

leaves for drip-irrigated spring wheat [J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2017, 35 (1): 103.

32. Quality and Technical Supervision Bureau of Qitai County, Xinjiang Uygur Autonomous Re-

gion. The technical regulation of high yield management of wheat under drip irrigation (DBN652325/T 043-2017) [S]. 2011.



УДК 579.64:631.445.4:633.34(571.150)
DOI: 10.53083/1996-4277-2025-252-10-21-29

А.А. Ермошкин, В.С. Курсакова, Л.А. Ступина
A.A. Ermoshkin, V.S. Kursakova, L.A. Stupina

ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОБОНАСЕЛЕНИЯ В ЧЕРНОЗЁМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ СОИ С ИНОКУЛЯЦИЕЙ РАЗЛИЧНЫМИ СИМБИОНТАМИ

CHANGES IN THE MICROBIAL POPULATION IN LEACHED CHERNOZEM DURING SOYBEAN CULTIVATION INOCULATED BY VARIOUS SYMBIONTS

Ключевые слова: соя, сапрофитная микрофлора, амилолитическая микрофлора, грибы, microbiological activity of chernozem, preparations of symbiotic microorganisms, preparations of associative bacteria.

Одним из перспективных направлений в повышении урожайности сои является использование биопрепараторов симбиотрофных микроорганизмов для инокуляции их семян. Это позволяет повысить адаптивный потенциал растений, улучшить состояние почвы и снизить негативные последствия традиционного химического земледелия. Основной целью исследований являлось изучение численности и динамики микробного населения в черноземе выщелоченном при инокуляции семян сои сорта Золотистая симбиотрофными бактериями *Bradyrhizobium japonicum* (препарат «Ризоторфин»), ассоциативными бактериями *Artrobacter mysorens* (препарат «Мизорин») и грибами рода *Glomus* штамм 8 (препарат «Микориза») как отдельно, так и в сочетании. Исследования проводили на полях КФХ «Иванова А.Н.» в лесостепной зоне Био-Чумышской возвышенности Алтайского края в 2021-2023 гг. Оценку микробиологического состава осуществляли общепринятыми посевами почвенных супензий на твердые питательные среды. Количество сапрофитных микроорганизмов в фазу цветения в благоприятный по увлажнению год достигало 16,06-33,49 млн КОЕ, а амилолитических – 19,05-39,0 млн КОЕ, к осени их количество снижалось. Установлено повышение в

1,4-2,1 раза численности бактерий, растущих на мясопептонном агаре и потребляющих органические формы азота, а амилолитических бактерий и актиномицетов, использующих минеральный азот, – в 1,6-2,2 раза. Наименьшее воздействие оказала инокуляция микоризой, а максимальное – от Ризоторфина – с Мизорином и Микоризой. Численность грибов в летний период от инокуляции сокращается в 1,1-1,4 раза, а к уборке это действие сглаживается. Наибольшее влияние на развитие микроорганизмов оказывают погодные условия – на 17,71-78,54%, а биоудобрения – на 12,16-21,21%. Численность сапрофитных и амилолитических микроорганизмов как в фазу цветения, так и в период уборки оказывает значительное влияние на урожайность сои ($r = 0,60-0,86$), а грибы ингибируют её ($r = 0,01-0,27$).

Keywords: soybeans, saprophytic microflora, amylolytic microflora, fungi, chernozem microbiological activity, preparations of symbiotic microorganisms, preparations of associative bacteria.

One promising approach to increasing soybean yields is the use of symbiotrophic microbial biopreparations for seed inoculation. This enhances plant adaptability, improves soil health, and reduces the negative impacts of conventional chemical farming. The primary research goal was to investigate the abundance and dynamics of microbial populations in leached chernozem soils inoculated with the symbiotrophic bacteria *Bradyrhizobium japonicum* (Rhizotorfin), the associative bacte-

ria Artrobacter mysorens (Mizorin), and Glomus fungi of strain 8 (Mycorrhiza), both individually and in combination. The studies were conducted in the fields of the peasant farm enterprise KFKh Ivanova A.N. in the forest-steppe zone of the Biya-Chumysh Upland of the Altai Region from 2021 through 2023. The microbiological composition was studied using standard inoculations of soil suspensions on solid nutrient media. During the flowering stage on a year with favorable moisture conditions, saprophytic microorganism counts reached 16.06-33.49 million CFU, while amylolytic counts reached 19.05-39.0 million CFU; these numbers decreased by autumn. A 1.4-2.1-fold increase was observed in the numbers of bacteria growing on meat-peptone agar and

consuming organic forms of nitrogen, while amylolytic bacteria and actinomycetes utilizing mineral nitrogen increased 1.6-2.2 times. Mycorrhiza inoculation had the least significant effect, while rhizotrophin with myzorin and mycorrhiza had the greatest effect. Inoculation reduced fungal counts 1.1-1.4 times during the summer with this effect mitigating by harvest time. The weather conditions had the greatest influence on the development of microorganisms (17.71-78.54%), while biofertilizers had a 12.16-21.21% influence. The counts of saprotrophic and amylolytic microorganisms, both during the flowering stage and during the harvesting period, had a significant impact on soybean yields ($r = 0.60-0.86$), while fungi inhibited it ($r = 0.01-0.27$).

