УДК 631.46 : 633.34 : 579.26 DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.14

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН СОИ РИЗОТОРФИНОМ НА БИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ РИЗОСФЕРЫ

А.А. Киселёва[1,2], Н.Н. Шулико[1], к.с.-х.н., Н.А. Поползухина[2], д.с.-х.н., Е.В. Тукмачёва[1], к.б.н.
[1]ФГБНУ «Омский АНЦ», 644012,
г. Омск, пр-т Королева, 26, shuliko@anc55.ru
[2]ФГБОУ ВО Омский ГАУ им. П.А. Столыпина, 644008,
г. Омск, Институтская площадь, 1, agrnc55@gmail.com

Выполнены исследования по изучению показателей биологического состояния ризосферы сои при инокуляции штаммами препарата симбиотической азотфиксации Ризоторфин. Диагностические критерии: численность микроорганизмов, направленность и интенсивность почвенных процессов, ферментативная активность. Предпосевную бактеризацию семян осуществляли препаратом симбиотической азотфиксации Ризоторфин. Схема опыта включала следующие варианты: культура, сорта сои Сибириада и Сибириада 20 (фактор А); бактериальный препарат для инокуляции семян (фактор В) – без препарата, Ризотрофин штаммы ВР 634 и ВР 835. Применение Ризоторфина, штамм ВР 835, оказывало положительное воздействие на количество эколого-трофических групп прикорневых микроорганизмов сои сорта Сибириада 20, увеличение составило 12% относительно контрольного варианта. Достоверного влияния инокуляции семян на численность тестируемых групп биоты ризосферы сорта сои Сибириада не установлено. В ризосфере сои процессы минерализации органического вещества были несколько снижены, что свидетельствует об усилении гумификационных процессов в лугово-черноземной почве под посевом культуры. Обработка семян сои сорта Сибириада 20 штаммами симбиотических бактерий повышала коэффициент трансформации органического вещества до 27% к контролю. Предпосевная обработка семенного материала биопрепаратами приводила к снижению каталазной активности почвы на 8-12% к контролю. Существенного воздействия агроприема на активность гидролитических ферментов не выявлено. Создание микробно-растительного симбиоза в ризосфере сои позволило с помощью фиксированного микроорганизмами азота атмосферы повысить урожайность зерна сои в сравнении с контролем на 0,27 т/га (вариант сорт сои Сибириада 20 штамм ВР 835).

Ключевые слова: соя, бактеризация, симбиотическая азотфиксация, микробонаселение, ферментативная активность, урожайность.

Для цитирования: *Киселёва А.А., Шулико Н.Н., Поползухина Н.А., Тукмачева Е.В.* Влияние инокуляции семян сои Ризоторфином на биологическое состояние ризосферы // Плодородие. – 2026. – № 3. – С. 81-85. DOI: 10.25680/S19948603.2026.150.14.

В почвах агроэкосистем происходит изменение водного, воздушного и питательного режимов, которое существенно сказывается на почвенной микрофлоре: изменяются количество отдельных групп микроорганизмов, а также динамика и интенсивность микробиологических процессов [8]. Для этого необходимо проводить биодиагностику почвы, которая связана с определением биологической активности почв, характеризующей её микробиологические, физиологические и биохимические свойства и особенности [20].

Для обеспечения экологической безопасности аграрного производства с высокой урожайностью зернобобовых культур необходимо применение комплекса агротехнических, организационных мероприятий и научно обоснованной зональной системы земледелия. При этом немаловажно использование новых удобрений, которые, повышая биологическую активность почвы, усиливают азотфиксацию, стимулируют рост растений [2, 13, 14].

Для сохранения плодородия почв и поиска дополнительных источников оптимизации питания сельскохозяйственных культур необходимы меры, направленные на использование природного биологического потенциала почвы. Управление биологическими процессами в агроценозах возможно через интродукцию агрономически ценных штаммов микроорганизмов в ризосферу растений. На основании исследований [1, 16,17, 22] можно утверждать, что симбиоз и ассоциация микроорганизмов с растениями – основа жизнедеятельности последних.

