

АГРОНОМИЯ

Научная статья

УДК 581.1:631.8

doi: 10.47737/2307-2873_2022_37_14

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РОСТ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ САРЕПТСКОЙ (*BRASSICA JUNCEA* Czern.)

© 2022. Геннадий Александрович Воробейков¹,

Виталий Николаевич Лебедев², Григорий Абунаимович Ураев^{3✉},

¹Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия,

^{2, 3}Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия,

¹antares-80@yandex.ru,

³uraev.ga@yandex.ru

Аннотация. В условиях полевых опытов изучено действие предпосевной инокуляции и внесения возрастающих доз минерального азота на ростовые процессы и продуктивность горчицы сарептской (*Brassica juncea* Czern.) сорта Старт (к-4259). Морфометрические параметры и продуктивность сухой массы учитывались в период укосной спелости – фазе активного цветения. В работе использовались четыре бактериальных препарата: агрофил (*Agrobacterium radiobacter*, шт. 10), мизорин (*Arthrobacter mysorens*, шт. 7), мобилин (*Pseudomonas fluorescens*, шт. ПГ-5) и флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, шт. 30). Минеральный азот вносили в дозах от N₃₀ до N₁₂₀ на фоне РК из расчета по 60 кг/га. Показано, что применение ризобактерий увеличивало высоту растений до 7-5%, число листьев – до 8-73%, боковых побегов – до 74 и сухую массу – до 30-35%. Наиболее эффективными относительно, изучаемых параметров, оказались препараты флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, шт. 30) и мобилин (*Pseudomonas sp.*, шт. ПГ-5), что соответствовало внесению азота на уровне N₆₀ и N₉₀. Так, наибольшая продуктивность сухой массы растений горчицы отмечена в опыте с внесением 60-90 кг/га минерального азота (на 39-44%).

Ключевые слова: ассоциативные ризобактерии, инокуляция, горчица сарептская, азотные удобрения, возрастающие дозы азота, продуктивность, сухая масса, экономический эффект.

Введение. Новые биотехнологические методы в последнее время все интенсивнее внедряются в связи с развитием интереса к экологизации и необходимостью повышения устойчивости мирового земледелия [1]. При этом далеко не последняя роль отводится

почвенной микрофлоре, особенно из числа ассоциативных азотфиксирующих бактерий [2, 3]. Известно [4, 5], что они способны не только улучшать минеральное питание, но и улучшать фитосанитарное состояние корневой зоны. Поэтому обогащение ризосферы культурных растений ростостимулирующими штаммами микроорганизмов способствует повышению их продуктивности и стрессоустойчивости к таким неблагоприятным внешним факторам, как почвенная засуха, наступившая даже в критический период развития растительного организма [6]. Это имеет особенно большое значение для стимуляции продуктивности небобовых растений, обеспечивая до 45% потребности растений в азоте при благоприятных условиях [7].

В результате подобные экологические методы все чаще рассматриваются как альтернатива традиционным способам применения химических удобрений. По некоторым данным, современные биотехнологические приемы могут частично [8, 9] или даже полностью [10] заменить химические технологии. С другой стороны, небольшое внесение минерального азота интенсифицирует процесс биологической азотфиксации ризосферных бактерий в 2-4 раза, а азотное голодание – ингибирует [11].

Цель исследования заключалась в изучении влияния инокуляции семян ассоциативными ризобактериями и внесения минеральных азотных удобрений на продуктивность зеленой массы горчицы сарептской.

Методика. Исследования проводились в 2018-2019 и 2021 гг. на опытном поле агробиологической станции ФГБОУ ВО «РГПУ им. А.И. Герцена» в условиях Ленинградской области по стандартной методике [12]. Полевые эксперименты закладывались на среднекультуренной, супесчаной дерново-подзолистой почве, с реакцией среды близкой

к нейтральной ($pH_{KCl} - 5,7$) и средней обеспеченностью гумусом (1,5%); содержание подвижных форм фосфора (147 мг/кг) и калия (120 мг/кг) определяли по методу А.Т. Кирсанова. Учетная площадь каждой делянки 1 м². До проведения опытов на протяжении трех лет на участках проводились уравнительные посевы злаковой смеси (ячмень, овес и пшеница). Погодные условия в годы исследований по среднемесячным температурам и сумме осадков за месяц были сопоставимы друг с другом и существенно не отличались.

