

Научная статья/Research Article

УДК 631.46 : 635.655 : 631.559

DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-64-72

Алина Андреевна Вейнбендер<sup>1</sup>, Наталья Николаевна Шулико<sup>2✉</sup>, Ольга Федоровна Хамова<sup>3</sup>,  
Нина Алексеевна Поползухина<sup>4</sup>, Лия Тагировна Солдатова<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup>Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

<sup>1,4</sup>Омский государственный аграрный университет, Омск, Россия

<sup>1,2</sup>shuliko@anc55.ru

<sup>3</sup>hamova@anc55.ru

<sup>4</sup>na.popolzukhina@omgau.org

<sup>5</sup>soldatova@anc55.ru

### ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИЗАЦИИ СЕМЯН СОИ ПРЕПАРАТОМ «РИЗОТОРФИН ВР 835» НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РИЗОСФЕРЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ

Цель исследования – определить влияние предпосевной инокуляции на микробиологическую активность ризосферы, продуктивность новых сортов сои Черемшанка и Сибирячка, их устойчивость к стрессовым условиям южной лесостепи Западной Сибири. Исследование проводили в южной лесостепной зоне Западной Сибири (Омская область) в 2020–2021 гг. Объектами исследования являлись сорта сои селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» Сибирячка и Черемшанка, а также их ризосфера. Варианты опыта: Сибирячка К (контроль), Сибирячка «Ризоторфин ВР 835», Черемшанка К (контроль), Черемшанка «Ризоторфин ВР 835». Применение биопрепарата «Ризоторфин ВР 835» оказало воздействие на интенсивность процессов трансформации органических веществ, протекающих в ризосфере культуры. В 2020 г. наиболее активно проявили себя бактерии-сапротрофы, за счет которых преобладал процесс иммобилизации. В 2021 г. фиксирование азота в клетках микроорганизмов протекало более обильно по отношению к предыдущему. Положительное влияние оказано и на численность микроорганизмов в ризосфере культуры, стимулируя их рост по отношению к контролю. При этом увеличилась численность аммонификаторов на МПА (мясопептонном агаре) на 53 %, амилотических микроорганизмов – на 24–41 %, олигонитрофилов – на 50 %, фосфатмобилизующих бактерий – в 2 раза. Количество почвенных грибов как источников фитопатогенной инфекции у сорта Черемшанка в 2021 г. снизилось в сравнении с контролем в 4 раза. В среднем за два года исследования общее количество микроорганизмов в ризосфере сортов сои под влиянием инокуляции увеличилось в 1,4–1,6 раза по отношению к контролю, в несколько большей степени – у сорта Сибирячка. Увеличение количества микроорганизмов ризосферы при применении «Ризоторфина ВР 835» способствовало повышению урожайности сои на 0,2 т/га у обоих сортов по сравнению с контролем, что было подтверждено рассчитанным коэффициентом детерминации  $r^2 = 0,43$ .

**Ключевые слова:** ризосфера, сорта, биопрепарат, азотфиксация, микробоценоз, урожайность

**Для цитирования:** Влияние бактеризации семян сои препаратом «Ризоторфин ВР 835» на микробиологическую активность ризосферы и продуктивность культуры / А.А. Вейнбендер [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 64–72. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-64-72.

Alina Andreevna Weinbender<sup>1</sup>, Natalya Nikolaevna Shuliko<sup>2✉</sup>, Olga Fedorovna Khamova<sup>3</sup>, Nina Alekseevna Popolzukhina<sup>4</sup>, Liya Tagirovna Soldatova<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,5</sup>Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

<sup>1,4</sup>Omsk State Agrarian University, Omsk. Russia

<sup>1,2</sup>shuliko@anc55.ru

<sup>3</sup>hamova@anc55.ru

<sup>4</sup>na.popolzukhina@omgau.org

<sup>5</sup>soldatova@anc55.ru

## INFLUENCE OF SOYBEAN SEEDS BACTERIZATION WITH RIZOTORFIN VR 835 ON THE MICROBIOLOGICAL ACTIVITY OF THE RHIZOSPHERE AND CULTURE PRODUCTIVITY

The purpose of the study is to determine the effect of pre-sowing inoculation on the microbiological activity of the rhizosphere, the productivity of new soybean varieties Cheremshanka and Sibiryachka, and their resistance to stressful conditions in the southern forest-steppe of Western Siberia. The study was carried out in the southern forest-steppe zone of Western Siberia (Omsk Region) in 2020–2021. The objects of the study were soybean varieties selected by the Federal State Budgetary Scientific Institution "Omsk ANC" Sibiryachka and Cheremshanka, as well as their rhizosphere. Experiment options: Sibiryachka K (control), Sibiryachka Rizotorfin VR 835, Cheremshanka K (control), Cheremshanka Rizotorfin VR 835. The use of the biological product Rizotorfin VR 835 had an impact on the intensity of the transformation processes of organic substances occurring in the rhizosphere of the crop. In 2020, saprotrophic bacteria were most active, due to which the immobilization process predominated. In 2021, nitrogen fixation in microbial cells occurred more abundantly compared to the previous year. A positive effect was also exerted on the number of microorganisms in the rhizosphere of the culture, stimulating their growth relative to the control. At the same time, the number of ammonifiers on MPA (meat peptone agar) increased by 53 %, amylolytic microorganisms by 24–41 %, oligonitrophils by 50 %, and phosphate-mobilizing bacteria by 2 times. The number of soil fungi as sources of phytopathogenic infection in the Cheremshanka variety in 2021 decreased by 4 times compared to the control. On average, over the two years of the study, the total number of microorganisms in the rhizosphere of soybean varieties under the influence of inoculation increased by 1.4–1.6 times relative to the control, and to a slightly greater extent in the Sibiryachka variety. An increase in the number of rhizosphere microorganisms when using Rizotorfin BP 835 contributed to an increase in soybean yield by 0.2 t/ha in both varieties compared to the control, which was confirmed by the calculated coefficient of determination  $r^2 = 0.43$ .

