

Нина Алексеевна Поползухина¹, Наталья Николаевна Шулико^{2✉}, Алина Андреевна Киселева³

^{1,2}Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

^{1,3}Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия

¹na.popolzukhina@omgau.org

²shuliko@anc55.ru

³veybender@anc55.ru

АГРОХИМИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РИЗОСФЕРЫ СОИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ БАКТЕРИЗАЦИИ СЕМЯН

Цель исследования – оценить влияние предпосевной бактеризации семян сои штаммами био-препарата «Ризоторфин» на агрохимические и биологические свойства ризосферы. Исследование проводили в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Объект исследования – новые сорта селекции Омского аграрного научного центра – Сибириада и Сибириада 20. Почва опытного участка лугово-черноземная среднетяжелая тяжелосуглинистая с содержанием гумуса 6,5 %. Изучение микробного пула лугово-черноземной почвы проведено в полевом опыте с целью оценки влияния предпосевной бактеризации семян на агрохимические и биологические свойства ризосферы сои. В прикорневой зоне определяли содержание азота нитратов (N-NO₃), численность агрономически значимых групп микроорганизмов, направленность почвенно-микробиологических процессов. На фоне применения микробиологических препаратов количество азота нитратов существенно не изменялось. Представлены изменения амилитической и сапротрофной микрофлоры, отражающей направленность почвенно-микробиологических процессов в ризосфере сортов сои, где преобладающими были иммобилизационные. Инокуляция семян сои сорта Сибириада 20 «Ризоторфином» способствовала активации процесса трансформации органического вещества почвы, коэффициент трансформации варьировал от 61,0 до 132,7, достигая максимальных значений при применении штамма ВР 835. В прикорневой зоне наблюдалось существенное увеличение сапротрофной микрофлоры у сорта Сибириада 20 при бактеризации семян «Ризоторфином», штамм 634 (72 % к контролю). Микроорганизмы тестируемой группы в ризосфере сорта Сибириада испытывали депрессию при интродукции штаммов симбиотических азотфиксаторов в почву, снижение составило 32 и 63 % к контролю, что может быть связано с генотипическими особенностями сортов. Активность амилитических микроорганизмов изменялась с аналогичной сапротрофным бактериям тенденцией. Наибольшая эффективность действия инокуляции на урожайность зерна сои была отмечена в 2022 г. В острозасушливых условиях 2023 г. выявлено достоверное влияние фактора бактеризации на продуктивность культуры. Наиболее эффективным для сорта Сибириада был штамм ВР 634 (+0,44 т/га), для сорта Сибириада 20 – штамм ВР 835 (+0,42 т/га).

Ключевые слова: соя, нитратный азот, почвенные микроорганизмы, инокуляция, урожайность

Для цитирования: Поползухина Н.А., Шулико Н.Н., Киселева А.А. Агрохимические и биологические свойства ризосферы сои при применении бактеризации семян // Вестник КрасГАУ. 2024. № 7. С. 31–39. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-31-39.

Nina Alekseevna Popolzukhina¹, Natalia Nikolaevna Shuliko^{2✉}, Alina Andreevna Kiseleva³