Объектом исследования служила горчица сарептская (*Brassica juncea* Czern.) сорта Старт (к-4259) – малораспространенная культура, имеющая ценное кормовое и сидеральное значение для Северо-запада РФ [13]. Семена были предоставлены ФГБНУ ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР)». В одном опыте семена растений были инокулированы биопрепаратами на основе ассоциативных ризобактериальных штаммов: агрофил (*Agrobacterium radiobacter*, шт. 10), мобилин (*Pseudomonas sp.*, шт. ПГ-5), мизорин (*Arthrobacter mysorens*, шт. 7) и флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, шт. 30), предоставленные лабораторией экологии симбиотических и ассоциативных ризобактерий ФБГНУ «Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии». Для этого непосредственно перед посевом они поливались заранее разведенной суспензией с титром 10⁷ КОЕ/мл. В контрольном варианте (без инокуляции) семена поливали водой.

В другом полевом эксперименте в почву вносились минеральные удобрения, минеральные элементы в которых пересчитывались на действующее вещество (д.в.): аммиачная селитра (34,4% д.в. N), простой

гранулированный суперфосфат (26% д.в. P_2O_5) и сульфат калия (50% д.в. K_2O). В качестве одинарной дозы (фона) использовалась норма из расчета 60 кг действующего вещества на гектар почвы ($N_{60}P_{60}K_{60}$), характерная для большинства культур в северо-западной почвенно-климатической зоны РФ. Удобрения вносились перед посевом семян в почву вразброс согласно схеме опыта: 1) контроль – без удобрений ($N_0P_0K_0$); 2) $N_{30}P_{60}K_{60}$; 3) $N_{60}P_{60}K_{60}$; 4) $N_{90}P_{90}K_{60}$; 5) $N_{120}P_{60}K_{60}$.

Повторность всех вариантов опыта – четырехкратная. Морфометрические параметры ростовых процессов и продуктивность растений оценивались в фазе активного цветения (укосной спелости). Продолжительность опыта с момента посева (вторая декада мая) до фазы цветения (первая декада июля) составила 54 дня. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом [14].

Инокуляция бактериальными препаратами горчицы белой влияла на результаты

оценки изменения дохода аграрного предприятия по отношению к контролю, что определяется как экономический эффект [15].

Результаты. Результаты исследований полевых опытов показали, что инокуляция биопрепаратами, а также высокие дозы азота ($N_{120}P_{60}K_{60}$) оказывают положительное действие на высоту горчицы сарептской (табл. 1). В фазе полного цветения высота растений наиболее значительно превышала контрольные показатели (87,3 см) при инокуляции флавобактерином (на 13,4 см) и мобилином (на 13,2 см). При внесении двойной дозы азота (120 кг/га) линейный рост увеличивался практически до таких же значений – 104,0 см, однако прибавки к контролю в этом опыте были более существенные (на 36%). Прибавки высоты при внесении дозы N_{30} (80,1 см) достоверно сопоставимы с N_{60} (81,5 см), а уже на фоне N_{90} это увеличение было существенным (88,9 см).

Таблица 1

Влияние инокуляции семян биопрепаратами и внесения возрастающих доз минерального азота на ростовые процессы горчицы сарептской, (среднее за 3 года)

