

УДК 631.46:631.445.41:633.16:631.811.98

ВЛИЯНИЕ БАКТЕРИАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА МИКРОБИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА СЕГРЕГАЦИОННОГО В ПОСЕВАХ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ

© 2023 г. А. Ю. Чевердин^{1,*}, Ю. И. Чевердин¹, М. Ю. Сауткина²

¹Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева
397463, Воронежская обл., Таловский р-н, пос. 2-го участка Института им. Докучаева, кварт. 5, 81, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии
394087 Воронеж, ул. Ломоносова, 105, Россия

*E-mail: cheverdin@bk.ru

Поступила в редакцию 14.04.2023 г.

После доработки 20.05.2023 г.

Принята к публикации 15.08.2023 г.

В полевом опыте, в Воронежской обл. на территории Воронежского ФАНЦ изучили изменения микробиологической активности почвы под влиянием бактериальных ассоциативных биопрепаратов и минеральных удобрений в течение 2021–2022 гг. Микробные штаммы использовали для предпосевной обработки семян. Почва опытного участка — чернозем обыкновенный (сегрегационный) среднегумусный тяжелосуглинистый. Обеспеченность доступными формами элементов питания — средняя и высокая. Сорт ячменя — Таловский 9. Технология возделывания — общепринятая в зоне. Установлено сохранение почвенного плодородия и рациональное его использование вследствие изменения направленности микробиологических процессов в почве при применении диазотрофов. Ассоциативные препараты замедляли процессы минерализации гумусовых веществ. Снижалась численность бактерий, связанных с деструкцией органического вещества. При комплексном использовании минеральных удобрений с ризобактериями существенным образом уменьшались количество нитрификаторов, ответственных за процессы денитрификации, и потери почвенного азота. Отмечено значительное увеличение на естественном фоне удобренности численности почвенной грибной микрофлоры под влиянием диазотрофов.

Ключевые слова: биопрепараты, плодородие, микробиология, почвенные микроорганизмы, удобрения, яровой ячмень, чернозем.

DOI: 10.31857/S0002188123110042, EDN: PPJXPP

ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные исследования указывают на взаимосвязь почвенного плодородия и интенсивности микробиологических процессов. Почвенные микроорганизмы выполняют многообразные функции сохранения почвенного плодородия, синтеза гумусовых веществ, круговорота биогенных элементов в почве [1–3].

Применение нетрадиционных удобрений изменяет направленность микробиологических процессов в почве. Усиливается активность почвенной микрофлоры, вследствие чего повышается эффективное и потенциальное почвенное плодородие [4, 5].

Применение биостимулятора роста Рестарт (бактерии *Rhodococcus erythropolis* OPI-01) на яровом ячмене позволило получить более высокую

урожайность, что в свою очередь приводило к увеличению микробной биомассы в почве [6].

Предпосевная обработка семян микробными и биологически активными препаратами усиливает микробиологическую активность почвы. Увеличивается количество бактерий амилотитиков, аммонификаторов, повышается нитрогеназная активность. Численность почвенных грибов снижается в 1.2–1.9 раза [7, 8].

В исследованиях, проведенных в Воронежской обл., отмечен высокий вклад бактериальных удобрений в интенсификацию микробиологических процессов в почве [9]. В связи этим цель работы — изучение влияния микробных штаммов на структуру микробного ценоза чернозема сегрегационного.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проведено в отделе агропочвоведения Воронежского ФАНЦ им. В.В. Докучаева в 2021–2022 гг. Почвенный покров опытного участка представлен черноземом обыкновенным (сегрегационным) среднемощным среднегумусным тяжелоуглинистым. Содержание гумуса — 6.5–6.8%, pH_{H_2O} 7.1, pH_{KCl} 6.5–6.7, H_g — 1.3–1.9 мг-экв/100 г. Обеспеченность элементами минерального питания — средняя и повышенная.

Объект исследования — яровой ячмень сорта Таловский 9. Исследование проведено в полевом и лабораторном опытах. Предшественник — зерновые. Площадь посевной делянки — 6.4 м², учетной — 5 м². Повторность шестикратная. Опыт двухфакторный: фактор 1-го порядка — фоны удобренности (без удобрений и N60P60K60), фактор 2-го порядка — бактериальные биопрепараты: Мизорин, штамм 2П-7, штамм 17-1, штамм 18-5. В качестве минерального удобрения использовали азофоску с внесением под предпосевную культивацию. Основная обработка почвы — вспашка на 20–22 см трактором МТЗ-1221. Количество аммонификаторов определяли на мясопептонном агаре (МПА); бактерии, использующие минеральные формы азота, и актиномицеты — на крахмал-амиачном агаре (КАА); целлюлозолитические микроорганизмы — на среде Виноградского; азотобактер — на почвенных пластинах; нитрифицирующие бактерии — на выщелоченном агаре; минерализаторы гумуса — на нитратном агаре [10]. Уборку проводили напрямую комбайном “Сампо-130” при достижении полной спелости зерна. Ассоциативные микробные штаммы использовали для инокуляции непосредственно перед посевом. Микробные препараты были получены из НИИСХ микробиологии. Состав микробных препаратов представлен ниже.