^{1,2}Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

^{1,3}Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia

¹na.popolzukhina@omgau.org

²shuliko@anc55.ru

³veybender@anc55.ru

AGROCHEMICAL AND BIOLOGICAL PROPERTIES OF SOYBEAN RHIZOSPHERE WHEN APPLYING SEEDS BACTERIZATION

The aim of the study is to evaluate the effect of pre-sowing bacterization of soybean seeds with strains of the biopreparation Rizotorfin on the agrochemical and biological properties of the rhizosphere. The study was conducted in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia. The object of the study was new varieties bred by the Omsk Agrarian Scientific Center – Sibiriada and Sibiriada 20. The soil of the experimental plot is meadow-chernozem medium-deep heavy loamy with a humus content of 6.5 %. The study of the microbial pool of the meadow-chernozem soil was carried out in a field experiment to evaluate the effect of pre-sowing bacterization of seeds on the agrochemical and biological properties of the soybean rhizosphere. In the root zone, the content of nitrate nitrogen (N-NO₃), the number of agronomically significant groups of microorganisms, and the direction of soil-microbiological processes were determined. Against the background of the use of microbiological preparations, the amount of nitrate nitrogen did not change significantly. The changes in amylolytic and saprotrophic microflora are presented, reflecting the direction of soil-microbiological processes in the rhizosphere of soybean varieties, where immobilization processes were predominant. Inoculation of Sibiriada 20 soybean seeds with Rizotorfin promoted activation of the soil organic matter transformation process, the transformation coefficient varied from 61.0 to 132.7, reaching maximum values when using strain BP 835. In the root zone, a significant increase in saprotrophic microflora was observed in the Sibiriada 20 variety when bacterizing seeds with Rizotorfin, strain 634 (72 % of the control). Microorganisms of the tested group in the rhizosphere of the Sibiriada variety experienced depression when introducing strains of symbiotic nitrogen fixers into the soil, the decrease was 32 and 63 % of the control, which may be due to the genotypic characteristics of the varieties. The activity of amylolytic microorganisms changed with a tendency similar to saprotrophic bacteria. The highest efficiency of inoculation on the yield of soybean grain was noted in 2022. In the extremely dry conditions of 2023, a reliable effect of the bacterization factor on crop productivity was revealed. The most effective strain for the Sibiriada variety was BP 634 (+0.44 t/ha), for the Sibiriada 20 variety – strain BP 835 (+0.42 t/ha).

Keywords: soybean, nitrate nitrogen, soil microorganisms, inoculation, yield

For citation: Popolzukhina N.A., Shuliko N.N., Kiseleva A.A. Agrochemical and biological properties of soybean rhizosphere when applying seeds bacterization // Bulliten KrasSAU. 2024;(7): 31–39 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-7-31-39.

Введение. В связи с поиском путей увеличения растениеводческой продукции при одновременном снижении доз минеральных удобрений и улучшения экологической обстановки возрос интерес к препаратам, созданным на основе высокоэффективных штаммов микроорганизмов, применяемых для инокуляции семян сельскохозяйственных культур [1].

Создание сортов полевых культур с повышенной отзывчивостью к симбиотической азотфиксации открывает перспективы получения более высокого урожая с экологически чистой, высокого качества продукцией [2].

Экологизация и биологизация современного земледелия в рамках влияния бобовых растений, в т. ч. сои, на плодородие почвы затрагивает целый комплекс вопросов: оптимизация содержания гумуса и питательного режима почвы, ее агрохимические и агрофизические свойства, биологическая активность и направленность процессов минерализации и иммобилизации [3].

Биологическую активность почвы, имеющую огромное экологическое значение, можно оценить при симбиозе бобовых культур с клубеньковыми бактериями, что является одной из уникальных и эффективных растительно-микробных природных систем, осуществляющих процесс

[4, 5]. За счет их взаимодействия в почве накапливается лабильное органическое вещество при разложении пожнивно-корневых остатков, формируется эффективное плодородие почвы [6].

Цель исследования – оценить влияние предпосевной бактериализации семян сои штаммами биопрепарата «Ризоторфин» на агрохимические и биологические свойства ризосферы.

Объекты и методы. Исследования проводили в 2022–2023 гг. на опытном поле ФГБНУ «Омский АНЦ» в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Почва опытного участка – лугово-черноземная среднетяжелосуглинистая, реакция среды – нейтральная. Объект исследования – сорта сои Сибириада и Сибириада 20.

Сорт Сибириада включен в Госреестр по Центральному (3), Западно-Сибирскому (10) и Восточно-Сибирскому (11) регионам. Сорт Сибириада 20 включен в Госреестр по Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Средневолжскому (7), Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10), Восточно-Сибирскому (11) регионам. Сорта устойчивы к засухе, бактериозу, фузариозу, аскохитозу и серой гнили; скороспелые, высокопродуктивные, с высоким содержанием в зерне белка и жира.