Почвенные микроорганизмы прикорневой зоны служат трофическими посредниками между почвой и растением. Именно микроорганизмы превращают недоступные для сельскохозяйственных культур соединения в подвижные формы. В связи с этим возникает потребность увеличения численности агрономически ценных микроорганизмов в почве, способствующих оптимизации питания растений. Одним из таких приемов является предпосевная инокуляция семян сельскохозяйственных культур микробными препаратами. Для эффективного управления онтогенезом и продуктивностью сельскохозяйственных культур большое внимание уделяют применению биостимуляторов, которые активизируют процессы роста и развития растений, повышают адаптацию растительного организма к стрессовым условиям [5, 18].

Цель исследований – изучить влияние предпосевной инокуляции семян сои различных сортов штаммами биопрепарата Ризоторфин ВР 835 и ВР 634 на биологическое состояние ризосферы и урожайность культуры.

Методика. Полевой опыт по изучению биологической активности ризосферы сои заложен в зоне южной лесостепи Западной Сибири в 2022-2024 г. Периоды вегетации сельскохозяйственной культуры характеризовались повышенной температурой воздуха и крайне неравномерным поступлением осадков. Метеоусловия 2022 и 2023 г. были близки по ГТК (1,02 и 0,80 соответственно). Погодные условия вегетационного периода 2024 г. характеризовались повышенным количеством осадков и

благоприятным весенним увлажнением почвы, ГТК=1,70.

Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: культура, сорта сои Сибириада и Сибириада 20 (фактор А); бактериальный препарат для инокуляции семян (фактор В) – без препарата, Ризоторфин штаммы ВР 634 и ВР 835. 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 [15].

Микробиологические исследования по определению численности групп микроорганизмов выполняли по общепринятой стандартной методике [19]. Направленность почвенных процессов в ризосфере определяли по В.Д. Мухе [12], каталазную активность – газометрически, ферментативную активность уреазы – по Гофману, инвертазы – по Купревичу [21].

Результаты исследований (расчет $НСР_{05}$А, $НСР_{05}$В, $НСР_{05}$АВ) обработаны методом двухфакторного дисперсионного анализа [7].

Результаты и их обсуждение. Численность бактерий, разлагающих органические вещества в почве (сапротрофы), возрастала при действии биологических препаратов во всех вариантах опыта на сорте Сибириада 20, в варианте штамма ВР 835 увеличение составило 27% к контролю. В прикорневой зоне сорта Сибириада наблюдалась тенденция к снижению активности тестируемой группы, но в пределах ошибки определения (табл. 1).

1. Численность групп микроорганизмов ризосферы сои при применении инокуляции семян(n=9)

Вариант опыта	МПА, млн КОЕ/г				КАА, млн КОЕ/г				Грибы, тыс. КОЕ/г				Общее количество МКО, млн КОЕ/г			
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее
Сорт Сибириада																
Контроль	22,1	30,8	27,0	26,6	14,6	17,8	23,1	18,5	32,9	14,1	72,5	39,8	36,7	48,6	50,1	45,1
Штамм ВР 634	22,3	23,0	25,7	23,7	16,7	12,5	23,5	17,6	41,8	20,4	65,2	42,5	39,0	35,5	41,3	38,6
Штамм ВР 835	19,6	22,7	26,8	23,0	12,2	16,0	21,1	16,4	24,6	17,8	60,6	34,3	31,8	38,7	39,4	36,6
Сорт Сибириада 20																
Контроль	22,3	26,0	25,1	24,5	13,1	15,3	25,4	17,9	53,4	27,4	56,2	45,7	35,5	41,3	42,4	39,7
Штамм ВР 634	23,8	32,7	27,1	27,9	15,3	17,5	26,1	19,6	31,8	18,9	57,6	36,1	39,1	50,2	47,5	45,6
Штамм ВР 835	21,3	42,8	29,4	31,2	15,3	20,4	24,5	20,1	28,1	38,8	89,8	52,2	36,6	63,2	51,3	50,4
$НСР_{05}$: А	*6,4*				*2,9*				*11,0*				*9,2*			
В	*7,9*				*3,5*				*13,5*				*11,2*			
АВ	*11,2*				*4,9*				*19,1*				*15,9*			

Примечание. $НСР_{05}$: А – сорт, В – инокуляция, АВ – для частных средних, рассчитана методом двухфакторного дисперсионного анализа*(здесь и далее).*

Существенного воздействия агроприема на группу амилолитических микроорганизмов выявить не удалось. Отмечена тенденция к их снижению в ризосфере сорта Сибириада (до 13% к контролю) и несущественного роста на сорте Сибириада 20 (до 12% к контролю).