Ермощин Алексей Алексеевич, аспирант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: ermoshkin1996@inbox.ru.

Курсакова Валентина Сергеевна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

Ступина Лилия Александровна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: stupina-liliya@mail.ru.

Ermoshkin Aleksey Alekseevich, post-graduate student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: ermoshkin1996@inbox.ru.

Kursakova Valentina Sergeevna, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

Stupina Liliya Aleksandrovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: stupina-liliya@mail.ru.

Введение

Современные тенденции сельскохозяйственного производства требуют внедрения экологически чистых технологий, обеспечивающих высокую продуктивность и качество урожая. Одним из перспективных направлений является использование биопрепараторов симбиотрофных микроорганизмов для инокуляции семян сои. Это позволяет повысить адаптивный потенциал растений, улучшить состояние почвы и снизить негативные последствия традиционного химического земледелия [1-3].

Микробиологическая активность чернозема выщелоченного играет ключевую роль в обеспечении устойчивого плодородия почвы. Благодаря использованию биопрепараторов можно увеличить численность полезных микроорганизмов, участвующих в разложении органических веществ, фиксации азота и улучшении доступности питательных элементов для растений. Такие мероприятия способствуют повышению устойчивости экосистемы к неблагоприятным факто-

рам окружающей среды и улучшению качества выращиваемой продукции [1, 4-6].

Исследования разных авторов показывают изменение численности микробных сообществ в зависимости от климатических условий. Авторы [7] указывают на влияние температуры и влажности, что говорит о повышении их количества весной, обусловленное более высокой влажностью и значительным количеством опада [7, 8]. Анализируется динамика изменения микробоценоза под влиянием разных видов обработки почвы и инокуляции, в зависимости от загрязнения почвы нефтью [7, 9, 10]. При разложении соломы, инокулированной биопрепаратами, установлено повышение микробиологической активности и благоприятное её влияние на качество семян и урожайность сои [6, 11]. Также установлено повышение численности зимогенной микрофлоры и усиление симбиотической активности сои при предпосевной обработке семян карбоксиметилизованными отходами овса [12]. Изучено действие почвенных фермен-

тов, которые неразрывно связаны с активностью микроорганизмов, в зависимости от факторов среды [13]. Но тема остается актуальной вследствие разнообразия технологий и их влияния на микроорганизмы в зависимости от условий.

Цель исследований: изучить влияние симбиотрофных, ассоциативных бактерий и грибов, используемых для инокуляции семян сои как отдельно, так и в сочетании на количественный состав микрофлоры чернозёма выщелоченного; проследить их динамику в течение вегетации и в разных условиях среды.

Методика проведения исследований

Опытный участок был заложен на полях КФХ «Иванова А.Н.» в лесостепной зоне Бие-Чумышской возвышенности Алтайского края в 2021, 2022 и 2023 гг. Семена сои сорта Золотистая перед посевом инокулировали за два часа до посева симбиотрофными микроорганизмами *Bradyrhizobium japonicum* (препарат «Ризоторфин»), ассоциативными бактериями *Arthrobacter mysorens* (препарат «Мизорин») и грибами рода *Glomus* штамм 8 (препарат «Микориза»). Инокуляцию проводили как монопрепаратором, так и при двойном и тройном сочетании. Норма препарата 300 г на гектарную норму семян, при сочетаниях количество препарата сохранялось. Норма высева семян 800 тыс. шт/га, посев рядовой. Сою выращивали по озимой пшенице. Посев во второй декаде мая.

Для проведения лабораторных исследований по учету почвенного микронаселения проводили отбор образцов чернозёма в слое 0-20 см в фазу цветения сои и при уборке. Учет проводили в соответствии с методами посева почвенных супензий на твердые питательные среды глубинным способом. Учитывали сапрофитные микроорганизмы на среде МПА (мясо-пептонный агар), на среде КАА (крахмало-аммиачный агар) учитывали амилолитические микроорганизмы, использующие минеральные формы азота. Для их посева использовали супензии с концентрацией 10^{-6} . Грибную микрофлору определяли из супензии с концентрацией 10^{-3} на среде Чапека

[14]. Статистическую обработку данных проводили дисперсионным и корреляционным анализом согласно Б.А. Доспехову.