Штамм 18-5, штамм 17-1. Основой этих биопрепаратов являются бактерии рода *Pseudomonas* sp. Проявляют свою высокую эффективность при предпосевной инокуляции семян и опрыскивании вегетирующих растений. Способны подавить активность фитопатогенных грибов. Могут использовать минеральные и органические источники азота.

Мизорин, штамм 7. Входящие в состав данных биопрепаратов бактерии *Arthrobacter mysoarens* обладают широким спектром действия на фитопатогенные микроорганизмы, подавляя развитие корневых гнилей в 2–5 раз, фитофтороза — в 2–4 раза. Также Мизорин повышает устойчивость растений к засухе, ограничивает поступление и накопление в растениях нитратов. Бактерии *Ar-*

throbacter mysoarens являются diazотрофными микроорганизмами.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Одним из важных процессов круговорота азота в природе является аммонификация. В результате происходит деструкция азотсодержащих соединений с выделением аммиака или ионов аммония. Процесс аммонификации проходит за счет деятельности бактерий различных родов: *Bacillus*, *Clostridium*, *Arthrobacter*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Proteus*. Активность данной группы микроорганизмов определяют по выращиванию их на мясопептонном агаре.

По данным, полученным в результате нашего исследования, можно судить о разноплановом влиянии минеральных удобрений и ризобактерий на деятельность аммонификаторов. На фоне с естественным уровнем плодородия положительное влияние на численность данной группы микроорганизмов оказывал только штамм 17-1, и относительно контроля превышение составило 1.37 млн КОЕ/г почвы (табл. 1). Во всех остальных вариантах с применением ассоциативных штаммов отмечено снижение активности бактерий-аммонификаторов. Если в контроле этот показатель был равен 9.18 млн КОЕ/г почвы, то в вариантах с инокулянтами изменялся в пределах 6.7–7.47 млн КОЕ/г почвы.

Довольно высокий рост количества бактерий-аммонификаторов происходил благодаря внесению минерального удобрения — азофоски в дозе N60P60K60. По отношению к фону без удобрений повышение составило 2.38 млн КОЕ/г почвы. В вариантах, где применяли обработку семян ассоциативными штаммами, сохранялась закономерность снижения активности аммонификаторов, отмеченная на естественном фоне удобренности. Их численность в вариантах под влиянием diaзотрофов варьировала в пределах 9.34–11.2 млн КОЕ/г почвы. При этом в контроле эта величина была больше и равнялась 11.6 млн КОЕ/г почвы.

Бактерии амилаолитики, культивируемые на крахмал-амиачном агаре (КАА), участвуют в синтезе гумусовых веществ [11]. Количество их в почве определялось как внесенным комплексным удобрением, так и примененными в опыте препаратами на основе ассоциативных штаммов. На фоне без удобрений на численность амилаолитиков положительное воздействие оказали только штаммы 17-1 и 18-5. В относительном выражении превышение по отношению к контролю составило 17.4 и 15.3% соответственно (табл. 1). Под действием остальных биопрепаратов активность

Таблица 1. Микробиологическая активность почвы под посевами ярового ячменя (2021–2022 гг.)

