ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

УДК 633.18:632.488:632.952:631.559 DOI: 10.31367/2079-8725-2025-99-4-84-89

ИЗУЧЕНИЕ ИНГИБИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НОВОГО ФУНГИЦИДА ЛАНЦЕЯ ПРОТИВ ВОЗБУДИТЕЛЯ ПИРИКУЛЯРИОЗА РИСА

С. В. Безмутко, научный сотрудник лаборатории фитопатологии, gsv709@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-4168-3779;
Т. А. Выборова, младший научный сотрудник лаборатории фитопатологии, tataop18@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-3420-9844
Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», 692684, Приморский край, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, д. 42а; e-mail: dalniizr@mail.ru

В статье представлены двухлетние (2021–2022 гг.) результаты исследований по оценке эффективности нового двухкомпонентного (125 г/л протиоконазола + 100 г/л пикоксистробина) фунгицида Ланцея, КМЭ против пирикуляриоза риса в условиях лабораторного и вегетационного опытов. Цель работы – изучить ингибирующую активность препарата против возбудителя пирикуляриоза риса, определить биологическую и хозяйственную эффективность, а также влияние на структуру урожая культуры. В рамках экспериментов были протестированы три дозировки: 0,8 л/га; 1,0 л/га и 1,2 л/га. В ходе первичных лабораторных испытаний на чистой культуре *Pyricularia oryzae* выявлена высокая подавляющая активность препарата в отношении приморской популяции патогена. Отмечено, что Ланцея во всех испытанных концентрациях существенно сдерживает рост колоний гриба. Внесение рабочего раствора фунгицида в лунки на питательной среде обеспечивает значительное профилактирующее действие на развитие *P. oryzae* в сравнении с необработанным контролем. Наблюдалась положительная динамика, даже при минимальной концентрации фунгицида происходило значительное уменьшение площади покрытия агара мицелием. В условиях вегетационного опыта установлено, что использование препарата в качестве фунгицида для обработки растений риса существенно снижает развитие пирикуляриоза. Под воздействием Ланцеи пораженность достоверно относительно контроля снижалась на 77,2 (0,8 л/га); 75,9 (1,0 л/га) и 67,1% (1,2 л/га). Зарегистрировано, что применение препарата в период вегетации оказало влияние на развитие растений и их продуктивность. При использовании Ланцеи наблюдались положительные эффекты: увеличение роста растений, массы зерна с одного растения и 1000 семян. Фунгицидная обработка посевов риса привела к значительному увеличению урожайности. Во всех экспериментальных вариантах с применением Ланцеи были зафиксированы статистически достоверные прибавки урожая.

Ключевые слова: *рис, пирикуляриоз, фунгицид, Ланцея, эффективность, урожайность.*

Для цитирования: *Безмутко С. В., Выборова Т. А. Изучение ингибирующего действия нового фунгицида Ланцея против возбудителя пирикуляриоза риса // Зерновое хозяйство России. 2025. Т. 17, № 4. С. 84–89. DOI: 10.31367/2079-8725-2025-99-4-84-89.*

(cc) BY

STUDY OF THE INHIBITORY EFFECT OF THE NEW FUNGICIDE ‘LANTSEYA’ AGAINST THE CAUSATIVE AGENT OF RICE BLAST

S. V. Bezmutko, researcher of the laboratory for phytopathology, gsv709@mail.ru,
ORCID ID: 0000-0003-4168-3779;
T. A. Vyborova, junior researcher of the laboratory for phytopathology, tataop18@gmail.com,
ORCID ID: 0000-0002-3420-9844
FERIPP, a branch of the FRC of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, 692684, Primorsky Region, v. of Kamen-Rybolov, Mir Str., 42a, e-mail: dalniizr@mail.ru