В 2021 г. была засуха – 172 мм осадков против 237 мм по среднемноголетним данным, в 2022 г. осадков было 205 мм, а в 2023 г. – 275 мм. Но во все годы исследования в мае осадков было мало: 25, 11 и 13 мм соответственно году, при 52 мм по многолетним данным. В 2021 г. самым дождливым был июнь – 93 мм, в 2023 г. – август, 152 мм, а в 2022 г. осадки выпадали более ли менее равномерно на уровне среднемноголетних. Такие условия могли оказывать влияние на почвенную микрофлору.

Результаты исследований

Оценивая влажность почвы (табл. 1), можно отметить, что проведение инокуляции позволяло повышать влажность в корневой зоне сои. Более сильное участие на данный показатель оказали Ризоторфин и Микориза. Так, в среднем за три года Ризоторфин увеличивал влажность в фазу цветения на 3,19%, в уборку – на 3,41%, а Микориза – на 3,81 и 4,93% соответственно. В фазу цветения больше влаги удерживалось при комбинировании Ризоторфина с Микоризой в двойном сочетании и в тройном. При двойном сочетании влаги было больше на 4,16%, а при тройном – на 4,21%.

Динамика численности сапрофитной микрофлоры, выявленной в образцах почвы с различными инокулянтами (рис. 1), показывает изменение в зависимости от года исследования, периода роста сои и варианта. Отмечено, что в засушливый 2021 г. количество сапрофитов было мало и по фазам развития изменялось незначительно – в пределах 3,85-6,75 в цветение, 2,78-7,09 млн КОЕ/г почвы в уборку. Наибольшее их число было 2022 г. в фазу цветения – 16,06-33,49 млн КОЕ. При этом отмечается значительное увеличение их количества при использовании инокулятов, особенно от Ризоторфина (1,8 раза) и тройного сочетания биопрепараторов (в 2,1 раза). В 2023 г. их численность была несколько меньше (в цветение 10,60-23,33

млн КОЕ). Действие Ризоторфина совместно с Микоризой и при комплексном сочетании с гри-

бами и бактериями демонстрировало их досто-верное повышение.

Таблица 1

Влажность почвы (0-20 см), %

Вариант	2021 г.		2022 г.		2023 г.		Среднее 2021-2023 гг.	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Контроль	4,79	3,91	10,74	7,11	8,82	5,45	8,12	5,49
Ризоторфин	6,16	4,64	15,26	13,57	12,44	8,48	11,29	8,90
Мизорин	5,87	4,66	14,42	13,70	10,79	12,19	10,36	10,18
Микориза	9,06	5,96	15,44	13,77	11,28	11,52	11,93	10,42
Ризоторфин + Мизорин	7,80	4,12	12,14	14,85	9,07	7,35	9,67	8,77
Ризоторфин + Микориза	8,90	4,04	15,08	8,67	12,87	8,67	12,28	7,13
Ризоторфин + Мизорин + Микориза	8,93	4,48	15,39	9,75	12,84	7,41	12,39	7,21

Примечание. 1 – фаза цветения сои; 2 – фаза уборки сои.

Средняя численность сапрофитных микроорганизмов, развивающихся на питательной среде МПА, в период цветения сои за 2021-2023 гг. варьировала от 10,17 млн КОЕ на контрольном участке до 13,16-21,14 млн КОЕ в опытных вариантах. Использование биопрепаратов увеличивало их в 1,4-2,2 раза. В фазу уборки наблюдалось снижение численности сапрофитов в 1,2-2,2 раза относительно летних значений, наименьшие изменения отмечены при комплексном внесении Ризоторфина, Мизорина и Микоризы. Максимальное уменьшение числен-

ности зафиксировано на контрольном варианте (табл. 3).

Динамика амилолитических микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (рис. 2), показывает похожую зависимость от условий года, фаз развития и биопрепаратов, только абсолютные числа их были несколько больше сапрофитов, особенно в фазу цветения сои. В условиях достаточного увлажнения 2022 г. их число доходило на контроле до 19,05 и 39,0 млн КОЕ при комбинированном инокуляции.

