядания составила 25,9 % (таблица).

На этом фоне поражения масличного льна фузариозом в вариантах с химическим и биологическими эталонами дополнительный урожай был несущественным. Так, в

варианте с обработкой семян препаратом Редиго Про (химического эталона) защитный эффект против фузариоза отсутствовал, а дополнительный урожай составил 0,22 т/га.

Таблица

Эффективность обработки семян масличного льна сорта ВНИИМК 620 лабораторными образцами СП смешанных микробиопрепаратов на основе грибного Т-1 *Trichoderma* sp. и бактериального И-3 *Bacillus* sp. штаммов-продуцентов на естественном фоне поражения фузариозом в зависимости от нормы применения

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2022 г.

Вариант	Биологическая эффективность, %	Урожайность, т/га	Дополнительный урожай, т/га
Контроль б/о	25,9*	1,26	-
Редиго Про КС, 0,5 л/т, (химический эталон)	0	1,48	0,22
Т-1 <i>Trichoderma</i> sp., СП, 0,05 кг/т (биологический эталон)	66,0	1,43	0,17
И-3 <i>Bacillus</i> sp., СП, 0,2 кг/т (биологический эталон)	40,5	1,50	0,24
Смешанный препарат в соотношении 1 : 1			
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 1), СП, 0,1 кг/т	18,1	1,91	0,65
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 1), СП, 0,2 кг/т	20,9	1,50	0,29
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 1), СП, 0,3 кг/т	54,8	1,70	0,44
Смешанный препарат в соотношении 1 : 2			
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 2), СП, 0,1 кг/т	13,9	1,36	0,10
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 2), СП, 0,2 кг/т	34,4	1,47	0,21
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 2), СП, 0,3 кг/т	40,5	1,49	0,23
Смешанный препарат в соотношении 1 : 3			
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 3), СП, 0,1 кг/т	30,0	1,64	0,38
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 3), СП, 0,2 кг/т	42,8	1,70	0,44
Т-1 + И-3 (смесь 1 : 3), СП, 0,3 кг/т	56,0	1,80	0,54
НСР ₀₅		0,28	

* поражение фузариозом в контроле без обработки, %

Для микробиопрепаратов на основе отдельных штаммов-продуцентов максимальная биологическая эффективность против патогена установлена в варианте с обработкой семян льна СП на основе грибного штамма Т-1 *Trichoderma* sp., с

заранее подобранной оптимальной нормой расхода 0,05 кг/т – 66,0 %, с невысоким дополнительным урожаем – 0,17 т/га. Биологическая эффективность против фузариоза обработки семян СП микробиопрепарата на основе отдельного бактериального штамма И-3 *Bacillus* sp. с заранее подобранной оптимальной дозой 0,2 кг/т составила 40,5 %, а дополнительный урожай – 0,24 т/га.

Для лабораторного образца СП смешанного микробиопрепарата в соотношении грибного и бактериального компонентов 1 : 1 дополнительный урожай был существенным во всех испытанных нормах применения. Оптимальная норма расхода смешанного препарата в этом соотношении для обработки семян масличного льна – 0,3 кг/т. В этом варианте получена наибольшая биологическая эффективность – 54,8 %, и высокий дополнительный урожай – 0,44 т/га. Установлено, что для испытываемого соотношения грибного и бактериального компонентов смешанного препарата с увеличением нормы расхода СП с 0,1 до 0,3 кг/т биологическая эффективность увеличивалась с 18,1 до 54,8 %. Но максимальный дополнительный урожай установлен в варианте смешанного препарата с минимальной нормой расхода для обработки семян 0,1 кг/т – 0,65 т/га при биологической эффективности всего 18,1 %. Следует подчеркнуть, что низкая эффективность СП смешанного препарата при минимальной норме расхода, даже при высоком дополнительном урожае, не будет способствовать снижению запаса инфекционного начала возбудителей фузариоза на растительных остатках льна и в почве, что в конечном итоге вызовет поражение патогеном последующей культуры в севообороте. Поэтому оптимальной для применения смешанного препарата в соотношении 1 : 1 для обработки семян масличного льна установлена норма 0,3 кг/т.

Для лабораторного образца СП смешанного микробиопрепарата в соотношении грибного и бактериального компонентов 1 : 2 дополнительный урожай был не су-

ществленным при всех испытанных нормах применения. Но оптимальная норма расхода при обработке семян масличного льна установлена также 0,3 кг/т. Биологическая эффективность в этом варианте составила 40,5 %, что выше по сравнению с другими нормами расхода смесового препарата на 6,1–26,6 %, а дополнительный урожай достиг 0,23 т/га, против 0,10–0,21 т/га в других вариантах.