The current paper has presented the two-year (2021–2022) study results to estimate the efficiency of a new two-component (125 g/l prothioconazole + 100 g/l picoxystrobin) fungicide ‘Lantseya’, MEC against rice blast in laboratory and vegetation trials. The purpose of the work was to study the inhibitory activity of the product against the causative agent of rice blast, determine the biological and economic efficiency, as well as the effect on the crop yield structure. There have been tested three dosages of 0.8 l/ha, 1.0 l/ha and 1.2 l/ha. During the initial laboratory tests on pure culture of *Pyricularia oryzae*, there has been identified high suppressive activity of the product against the seaside population of the pathogen. There has been established that ‘Lantseya’ in all tested concentrations significantly inhibits the growth of fungal colonies. The introduction of the working solution of the fungicide on the nutrient medium has provided a significant preventive effect on the development of *P. oryzae*, compared to the untreated control. There was a positive dynamic, there was a significant decrease in the agar area covered with mycelium even at the minimum concentration of the fungicide. In the conditions of the vegetation trial there has been found that the use of the product as a fungicide for treating rice plants significantly reduces the blast development. Under the effect of ‘Lantseya’, the infestation significantly decreased by 77.2 (0.8 l/ha), 75.9 (1.0 l/ha) and 67.1 % (1.2 l/ha) relative to the control. There has been recorded that the use of the product during the vegetation period influenced

the development of plants and their productivity. There were positive effects when using 'Lantseya', such as increased plant growth, grain weight per plant and 1000-seed weight. Fungicidal treatment of rice crops has resulted in a significant productivity increase. There have been recorded statistically reliable productivity increases in all experimental variants using 'Lantseya'.

Keywords: *rice, blast, fungicide, Lantseya, efficiency, productivity.*

Введение. Рис является одной из основных культур и имеет жизненно важное значение для продовольственной безопасности более половины населения мира. Среди зерновых культур, возделываемых на земном шаре для питания, рис занимает второе место как по площади посева, так и по урожайности (Бондарева и др., 2005; Галицына и Дмитренко, 2022). Получению высоких и устойчивых урожаев препятствуют биотические и абиотические факторы, в частности, развитие комплекса вредоносных заболеваний (Брагина и др., 2022).

Немаловажную роль в снижении урожайности зерновых культур играют грибные болезни. Поражая надземные части растения, они вызывают отмирание тканей. Во всех рисосеющих странах, в том числе в России, основным патогеном, приводящим к значительным потерям урожая риса, является гриб *Magnoporthe grisea* (Hebert) Barr – возбудитель пирикуляриоза (*Pyricularia oryzae* Br. et Cav.) (Коротенко и др., 2018; Брагина, 2020; Сидоров и др., 2023). Характер проявления пирикуляриоза зависит от агроклиматических условий и генотипа. В условиях влажной теплой погоды на восприимчивых сортах риса часто обнаруживаются все формы поражения: узловая, метельчатая и листовая. Специалисты отмечают, что под действием других микроорганизмов патоген в почве обычно погибает, но хорошо перезимовывает на ее поверхности (Романова и др., 2009).

Агротехнические приемы снижают уровень вредоносности заболевания, но не обеспечивают полную защиту посевов. Для борьбы с пирикуляриозом широко используются химические средства (Брагина и Красовский, 2021). В современной практике защиты растений доминирующее положение занимают системные фунгициды, отличающиеся выраженным биологическим эффектом и пролонгированным действием. Однако существующий выбор противогрибковых средств существенно ограничен, что вынуждает аграриев прибегать к использованию препаратов, предназначенных для защиты суходольных культур. Такие средства, не прошедшие проверку эффективности против пирикуляриоза, часто демонстрируют низкую результативность при стандартных нормах внесения. В связи с этим возникает острая потребность в расширении ассортимента фунгицидов, способных эффективно противостоять пирикуляриозу.

Цель работы – изучить ингибирующую активность нового фунгицида Ланцея против возбудителя пирикуляриоза риса, определить биологическую и хозяйственную эффективность препарата, а также его влияние на структуру урожая культуры.