Представители группы микромицетов положительно отозвались на обработку семян штаммом ВР 634, в ризосфере сорта Сибириада, в 2022 и 2023 г. увеличение составило, соответственно, 27 и 41%. Наибольшее количество КОЕ сформировалось в 2023 и 2024 г. при бактеризации семян сорта Сибириада 20 штаммом ВР 835, увеличение к контролю составило, соответственно, 41 и 59%. За годы исследований численность почвенных микроскопических грибов ризосферы увеличилась при применении предпосевной бактеризации семян сорта Сибириада штаммом ВР 634 на 6%, сорта Сибириада 20 штаммом ВР 835 на 14%.

Общая (условно) численность ризосферной микробиоты при применении предпосевной бактеризации семян имела тенденцию к снижению у сорта Сибириада (до 18%). Наиболее отзывчива на инокуляцию прикорневая биота сорта Сибириада, максимального роста численность микронаселения достигла при бактеризации семян штаммом ВР 835 – 12% к контролю.

Один из важных показателей активности биологических процессов в почве – соотношение групп микроорганизмов, развивающихся на крахмалоаммиачном (КАА) и мясопептонном агаре (МПА). Увеличение этого соотношения свидетельствует о преобладании в почве процесса минерализации и интенсивном использовании азота почвы, а его снижение – об усилении гумификационных процессов [10].

Интенсивность микробиологических процессов трансформации азотсодержащих соединений в почве оценивали по коэффициентам минерализации (КАА/МПА) и иммобилизации (МПА/КАА) [14].

Соотношение КАА/МПА показывает отношение общей численности микроорганизмов, использующих минеральный азот, к общему числу микроорганизмов, разлагающих органическое вещество, отражающее степень участия микробиоты в процессе трансформации органического вещества почвы [12].

Предпосевная инокуляция семян сои влияла на направленность микробиологических процессов и численность отдельных физиологических групп. Результаты исследований показали наличие определенных изменений в активности аммонификаторов под влиянием ризобактерий. Учет их количества свидетельствует о положительном влиянии инокуляции на активность этой группы микроорганизмов, что повлекло за собой преобладание иммобилизационных процессов в ризосфере во все годы проведения эксперимента (МПА/КАА>1) (табл. 2).

В ризосфере сои процессы минерализации были несколько снижены, $К_{мин}$ (КАА/МПА) был меньше 1 во всех вариантах опыта, что свидетельствует об усилении гумификационных процессов в лугово-черноземной почве под посевом культуры.

2. Влияние предпосевной бактеризации семян сои на направленность почвенно-микробиологических процессов (n=9)

Вариант опыта	КАА/МПА			Сред-нее	МПА/КАА			Сред-нее	Пм			Сред-нее
	2022 г.	2023 г.	2024 г.		2022 г.	2023 г.	2024 г.		2022 г.	2023 г.	2024 г.	
Сорт Сибириада												
Контроль	0,7	0,6	1,4	0,9	1,6	1,8	1,0	1,5	56,7	84,8	42,9	61,5
Штамм ВР 634	0,8	0,5	0,8	0,7	1,4	1,9	2,2	1,8	53,5	67,5	79,2	66,7
Штамм ВР 835	0,7	0,6	0,8	0,7	1,7	1,6	1,3	1,5	53,9	56,9	62,5	57,8
Сорт Сибириада 20												
Контроль	0,6	0,6	0,9	0,7	1,7	1,7	1,2	1,5	61,1	71,6	52,6	61,8
Штамм ВР 634	0,6	0,5	1,1	0,7	1,5	2,0	1,0	1,5	61,0	125,0	48,6	78,2
Штамм ВР 835	0,8	0,7	1,1	0,9	1,4	1,6	1,0	1,3	52,4	132,7	48,3	77,8
НСР$_{05}$: А	*0,1*				*0,4*				*25,0*			
В	*0,2*				*0,4*				*30,6*			
АВ	*0,2*				*0,6*				*43,3*			

Существенное значение во влиянии симбиотических бактерий на биологическую активность лугово-черноземной почвы (ризосфера) имело изменение направленности микробиологических процессов трансформации органического вещества в сторону развития процесса гумусонакопления. О нем можно судить по коэффициенту трансформации Пм.