**Keywords:** rhizosphere, varieties, biological product, nitrogen fixation, microbial cenosis, productivity

**For citation:** Influence of soybean seeds bacterization with Rizotorfin VR 835 on the microbiological activity of the rhizosphere and culture productivity / A.A. Veinbender [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 64–72. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-64-72.

**Введение.** Бобовые растения являются уникальной средообразующей, экологически безопасной культурой, определяя важнейшее направление биологизации сельскохозяйственного производства. Соя, как и другие виды семейства бобовых, является культурой, улучшающей почвенное плодородие. Благодаря деятельности корневой системы и азотфиксирующих клубеньковых бактерий, она ослабляет уплотнение почвы, а также обогащает почву азотом [1, 2].

Формирование систем азотфиксации предусматривает структурное и функциональное взаимодействие бактериальной (*Rhizobium*) и растительной клеток. Одним из дополнительных способов оптимизации азотного питания зернобобовых культур является инокуляция семян активным штаммом клубеньковых бактерий. Многочисленными исследованиями установлено, что применение бактериальных удобрений оказывает положительное влияние на питательный режим растений, усиливает поступление биологического азота, увеличивает продуктивность и улучшает фосфорное питание растений, повышает их устойчивость к стрессовым

условиям. С учетом биологических особенностей, использования новых скороспелых сортов, оптимизации агроприемов возделывания даже в зоне рискованного земледелия Западной Сибири можно реализовать высокий потенциал продуктивности сои [3–8].

**Цель исследования** – определить влияние предпосевной инокуляции семян препаратом «Ризоторфин ВР 835» на микробиологическую активность ризосферы, продуктивность новых сортов сои Черемшанка и Сибириячка, их устойчивость к стрессовым условиям южной лесостепи Западной Сибири.

**Объекты и методы.** Исследование проводили в южной лесостепной зоне Западной Сибири, Омская область (опыт заложен на полях ФГБНУ «Омский аграрный научный центр» в 2020–2021 гг.).

Характерными показателями температурных условий зоны являются: холодная зима, жаркое лето с суховеями, ветреная и сухая весна, непродолжительная осень, короткий безморозный период, резкие колебания температуры [9].

Вегетационные периоды всех лет исследования характеризовались повышенными значениями температуры относительно среднемноголетней нормы и недобором осадков. Гидротермический коэффициент в 2020 г. равен 0,6 ед., а в 2021 г. – 0,7 ед., что указывает на засушливость.

Объектами исследования являлись сорта сои селекции ФГБНУ «Омский АНЦ» Сибирячка и Черемшанка, а также их ризосфера. Почва – лугово-черноземная среднесиловатая среднегумусовая тяжелосуглинистая. Обеспеченность пахотного слоя подвижным фосфором – средняя и повышенная, калием – высокая, содержание гумуса – 7,5 % (по Тюрину). Варианты опыта: Сибирячка К (контроль), Сибирячка «Ризоторфин ВР 835», Черемшанка К (контроль), Черемшанка «Ризоторфин ВР 835».

Площадь делянки в опыте – 10 м<sup>2</sup>, повторность четырехкратная. Посев проводился сеялкой ССФК-7,0; уборка урожая – комбайном Неде. В фазу бутонизации – начало цветения сои отбирались образцы ризосферной почвы у выкопанных растений. Инокуляцию семян проводили в день посева биопрепаратом азотфиксирующих бактерий фунгицидно-стимулирующего действия – «Ризоторфин ВР 835» (Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии, г. Пушкин). Микробиологический посев почвы ризосферы осуществлялся глубинным способом на твердых питательных средах [10]. Интенсивность микробиологических процессов трансформации азотсодержащих соединений в почве оценивали по коэффициентам минерализации (КАА/МПА) и иммобилизации (МПА/КАА) [11]. Выполнена статистическая обработка экспериментальных данных по методике Б.А. Доспехова [12].

**Результаты и их обсуждение.** Численность микрофлоры обладает динамичностью, которая

наблюдается не только в течение вегетационного периода, но и небольших отрезков времени, что является следствием изменений гидротермических условий, состояния растительного покрова и других факторов [13].