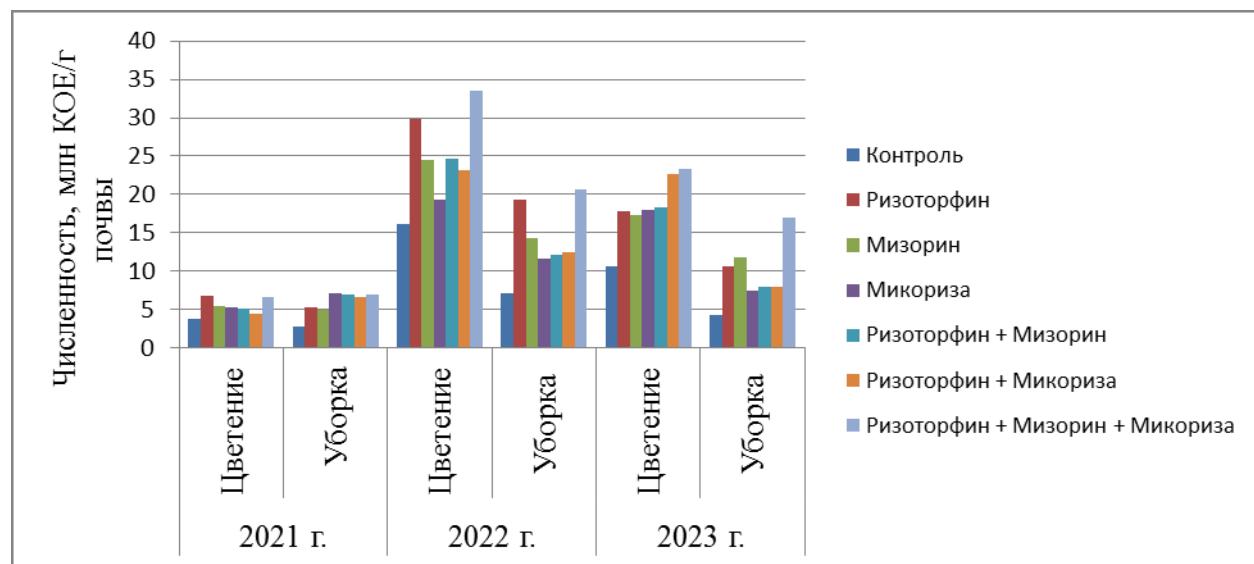


Рис. 1. Количество сапрофитной микрофлоры (млн КОЕ/г почвы), 2021-2023 гг.

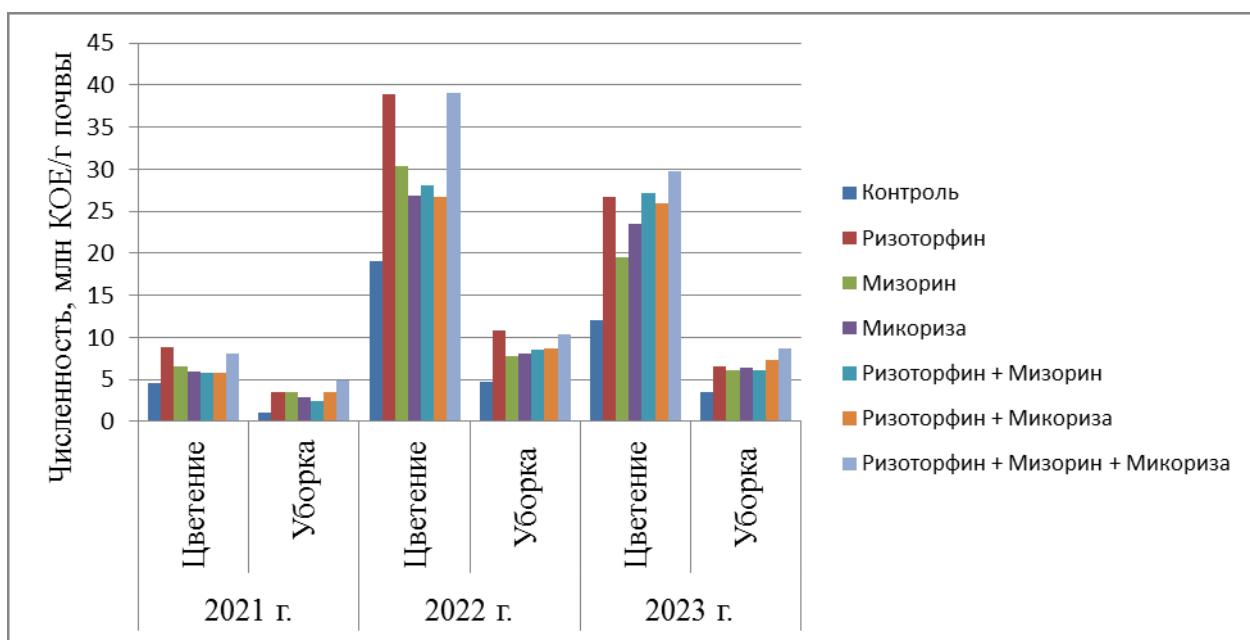


Рис. 2. Количество амилолитических микроорганизмов (млн КОЕ/г почвы), 2021-2023 гг.