Бактеризацию семян проводили в день посева инокулянтом «Ризоторфин» (*Rhizobium japonicum*), штаммы 634, 835, без попадания солнечного света. Биопрепарат представляет собой увлажненную сыпучую массу твердофазного субстрата, насыщенную клубеньковыми бактериями, которые, проникая в корни, образуют клубеньки, вступают в симбиоз с растением, фиксируя молекулярный азот из воздуха.

Погодные условия, сложившиеся в годы исследования, подтверждают резкую континентальность климата Омской области. Условия

вегетационного периода 2022 г. характеризовались повышенными значениями температуры воздуха и крайне неравномерным поступлением осадков, ГТК составил 1,02 (слабозасушливые условия). Также был недостаточно увлажненным 2023 г., ГТК за май – август был равен 0,80.

В основные фазы развития сои были отобраны свежие почвенные образцы, в которых определялся азот нитратов дисульфифеноловым методом по Грандваль-Ляжу [7].

Численность почвенных микроорганизмов в ризосфере сортов сои определяли на твердых питательных средах: МПА (мясопептонный агар) для сапротрофных бактерий, утилизирующих органические соединения азота, в т. ч. аммонификаторов; КАА (крахмало-аммиачный агар) для амилолитических микроорганизмов, потребляющих азот в минеральной форме [8].

Интенсивность микробиологических процессов трансформации азотсодержащих соединений в почве оценивали по коэффициентам минерализации (КАА/МПА) и иммобилизации (МПА/КАА) [9].

Результаты и их обсуждение. В автоморфных почвах Западной Сибири азот нитратов – основной источник доступного для растений азота. Поступившие в растения минеральные формы проходят сложный цикл превращения, в конечном итоге включаясь в состав органических азотистых соединений – аминокислот, амидов и, наконец, белка [10].

Наблюдения за динамикой в ризосфере макроэлементов показали, что в условиях 2022 г. содержание N-NO₃ в ризосфере сортов сои было на уровне контрольного варианта (13,6–15,7 мг/кг) и характеризовалось, согласно шкале обеспеченности почвы азотом нитратов Г.П Гамзикова (2013), как низкое и среднее (табл. 1).

Таблица 1

Содержание нитратного азота (N-NO₃) в ризосфере сортов сои при инокуляции семян (2022–2023 гг.)

Вариант	Содержание N-NO ₃ , мг/кг абс. сух. почвы	
	2022 г.	2023 г.
Сибириада		
Контроль	15,7	18,0
Ризоторфин ВР 634	14,3	17,2
Ризоторфин ВР 835	15,3	17,9
Сибириада 20		
Контроль	15,5	18,2
Ризоторфин ВР 634	15,7	18,5
Ризоторфин ВР 835	13,6	19,7

В условиях вегетационного периода 2023 г., за счет прошедших дождей и создания оптимальных условий для роста растений и протекания нитрификационных почвенных процессов, во всех вариантах опыта содержание N-NO₃ в ризосфере сои было на среднем уровне.

Содержание подвижных форм фосфора в ризосфере исследуемых сортов характеризовалось как высокое, согласно шкале обеспеченности P₂O₅ по Францесону, и не зависело от применяемого биопрепарата и штамма (табл. 2).

Таблица 2

Содержание подвижного фосфора (P₂O₅) в ризосфере сортов сои при инокуляции семян (2022–2023 гг.)

Вариант	Содержание (P ₂ O ₅), мг/кг абс. сух. почвы	
	2022 г.	2023 г.
Сибиряда		
Контроль	21,6	29,0
Ризоторфин ВР 634	24,5	28,4
Ризоторфин ВР 835	24,8	24,6
Сибиряда 20		
Контроль	27,1	30,1
Ризоторфин ВР 634	24,5	31,7
Ризоторфин ВР 835	26,9	29,3

Численность микрофлоры обладает динамичностью, которая наблюдается не только в течение вегетационного периода, но и небольших отрезков времени, что является следствием изменений гидротермических условий, обработки почвы, состояния растительного покрова, внесения удобрений и других факторов [11].