В исследовании обработка штаммами симбиотических бактерий повышала коэффициент трансформации практически во всех вариантах опыта. При этом наиболее заметно роль микробных препаратов прослеживалась на сорте Сибириада 20. При предпосевной инокуляции штаммами ВР 634 и ВР 835 коэффициент трансформации повысился до 78,2 и 77,8 соответственно (27 и 26% к контролю). В ризосфере сорта Сибириада отмечено не достоверное увеличение коэффициента в варианте штамм ВР 634 на 8%.

Среди изученных показателей биологической активности почвы (численность микроорганизмов, коэффициент трансформации органического вещества) наиболее стабильны биохимические показатели. Они показывают динамику энзиматических процессов в почве. Исходя из активности отдельных ферментов, как известно, обладающих строгой специфичностью, трудно оценивать не только плодородие, но и общую биологическую активность разных типов почв. В этом случае необходимо определение гидролаз и оксидоредуктаз [3].

Фермент группы оксиредуктаз каталаза утилизирует токсичную для растений перекись водорода, образующуюся в процессе их дыхания и в результате биохимических реакций окисления органических соединений, играет важную роль в процессах синтеза и превращения веществ [11]. За годы исследований при бактеризации семян каталазная активность ризосферы сорта Сибириада была на уровне контрольного варианта (табл. 3).

В ризосфере сорта Сибириада 20 наблюдали снижение показателя во всех инокулированных вариантах опыта на 8-12% к контролю. Данная направленность вполне объяснима, так как при увеличении в почве запасов азота (за счет симбиотической азотфиксации) происходит ингибирование активности дыхательного фермента (каталаза). Исследованиями [9] установлена отрицательная корреляционная связь каталазы с содержанием нитратного азота в почве [9]. В наших исследованиях также отмечена отрицательная корреляционная зависимость каталазной активности от содержания $N\text{-}NO_3$ в ризосфере (r= -0,67).

3. Активность почвенных ферментов в ризосфере сои при инокуляции Ризоторфином, в 1 г воздушно-сухой почвы (n=6)

Вариант	Активность почвенных ферментов					
	Каталаза, O_2 ($см^3$/мин)/г		Уреаза, * мг NH_3 / г		Инвертаза, * мг инвертн. Сахара/г	
	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.	2022 г.	2023 г.
Сорт Сибириада						
Контроль	1,85	1,37	0,36	0,71	12,4	11,0
Штамм ВР 634	1,83	1,34	0,39	0,61	12,2	10,5
Штамм ВР 835	1,82	1,39	0,35	0,63	12,0	10,7
Сорт Сибириада 20						
Контроль	*1,93*	*1,67*	*0,38*	*0,59*	*12,7*	*11,2*
Штамм ВР 634	1,78	1,48	0,40	0,56	12,3	10,0
Штамм ВР 835	1,82	1,61	0,33	0,65	12,9	10,4
НСР$_{05}$: А	*0,05*	*0,10*	*0,04*	*0,07*	*1,02*	*1,38*
В	*0,06**	*0,12*	*0,04*	*0,09*	*1,25*	*1,69*
АВ	*0,08*	*0,17*	*0,06*	*0,13*	*1,77*	*2,39*

Фермент уреаза катализирует гидролиз мочевины до аммиака и диоксида углерода. Ее активность – один из важнейших показателей биологической активности почвы. Аммиак служит источником питания для растений и участвует в процессах нитрификации [4]. Существенное воздействие изучаемого агроприема на активность данного фермента не выявлено, что может быть связано с засушливостью вегетационных периодов в годы исследований.

Гидролитическое расщепление сахарозы и ее производных по гликозидным связям до мономеров выполняет фермент инвертаза. Ее активность определяется уровнем содержания органического вещества в почве и убывает по профилю, она в значительной степени отражает содержание в почве легкогидролизуемых углеводов, являющихся энергетическим материалом для многих почвенных гетеротрофов [6]. Активность фермента инвертаза также не зависела от изучаемых факторов, изменения ее были не существенны, в пределах ошибки определения. Обнаружена корреляционная зависимость средней тесноты между содержанием фермента инвертаза и сапротрофными бактериями (r=0,71). Сопряженность активности инвертазы с почвенными микроорганизмами и их метаболической активностью свидетельствует о преимуществе инвертазы микробного происхождения.