Амилолитическая микрофлора имела наибольшие показатели численности в фазу цветения сои, составляя в среднем за три года 11,89–27,24 млн КОЕ/г почвы. Количество указанных микроорганизмов от применения биопрепарата увеличивалось на 6,82–13,74 млн КОЕ, преимущественно отмечено для Ризоторфина и комбинации Ризоторфин-Микориза-Мизорин, а наименьшее – от Микоризы. К моменту уборки численность амилолитических микроорганизмов уменьшилась в 2,9–3,6 раза, минимальное сокращение установлено на участках с применением Ризоторфина + Микоризы, максимальное – при инокуляции Ризоторфином.

Во все годы исследования в фазе цветения сои преобладали амилолитические бактерии, осуществляющие минерализацию органических веществ почвы, что подтверждает коэффициент минерализации выше единицы, приведенный в таблице 2. К уборочной стадии начинали доминировать сапрофиты, и коэффициент минерализации снижался, что указывает на увеличение процесса иммобилизации азота. Проведение инокуляции повышало минерализацию, а процессы иммобилизации осенью при данной технологии повышались только в отдельные годы, что, возможно, связано с повышением влажности на данных вариантах.

Таблица 2

Коэффициенты минерализации, 2021-2023 гг.

Вариант	КАА/МПА					
	2021 г.		2022 г.		2023 г.	
	цветение	уборка	цветение	уборка	цветение	уборка
Контроль	1,18	0,38	1,19	0,65	1,14	0,83
Ризоторфин	1,32	0,67	1,30	0,56	1,49	0,62
Мизорин	1,20	0,71	1,24	0,54	1,13	0,52
Микориза	1,13	0,40	1,39	0,70	1,31	0,85
Ризоторфин + Мизорин	1,14	0,35	1,14	0,71	1,48	0,77
Ризоторфин + Микориза	1,33	0,53	1,15	0,71	1,15	0,91
Ризоторфин + Мизорин + Микориза	1,22	0,70	1,16	0,50	1,28	0,51

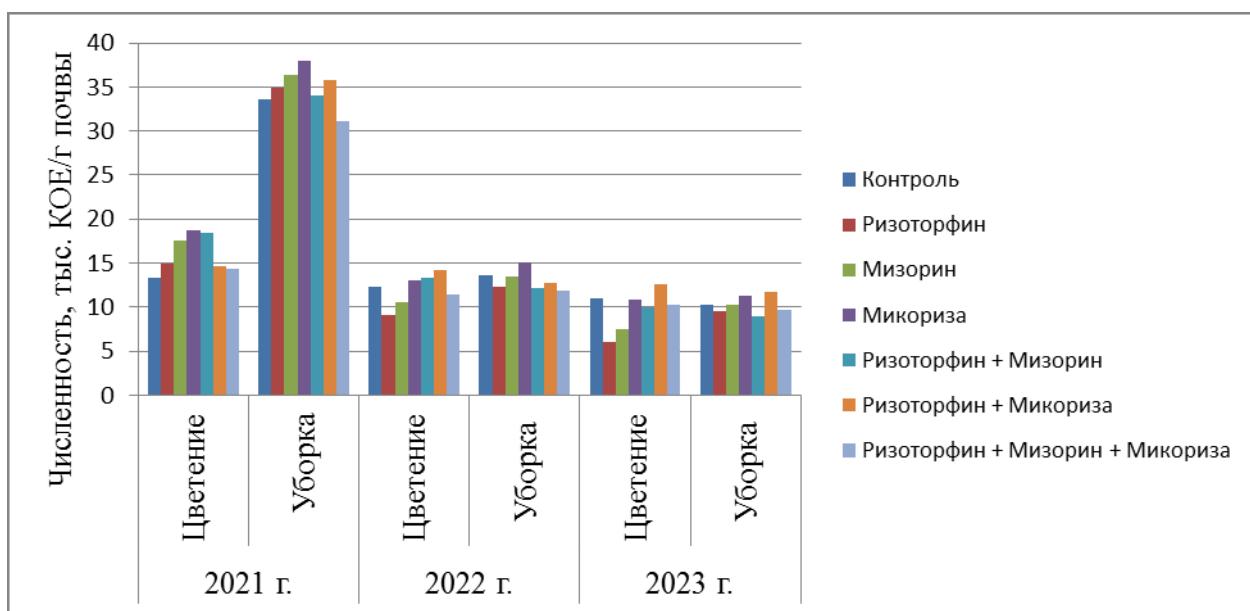


Рис. 3. Количество грибов на среде Чапека, 2021-2023 гг.

Численность грибковой микрофлоры в течение исследуемых сезонов представлена на рисунке 3. Наибольшее их количество отмечалось в засуху 2021 г., особенно к уборке, где их численность колебалась от 13,30 до 18,77 тыс. КОЕ. Прослеживается тенденция увеличения количества грибов при использовании Микоризы, а также при комбинировании её с Ризоторфином.