Материалы и методы исследований. В ходе двухлетних (2021–2022 гг.) научных исследований, проведенных в Дальневосточном НИИ защиты растений, была изучена эффективность нового фунгицида Ланцея, КМЭ в лабораторных и вегетационных условиях против пирикуляриоза риса. Препарат представляет собой двухкомпонентное средство, содержащее протиоконазол (125 г/л) и пикоксистробин (100 г/л). В рамках экспериментов были протестированы три дозировки Ланцеи: 0,8 л/га; 1,0 л/га и 1,2 л/га. Для сравнения использовался стандартный препарат Аканто Плюс, КС, содержащий пикоксистробин (200 г/л) и ципроконазол (80 г/л) в норме применения 0,7 л/га. Условия проведения опыта: четырехкратная повторность, расход рабочей жидкости 300 л/га, однократная обработка.

В ходе лабораторного исследования (2021 г.) проведены испытания фунгицидной активности изучаемого препарата в отношении пирикуляриоза риса на чистой культуре. Посев гриба *Pyricularia oryzae* (смесь рас, встречающихся в Приморском крае) проводили на агаризированную питательную среду. Предварительно в чистой среде вырезали круглые лунки диаметром 5 мм. Затем в каждую лунку вносили по 0,1 мл раствора фунгицида (0,2 мл на чашку Петри). Концентрацию рассчитывали в соответствии с рекомендуемыми нормами рабочего расхода препарата на 1 га. Водные растворы препаратов готовили в микробиологическом боксе в день эксперимента и использовали свежими сразу после разведения. В контрольные чашки добавляли дистиллированную стерильную воду. Высеянные на питательную среду изоляты инкубировали в термостате в течение 14 дней. На 7-е и 14-е сутки измеряли размер колоний *P. oryzae* и на основании этого делали выводы о действии препарата на развитие патогена.

В условиях вегетационного домика проведена оценка биологической и хозяйственной эффективности Ланцеи против пирикуляриоза риса. В ходе экспериментальной работы рис сорта Дальневосточный высаживали в сосуды, наполненные почвосмесью, по 15 семян в каждый. Инокуляцию проводили в фазу 4–5 листьев по общепринятой методике (Коваленко и др., 1988). Температура воздуха в вегетационном домике во время заражения растений составила 22,2 °С (2021 г.) и 24,9 °С (2022 г.) при относительной влажности воздуха 89 и 84% соответственно. В рамках исследования была использована коллекция ДВНИИЗР патогенных изолятов возбудителя пирикуляриоза для формирования инфекционного фона. Через 24 ч после инокуляции проводили обработку фунгицидами. Во время применения препаратов в вегетационном домике были отмечены сле-

дующие климатические условия: в 2021 г. – температура 24,1 °С и влажность 87 %, в 2022 г. – температура 26,8 °С и влажность 76 %. Учеты развития болезни на растениях риса осуществляли весь период вегетации культуры с интервалом 10–14 дней (Yamada and Kiyosawa, 1976). Финальная стадия исследования включала в себя полную уборку растений из сосудов с последующим детальным разбором сноповых образцов. Анализ полученных данных проводили с применением дисперсионного анализа согласно общепринятой методике (Доспехов, 2014).

Результаты и их обсуждение. Исследование воздействия фунгицида Ланцея на чистую культуру возбудителя пирикуляриоза выявило ряд закономерностей. Препарат продемонстрировал ингибирующее действие на рост грибковых колоний во всех протестированных дозировках. Наблюдалась положительная динамика: даже при минимальной концентрации фунгицида происходило значительное уменьшение площади покрытия агара мицелием. Дальнейшее увеличение концентрации препарата приводило к продолжению сокращения площади зарастания, при этом зафиксирована разница в эффективности между различными нормами расхода фунгицида (рис. 1, 2).