Для лабораторного образца СП смесового микробиопрепарата в соотношении грибного и бактериального компонентов 1 : 3 дополнительный урожай был существенным при всех испытанных нормах применения. Оптимальная норма расхода для лабораторного образца СП смесового микробиопрепарата в этом соотношении грибного и бактериального компонентов при обработке семян масличного льна также установлена 0,3 кг/т. Биологическая эффективность в этом варианте составила 56,0 %, что было выше по сравнению с другими нормами расхода смесового препарата на 7,2–26,0 %, а дополнительный урожай льна – 0,54 т/га против 0,38–0,44 т/га в других вариантах.

Таким образом, для испытанных лабораторных образцов СП смесовых микробиопрепаратов в соотношениях грибного и бактериального компонентов 1 : 1; 1 : 2 и 1 : 3 установлена оптимальная норма расхода при обработке семян масличного льна – 0,3 кг/т, при которой получена максимальная биологическая эффективность против фузариоза и высокий дополнительный урожай.

Более эффективным и экологически пластичным оказался смесовой препарат в соотношении грибного и бактериального компонентов 1 : 1 при норме расхода СП 0,3 кг/т, так как при сложившихся погодных условиях весной (более прохладных и влажных), благоприятных для грибного штамма, а во второй половине вегетации (более засушливых и жарких) – для бактериального, он показал высокую эффективность против возбудителей фузариоза (54,8 %) и способствовал получению дополнительного урожая 0,44 т/га.

Заключение. Оптимальная норма применения лабораторных образцов СП сме-

совых микробиопрепаратов во всех испытанных вариантах соотношений грибного и бактериального компонентов для обработки семян масличного льна против фузариоза установлена 0,3 кг/т. При обработке семян с этой нормой расхода СП смесового препарата в соотношении 1 : 1 установлена максимальная биологическая эффективность против фузариоза – 54,8 %, при высоком дополнительном урожае – 0,44 т/га. При испытании СП смесового препарата в соотношении 1 : 2 защитный эффект против фузариоза составил 40,5 %, дополнительный урожай – 0,23 т/га. У смесового препарата в соотношении 1 : 3 биологическая эффективность против патогена достигала 56,0 %, при высоком дополнительном урожае – 0,54 т/га.

Более эффективным и экологически пластичным установлен смесовой препарат в соотношении грибного и бактериального компонентов 1 : 1, так как при сложившихся погодных условиях весной, благоприятных для грибного штамма, а во второй половине вегетации – для бактериального, при норме расхода 0,3 кг/т он показал высокую эффективность против возбудителей фузариоза (54,8 %) и способствовал получению дополнительного урожая 0,44 т/га.

Список литературы

1. Пивень В.Т., Шуляк И.И., Семеренко С.А., Солдатова В.В. Болезни, вредители и меры борьбы с ними // В кн.: Лен масличный: Селекция, семеноводство, технология возделывания и уборки. – Краснодар, 2008. – С. 139–167.
2. Семеренко С.А., Сердюк О.А., Медведева Н.В. Защита посевов льна масличного от болезней и вредителей в условиях Южного федерального округа РФ // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2011. – Вып. 1 (146–147). – С. 138–146.
3. Семеренко С.А., Курилова Д.А. Инкрустация семян льна масличного как способ защиты всходов от вредных организмов в условиях центральной зоны Краснодарского края // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 4 (172). – С. 125–133.
4. Курилова Д.А., Семеренко С.А. Защита посевов масличного льна от фузариоза в условиях центральной зоны Краснодарского края // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 4 (176). – С. 167–171.
5. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х., Даценко

Л.А., Ефимцева Е.А. Биологическая эффективность лабораторных образцов микробиопрепаратов на основе перспективных штаммов антагонистов против возбудителя фузариоза льна масличного на фоне искусственного заражения *in vitro* // Масличные культуры. – 2019. – Вып. 4 (180). – С. 128–132.

6. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х., Даценко Л.А., Ефимцева Е.А. Вторичный скрининг перспективных штаммов-продуцентов микробиопрепаратов против возбудителя фузариоза льна масличного на фоне искусственного заражения в почвосмеси // Масличные культуры. – 2020. – Вып. 1 (181). – С. 108–113.

7. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х. Элементы лабораторного регламента производства микробиопрепарата в препаративной форме смачивающийся порошок на основе бактерий-антагонистов из рода *Bacillus* // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2017. – Вып. 3 (171). – С. 93–96.