Фон удобренности	Вариант	млн КОЕ/г почвы					тыс. КОЕ/г почвы			КОЕ/50 г почвы
		общая численность	МПА	КАА	актиномицеты	минерализаторы гумуса	микробицеты	клетчатковые	нитрификаторы	азотобактер
Без удобрений	Контроль	42.9	9.2	14.4	2.67	16.7	27.2	75.3	0.51	238
	Мизорин	39.2	7.5	13.8	2.32	15.6	46.4	71.8	0.61	250
	Шт. 2П-7	41.4	6.7	13.7	2.66	18.3	36.0	62.8	0.56	251
	Шт. 17-1	43.1	10.6	16.9	2.82	12.9	33.6	66.4	0.50	192
	Шт. 18-5	46.4	7.7	16.6	2.90	19.2	40.9	59.1	0.54	208
Среднее (диазотрофы)		42.5	8.1	15.2	2.68	16.5	39.2	65.0	0.55	225
Среднее (фон)		42.6	8.3	15.10	2.67	16.5	36.8	67.1	0.54	228
N60P60K60	Контроль	49.9	11.6	15.5	2.82	20.0	47.0	89.5	0.70	253
	Мизорин	44.8	9.7	15.4	2.54	17.2	40.5	70.8	0.53	128
	Шт. 2П-7	50.3	9.3	18.1	3.6	19.3	41.2	82.5	0.59	186
	Шт. 17-1	44.4	9.3	16.5	3.0	15.6	40.9	78.2	0.51	191
	Шт. 18-5	52.5	11.2	16.8	3.0	21.4	36.5	76.1	0.63	185
Среднее (диазотрофы)		48.0	9.9	16.7	3.0	18.4	39.8	76.9	0.57	172
Среднее (фон)		48.4	10.2	16.5	3.0	18.7	41.2	79.4	0.59	188
<i>НСП</i> ₀₅		1.6	0.9	0.8	0.2	1.1	1.3	1.6	0.06	22

амилолитиков была несколько меньше, но все же близкая к контролю.

Дополнительное улучшение условий минерального питания растений за счет внесения комплексного удобрения способствовало повышению количества амилолитиков на 7.7%. Бактериальные препараты в сочетании с удобрениями стимулировали активность данной группы микроорганизмов практически в большинстве вариантов. Их содержание изменялось в пределах 16.5–18.1 млн КОЕ/г почвы. При этом в контроле численность бактерий амилолитиков отмечена на уровне 15.5 млн КОЕ/г почвы. Близкие к контролю показатели отмечены при инокуляции мизорином, активность амилолитиков составила 15.4 млн КОЕ/г почвы.

Почвенные актиномицеты относятся к группе микроорганизмов, являющимися хорошими деструкторами органического вещества, они так-

же способны продуцировать вещества со свойствами антибиотиков [12]. По данным нашего исследования, численность актиномицетов в почве зависела в значительной степени от инокуляции семян ассоциативными бактериями. При этом роль отдельных штаммов была неоднозначной. Мизорин, независимо от фона минерального питания, не способствовал увеличению численности актиномицетов. Можно отметить деструктивную роль этого штамма по влиянию на их активность.

На естественном фоне удобренности численность *Actinomycetales* в контрольном варианте составила 2.7 млн КОЕ/г почвы (табл. 1). Инокуляция Мизорином снижала количество актиномицетов до минимального уровня 2.3 млн КОЕ/г почвы. Предпосевная обработка семян остальными диазотрофными штаммами способствовала

повышению их активности до 2.8–2.9 млн КОЕ/г почвы.

Минеральные удобрения в чистом виде способствовали повышению численности актиномицетов. При комплексном их использовании с инокулянтами отмечен более существенный рост их активности — от 6.4 до 26%. Наиболее заметное увеличение было характерно при применении штамма 17-1.

К минерализаторам гумуса относятся микробные сообщества, участвующие в процессе разрушения гумусовых веществ. Их высокая активность может негативным образом сказываться на почвенной плодородии. В нашем исследовании ассоциативные азотфиксаторы оказывали неоднозначное влияние на процесс дегумификации. Часть штаммов повышала активность минерализаторов гумуса, другая, наоборот, снижала. На естественном фоне удобренности, где не применяли минеральные удобрения, при использовании штаммов 17-1 и Мизорина отмечено снижение численности минерализаторов гумуса на 23.1 и 6.5% соответственно (табл. 1). В остальных вариантах с инокулянтами было характерно некоторое повышение активности данных микроорганизмов относительно контроля. При использовании штаммов 2П-7 и 18-5 увеличение составило 9.5 и 15.1%.

Минеральное удобрение в чистом виде стимулировало рост (на 3.3 млн КОЕ/г почвы) содержания минерализаторов гумуса, что могло свидетельствовать о негативном влиянии удобрений на процесс его трансформации. В тех вариантах, где кроме внесения азофоски использовали бактериализацию семян ячменя, происходило снижение численности минерализаторов гумуса практически во всех вариантах (исключение — штамм 18-5). Показатели изменялись в пределах 15.6–19.3 млн КОЕ/г почвы. В контроле их количество отмечено на уровне 20.0 млн КОЕ/г почвы.

Почвенная грибная микрофлора составляет самую большую эколого-трофическую группу, участвующую в трансформации органических остатков растений и синтезе гумуса. Значительную роль в процессах гумусообразования имеют именно почвенные микроскопические грибы.