За исследуемый период (2021-2023 гг.) в течение вегетации, как правило, количество грибов увеличивалось: в условиях засушливого 2021 г. – в 1,8-2,5 раза, а в среднем за три года – в 1,3-1,9 раза. Наибольшее увеличение отмечалось на контроле. Наблюдалось ингибиторное действие при отдельном использовании инокулянтов на размножение грибов, проявляющееся летом в снижении численности в 1,1-1,4 раза, тогда как совместное использование Ризоторфина с ассоциативными азотфиксирующими агентами сохраняло этот показатель на уровне контроля.

Двухфакторный дисперсионный анализ показал, что основным фактором, определяющим численность сапрофитной и амилолитической микрофлоры в фазу цветения сои, являются погодные условия текущего вегетационного периода (70,99-78,54%). Доля влияния инокуляции семян составила 12,16-21,21%, доля взаимо-

действия факторов – 4,47-6,69%. На численность грибов биоудобрения влияют на уровне 15,79%, погодные условия – на 17,71-55,35%, а их взаимодействие – на уровне 2,96-14,87%.

Исследования показали наличие устойчивых положительных взаимосвязей между уровнем урожая сои и количеством сапрофитных микроорганизмов (коэффициент корреляции в период цветения составляет $r=0,60-0,83$, во время сбора урожая – $r=0,71-0,87$). Аналогичная зависимость выявлена относительно и численности амилолитических микроорганизмов (в фазе цветения $r=0,67-0,86$, в фазе сбора урожая $r=0,70-0,78$). При этом численность грибов имеет очень слабую связь с урожайностью культуры ($r=0,01-0,27$), то есть можно сказать, что с их увеличением урожайность сои снижается.

Выводы

Использование инокулянтов (особенно Ризоторфина и Микоризы) способствует росту численности полезного почвенного микроценоза, особенно микроорганизмов, использующих органические и минеральные формы азота, как в фазу цветения, так и в период уборки сои. Численность бактерий, потребляющих органические формы азота, повышается в 1,4-2,1 раза. Минимальное воздействие отмечено при обработке препаратом «Микориза», максимальное – при

совместном применении Ризоторфина с Мицорином и Микоризой. Общее количество микроорганизмов, усваивающих минеральные формы азота, возрастает после обработки препаратами в диапазоне 1,6-2,2 раза с аналогичными тенденциями влияния различных составов.

Количество микромицетов, особенно в летний период, от инокуляции сокращается в 1,1-1,4 раза, а к уборке это действие сглаживается. Установлено, что на развитие микробонаселения черноземов большое влияние оказывают погодные условия – на 17,71-78,54%, биоудобрения – на 12,16-21,21%. Урожайность сои тесно связана с численностью сапротрофных и амилолитических микроорганизмов $r = 0,60-0,86$ и ингибируется развитием грибов $r = 0,01-0,27$.

Положительное воздействие инокуляции как симбиотическими азотфиксаторами, так и ассоциативными формами бактерий и грибов улучшает состояние почвенного микробиоценоза, что имеет важное практическое значение для повышения эффективности выращивания сои.

Библиографический список

1. Емцев, В. Т. Микробиология: учебник для вузов / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. – 5-е изд. перераб. и допол. – Москва: Колос, 2005. – 445 с. – Текст: непосредственный.
2. Завалин, А. А. Биопрепараты, удобрения, урожай / А. А. Завалин. – Москва: Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с. – Текст: непосредственный.
3. Кандыба, Е. В. Биологические препараты и почвенное плодородие / Е. В. Кандыба, А. М. Фатеев. – Текст: непосредственный // Химия в сельском хозяйстве. – 1997. – № 2. – С. 7-9.
4. Роль микроорганизмов в биогеоценотических функциях почв / Д. Г. Звягинцев, Т. Г. Добровольская, И. П. Бабьева [и др.]. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1992. – № 6. – С. 63-77.
5. Курсакова, В. С. Роль диазотрофных бактерий и микоризы в обеспечении минерального питания сои в условиях умеренно засушливой степи Алтайского края / В. С. Курсакова, Л. А. Ступина. – Текст: непосредственный // От биопродуктов к биоэкономике: материалы IV Межрегиональной научно-практической конференции (с международным участием), Барнаул, 23-24 сентября 2021 года. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2021. – С. 54-58
6. Действие соломы яровой пшеницы и препаратов «Микотоп» и NaturAgro EcoGrow на биологические свойства почвы, урожайность и качество семян сои / О. И. Антонова, В. С. Курсакова, Л. А. Ступина [и др.]. – DOI 10.53083/1996-4277-2025-244-2-29-38. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 2 (244). – С. 29-38.
7. Орлова, О. В. Состав и функционирование микробного сообщества при разложении соломы злаковых культур в дерново-подзолистой почве / О. В. Орлова, Е. Е. Андронов, Н. И. Воробьев [и др.]. – DOI 10.15389/agrobiology.2015.3.305rus. – Текст: непосредственный // Сельскохозяйственная микробиология. – 2015. – Т. 50, № 3. – С. 305-314.
8. Аужанова, А. Д. Оценка действия абиотических факторов и биопрепарата ризоагрин на микробиологическую активность почвы, адаптивность и продуктивность яровой мягкой пшеницы: 03.02.08: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидат биологических наук / Аужанова Асаргуль Дюсембаевна. – Омск, 2015. – 18 с. – Текст: непосредственный.
9. Чевердин, А. Ю. Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных бактерий на микробиологическую активность чернозема сегрегационного / А. Ю. Чевердин, Ю. И. Чевердин, В. И. Трусов. – Текст: непосредственный // Агрономия. – 2019. – № 12. – С. 22-31.
10. Bahrampour, T., & Moghanlo, V. S. (2012). Evaluation of soil biological activity after soil contaminating by crude oil. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2 (6), 671–679. <https://www.cabdrect.org/cabdrect/abstract/20123377778>.