Исследованиями алтайских коллег показано, что при использовании «Ризоторфина» и прилипателей, как отдельно, так и совместно, повышается численность бактерий-сапротрофов, актинобактерий [14, 15]. В наших условиях в 2020 г. инокуляция семян сои сорта Сибирячка не оказала существенного влияния на количество сапротрофных бактерий в ризосфере культуры, которое оставалось на уровне контроля (16 и 14 млн КОЕ/г). В ризосфере сорта Черемшанка численность этих бактерий увеличилась на 54 % по отношению к контролю. В 2021 г. под влиянием бактериализации семян количество протеолитических микроорганизмов, утилизирующих органические соединения азота, растущих на МПА, снизилось на 22 % в ризосфере сорта Сибирячка и было на уровне контроля у Черемшанки.

В первый год исследования отмечалось увеличение микроорганизмов, иммобилизирующих минеральный азот на КАА у сортов сои Сибирячка и Черемшанка, на 24 и 41 % по отношению к контрольному варианту. В 2021 г. при применении приема инокуляции численность амилитических микроорганизмов в ризосфере сорта Сибирячка возросла практически в 2 раза по отношению к контролю, в ризосфере сорта Черемшанка была равна контролю. Это связано с высоким осмотическим давлением клеток, благодаря чему микрофлора, секретирующая амилазы, испытывает меньшую депрессию при засухе, чем бактерии на МПА (рис. 1).

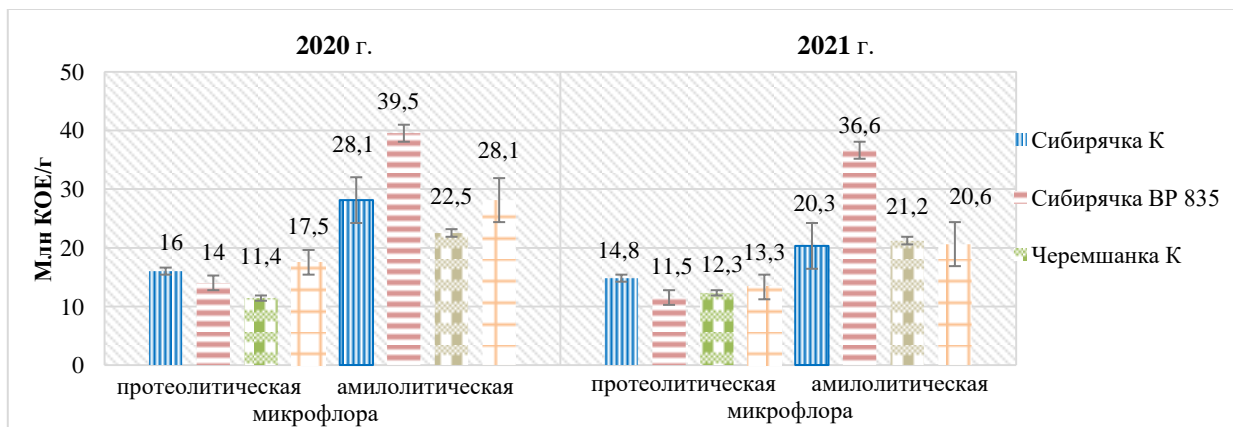


Рис. 1. Численность микроорганизмов ризосферы сои при применении инокуляции семян биопрепаратом «Ризоторфин ВР 835» (n = 6)

По мнению М.К. Зинченко (2020), для оценки интенсивности и направленности микробиологических процессов в почве недостаточно определения численности отдельных эколого-трофических групп микроорганизмов. Весьма информативными показателями являются их количественные соотношения, которые характеризуют интенсивность протекающих в почве процессов распада и выноса элементов питания в целом, так как фактически отражают направление энергетических

потоков, обусловленных противоположными функциями почвенной микрофлоры [16].

В ризосфере сорта Черемшанка на контрольном варианте отмечалось наибольшее значение коэффициента минерализации в 2020 г. –  $K_{мин} > 1$  (1,08 ед.), в последующий год в ризосфере неудобренных (соотношение МПА/КАА) вариантов преобладали иммобилизационные процессы (табл.).

### Направленность микробиологических процессов в ризосфере сортов сои (n = 6)

Вариант	2020 г.		2021 г.	
	$K_{мин}$ (КАА/МПА)	$K_{иммоб}$ (МПА/КАА)	$K_{мин}$ (КАА/МПА)	$K_{иммоб}$ (МПА/КАА)
Сибирячка К	0,93	1,08	0,94	1,06
Сибирячка Ризотрфин ВР 835	0,82	1,22	0,73	1,36
Черемшанка К	1,08	0,93	0,79	1,27
Черемшанка Ризотрфин ВР 835	0,76	1,32	0,93	1,08

Примечание:  $K_{мин}$  (КАА/МПА) – коэффициент минерализации;  $K_{иммоб}$  (МПА/КАА) – коэффициент иммобилизации.

Соотношение протеолитической и амилолитической микрофлоры (МПА/КАА) в 2020 г. показало, что инокуляция семян сои способствовала усилению процесса иммобилизации в ризосфере изучаемых сортов. Коэффициент иммобилизации составлял 1,22–1,32 ед., т. е. на 13–42 % выше контроля, что указывает на закрепление азота в микробной клетке почвенной микрофлоры. Впоследствии при отмирании и деструкции высвобождающийся азот может быть использован в питании растений.