| Варианты | Высота растений | | Число листьев | |
|----------------------------------|-----------------|-----|---------------|-----|
| | см | % | шт./раст. | % |
| Применение биопрепаратов | | | | |
| Контроль | 87,3 | 100 | 4,6 | 100 |
| Агрофил | 97,4 | 112 | 6,7 | 146 |
| Мизрин | 100,1 | 115 | 7,1 | 155 |
| Мобилин | 100,5 | 116 | 8,6 | 187 |
| Флавобактерин | 100,7 | 119 | 7,9 | 173 |
| НСП ₀₅ | 6,8 | - | 2,1 | - |
| Применение минеральных удобрений | | | | |
| Контроль | 76,5 | 100 | 5,0 | 100 |
| $N_{30}P_{60}K_{60}$ | 80,1 | 105 | 5,9 | 119 |
| $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 81,5 | 106 | 7,5 | 151 |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 88,9 | 116 | 8,7 | 175 |
| $N_{120}P_{60}K_{60}$ | 104,0 | 136 | 9,3 | 185 |
| НСП ₀₅ | 3,6 | - | 1,8 | - |

Лист растения представляет собой не только важнейший ассимиляционный орган, но и важнейший структурный элемент продуктивности зеленой массы.

В опыте с использованием ризобактерий число листьев в пересчете на одно растение достоверно одинаково увеличивалось при использовании трех бактериальных препара-

тов: мизорина, флавобактерина и мобилина, несмотря на то, что максимальные показатели наблюдались при посевной обработке семян ассоциативными штаммами псевдомонад в основе мобилина (8,6 шт./раст.), что превышало контрольный вариант без инокуляции (4,6 шт./раст.) на 87%.

Полученные данные соответствовали внесению 90 кг/га, где количество листьев составляло 8,7 шт./раст., что превышало контроль на 75%. При этом достоверные прибавки отмечались уже в варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ (7,5 шт./раст.), сопоставимые с внесением 90 кг/га (8,7 шт./раст.). Наиболее значительные показатели (9,3 шт./раст.) наблюдались при внесении максимальной дозы азота.

Помимо количества листьев, важнейшим элементом продуктивности зленой массы служит густота стояния стеблестоя, которая определяется способностью растения

формировать определенное количество боковых побегов. Известно [16], что ассоциативные ризобактерии способны продуцировать фитогормоны, что активно стимулирует развитие вегетативных органов растения. Кроме того [17], обеспечение растений минеральным азотом также способствует интенсивному развитию надземных органов и повышению их урожайности.

В наших исследованиях показано, что растения горчицы во всех опытных вариантах, семена которых прошли бактеризацию, формировали одинаково большее количество боковых побегов относительно контроля (табл. 1). В среднем этот показатель увеличился по всем использованным в опыте препаратам – до 3,3-3,6 шт./раст., в сравнении с неинокулированным вариантом (2,1 шт./раст.).

Таблица 2

Число боковых побегов и сухая масса растений надземных органов горчицы сарептской в зависимости биопрепарата и от дозы азотных удобрений, (среднее за 3 года)

| Варианты | Число боковых побегов | | Сухая масса надземных органов растений | |
|----------------------------------|-----------------------|-----|--|-----|
| | шт./раст. | % | ц/га | % |
| Применение биопрепаратов | | | | |
| Контроль | 2,1 | 100 | 28,1 | 100 |
| Агрофил | 3,3 | 158 | 28,9 | 110 |
| Мизрин | 3,3 | 158 | 29,7 | 120 |
| Мобилин | 3,3 | 158 | 30,6 | 130 |
| Флавобактерин | 3,6 | 174 | 31,8 | 135 |
| НСР ₀₅ | 0,9 | - | 1,1 | - |
| Применение минеральных удобрений | | | | |
| Контроль | 1,5 | 100 | 29,8 | 100 |
| $N_{30}P_{60}K_{60}$ | 2,1 | 139 | 34,4 | 115 |
| $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 2,2 | 144 | 41,4 | 139 |
| $N_{90}P_{60}K_{60}$ | 2,2 | 144 | 43,0 | 144 |
| $N_{120}P_{60}K_{60}$ | 2,3 | 150 | 46,0 | 154 |
| НСР ₀₅ | 0,6 | - | 4,3 | - |

Результаты исследований в отношении изменения числа боковых побегов в опыте с использованием минеральных удобрений показали, что внесение азота достоверно способствует их возрастанию уже при дозе

30 кг/га (2,1 шт./раст.) в сравнении с контролем (1,5 шт./раст.). При этом отмечено дальнейшее достоверное увеличение числа побегов, хотя максимальное количество (2,3 шт./раст.) наблюдалось на фоне 120 кг/га.