8. Маслиенко Л.В., Воронкова А.Х., Шипиевская Е.Ю. Элементы лабораторного регламента производства микробиопрепаратов в препаративной форме смачивающийся порошок на основе грибов-антагонистов из рода *Trichoderma* при поверхностном культивировании на жидких питательных средах // Масличные культуры. Науч.-тех. бюл. ВНИИМК. – 2018. – Вып. 1 (173). – С. 82–86.

9. ГОСТ 12041–82(66). Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 9 с.

10. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Баранов В.Ф. [и др.]. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общ. ред. В.М. Лукомца. Изд. второе, перераб. и допол. – Краснодар: ООО РИА «АлВи-дизайн», 2010. – 327 с.

11. Долженко В.И. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. – СПб, 2009. – 378 с.

References

1. Piven' V.T., Shulyak I.I., Semerenko S.A., Soldatova V.V. Bolezni, vrediteli i mery bor'by s nimi // V kn.: Len maslichnyy: Seleksiya, semenovodstvo, tekhnologiya vozdeleyvaniya i uborki. – Krasnodar, 2008. – S. 139–167.

2. Semerenko S.A., Serdyuk O.A., Medvedeva N.V. Zashchita posevov l'na maslichnogo ot bolezney i vrediteley v usloviyakh Yuzhnogo federal'nogo okruga RF // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2011. – Vyp. 1 (146–147). – S. 138–146.

3. Semerenko S.A., Kurilova D.A. Inkrustratsiya semyan l'na maslichnogo kak sposob zashchity vskhodov ot vrednykh organizmov v usloviyakh tsentral'noy zony Krasnodarskogo kraya // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2017. – Vyp. 4 (172). – S. 125–133.

4. Kurilova D.A., Semerenko S.A. Zashchita posevov maslichnogo l'na ot fuzarioza v usloviyakh tsentral'noy zony Krasnodarskogo kraya //

Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2018. – Vyp. 4 (176). – S. 167–171.

5. Maslienko L.V., Voronkova A.Kh., Datsenko L.A., Efimtseva E.A. Biologicheskaya effektivnost' laboratornykh obraztsov mikirobiopreparatov na osnove perspektivnykh shtammov antagonistov protiv vozbuditelya fuzarioza l'na maslichnogo na fone iskusstvennogo zarazheniya *in vitro* // Maslichnye kul'tury. – 2019. – Vyp. 4 (180). – S. 128–132.

6. Maslienko L.V., Voronkova A.Kh., Datsenko L.A., Efimtseva E.A. Vtorichnyy skringing perspektivnykh shtammov-produtsentov mikirobiopreparatov protiv vozbuditelya fuzarioza l'na maslichnogo na fone iskusstvennogo zarazheniya v pochvosmesi // Maslichnye kul'tury. – 2020. – Vyp. 1 (181). – S. 108–113.

7. Maslienko L.V., Voronkova A.Kh. Elementy laboratornogo reglamentata proizvodstva mikirobiopreparata v preparativnoy forme smachivayushchiysya poroshok na osnove bakteriy-antagonistov iz roda *Bacillus* // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2017. – Vyp. 3 (171). – S. 93–96.

8. Maslienko L.V., Voronkova A.Kh., Shipievskaya E.Yu. Elementy laboratornogo reglamentata proizvodstva mikirobiopreparatov v preparativnoy forme smachivayushchiysya poroshok na osnove gribov-antagonistov iz roda *Trichoderma* pri poverkhnostnom kul'tivirovanii na zhidkikh pitatel'nykh sredakh // Maslichnye kul'tury. Nauch.-tekh. byul. VNIIMK. – 2018. – Vyp. 1 (173). – S. 82–86.

9. GOST 12041–82(66). Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vlazhnosti. Sb. GOSTov. – M.: IPK Izdatel'stvo standartov, 2004. – 9 s.

10. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Baranov V.F. [i dr.]. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami / Pod obshch. red. V.M. Lukomtsa. Izd. vtoroe, pererab. i dopol. – Krasnodar: OOO RIA «AlVi-dizayn», 2010. – 327 s.

11. Dolzhenko V.I. Metodicheskie ukazaniya po registratsionnym ispytaniyam fungitsidov v sel'skom khozyaystve. – SPb, 2009. – 378 s.

Сведения об авторах

Л.В. Маслиенко, зав. лаб., гл. науч. сотр., д-р биол. наук

Л.А. Дейнега, мл. науч. сотр., аспирант

Е.А. Ефимцева, мл. науч. сотр., аспирант

Получено/Received

06.02.2024

Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed

12.02.2024

Получено после доработки/Manuscript revised

12.02.2024

Принято/Accepted

25.04.2024

Manuscript on-line

30.06.2024