Процесс иммобилизации с наибольшей интенсивностью протекал в ризосфере сорта Си-

бирячка при применении «Ризотрфина» (штамм ВР 835), увеличение коэффициента иммобилизации по отношению к контролю составило 28 %.

При анализе агрономически значимых микроорганизмов следует отметить рост бактерий, усиливающих мобилизацию фосфора из труднодоступных соединений. В 2020 г. численность фосфатмобилизующих бактерий в ризосфере сорта Черемшанка увеличилась в 3 раза по отношению к контролю, а в 2021 г. – в ризосфере сорта Сибирячка их количество в варианте с инокуляцией в 2 раза в сравнении с контролем (рис. 2).

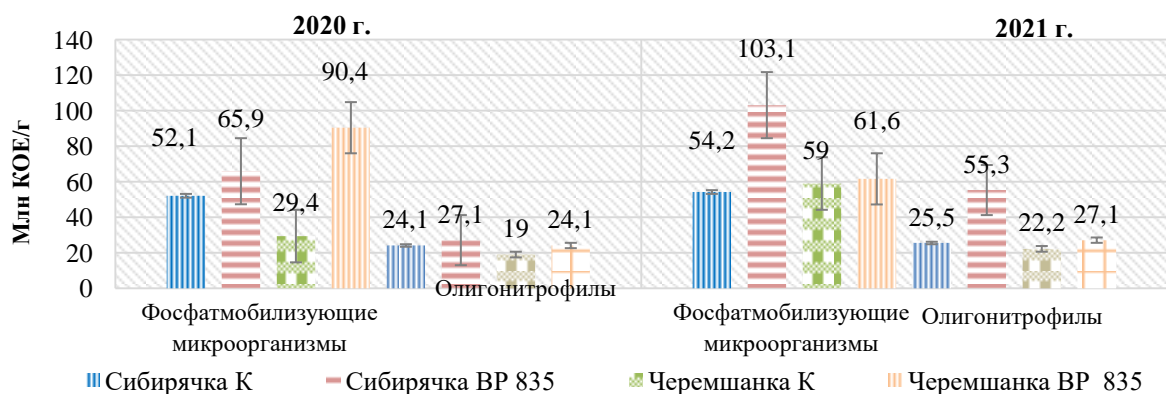


Рис. 2. Численность фосфоромобилизующих микроорганизмов и олигонитрофилов в ризосфере сортов сои (n = 6)

Различное влияние биопрепарата на численность почвенной микрофлоры обусловлено генотипическими особенностями сорта, отзывчивостью на инокуляцию и может быть проявлением синергического эффекта микроорганизмов в многокомпонентной системе, результатом взаимодействия микроорганизмов друг с другом [17].

В работе краснодарских ученых показано, что улучшение азотного питания бактеризованных растений происходит на фоне потребления азота из почвы и симбиотрофного процесса посредством аборигенных ризобий. В ситуации острого дефицита этого элемента даже небольшое поступление его под влиянием штаммов инокулянтов оказывает заметное влияние на рост растений [18]. В наших исследованиях численность олигонитрофилов – микроорганизмов, способных фиксировать азот воздуха, в ризосфере сои варьировала в пределах 19,0–55,3 млн КОЕ/г. Применение бактеризации се-

мян не оказало существенного влияния на определяемую группу в 2020 г. В условиях 2021 г. их количество в ризосфере сорта Сибирячка увеличилось на 50 % к контролю, в ризосфере сорта Черемшанка при использовании агроприема было на уровне контрольного варианта.

При низком потреблении азота нитратов растениями сои в условиях засухи происходило накопление его в почве. При этом в ризосфере сорта Сибирячка отмечена активация роста целлюлозоразрушающих микроорганизмов в 2020 г. более чем в 2 раза, в то время как увеличение их численности у сорта Черемшанка в сравнении с контролем составило лишь 11 %. В 2021 г. количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов в ризосфере сои Сибирячка также значительно увеличилось – на 80 % к контролю, а в ризосфере сорта Черемшанка – только на 20 % в сравнении с контролем (рис. 3).

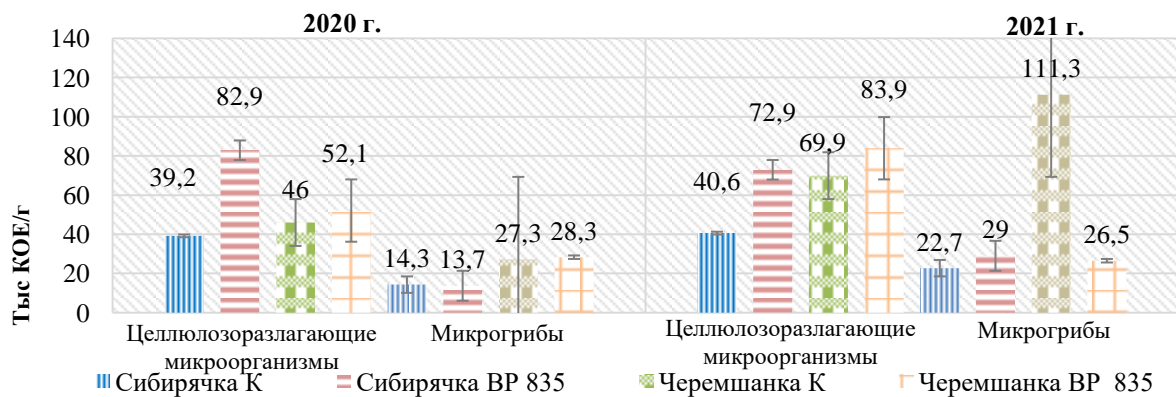


Рис. 3. Численность микроорганизмов-деструкторов в ризосфере сортов сои при инокуляции биопрепаратом «Ризоторфин BP 835» (n = 6)