Согласно шкале Д.Г. Звягинцева (2005) для оценки степени обогащенности почв ферментами, изучаемая лугово-черноземная почва (ризосфера) по активности каталазы, уреазы и инвертазы относится к очень бедным.

Уровень урожайности сельскохозяйственных культур определяет в конечном итоге эффективность применения того или иного агроприема. За 2022-2024 г. исследований урожайность зерна сои варьировала в зависимости от вариантов опыта. Максимальная прибавка зерна сои сорта Сибириада 20 получена в варианте Ризоторфин штамм ВР 835 (дополнительно к контролю 0,27 т/га). В варианте Сибириада 20 Ризоторфин штамм ВР 634 прибавка составила 0,17 т/га в сравнении с контролем (табл. 4).

На урожайность зерна сорта Сибириада изучаемый агроприем оказал также положительное воздействие, но в меньшей степени, прибавка в удобренных вариантах от 0,07 до 0,08 т/га.

Математический анализ зависимости урожайности зерна сои от каталазной активности ризосферы выявил положительную корреляционную связь (r=0,64), описывающуюся прямолинейным уравнением регрессии (рис.).

4. Урожайность зерна сои при бактеризации семян Ризоторфином, т/га

Вариант опыта		Год исследований			2022-2024 г.
		2022	2023	2024	
Сорт Сибириада	Контроль	3,55	3,20	3,25	3,33
	Ризоторфин штамм ВР 634	3,40	3,51	3,29	3,40
	Ризоторфин штамм ВР 835	3,54	3,15	3,53	3,41
Сорт Сибириада 20	Контроль	3,30	3,59	3,09	3,33
	Ризоторфин штамм ВР 634	3,48	3,53	3,49	3,50
	Ризоторфин штамм ВР 835	3,63	3,72	3,45	**3,60**
НСР$_{05}$: A=0,18, B=0,22, AB=0,32					
Доли влияния фактора A=39,7; B=45,4; AB=14,5					