Рис. 1. Динамика роста мицелия *Pyricularia oryzae* под воздействием фунгицидов (7-й день эксперимента)
Fig. 1. Dynamics of *Pyricularia oryzae* mycelium growth under the impact of fungicides (7th day of the trial)

Рис. 2. Динамика роста мицелия *Pyricularia oryzae* под воздействием фунгицидов (14-й день эксперимента)
Fig. 2. Dynamics of *Pyricularia oryzae* mycelium growth under the impact of fungicides (14th day of the trial)

Через 7 дней после начала эксперимента зафиксировано, что в контрольном варианте площадь мицелия гриба составила 14,60 см^2. При этом применение фунгицида Ланцея показало значительное ингибирование роста патогена во всех исследуемых дозировках ($НСР_{05}$ = 1,87 см^2). Наибольшая эффективность в подавлении развития грибковой колонии продемонстрирована при использовании препарата в норме 1,0 л/га, размер колонии в этом варианте был на 94,9 % меньше показателя контроля. Через 14 суток культивирования площадь зарастания мицелия *P. oryzae* в контрольном варианте достигла 46,13 см^2. Опытный препарат достоверно ограничивал рост колонии патогена во всех вариантах применения на 47,7–97,8 % (рис. 3).

В ходе исследования эффективности препарата против пирикуляриоза в вегетационных условиях были получены высокие результаты в борьбе с заболеванием. Обработка растений риса препаратом Ланцея в фазу цветения продемонстрировала значительное уменьшение распространения болезни по сравнению с контрольным образцом. При различных дозировках фунгицида снижение развития заболевания составило: 46,3 в концентрации 0,8 л/га; 43,9 (1,0 л/га); 39,1 % (1,2 л/га). Использование стандартного препарата Аканто Плюс (0,7 л/га) позволило снизить развитие пирикуляриоза на 38,6 % относительно контрольного варианта (табл. 1).

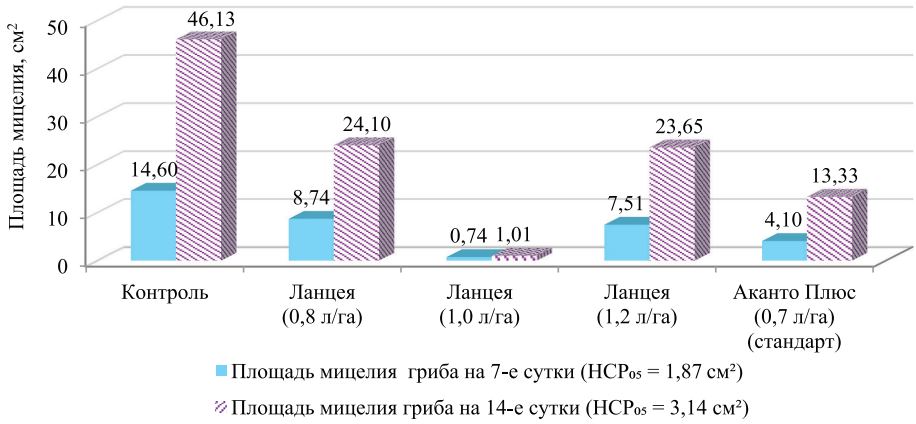

Рис. 3. Влияние фунгицидов на рост мицелия *Pyricularia oryzae* при внесении их на питательную среду
Fig. 3. Effect of fungicides on the growth of *Pyricularia oryzae* mycelium when added to the nutrient medium

Таблица 1. Оценка биологической эффективности фунгицидов против *Pyricularia oryzae* (среднее за 2021–2022 гг.)
Table 1. Estimation of biological efficiency of fungicides against *Pyricularia oryzae* (mean in 2021–2022)

Вариант	Фаза развития растения			Площадь под кривой, усл.ед.	Эффективность, %
	цветение	молочная спелость	восковая спелость		
	интенсивность развития болезни, %				
Контроль	57,3	47,8	36,9	3280,7	–
Ланцея (0,8 л/га)	11,0	8,6	8,7	748,5	77,2
Ланцея (1,0 л/га)	13,4	7,5	12,0	789,4	75,9
Ланцея (1,2 л/га)	18,2	15,6	18,0	1080,4	67,1
Аканто Плюс (0,7 л/га) (стандарт)	18,7	10,8	11,7	1004,2	69,4
$НСР_{05}$	8,4	8,0	9,9	338,0	–