В 2020 г. применение приема инокуляции семян практически не оказало влияния на количество почвенных микроскопических грибов. В условиях 2021 г. в варианте с применением биопрепарата у сорта Черемшанка их численность снизилась более чем в 4 раза, что, вероятно, обусловлено фунгицидным действием азотфиксирующих бактерий и является положительной тенденцией, так как среди микрогрибов встречаются возбудители различных заболеваний сои, следовательно, снижается риск возникновения болезней культуры [19].

Урожайность культуры – интегральный показатель, в основе которого лежат многочисленные корреляционные связи между соподчиненными признаками. В какой степени любой количественный признак определяет формирование урожайности, зависит от его значимости, varia-

бельности, биологической специфики генотипа растения и от характера экологической нагрузки. Влияние агроклиматических условий на урожайность сельскохозяйственных культур и ее элементы имеет определяющее значение [20–23].

В результате проведенных исследований установлено, что урожайность сои наряду с изучаемыми факторами (инокуляция семян разных сортов) определялась погодными условиями, складывающимися в течение вегетационных периодов.

При улучшении азотного питания за счет симбиотической азотфиксации в удобренных вариантах опыта наблюдался существенный рост суммарной численности определяемой микрофлоры – от 37 до 58 % по отношению к контролю (рис. 4).



Исследованиями коллег из Костанайского НИИСХ установлена прибавка урожайности до 0,7 т/га в зависимости от сорта и штамма биопрепарата [24]. Прибавка урожайности сортов

сои Омского АНЦ при применении биопрепарата достигла 0,2 т/га у обоих сортов по сравнению с контролем (рис. 4).

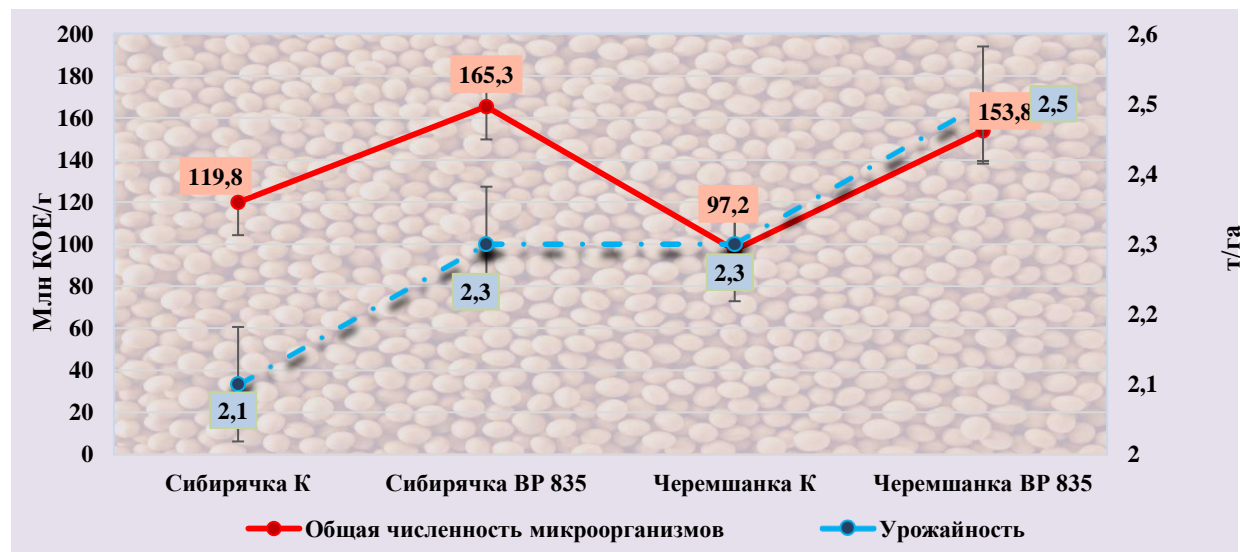


Рис. 4. Суммарная численность микроорганизмов и урожайность сортов сои (2020–2021 гг.)

Корреляционный анализ зависимости урожайности зерна сои от общей численности ризосферной микрофлоры по результатам двух лет исследования показал, что между этими

показателями наблюдается статистически значимая ( $p < 0,05$ ) положительная ( $r = 0,675$ ) связь, которая достаточно адекватно описывается уравнением линейной регрессии (рис. 5).