В 2022 г. в ризосфере сортов сои численность бактерий, разлагающих органические азотсодержащие соединения на МПА, варьировала незначительно и была на уровне контрольного варианта (19,6–23,8 КОЕ/г). Предпосевная инокуляция семян не оказала существенного влияния на их численность (рис. 1).

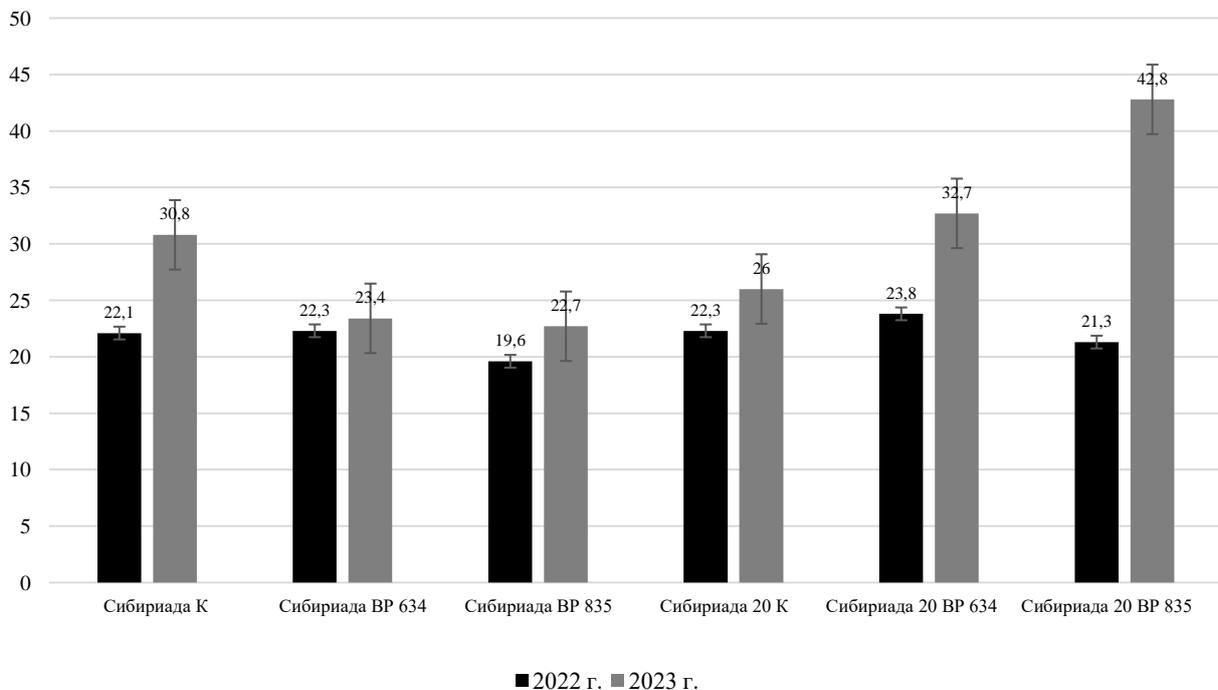


Рис. 1. Влияние инокуляции на численность сапротрофной микрофлоры ризосферы сои, млн КОЕ/г

В 2023 г. отмечено достоверное (72 % относительно контроля) увеличение сапротрофной микрофлоры в ризосфере сорта Сибириада 20 при бактеризации семян штаммом «Ризоторфина» 634. Обогащение почвы дополнительным азотом симбиотической азотфиксации при применении штамма 835 способствовало активации микроорганизмов, произрастающих на мясопептонном агаре в ризосфере этого же сорта, практически в 2 раза по отношению к контролю. В ризосфере сорта Сибириада наблюдалась обратная тенденция, отмечено снижение численности протеолитической группы микрофлоры на 32 и 36 % относительно варианта без обработки инокулянтам. Подобное может быть обусловлено генотипическими особенностями

сортов. Таким образом, подтвердилось мнение, что для установления эффективных симбиотических взаимоотношений между растениями и микроорганизмами необходим тщательный отбор соответствующего штамма не только к культуре, но и к сорту [12, 13].