Инокуляция семян положительно повлияла на продуктивность сухой надземной массы горчицы сарептской во всех опытных вариантах. Достоверно повышающими продуктивностью оказались ризобактерии в составе флавобактерина, мобилина и мизорина. Наиболее эффективной и сопоставимой по результату друг с другом, оказалась бактериализация семенного материала флавобактерином (31,8 ц/га) и мобилином (30,6 ц/га), стимулируя формирование продуктивности к контролю (28,1 ц/га) на 35% и 30% соответственно.

Выращивание растений на возрастающих дозах азота в наших опытах способствовало повышению продуктивности сухого вещества горчицы на 39% при внесении 60 кг/га (до 41,4 ц/га), относительно контроля (29,8 ц/га). Следующая азотная доза – 90 кг/га сопоставима с предыдущим вариантом (43,0 ц/га). Дальнейшее увеличение сухой массы до 46 ц/га на фоне двойной дозы азота – $N_{120}P_{60}K_{60}$ нельзя считать достоверным. Более того [18], в такой надземной массе часто происходит накопление нитратных форм азо-

та, уровень которых заметно превышает предельно допустимые нормы. В то же самое время такой эффект при использовании биопрепаратами обычно не отмечается [19].

Выводы. Таким образом, результаты проведенных полевых опытов показали, что бактериализация семян растений *Brassica juncea* Czern. ассоциативными штаммами ризобактерий, входящими в состав изучаемых бактериальных препаратов, а также возрастающие дозы минеральных удобрений стимулируют ростовые процессы и продуктивность сухой надземной массы. Так, применение ризобактерий увеличивало высоту растений до 7-5% , число листьев до 8-73%, боковых побегов до 74 и сухую массу до 30-35%. Наиболее эффективными относительно рассмотренных нами параметров оказались препараты флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, шт. 30) и мобилин (*Pseudomonas sp.*, шт. ПГ-5), что соответствовало внесению азота на уровне N_{60} и N_{90} . Так, наибольшая продуктивность сухой массы растений горчицы отмечена в опыте с внесением 60-90 кг/га минерального азота (на 39-44%).

Список источников

1. Занилов А.Х., Яхтанигова Ж.М. К органическому сельскому хозяйству через биологизацию // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2016. № 1(9). С. 47-52.
2. Тихонович И.А., Завалин А.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ // Плодородие. 2016. № 5. С. 28-32.
3. Ivanov A.L. Soil cover of Russia: state, information resource, research problems and applied problems (on the 100th anniversary of academician G.V. Dobrovolsky) // Bulletin Soil Institute of V.V. Dokuchaev. 2016. vol. 82. P. 139-155.
4. Завалин А.А., Алферов А.А., Чернова Л.С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур // Агрехимия. 2019. № 8. С. 83-96.
5. Лебедев В.Н., Ураев Г.А. Перспективность инокуляции семян горчицы белой и сарептской ассоциативными азотфиксирующими штаммами ризобактерий // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2015. № 11. С. 21-25.
6. Лебедев В.Н., Воробейков Г.А., Ураев Г.А. Физиологическая особенность и продуктивность горчицы белой при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями при нормальном увлажнении и почвенной засухе // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2021. № 3. С. 52-58.
7. Брескина Г.М. Чуян Г.М. Роль биопрепаратов и азотных удобрений в формировании продуктивности гречихи в условиях Курской области // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 2. С. 39-42.
8. Лебедев В.Н., Воробейков Г.А. Продуктивность растений семейства *Brassicaceae* при инокуляции семян ассоциативными ризобактериями // Труды Карельского научного центра РАН. № 12, 2017. С. 80-86.
9. Накаряков А.М., Завалин А.А. Влияние биопрепаратов и удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на светло-серой лесной почве // Плодородие. 2021. № 4 (121). С. 26-30.
10. Uzma F., Chowdappa S. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) mediated plant disease resistance // Agricultural Research Updates, 2017. P. 187-251.