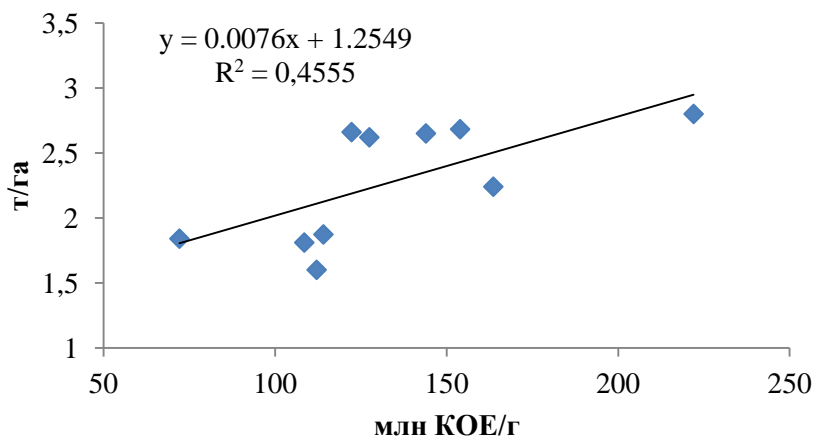


Рис. 5. Зависимость урожайности зерна сои (Y, т/га) от общей численности микрофлоры (X, млн КОЕ/г) (2020–2021 гг.)

Это объясняется тем, что почвенная микрофлора способствует разложению органических веществ до минеральных, круговороту азота, углерода, и других элементов в природе, осуществляет процессы формирования, самоочищения почвы, т. е. участвует в процессах, без которых нормальное функционирование биоценозов невозможно [25].

**Заключение.** При применении бактериализации семян сои выявлено положительное влияние на биологическую активность ризосферы и урожайность, отмечено:

1. Увеличение численности агрономически значимых групп микроорганизмов, составляющих основу почвенного микробиоценоза. Общее количество микрофлоры в ризосфере сортов

сои под влиянием инокуляции увеличилось в 1,4–1,6 раза по отношению к контролю, в несколько большей степени у сорта Сибирячка.

2. Инокуляция способствовала созданию микробно-растительной ассоциации в ризосфере сои, что обеспечило прибавку урожайности 0,2 т/га у исследуемых сортов.

3. Выявлена статистически значимая ( $p < 0,05$ ) положительная ( $r = 0,675$ ) зависимость урожайности сои от количества микрофлоры в ризосфере.

#### Список источников

1. Завалин А.А., Соколов Н.Я. Экология азот-фиксации. М.: РАН, 2019. 252 с.
2. Воронкова Н.А. Оптимизация минерального питания сои на черноземных почвах южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис... канд. с.-х. наук: 06.01.04. Омск, 1999. 17 с.
3. Вейнбендер А.А., Шулико Н.Н. Влияние приема инокуляции на биологическую активность ризосферы сои // Исследования и разработки молодых ученых, студентов и специалистов для АПК Сибирского федерального округа: сб. мат-лов X юбилейной регион. науч.-практ. конф. (Барнаул, 21–22 июля 2022 г.). Барнаул: Азбука, 2022. С. 153–157.
4. Тимохин А.Ю., Омелянюк Л.В., Бойко В.С. Влияние ризоторфина на развитие сортов сои селекции СибНИИСХ при орошении в южной лесостепи Западной Сибири // Масличные культуры. 2016. № 3 (167). С. 53–58.
5. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов (обзор) / А.И. Шапошников [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2011. № 3. С. 16–22.
6. Кожемяков А.П., Афанасьева Л.М. Влияние производственных штаммов клубеньковых бактерий на белковую продуктивность основных бобовых культур // Бюл. ВНИИСХМ. 1986. № 43. С. 15–18.
7. Киселев А.С., Поползухина Н.А. Воздействие инокуляции на фотосинтетическую и симбиотическую активность гороха посевного // Вестник ОмГАУ. 2018. № 3 (31). С. 5–13.
8. Паршуткина Е.В., Поползухина Н.А., Рожанская О.А. Оценка исходного материала для селекции сои в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник ОмГАУ. 2016. № 1 (21). С. 45–51.
9. Сидоренко А.В. Геология СССР. Т. 14. Западная Сибирь (Алтайский край, Кемерово, Новосибирская, Омская, Томская области). Ч. 1. Геологическое описание. М., 2012. 674 с.
10. Теннер Е.З., Шильникова В.К. Практикум по микробиологии учебное пособие для вузов / под ред. В.К. Шильниковой. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дрофа, 2004. 256 с.
11. Муха В.Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Сб. науч. тр. Харьковского СХИ. Харьков, 1980. Т. 273. С. 13–16.
12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 416 с.
13. 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.
14. Ступина Л.А. Влияние ризоторфина и карбоксиметилированных препаратов на фотосинтетическую активность и продуктивность сои в условиях умеренно засушливой степи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 7 (165). С. 20–27.
15. Литвинцев П.А. Влияние ризоторфина и минеральных удобрений на азотфиксацию и зерновую продуктивность сои // Состояние и проблемы сельскохозяйственной науки на Алтае: сб. науч. работ / Алтайский науч.-исслед. ин-т сельского хозяйства. Барнаул, 2010. С. 74–83.
16. Зинченко М.К. Трансформация биологических свойств серой лесной почвы агроландшафтов в системе адаптивно-ландшафтного земледелия / Верхневолж. федер. аграр. науч. центр. Суздаль; Иваново, 2020. 144 с.
17. Анализ эффектов совместной инокуляции грибами арбускулярной микоризы и ризобиями на рост и развитие растений гороха *Pisum sativum* L. / И.В. Леппянен [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2021. № 3. С. 475–486.
18. Влияние клубеньковых бактерий на формирование вегетативной массы сои и развитие симбиотического аппарата на чернозе-