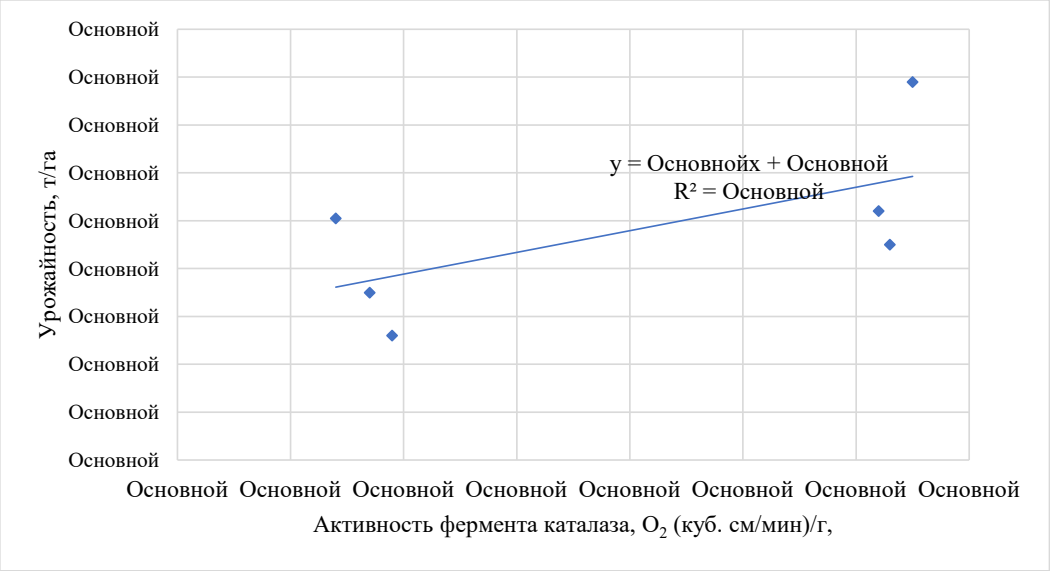

Рис. Зависимость урожайности зерна сои от активности фермента каталаза, n=6

Заключение. В результате проведённых исследований установлено, что применение Ризоторфина штамм ВР 835 оказывало положительное влияние на количество агрономически важных групп прикорневых микроорганизмов сорта сои Сибириада 20. На численность тестируемых групп биоты ризосферы сорта Сибириада достоверного воздействия бактеризации семян не выявлено. В ризосфере сои процессы минерализации были несколько снижены, что свидетельствует об усилении гумификационных процессов в лугово-черноземной почве под посевом культуры. В ризосфере сорта Сибириада 20 обработка семян штаммами симбиотических бактерий повышала коэффициент трансформации органического вещества до 27% к контролю. Предпосевная обработка семенного материала биопрепаратами приводила к снижению каталазной активности на 8-12% к контролю. Существенного воздействия агроприема на активность гидролитических ферментов (уреаза, инвертаза) выявить не удалось. Создание микробно-растительного симбиоза в ризосфере сои позволило с помощью фиксированного микроорганизмами азота атмосферы повысить урожайность в сравнении с контролем на 0,27 т/га (вариант сорт сои Сибириада 20 + штамм ВР 835).

Литература

1. *Алферов А.А., Завалин А.А., Чернова Л.С., Чеботарь В.К.* Эффективность биопрепаратов эндофитных бактерий на яровой пшенице и устойчивость агроэкосистемы // Плодородие. – 2019. – № 1. – С. 41-44. – DOI: 10.25680/S19948603.2019.106.13.
2. *Вейнбендер А.А., Шулико Н.Н., Хамова О.Ф., Солдатова Л.Т.* Влияние бактеризации семян сои препаратом Ризоторфин ВР 835 на микробиологическую активность ризосферы и продуктивность культуры семян // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 11. – С. 64-72 с.
3. *Галстян А.Ш.* К оценке биологической активности почв // Сб. тезисов докл. V съезда ВОП. – Минск, 1977. – Вып. 2. – С. 201-202.
4. *Галстян А.Ш.* Об устойчивости ферментов почв // Почвоведение. – 1982. – № 4. – С. 108-110.
5. *Гущина В.А.* Биопрепараты и регуляторы роста в ресурсосберегающем земледелии: учебное пособие / сост.: В.А. Гущина, А.А. Володькин. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 206 с.
6. *Даденко Е.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф.* Изменение ферментативной активности почвенных образцов при их хранении // Почвоведение. – 2009. – № 12. – С. 1481-1486.