11. Ha Tran D.M., Nguyen T.T.M., Hung S.H., Huang C.C., Huang E. Roles of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in stimulating salinity stress defense in plants: A review // *International Journal of Molecular Sciences*. 2021. Vol. 22. № 6. P. 1-38.
12. Нарушева Е.А. Методы исследований в агрохимии: учебное пособие. Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ». 2014. 90 с.
13. Монастырский В.А., Бабичев А.Н., Ольгаренко В.И., Сухарев Д.В. Возделывание горчицы сарептской в качестве сидерата // *Плодородие*. 2019. № 5(110). С. 45-47.
14. Лебедев В.Н., Ураев Г.А. Основы обработки экспериментальных данных с использованием табличного процессора Excel: учебное пособие для студентов педагогических специальностей. СПб: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2021. 56 с.
15. Ураев Г.А., Лебедев В.Н. Оценивание эколого-экономических рисков воздействия на окружающую среду сельскохозяйственных предприятий // *Эколого-географические аспекты природопользования, рекреации, туризма. Сборник материалов научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России 8-9 ноября 2017 года*. Курган, 2017. 132-136 с.
16. Basu A., Prasad P., Das S.N., Kalam S., Sayyed R.Z., Reddy M.S., Enshasy H.E. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects // *Sustainability*. 2021. Vol. 13. № 3. P. 1-20.
17. Кузнецов О.О., Курсакова В.С. Сравнительная оценка влияния биопрепаратов и минеральных удобрений на формирование урожайности сортов яровой твёрдой пшеницы в условиях колочной степи Алтайского края // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013. № 11 (109). С. 5-9.
18. Gupta G., Chaturvedi H., Snehi S.K., Prakash A. The role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for improvement of sustainable agriculture // *Plant Growth Promoting Microorganisms: Microbial Resources for Enhanced Agricultural Productivity*. 2019. P. 67-86.
19. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. Саратов: ООО «Амирит». 2019. 252 с.

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE EFFECT OF BIOLOGICAL PREPARATIONS
AND MINERAL FERTILIZERS ON THE GROWTH AND PRODUCTIVITY OF SAREPTA
MUSTARD (*BRASSICA JUNCEA* Czern.)**

© 2022. Gennady A. Vorobeykov¹, Vitaly N. Lebedev²,

Grigory A. Uraev³✉,

¹Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen, St. Petersburg, Russia,

^{2,3}Petersburg State University of Communications of Emperor Aleksander I, St. Petersburg, Russia,

¹antares-80@yandex.ru

³uraev.ga@yandex.ru

Abstract. The research was held in conditions of field experiments, the influence of pre-sowing inoculation and the introduction of increasing doses of mineral nitrogen on the growth processes and productivity of brown mustard (*Brassica juncea* Czern.) of the var. Start (k-4259). Morphometric parameters and productivity of dry mass were taken into account during the period of sloping ripeness – the phase of active flowering. Four bacterial preparations were used in the work: agrofil (*Agrobacterium radiobacter*, strain 10), mizorin (*Arthrobacter mysorens*, strain 7), mobilin (*Pseudomonas fluorescens*, strain PG-5) and flavobacterin (*Flavobacterium sp.*, strain 30). From mineral doses of nitrogen, nitrogen norms from N₃₀ to N₁₂₀ were applied against the background of PK at the rate of 60 kg/ha. The results of the conducted studies have shown the stimulating effect of bacterial preparations and the introduction of increasing doses of mineral nitrogen on plants. The best result is provided when using fertilizers, by the norm N₁₂₀P₆₀K₆₀. The most effective rhizobacterial strains were *Flavobacterium sp.*, str. 30 and *Pseudomonas fluorescens*, str. PG-5. The data obtained roughly correspond-

ed to nitrogen deposition at the N_{90} and N_{120} levels. The highest productivity of the dry mass of above-ground organs was formed in the experiment with the use of mineral fertilizers.