Активность микроорганизмов, продуцирующих амилазу (произрастающих на КАА), в 2022 г. существенно не изменялась в зависимости от применения штаммов бактериального препарата, варьируя в пределах 12,2–16,7 КОЕ/г. В ризосфере сорта Сибириада 20 наблюдалась тенденция роста определяемой группы микроорганизмов при инокуляции – на 14–33 % по отношению к контролю (рис. 2).

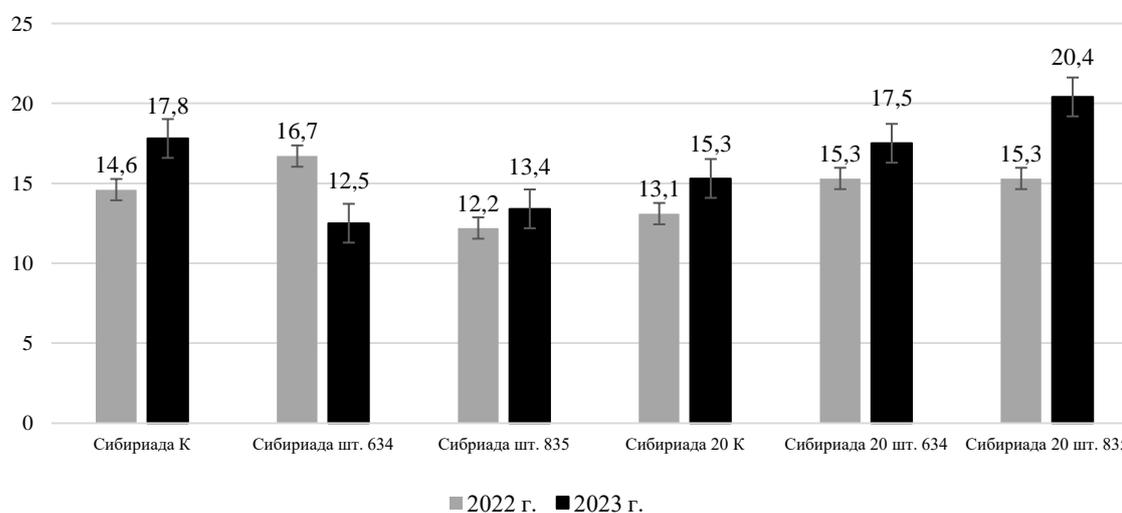


Рис. 2. Влияние инокуляции на численность амилолитической микрофлоры, в т. ч. актиномицетов, в ризосфере сортов сои, млн КОЕ/г

Как и у протеолитической микрофлоры, в условиях 2023 г. прикорневая амилолитическая микрофлора сорта Сибириада имела тенденцию к снижению относительно контроля, тогда как у более засухоустойчивого сорта Сибириада 20 активность ее возросла на 14–33 %.

Содержание в почве питательных веществ и условия азотного питания растений определяют непрерывно идущие процессы минерализации – иммобилизации азота.

Используя выявленное обилие бактерий на МПА и КАА, рассчитали коэффициенты иммобилизации (МПА/КАА) и минерализации (КАА/МПА), представленные в таблице 3. Это показатель, характеризующий интенсивность микробного разложения органического вещества в почве, коэффициент потенциальной микробиологической трансформации органики в запасы гумуса (Пм).

В периоды вегетации минерализационные процессы в ризосфере сортов сои протекали менее интенсивно, чем иммобилизационные. Предпосевная бактеризация семян несколько снижала активность процессов закрепления азота в ризосфере в первый год проведения исследования. В стрессовых условиях 2023 г. при внесении дополнительного источника азота (штамм ВР 634 у сорта Сибириада и штамм ВР 835 у Сибириада 20) происходило наибольшее закрепление азота в плазме микроорганизмов, что способствовало сокращению потерь азота из почвы. Наибольший коэффициент трансформации органического вещества – 132,7 был отмечен в 2023 г. при инокуляции семян сои Сибириада 20 штаммом ВР 835.