В ходе исследований было установлено, что препарат Ланцея эффективно защищает рис от пирикуляриоза не только в фазу цветения, но и в период молочной спелости зерна. В этот период снижение развития болезни составило: 39,2 % при дозировке 0,8 л/га; 40,3 (1,0 л/га); 32,2 % (1,2 л/га). Для сравнения: стандартный препарат Аканто Плюс (0,7 л/га) обеспечил снижение развития болезни на 37 % (табл. 1). Применение фунгицида в период вегетации оказало влияние на развитие растений и их продуктивность. При использовании Ланцеи наблюдались положительные эффекты. Увеличение роста растений на 7,2 см (0,8 л/га); 8,6 см (1,0 л/га); 11,9 см (1,2 л/га). Препарат в нормах применения 1,0 и 1,2 л/га повысил показатель массы зерна с одного растения и массы 1000 семян на 7,56 г (0,8 л/га); 9,11 г (1,0 л/га); 7,95 г (1,2 л/га) (табл. 2).

Таблица. 2. Структурные характеристики урожая риса под влиянием фунгицидов (среднее за 2021–2022 гг.)
Table. 2. Structural characteristics of rice yield under the impact of fungicides (mean in 2021–2022)

Вариант	Показатель структуры урожая					
	высота растений, см	длина метелки, см	масса соломы, г/раст.	масса зерна, г/раст.	масса 1000 зерен, г	количество сохранившихся растений на сосуд, шт.
Контроль (инокулированный, без обработки фунгицидом)	99,5	16,5	1,59	1,18	20,57	12,4
Ланцея (0,8 л/га)	106,7*	16,6	1,64	1,37	28,13*	13,8
Ланцея (1,0 л/га)	108,1*	16,7	1,60	1,45*	29,68*	13,6
Ланцея (1,2 л/га)	111,4*	16,9	1,75	1,53*	28,52*	13,1
Аканто Плюс (0,7 л/га) (стандарт)	106,6*	17,3	1,89	1,55*	28,30*	13,0
$НСР_{05}$	4,5	1,2	0,36	0,27	2,72	1,5

*Примечание. * – достоверная разница с контролем.*

Фунгицидная обработка посевов риса привела к значительному увеличению урожайности. Во всех экспериментальных вариантах с применением Ланцеи были зафиксирова-

ны статистически достоверные прибавки урожая: 4,17 г при норме расхода 0,8 л/га; 5,08 г (1,0 л/га); 5,23 г (1,2 л/га) ($НСР_{05}$ = 2,93 г/сосуд) (рис. 4).

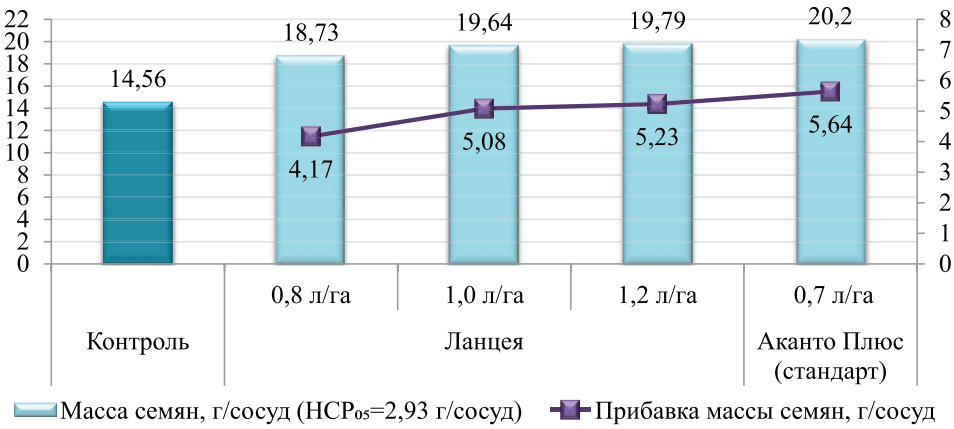

Рис. 4. Воздействие фунгицидов на урожайность риса (среднее за 2021–2022 гг.)
Fig. 4. Effect of fungicides on rice productivity (men in 2021–2022)

Таким образом, препарат не только эффективно защищает растения от болезни, но и способствует их более активному росту и повышению урожайности.