Key words: associative rhizobacteria, inoculation, brown mustard, nitrogen fertilizers, increasing doses of nitrogen, productivity, dry weight, economic effect.

References

1. Zanilov A.H., YAhtanigova ZH.M. K organicheskomu sel'skomu hozyajstvu cherez biologizaciyu (Towards organic agriculture through biologization), *Innovacii v APK: problemy i perspektivy*, 2016, No. 1(9). P. 47-52.
2. Tihonovich I.A., Zavalin A.A. Perspektivy ispol'zovaniya azotfiksiruyushchih i fitostimuliruyushchih mikroorganizmov dlya povysheniya effektivnosti agropromyshlennogo kompleksa i uluchsheniya agroekologicheskoy situacii RF (Prospects for the use of nitrogen-fixing and phytostimulating microorganisms to increase the efficiency of the agro-industrial complex and improve the agroecological situation of the Russian Federation), *Plodorodie*, 2016, No. 5, P. 28-32.
3. Ivanov A.L. Soil cover of Russia: state, information resource, research problems and applied problems (on the 100th anniversary of academician G.V. Dobrovolsky), *Bulletin Soil Institute of V.V. Dokuchaev*, 2016, vol. 82, P. 139-155.
4. Zavalin A.A., Alferov A.A., Chernova L.S. Associativnaya azotfiksaciya i praktika primeneniya biopreparatov v posevah sel'skohozyajstvennykh kul'tur (Associative nitrogen fixation and the practice of using biological products in agricultural crops), *Agrohimiya*, 2019, No. 8, P. 83-96.
5. Lebedev V.N., Uraev G.A. Perspektivnost' inokulyacii semyan gorchicy belo j i sareptskoj associativnymi azotfiksiruyushchimi shtammami rizobakterij (Perspectives on inoculation of seeds of white and brown mustard with associative nitrogen-fixing rhizobacteria strains), *Nauchno-prakticheskij zhurnal Permskij agrarnyj vestnik*, 2015, No. 11, P. 21-25.
6. Lebedev V.N., Vorobejkov G.A., Uraev G.A. Fiziologicheskaya osobennost' i produktivnost' gorchicy belo j pri inokulyacii semyan associativnymi rizobakteriyami pri normal'nom uvlazhnenii i pochvennoj zasuhe (Physiological features and productivity of white mustard at inoculation of seeds by associative rhizobacteria under normal moisture and soil drought), *Nauchno-prakticheskij zhurnal Permskij agrarnyj vestnik*, 2021, No. 3, P. 52-58.
7. Breskina, G.M. Chuyan G.M. Rol' biopreparatov i azotnykh udobrenij v formirovanii produktivnosti grechihi v usloviyah Kurskoj oblasti (The role of biological products and nitrogen fertilizers in the formation of buckwheat productivity in the conditions of the Kursk region), *Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka*, 2021, No. 2, P. 39-42.
8. Lebedev V.N., Vorobejkov G.A. Produktivnost' rastenij semejstva *Brassicaceae* pri inokulyacii semyan associativnymi rizobakteriyami (Productivity of *Brassicaceae* plants inoculated with bacterial preparations), *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra RAN*, No. 12, 2017, P. 80-86.
9. Nakaryakov A.M., Zavalin A.A. Vliyanie biopreparatov i udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna ozimoj pshenicy na svetlo-seroj lesnoj pochve (The effect of biological products and fertilizers on the yield and quality of winter wheat grain on light gray forest soil), *Plodorodie*, 2021, No. 4 (121), P. 26-30.
10. Uzma F., Chowdappa S. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) mediated plant disease resistance, *Agricultural Research Updates*, 2017, P. 187-251.
11. Ha Tran D.M., Nguyen T.T.M., Hung S.H., Huang C.C., Huang E. Roles of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in stimulating salinity stress defense in plants: A review, *International Journal of Molecular Sciences*, 2021, Vol. 22, No. 6, P. 1-38.
12. Narusheva E.A. Metody issledovanij v agrohimii: uchebnoe posobie (Research methods in agrochemistry: a textbook). Saratov FGBOU VPO «Saratovskij GAU», 2014, 90 p.
13. Monastyrskij V.A., Babichev A.N., Ol'garenko V.I., Suharev D.V. Vozdelyvanie gorchicy sareptskoj v kachestve siderata (Cultivation of mustard Sarepta as a siderate), *Plodorodie*, 2019, No. 5(110), P. 45-47.
14. Lebedev V.N., Uraev G.A. Osnovy obrabotki eksperimental'nykh dannykh s ispol'zovaniem tablitsnogo processora Excel: uchebnoe posobie dlya studentov pedagogicheskikh special'nostej (Fundamentals of experimental data processing using an Excel spreadsheet processor), SPb: Izd-vo RGPU im. A.I. Gercena, 2021, 56 p.
15. Uraev G.A., Lebedev V.N. Ocenivanie ekologo-ekonomicheskikh riskov vozdejstviya na okruzhayushchuyu sredu sel'skohozyajstvennykh predpriyatij (Assessment of ecological and economic risks impact on the environment of agricultural enterprises), *Ekologo-geograficheskie aspekty prirodopol'zovaniya, rekreacii, turizma. Sbornik materialov nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj Godu ekologii v Rossii 8-9 noyabrya 2017 goda*, Kurgan, 2017, 132-136 p.
16. Basu A., Prasad P., Das S.N., Kalam S., Sayyed R.Z., Reddy M.S., Enshasy H.E. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: Recent developments, constraints, and prospects, *Sustainability*, 2021, Vol. 13, No. 3, P. 1-20.
17. Kuznetsov O.O., Kursakova V.S. Sravnitel'naya ocenka vliyaniya biopreparatov i mineral'nykh udobrenij na formirovanie urozhajnosti sortov yarovoj tyordoj pshenicy v usloviyah kolochnoj stepi Altajskogo kraja (Comparative assessment of the influence of biological products and mineral fertilizers on the formation of the yield of spring durum wheat varieties in the conditions of the kolochnaya steppe of the Altai Territory), *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, No. 11 (109), P. 5-9.