- ме выщелоченном / В.А. Тильба [и др.] // Масличные культуры. 2020. № 1. С. 79–87. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-1-181-79-87.
19. Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль // Фитотоксичные свойства почвенных микроорганизмов. Л., 1978. С. 7–31.
  20. Поползухина Н.А., Вейнбендер А.А. Оценка действия биопрепарата на биологическую активность почвы в ризосфере сортов сои // Каталог выпускных квалификационных работ факультета агрохимии, почвоведения, экологии, природообустройства и водопользования: сб. ст. / Ом. гос. аграр. ун-т им. П.А. Столыпина. Омск, 2022. С. 137–142.
  21. Шулико Н.Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические и биологические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя в южной лесостепи Западной Сибири: 06.01.04: дис. ... канд. с.-х. наук. Новосибирск, 2017. 169 с.
  22. Влияние биопрепаратов комплексного действия на биологическую активность ризосферы и продуктивность льна-долгунца / О.Ф. Хамова [и др.] // Плодородие. 2021. № 2 (119). С. 52–55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.14. EDN LFYARU.
  23. Технология возделывания новых сортов гороха в Омской области / Ю.В. Колмаков [и др.] // СибНИИСХ. Омск: Информационный центр сотрудничества «Литера», 2014. 25 с.
  24. Сидорик И.В., Плотников В.Г., Зинченко А.В. Эффективность обработки семян сортообразцов сои штаммами Ризоторфина // Вклад молодых ученых в аграрную науку: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (Кинель, 18 апреля 2018 г.) / Самар. гос. с.-х. акад. Кинель, 2018. С. 20–23.
  25. Шапиро Я.С. Агробиология: учеб. пособие. СПб.: Проспект Науки, 2009. 280 с.
- X jubilejnoj region. nauch.-prakt. konf. (Barnaul, 21–22 iyulya 2022 g.). Barnaul: Azbuka, 2022. S. 153–157.
4. Timohin A.Yu., Omel'yanyuk L.V., Bojko V.S. Vliyanie rizotorfina na razvitie sortov soi selekcii SibNIISH pri oroshenii v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Maslichnye kul'tury. 2016. № 3 (167). S. 53–58.
  5. Vzaimodejstvie rizosfernyh bakterij s rasteniyami: mehanizmy obrazovaniya i faktory `effektivnosti associativnyh simbiozov (obzor) / A.I. Shaposhnikov [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2011. № 3. S. 16–22.
  6. Kozhemyakov A.P., Afanas'eva L.M. Vliyanie proizvodstvennyh shtammov kluben'kovykh bakterij na belkovuyu produktivnost' osnovnykh bobovykh kul'tur // Byul. VNIISHM. 1986. № 43. S. 15–18.
  7. Kiselev A.S., Popolzuhina N.A. Vozdejstvie inokulyacii na fotosinteticheskuyu i simbioticheskuyu aktivnost' goroha posevnogo // Vestnik OmGAU. 2018. № 3 (31). S. 5–13.
  8. Parshutkina E.V., Popolzuhina N.A., Rozhanskaya O.A. Ocenka ishodnogo materiala dlya selekcii soi v usloviyah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Vestnik OmGAU. 2016. № 1 (21). S. 45–51.
  9. Sidorenko A.V. Geologiya SSSR. T. 14. Zapadnaya Sibir' (Altajskij kraj, Kemerovo, Novosibirskaya, Omskaya, Tomskaya oblasti). Ch. 1. Geologicheskoe opisanie. M., 2012. 674 s.
  10. Tepper E.Z., Shil'nikova V.K. Praktikum po mikrobiologii uchebnoe posobie dlya vuzov / pod red. V.K. Shil'nikovoj. 5-e izd., pererab. i dop. M.: Drofa, 2004. 256 s.
  11. Muha V.D. O pokazatelyah, otrazhayuschih intensivnost' i napravlennost' pochvennyh processov // Sb. nauch. tr. Har'kovskogo SHI. Har'kov, 1980. T. 273. S. 13–16.
  12. Dosphehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovanij). 5-e izd., dop. i pererab. M.: Agropromizdat, 1985. 416 s.
  13. Klevenskaya I.L., Gantimurova N.I. Mikrobnye associacii pochv ryada biogeocenov Barbinskoj nizmennosti // Mikrobnye associacii i ih funkcionirovanie v pochvah Zapadnoj Sibiri. Novosibirsk: Nauka, 1979. S. 22–60.
  14. Stupina L.A. Vliyanie rizotorfina i karboksimetilirovannyh preparatov na fotosinteticheskuyu aktivnost' i produktivnost' soi v usloviyah umerenno zasushlivoj stepi Altajskogo kraja // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2018. № 7 (165). S. 20–27.