11. Бондаренко, Н. А. Биологическая активность почв при внесении соломы и препаратов, ускоряющих её разложение / Н. А. Бондаренко, О. И. Антонова. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 2 (196). – С. 26-33.
12. Ступина, Л. А. Влияние карбоксиметилированных препаратов и ризоторфина на микробиологическую активность черноземов Приобской лесостепи и симбиотическую активность сои / Л. А. Ступина, А. С. Мосина. – Текст: непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 3. – С. 84-89.
13. Burns, R.G., DeForest, J.L., Marxsen, J., et al. (2013). Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. *Soil Biology and Biochemistry* 58 216-234. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.11.00>.
14. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии: учебное пособие для вузов / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева; под редакцией В. К. Шильниковой. – Москва: Дрофа, 2004. – 256 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Emtsev, V. T. Mikrobiologija: uchebnik dlja vuzov / V. T. Emtsev, E. N. Mishustin. – 5-e izd. pererab. i dopol. – Moskva: Kolos, 2005. – 445 s.
2. Zavalin, A.A. Biopreparaty, udobrenija, urozhaj. – Moskva: Izd-vo VNIIA, 2005. – 302 s.
3. Kandyba, E.V. Biologicheskie preparaty i pochvennoe plodorodie / E.V. Kandyba, A.M. Fateev // Khimiia v selskom khoziaistve. – 1997. – № 2. – S. 7-9.
4. Zviagintsev, D.G. Rol mikroorganizmov v biogeotsenoticheskikh funktsiakh pochv / D.G. Zviagintsev, T.G. Dobrovolskaia, I.P. Babeva i dr. // Pochvovedenie. – 1992. – № 6. – S. 63-77
5. Kursakova, V. S. Rol diazotrofnykh bakterii i mikorizy v obespechenii mineralnogo pitaniia soi v usloviakh umerenno zasushlivoi stepi Altajskogo kraia / V. S. Kursakova, L. A. Stupina // Ot bioproduktov k bioekonomike: materialy IV mezhregionalnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem) (23-24 sentiabria 2021 g.). – Barnaul: Izd-vo AltGU, 2021. – S. 54-58
6. Antonova, O. I. Deistvie solomy iarovoij pshenitsy i preparatov «Mikotop» i NaturAgro EcoGrow na biologicheskie svoistva pochvy, urozhainost i kachestvo semian soi / O. I. Antonova, V. S. Kursakova, L. A. Stupina, E. M. Komiakova, N. V. Akulinin // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2025. – № 2 (244). – S. 29-38. DOI: 10.53083/1996-4277-2025-244-2-29-38.
7. Orlova, O.V. Sostav i funktsionirovanie mikrobnogo soobshchestva pri razlozhenii solomy zlakovykh kultur v dernovo-podzolistoj pochve / O.V. Orlova, E.E. Andronov, N.I. Vorobev, A.Iu. Kolodiaznyi, Iu.P. Moskalevskaia, N.V. Patyka, O.V. Sviridova // Selskokhozaiistvennaia mikrobiologija. – 2015. – T. 50. – №. 3. – S. 305-314. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.3.305rus.
8. Auzhanova, A.D. Otsenka deistviia abioticheskikh faktorov i biopreparata rizoagrin na mikrobiologicheskuiu aktivnost pochvy, adaptivnost i produktivnost iarovoij miagkoi pshenitsy / Auzhanova Asargul Diusembaevna: avtoref. dis. kand.biol.nauk. – Omsk, 2015. – 18 s.
9. Cheverdin, A.Iu. Vlijanie biopreparatov na osnove assotsiativnykh bakterii na mikrobiologicheskuiu aktivnost chernozema segregatsionnogo / A.Iu. Cheverdin, Iu.I. Cheverdin, V.I. Trusov // Agrokhimiia. – 2019. – №.12. – S. 22-31.
10. Bahrampour, T., & Moghanlo, V. S. (2012). Evaluation of soil biological activity after soil contaminating by crude oil. *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2 (6), 671–679. <https://www.cabdrect.org/cabdrect/abstract/20123377778>.
11. Bondarenko, N.A. Biologicheskaja aktivnost pochv pri vnesenii solomy i preparatov, uskorjajushchikh ee razlozhenie / N.A. Bondarenko, O.I. Antonova // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2021. – №. 2 (196). – S. 26-33.
12. Stupina, L. A. Vlijanie karboksimetilirovannykh preparatov i rizotorfina na mikrobiologicheskuiu aktivnost chernozemov Priobskoi