18. Gupta G., Chaturvedi H., Snehi S.K., Prakash A. The role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for improvement of sustainable agriculture, Plant Growth Promoting Microorganisms: Microbial Resources for Enhanced Agricultural Productivity, 2019, P. 67-86.

19. Zavalin, A.A., Sokolov O.A., SHmyreva N.YA. Ekologiya azotfiksacii (Ecology of nitrogen fixation). Saratov: ООО «Amirit», 2019., 252 p.

Сведения об авторах

Г.А. Воробейков¹ – д-р с.-х. наук, профессор;

В.Н. Лебедев² – канд. с.-х. наук, доцент;

Г.А. Ураев^{3✉} – канд. эконом. наук, доцент;

¹Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
Набережная реки Мойки, д.48, Санкт-Петербург, Россия, 191186

^{2,3}Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Московский пр., д. 9,
Санкт-Петербург, Россия, 190031

¹antares-80@yandex.ru, ³uraev.ga@yandex.ru

Information about the authors

G.A. Vorobeikov¹ – Dr. Agr. Sci., Professor;

V.N. Lebedev² – Cand. Agr. Sci., Associate Professor;

G.A. Uraev^{3✉} – Cand. Econ. Sci., Associate Professor;

¹Russian State Pedagogical University named after A. I. Herzen, Embankment of the Moika river, 48,
St. Petersburg, Russia, 191186

^{2,3}St. Petersburg State University of Communications of the Emperor Aleksander I, Moskovsky pr., 9,
St. Petersburg, Russia, 190031

¹antares-80@yandex.ru, ³uraev.ga@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: the authors declare that they have no conflicts of interest.

*Статья поступила в редакцию 21.01.2022; одобрена после рецензирования 04.03.2022;
принята к публикации 11.03.2022.*

The article was submitted 21.01.2022; approved after reviewing 04.03.2022; accepted for publication 11.03.2022.