## References

1. Zavalin A.A., Sokolov N.Ya. `Ekologiya azotifiksacii. M.: RAN, 2019. 252 s.
2. Voronkova N.A. Optimizaciya mineral'nogo pitaniya soi na chernozemnyh pochvah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis... kand. s.-h. nauk: 06.01.04. Omsk, 1999. 17 s.
3. Vejnbenдер А.А., Шулико Н.Н. Влияние приема инокуляции на биологическую активность ризосферы сои // Исследования и разработки молодых ученых, студентов и специалистов для АПК Сибирского федерального округа: сб. мат-лов



15. *Litvincev P.A.* Vliyanie rizotorfina i mineral'nyh udobrenij na azotfiksaciyu i zernovuyu produktivnost' soi // Sostoyanie i problemy sel'skohozyajstvennoj nauki na Altae: sb. nauch. rabot / Altajskij nauch.-issled. in-t sel'skogo hozyajstva. Barnaul, 2010. S. 74–83.
16. *Zinchenko M.K.* Transformaciya biologicheskikh svojstv seroj lesnoj pochvy agrolandshaftov v sisteme adaptivno-landshaftnogo zemledeliya / Verhnevolzh. feder. agrar. nauch. centr. Suzdal'; Ivanovo, 2020. 144 s.
17. Analiz `effektov sovместной инokulyacii gribami arbuskulyarnoj mikorizy i rizobiyami na rost i razvitie rastenij goroha *Pisum sativum* L. / *I.V. Leppyanen* [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2021. № 3. S. 475–486.
18. Vliyanie kluben'kovykh bakterij na formirovanie vegetativnoj massy soi i razvitie simbioticheskogo apparata na chernozeme vyschelochennom / *V.A. Til'ba* [i dr.] // Maslichnye kul'tury. 2020. № 1. S. 79–87. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-1-181-79-87.
19. *Beresteckij O.A.* Fitotoksiny pochvennykh mikroorganizmov i ih `ekologicheskaya rol' // Fitotoksichnye svojstva pochvennykh mikroorganizmov. L., 1978. S. 7–31.
20. *Popolzuhina N.A., Vejnбender A.A.* Ocenka dejstviya biopreparata na biologicheskuyu aktivnost' pochvy v rizosfere sortov soi // Katalog vypusnykh kvalifikacionnykh rabot fakul'teta agrohimii, pochvovedeniya, `ekologii, prirodobustrojstva i vodopol'zovaniya: sb. st. / Om. gos. agrar. un-t im. P.A. Stolypina. Omsk, 2022. S. 137–142.
21. *Shuliko N.N.* Vliyanie dlitel'nogo primeneniya udobrenij na agrohimicheskie i biologicheskie svojstva chernozema vyschelochennogo i produktivnost' yachmenya v yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri: 06.01.04: dis. ... kand. s.-h. nauk. Novosibirsk, 2017. 169 s.
22. Vliyanie biopreparatov kompleksnogo dejstviya na biologicheskuyu aktivnost' rizosfery i produktivnost' l'na-dolgunca / *O.F. Hamova* [i dr.] // Plodorodie. 2021. № 2 (119). S. 52–55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.14. EDN LFYARU.
23. Tehnologiya vzdelyvaniya novykh sortov goroha v Omskoj oblasti / *Yu.V. Kolmakov* [i dr.] // SibNIISH. Omsk: Informacionnyj centr sotrudnichestva «Litera», 2014. 25 s.
24. *Sidorik I.V., Plotnikov V.G., Zinchenko A.V.* `Effektivnost' obrabotki semyan sortoobrazcov soi shtammami Rizotorfina // Vklad molodykh uchenykh v agrarnuyu nauku: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Kinel', 18 aprelya 2018 g.) / Samar. gos. s.-h. akad. Kinel', 2018. S. 20–23.
25. *Shapiro Ya.S.* Agrobiologiya: ucheb. posobie. SPb.: Prospekt Nauki, 2009. 280 s.

Статья принята к публикации 06.09.2023 / The article accepted for publication 06.09.2023.

Информация об авторах:

**Алина Андреевна Вейнбедер**<sup>1</sup>, младший научный сотрудник лаборатории микробиологии, аспирант  
**Наталья Николаевна Шулико**<sup>2</sup>, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

**Ольга Федоровна Хамова**<sup>3</sup>, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат биологических наук, доцент

**Нина Алексеевна Поползухина**<sup>4</sup>, профессор кафедры экологии, природопользования и биологии, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Лия Тагировна Солдатова**<sup>5</sup>, младший научный сотрудник лаборатории качества зерна

Information about the authors:

**Alina Andreevna Weinbender**<sup>1</sup>, Junior Researcher, Laboratory of Microbiology, Postgraduate Student  
**Natalya Nikolaevna Shuliko**<sup>2</sup>, Senior Researcher, Head of Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

**Olga Fedorovna Khamova**<sup>3</sup>, Leading Researcher, Laboratory of Microbiology, Candidate of Biological Sciences, Docent

**Nina Alekseevna Popolzukhina**<sup>4</sup>, Professor at the Department of Ecology, Environmental Management and Biology, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

**Liya Tagirovna Soldatova**<sup>5</sup>, Junior Researcher, Grain Quality Laboratory