lesostepi i simbioticheskuiu aktivnost soi / L. A. Stupina, A. S. Mosina // Vestnik KrasGAU. – 2016. – № 3 (114). – S. 84-89.

13. Burns, R.G., DeForest, J.L., Marxsen, J., et al. (2013). Soil enzymes in a changing environment: current knowledge and future directions. *Soil Biology and Biochemistry* 58 216-234. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.11.00>.

14. Tepper, E. Z. Praktikum po mikrobiologii: uchebnoe posobie dlja vuzov / E. Z. Tepper, V. K. Shilnikova, G. I. Pereverzeva; pod red. V.K. Shilnikovoi. – Moskva: Drofa, 2004. – 256 s.



УДК 633.81:57.085.2

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-252-10-29-36

И.Д. Бородулина, Н.В. Чернецова,
А.П. Федорова, О.Е. Мальцева
I.D. Borodulina, N.V. Chernetsova,
A.P. Fedorova, O.E. Maltseva

ВВЕДЕНИЕ МОНАРДЫ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO*

BRINGING OF MONARDA UNDER CULTIVATION *IN VITRO*

Ключевые слова: пряно-ароматические растения, монарда двойчатая (*Monarda didyma*), монарда лимонная (*Monarda citriodora*), семена, клonalное микроразмножение, введение в культуру *in vitro*, стерилизация эксплантов, жизнеспособность регенерантов.

В настоящее время поиск природных источников биологически активных веществ расширяется благодаря современным методам их обнаружения, идентификации и выделения из растительного сырья. К числу таких растений относится род *Monarda* L., с представителями которого ведется интродукционная и селекционная работа в различных зарубежных и отечественных учреждениях. Монарда относится к числу новых культур для Западной Сибири и изучение биотехнологических способов ее размножения является актуальным, особенно в условиях короткого вегетационного периода Сибири. Целью работы стало изучение клonalного микроразмножения монарды. Материалом исследования явились 2 вида монарды – монарда двойчатая (*Monarda didyma* L.) сорта Бергама и монарда лимонная (*Monarda citriodora* Cerv. ex Lag.) сорта Мона Лиза. Эксплантами служили семена указанных сортов. Для получения асептических проростков проведена стерилизация семян с использованием 15%-ного гипохлорита натрия (Белизна) в экспозиции 15 мин. Семена культивировали на безгормональной питательной среде

Мурасиге-Скуга. Спустя месяц в условиях *in vitro* была получена 100%-ная стерильность сеянцев у 2 видов монарды. Жизнеспособность была почти в 2 раза ниже: 45% у м. двойчатой и 55% у м. лимонной. Анализ морфогенетического потенциала видов монарды в культуре *in vitro* показал, что развитие стерильных сеянцев проходило с разной скоростью: у м. лимонной они были в 1,5 раза выше, чем у м. двойчатой спустя 1 и 2,5 мес. культивирования, а облиственность микропобегов и длина корней были практически одинаковыми.

Keywords: aromatic plants, scarlet monarda (*Monarda didyma*), lemon beebalm (*Monarda citriodora*), seeds, clonal micropropagation, bringing under cultivation *in vitro*, sterilization of explants, viability of regenerants.

Currently, the search for natural sources of biologically active substances is expanding due to modern methods for their detection, identification, and isolation from plant raw materials. One such plant is the genus *Monarda* L. which is introduced and bred in various foreign and domestic institutions. *Monarda* is a new crop for West Siberia, and studying its biotechnological methods of propagation is relevant, especially in the short growing season of Siberia. The research goal was to investigate the clonal micropropagation of *Monarda*. The research material consisted of two types of monarda –