Таблица 3

Влияние приема инокуляции семян сои «Ризоторфином» на направленность почвенно-микробиологических процессов в ризосфере (n = 6)

Вариант	МПА/КАА		КАА/МПА		Пм	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Сибиряда						
Контроль	2,16	1,73	0,66	0,58	79,3	82,6
Штамм ВР 634	1,34	1,87	0,75	0,53	56,4	67,1
Штамм ВР 835	1,60	1,69	0,62	0,59	50,9	61,0
Сибиряда 20						
Контроль	1,70	1,70	0,59	0,59	60,2	70,2
Штамм ВР 634	1,56	1,87	0,64	0,54	61,0	93,8
Штамм ВР 835	1,39	2,10	0,72	0,48	50,9	132,7

Формирование высокого урожая сои достигается научно обоснованным взаимосвязанным комплексом приемов, объединяющихся в целостную технологию возделывания [14].

Коллегами из Института масличных культур показано, что при инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий развитие культуры значительно лучше, чем на контроле [15]. Исследованиями Н.В. Парахина с соавтора-

ми установлено увеличение урожайности зерна сои при бобово-ризобальном симбиозе [16].

Наиболее высокая урожайность зерна сои в среднем по опыту была отмечена у сорта Сибиряда 20 – 3,94 т/га, следует отметить, что наиболее эффективным оказался штамм ВР 835. На урожайность сорта Сибиряда влияние оказал штамм ВР 634, обеспечив прибавку урожайности на 0,44 т/га (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность зерна сортов сои при бактериализации семян «Ризоторфином», т/га (2022–2023 гг.)

Вариант	Урожайность	Прибавка
Сибиряда		
Контроль	3,45	
Штамм ВР 634	3,89	+0,44
Штамм ВР 835	3,72	+0,27
Сибиряда 20		
Контроль	3,52	
Штамм ВР 634	3,69	+0,17
Штамм ВР 835	3,94	+0,42
В среднем	3,70	+0,33
НСР ₀₅		0,33

Анализ урожайности зерна по вариантам опыта в среднем за 2 года показал, что наиболее эффективным штаммом для сорта Сибиряда был штамм ВР 634 (+ 0,44 т/га), для сорта Сибиряда 20 – штамм ВР 835 (+ 0,42 т/га).

Заключение. Важнейшим фактором эффективности симбиотического взаимодействия является отзывчивость растений на инокуляцию микробиологическими препаратами.

Изучение агрохимических свойств лугово-черноземной почвы при инокуляции семян сои «Ризоторфином» показало, что существенных изменений количества нитратного азота не происходило.

В большей степени воздействие бактериализации отмечено на биологические свойства ризосферы. Наблюдалось достоверное (72 % относительно контроля) увеличение сапротрофной микрофлоры в ризосфере сорта Сибиряда 20

при бактериализации семян штаммом «Ризоторфина» 634. Однако присутствовала и обратная тенденция развития прикорневой микрофлоры у сорта Сибириада, а именно снижение на 32 и 63 % по сравнению с неудобренным контролем, что может быть связано с генотипическими особенностями сортов. Активность амилолитических микроорганизмов изменялась с аналогичной сапротрофным бактериям тенденцией, увеличиваясь при применении агроприема в ризосфере сорта Сибириада 20, у сорта Сибириада происходил спад численности тестируемой группы в вариантах опыта с микробными препаратами. Величина Пм свидетельствует о балансе между разложением органических остатков и синтезом органического вещества почвы. Предпосевная инокуляция семян сорта Сибириада 20 усиливала процесс трансформации органического вещества (Пм) на 13–18,9 %. В остро засушливых условиях 2023 г. обработка препаратами не выявила достоверного изменения показателя. Анализ данных в среднем за 2 года показал, что наиболее эффективным штаммом для сорта Сибириада был штамм ВР 634 (+0,44 т/га), для сорта Сибириада 20 – штамм ВР 835 (+0,42 т/га).