Выводы. В результате проведенных исследований в Приморском крае была подтверждена высокая ингибирующая активность нового фунгицида Ланцея в борьбе с пирикуляриозом риса. Важно отметить следующие ключевые моменты.

1. Препарат продемонстрировал положительные результаты как в лабораторных условиях, так и в ходе вегетационных опытов.

2. Фунгицид безопасен для культуры: отсутствуют фитотоксическое действие и ретардантный эффект на растения риса.

3. Отмечено положительное воздействие применения препарата: улучшение показателей структуры урожая, существенное увеличение объема урожая – на 4,17–5,23 г/сосуд относительно контроля.

4. Установлены оптимальные дозировки: максимальная биологическая эффективность 77,2 и 75,9 % достигается при использовании препарата в дозировках 0,8 и 1,0 л/га соответственно.

Эти результаты позволяют рекомендовать фунгицид Ланцея как эффективное средство защиты риса от пирикуляриоза с благоприятным профилем безопасности и высокой практической эффективностью.

Финансирование. Государственное задание № 075-00804-22-00/3 Дальневосточному научно-исследовательскому институту защиты растений – филиалу Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки».

Библиографический список

1. Бондарева Т. Н., Дмитренко Н. Н., Шеуджен А. Х. Влияние воздушно-теплового обогрева и обогащения Mn семян риса на рост, развитие и фотосинтез растений // Агрохимия. 2005. № 10. С. 53–58.

2. Брагина О. А. Идентификация источников устойчивости риса к пирикуляриозу // Растениеводство и луговодство: сборник статей Всероссийской научной конференции с международным участием (Москва, 18–19 октября 2020 года). М.: ЭйПиСиПаблишинг, 2020. С. 135–138.

3. Брагина О. А., Красовский Д. Г. Демонстрационные испытания фунгицидов при защите посевов риса от пирикуляриоза в условиях Краснодарского края // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 91. С. 41–45. DOI: 10.21515/1999-1703-91-41-45

4. Брагина О. А., Оглы А. М., Бородин Д. Ю. Результаты демонстрационных испытаний фунгицида Амистар Топ при защите риса от пирикуляриоза // Рисоводство. 2022. № 1(54). С. 41–45. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-54-1-41-45

5. Галицына Д. Г., Дмитренко Н. Н. Система защиты риса от пирикуляриоза в Красноармейском районе // The Scientific Heritage. 2022. № 96(96). С. 7–10. DOI: 10.5281/zenodo.7049511

6. Коротенко Т. Л., Брагина О. А., Супрун И. И., Мухина Ж. М., Епифанович Ю. В., Петрухненко А. А., Хорина Т. А. Резистентность к возбудителю пирикуляриоза и морфобиологические особенности генотипов коллекции *Oryza sativa* L. из разных эколого-географических групп в условиях Кубанской зоны рисосеяния // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22, № 1. С. 69–78. DOI: 10.18699/VJ18.333

7. Романова Т. С., Аверьянов А. А., Пасечник Т. Д., Лапикова В. П., Бейкер К. Д. Устойчивость риса к пирикуляриозу, вызванная поверхностным увлажнением листьев перед заражением // Физиология растений. 2009. Т. 56. № 3. С. 431–436.