7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
8. *Зинченко М. К., Федулова И.Д., Шаркевич В.В.* Индикация экологического состояния серой лесной почвы методами микробиологического мониторинга // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса: Коллективная монография / Под ред. В.В. Окоркова. – Иваново: ФГБНУ «Верхневолжский федеральный аграрный научный центр», 2020. – С. 106-112 с.
9. *Зинченко, М. К.* Мониторинг активности каталазы в серой лесной почве Верхневолжья // Владимирский земледелец. – 2021. – № 1. –С. 7-11. – DOI 10.24412/2225-2584-2021-1-7-11. – EDN NZYQRC.
10. *Зинченко, М. К., Стоянова Л.Г.* Бактерии азотного обмена как индикаторы процессов трансформации органического вещества в агроландшафтах серой лесной почвы // Владимирский земледелец. – 2015. – № 2. – С. 8-11.
11. *Зинченко М.К.* Ферментативные процессы в серых лесных почвах Верхневолжья. – Иваново: ПресСто, 2019. – 140 с.
12. *Коробова Л.Н., Танатова А.В., Ферапонтова С.А., Шинделов А.В.* Научно-методические рекомендации по использованию микробиологических показателей для оценки состояния пахотных почв Сибири. – Новосибирск: НГАУ, 2013. – 38 с.
13. *Корягин Ю.В., Корягина Н.В., Ефремова С.Ю., Корягина Е.Ю.* Микробиологические препараты как обеспечение экологичности аграрного производства // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. – 2016. – № 2. – С. 29-34.
14. *Лактионов Ю.В., Кожемяков А.П., Елисеев В.В., Яхно В.В.* Инокуляция как способ оптимизации азотного питания сои // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2015. – № 2. – С. 21-25.
15. *Круглов, Ю.В., Кандыбин Н.В., Лаптев Г.Ю.* Биопрепараты в сельском хозяйстве : Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве // Российская академия сельскохозяйственных наук, Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии. – М.: Россельхозакадемия, 2005. – 153 с.
16. *Онищук О. П., Курчак О. Н., Кимеклис А. К., Аксенова Т.С., Андронов Е.Е., Проворов Н.А.* Биоразнообразие симбиозов, образуемых клубеньковыми бактериями Rhizobium leguminosarum с бобовыми растениями галегоидного комплекса // Сельскохозяйственная биология. – 2023. – Т. 58, № 1. – С. 87-99. – DOI: 10.15389/agrobiology.2023.1.87rus.
17. *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.
18. *Проворов Н.А., Андронов Е.Е., Кимеклис А.К., Чирак Е.Р., Карасев Е.С., Аксенова Т.С., Копать В.В.* Эволюционная география клубеньковых бактерий: видообразование, направляемое растениями-хозяевами // Микробиология. – 2020. – Т. 89, № 1. – С. 3-16. – DOI: 10.31857/S0026365620010127.
19. *Теппер Е.З., Шильникова В.К.* Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов/ Под ред. В.К. Шильниковой. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
20. *Терехова В.А., Кулачкова С.А., Морачевская Е.В., Кирюшина А.П.* Методология биодиагностики почв и особенности некоторых методов биоиндикации и биотестирования (обзор) // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2023. – №2.
21. *Хазиев Ф.Х.* Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 2005. – 252 с.
22. *Чеботарь В.К., Мальфанова Н.В., Щербаков А.В., Ахтемова Г.А., Борисов А.Ю., Люгтенберг Б., Тихонович И.А.* Эндофитные бактерии в микробных препаратах, улучшающих развитие растений (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 2015. – Т. 51, № 3. – 283 с.

THE EFFECT OF RHIZOTORPHIN INOCULATION ON THE ECOLOGICAL STATE OF THE SOYBEAN RHIZOSPHERE

A.A. Kiselyova, postgraduate [1,2], N.N. Shuliko, PhD[1],
N.A. Popolzukhina PhD, Professor[2], E.V. Tukmacheva PhD,[1]
[1]FSBSI «Omsk agricultural research center»,
[2]Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin

Studies on the indicators of the biological state of the soybean rhizosphere during inoculation with strains of the symbiotic nitrogen fixation drug Rhizotorphin were carried out in 2022-2024. Diagnostic criteria: the number of microorganisms, the direction and intensity of soil processes, enzymatic activity. Pre-sowing bacterization of seeds was carried out with the symbiotic nitrogen fixation drug Rhizotorphin strain BP 634 and 835. The scheme of the experiment involved the study of the following options: culture, soybean variety Sibiriada and variety Sibiriada 20 (factor A); bacterial preparation for seed inoculation (factor B) – without preparation, Rhizotrophin strains BP 634 and BP 835. The use of Rhizotorphin strain BP 835 had a positive effect on the number of ecological and trophic groups of root microorganisms of soybean variety Sibiriada 20, an increase of 12% relative to the control variant. No reliable effect of seed inoculation on the number of tested groups of the rhizosphere biota of the Sibiriada soybean variety has been established. In the soybean rhizosphere, the processes of mineralization of organic matter were somewhat reduced, which indicates an increase in humification processes in meadow-chernozem soil under crop cultivation. Treatment of soybean seeds of the Sibiriada variety with 20 strains of symbiotic bacteria increased the coefficient of transformation of organic matter to 27% of the control. Pre-sowing treatment of the seed material with biological preparations led to a decrease in the catalase activity of the soil by 8-12% compared to the control. It was not possible to identify a significant effect of the agro-intake on the activity of hydrolytic enzymes. The creation of a microbial-plant symbiosis in the soybean rhizosphere made it possible, with the help of atmospheric nitrogen fixed by microorganisms, to increase the yield of soybean grain by 0.27 t/ha in comparison with the control (variant soybean variety Sibiriada 20 strain BP 835).
Keywords: soybeans, bacterization, symbiotic nitrogen fixation, microbial population, enzymatic activity, yield.