Список источников

1. Эффективность азотфиксирующего симбиоза гуара (*Cyamopsis tetragonoloba*) со штаммами *Bradyrhizobium retamae* RCAM05275 и *Ensifer aridi* RCAM05276 в вегетационном опыте / П.С. Ульянич [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2022. Т. 57, № 3. С. 555–565. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.555rus. EDN GTAQDV.
2. Эффективность препаратов ассоциативных азотфиксаторов при инокуляции семян различных сортов ячменя в условиях юга Западной Сибири / А.М. Стрелецкий [и др.] // Плодородие. 2018. № 4 (103). С. 49–52. EDN YCMYRV.
3. Оценка действия бактериализации семян на биологическую активность почвы в ризосфере сои / А.А. Вейнбендер [и др.] // Экологические чтения-2022: мат-лы XIII Нац. науч.-практ. конф. (с междунар. участием) (Омск, 9 июня 2022 г.) / Омский гос. аграр. ун-т им. П.А. Столыпина. Омск, 2022. С. 120–123. EDN RTPJRV.

4. Grews T.E., Peoples M.B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer – based agroecosystems // Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2005. V. 72. P. 101–120.
5. Biological nitrogen fixation by food legumes. Food legumes for nutritional security and sustainable agriculture / M.B. Peoples [et al.] // Proc. 4-th. Inter. Food Legumes Research Conf. New Dehli. 2008. P. 28–41.
6. Завалин А.А., Соколов О.А., Шмырева Н.Я. Экология азотфиксации. Саратов: Амирит, 2019. 252 с. EDN NFFWSG.
7. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
8. Теннер Е.З. Практикум по микробиологии учеб. пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
9. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Сб. науч. тр. / Харьковский с.-х. ин-т. Харьков, 1980. Т. 273. С. 13–16.
10. Гамзиков Г.П. Азот в земледелии Западной Сибири. М.: Наука, 1981. 267 с.
11. Клевенская И.Л., Гантимунова Н.И. Микробные ассоциации почв ряда биогеоценозов Барабинской низменности // Микробные ассоциации и их функционирование в почвах Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1979. С. 22–60.
12. Исследование эффективности штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах различных видов растений / Г.А. Воробейков [и др.] // Известия Российского ГПУ им. А.И. Герцена. 2011. № 141. С. 114–121.
13. Микробиологическая активность лугово-черноземной почвы в зависимости от агро-экологических условий выращивания различных генотипов яровой мягкой пшеницы при инокуляции ассоциативными диазотрофами / А.Д. Аужанова [и др.] // Омский научный вестник. 2014. № 2 (134). С. 235–239. EDN TEGAKF.
14. Соя в России – действительность и возможность / В.М. Лукомец [и др.] // Посібник українського хлібороба: науково-практичний збірник. Т. 2. Вінниця: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юрева, 2013. С. 241–256. EDN UQYASQ.
15. Тильба В.А., Тишков Н.М., Шкарупа М.В. Особенности формирования симбиотиче-