8. Сидоров Н. М., Астахов М. М., Асатурова А. М., Дубяга В. М., Томашевич Н. С., Козицын А. Е. Первичный скрининг бактерий, обладающих фунгицидной активностью к возбудителю пирикуля-

риоза риса *Magnaporthe oryzae* // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 8. С. 47–52. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_47

References

1. Bondareva T. N., Dmitrenko N. N., Sheudzhen A. X. Vliyanie vozdushno-teplovogo obogreva i obogashcheniya Mn semyan risa na rost, razvitie i fotosintez rastenii [The effect of air-thermal heating and enrichment of rice seeds with Mn on growth, development and plant photosynthesis] // Agrokhimiya. 2005. № 10. S. 53–58.

2. Bragina O. A. Identifikatsiya istochnikov ustoichivosti risa k pirikulyariozu [Identification of sources of rice blast resistance] // Rastenievodstvo i lugovodstvo: sbornik statei Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem (Moskva, 18–19 oktyabrya 2020 goda). M.: EiPiSiPablishing, 2020. S. 135–138.

3. Bragina O. A., Krasovskii D. G. Demonstratsionnye ispytaniya fungitsidov pri zashchite posevov risa ot pirikulyarioza v usloviyakh Krasnodarskogo kraya [Demonstration tests of fungicides in protecting rice from blast in the Krasnodar Territory] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2021. № 91. S. 41–45. DOI: 10.21515/1999-1703-91-41-45

4. Bragina O. A., Ogly A. M., Borodin D. Yu. Rezul'taty demonstratsionnykh ispytanii fungitsida Amistar Top pri zashchite risa ot pirikulyarioza [The results of demonstration tests of the fungicide 'Amistar Top' in protecting rice from blast] // Risovodstvo. 2022. № 1(54). S. 41–45. DOI: 10.33775/1684-2464-2022-54-1-41-45

5. Galitsyna D. G., Dmitrenko N. N. Sistema zashchity risa ot pirikulyarioza v Krasnoarmeiskom raione [Rice protection system from blast in the Krasnoarmeysky district] // The Scientific Heritage. 2022. № 96(96). S. 7–10. DOI: 10.5281/zenodo.7049511

6. Korotenko T. L., Bragina O. A., Suprun I. I., Mukhina Zh. M., Epifanovich Yu. V., Petrukhnenko A. A., Khorina T. A. Rezistentnost' k vozbuditelyu pirikulyarioza i morfobiologicheskie osobennosti genotipov kollektsii *Oryza sativa* L. iz raznykh ekologogeograficheskikh grupp v usloviyakh Kubanskoi zony risoseyaniya [Blast pathogen resistance and morphobiological features of the genotypes of the *Oryza sativa* L. collection from different ecogeographical groups in the Kuban rice-growing area] // Vavilovskii zhurnal genetiki i selektsii. 2018. T. 22, № 1. S. 69–78. DOI: 10.18699/VJ18.333

7. Romanova T. S., Aver'yanov A. A., Pasechnik T. D., Lapikova V. P., Beiker K. D. Ustoichivost' risa k pirikulyariozu, vyzvannaya poverkhnostnym uvlazhneniem list'ev pered zarazheniem [Rice resistance to blast caused by surface moistening of leaves before infection] // Fiziologiya rastenii. 2009. T. 56. № 3. S. 431–436.

8. Sidorov N. M., Astakhov M. M., Asaturova A. M., Dubyaga V. M., Tomashevich N. S., Kozitsyn A. E. Pervichnyi skrining bakterii, obladayushchikh fungitsidnoi aktivnost'yu k vozbuditelyu pirikulyarioza risa *Magnaporthe oryzae* [Primary screening of bacteria with fungicidal activity against the rice blast pathogen Magnaporthe oryzae] // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2023. T. 37, № 8. S. 47–52. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_47

Поступила: 07.05.25; доработана после рецензирования: 06.06.25; принята к публикации: 06.06.25.

Критерии авторства. Авторы статьи подтверждают, что имеют на статью равные права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторский вклад. Безмутко С. В., Выборова Т. А. – концептуализация исследования, анализ данных и их интерпретация, подготовка лабораторных и вегетационных опытов, выполнение лабораторных и вегетационных опытов, сбор данных, подготовка рукописи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.