- ского аппарата у среднеспелых сортов сои на выщелоченном черноземе Краснодарского края // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. Всерос. науч.-исслед. ин-та масличных культур. 2017. Вып. 4 (172). С. 72–78.
16. Роль биопрепаратов в повышении симбиоза и продуктивности фасоли / Н.В. Парахин [и др.] // Вестник аграрной науки. 2008. Вып. 13, № 4. С. 2–4.
- ### References
1. `Effektivnost' azotfiksiruyuschego simbioza guara (*Cyamopsis tetragonoloba*) so shtammami Bradyrhizobium retamae RCAM05275 i Ensifer aridi RCAM05276 v vegetacionnom opyte / P.S. Ul'yanich [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2022. T. 57, № 3. S. 555–565. DOI: 10.15389/agrobiology.2022.3.555rus. EDN GTAQDV.
 2. `Effektivnost' preparatov associativnyh azotfikatorov pri inokulyacii semyan razlichnyh sortov yachmenya v usloviyah yuga Zapadnoj Sibiri / A.M. Streleckij [i dr.] // Plodorodie. 2018. № 4 (103). S. 49–52. EDN YCMYRV.
 3. Ocenka dejstviya bakterizacii semyan na biologicheskuyu aktivnost' pochvy v rizosfere soi / A.A. Vejnbenker [i dr.] // `Ekologicheskie chteniya-2022: mat-ly VIII Nac. nauch.-prakt. konf. (s mezhdunar. uchastiem) (Omsk, 9 iyunya 2022 g.) / Omskij gos. agrar. un-t im. P.A. Stolypina. Omsk, 2022. S. 120–123. EDN RTPJRV.
 4. Grews T.E., Peoples M.B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer – based agroecosystems // Nutrient Cycling in Agroecosystems. 2005. V. 72. P. 101–120.
 5. Biological nitrogen fixation by food legumes. Food legumes for nutritional security and sustainable agriculture / M.B. Peoples [et al.] // Proc. 4-th. Inter. Food Legumes Research Conf. New Dehli. 2008. P. 28–41.
 6. Zavalin A.A., Sokolov O.A., Shmyreva N.Ya. `Ekologiya azotfikscii. Saratov: Amirit, 2019. 252 s. EDN NFFWSG.
 7. Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv. M.: Nauka, 1975. 656 s.
 8. Tepper E.Z. Praktikum po mikrobiologii ucheb. posobie dlya vuzov / pod red. V.K. Shil'nikovoj. M.: Drofa, 2004. 256 s.
 9. Muha V.D. O pokazatelyah, otrazhayuschih intensivnost' i napravlennost' pochvennyh processov // Sb. nauch. tr. / Har'kovskij s.-h. in-t. Har'kov, 1980. T. 273. S. 13–16.
 10. Gamzikov G.P. Azot v zemledelii Zapadnoj Sibiri. M.: Nauka, 1981. 267 s.
 11. Klevenskaya I.L., Gantimurova N.I. Mikrobnye associacii pochv ryada biogeocenov Barabinskoj nizmennosti // Mikrobnye associacii i ih funkcionirovanie v pochvah Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1979. S. 22–60.
 12. Issledovanie `effektivnosti shtammov associativnyh rizobakterij v posevah razlichnyh vidov rastenij / G.A. Vorobejkov [i dr.] // Izvestiya Rossijskogo GPU im. A.I. Gercena. 2011. № 141. S. 114–121.
 13. Mikrobiologicheskaya aktivnost' lugovo-chernozemoj pochvy v zavisimosti ot agro`ekologicheskikh uslovij vyraschivaniya razlichnyh genotipov yarovoj myagkoj pshenicy pri inokulyacii associativnymi diazotrofami / A.D. Auzhanova [i dr.] // Omskij nauchnyj vestnik. 2014. № 2 (134). S. 235–239. EDN TEGAKF.
 14. Soya v Rossii – dejstvitel'nost' i vozmozhnost' / V.M. Lukomec [i dr.] // Posibnik ukraïnskogo hliboroba: naukovopraktichnij zbiznik. T. 2. Vinnicya: Institut roslinnictva im. V.Ya. Yureva, 2013. S. 241–256. EDN UQYASQ.
 15. Til'ba V.A., Tishkov N.M., Shkarupa M.V. Osobennosti formirovaniya simbioticheskogo apparata u srednеспелых сортов сои на выщелоченном черноземе Краснодарского края // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. Всерос. науч.-исслед. ин-та масличных культур. 2017. Вып. 4 (172). С. 72–78.
 16. Rol' biopreparatov v povyshenii simbioza i produktivnosti fasoli / N.V. Parahin [i dr.] // Vestnik agrarnoj nauki. 2008. Vyp. 13, № 4. S. 2–4.

Статья принята к публикации 17.06.2024 / The article accepted for publication 17.06.2024.

Информация об авторах:

Нина Алексеевна Поползухина¹, профессор кафедры экологии, природопользования и биологии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Наталья Николаевна Шулико², старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Алина Андреевна Киселева³, младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, аспирант второго курса

Information about the authors:

Nina Alekseevna Popolzukhina¹, Professor at the Department of Ecology, Nature Management and Biology, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

Natalia Nikolaevna Shuliko², Senior Researcher, Head of the Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Alina Andreevna Kiseleva³, Junior Researcher at the Microbiology Laboratory, second-year Postgraduate student