Количество почвенных грибов в нашем исследовании было подвержено влиянию как ассоциативных штаммов, так и минерального удобрения. Использование одних только инокулянтов, без припосевного внесения азофоски выявило их положительную роль в гумусообразовании. Отмечено существенное увеличение количества микровицетов под влиянием диазотрофных

штаммов. Содержание почвенных грибов варьировало в вариантах с инокулянтами в пределах 33.6–46.4 тыс. КОЕ/г почвы (табл. 1), в контроле их было заметно меньше — 27.2 тыс. КОЕ/г почвы.

На фоне внесения минерального удобрения отмечены более высокие показатели грибной биомассы. Применение минеральных удобрений стимулировало рост активности почвенных микровицетов. Максимальная их численность отмечена в варианте с использованием азофоски в чистом виде. В контроле (без инокулянтов) содержание микроскопических грибов было на уровне 47.0 тыс. КОЕ/г почвы. Комплексное использование минеральных удобрений и ассоциативных штаммов азотфиксаторов оказывало ингибирующее действие на активность микровицетов. Их численность в вариантах с инокулянтами менялась в пределах 36.5–41.2 тыс. КОЕ/г почвы. Как свидетельствовали результаты исследования, инокулянты совместно с удобрениями способствовали снижению количества грибной массы. Но все показатели при этом были более высокими, чем на неудобренном фоне.

Целлюлозоразрушающим бактериям в почве принадлежит значительная роль в разложении растительных остатков. Данные микроорганизмы представлены в почве в виде аэробных и анаэробных форм. Анализируя данные проведенного исследования по насыщенности почвы клетчатковыми бактериями, следует отметить, что наиболее высокий показатель их численности отмечен на фоне применения минеральных удобрений. Максимальное их количество отмечено в контроле без инокулянтов — 89.5 тыс. КОЕ/г почвы (табл. 1). Совместное использование ассоциативных бактерий и удобрений вызывало некоторое ингибирование активности целлюлозолитических микроорганизмов до 21%.

На естественном уровне удобренности отмечена схожая закономерность содержания клетчатковых микроорганизмов в прикорневой зоне почвы, но при меньших абсолютных показателях. Максимальное их содержание было характерно для контроля без инокулянтов — 75.3 тыс. КОЕ/г почвы. В остальных вариантах, где производили обработку семян ячменя бактериальными препаратами, происходило уменьшение их количества по отношению к контролю. Их численность изменялась в пределах 59.1–71.8 тыс. КОЕ/г почвы.

В процессе нитрификации происходит двухступенчатая трансформация аммиака до нитритов и нитратов. Этот процесс главным образом происходит при активном участии бактерий-нитрификаторов (*Nitrosomonas* и *Nitrobacter*) [13].

Оценка активности нитрификаторов в нашем исследовании показала неоднозначную роль штаммов диазотрофов, определяемую фоном минерального питания. На естественном не удобренном фоне отмечено увеличение численности бактерий-нитрификаторов при обработке семян большинством штаммов. При комплексном использовании предпосевной инокуляции семян ячменя и минерального удобрения было характерно уменьшение их количества.

На фоне без удобрений необходимо выделить применение Мизорина и штамма 2П-7, где под их влиянием отмечено повышение нитрификационной способности по отношению к контролю. В относительном выражении увеличение составило 19.6 и 9.8% (табл. 1). На фоне применения минерального удобрения ризобактерии вызывали снижение численности нитрификаторов. Если в контроле показатель был равен 0.70 тыс. КОЕ/г почвы, то в вариантах с диазотрофами он варьировал в интервале 0.51–0.63 тыс. КОЕ/г почвы.

Снижение нитрификационной способности под влиянием диазотрофных штаммов можно считать положительным фактором, т.к. происходило снижение потерь почвенного азота в процессах денитрификации, что позволяет более рационально использовать элементы питания и сохранять почвенное плодородие.

Общее фоновое содержание колоний азотобактера в почве в нашем опыте было довольно низким, что могло быть обусловлено значительным увлажнением и недостатком кислорода в отдельные годы исследования (2022 г.).

К азотобактеру относится вид свободноживущих бактерий *Azotobacter chroococcum*, обладающих способностью фиксировать молекулярный атмосферный азот. На фоне без применения минеральных удобрений отмечена неоднозначность воздействия ризобактерий на численность свободноживущих азотфиксаторов. Отдельно взятые штаммы инокулянтов (Мизорин и 2П-7) способствовали незначительному увеличению числа колоний азотобактера (до 5%). В остальных же вариантах ассоциативные штаммы вызывали только снижение численности азотобактерий, вне зависимости от фона минерального питания. На фоне N60P60K60 количество данных групп почвенной микробиоты варьировало в интервале 128–191 КОЕ/50 г почвы (при 253 КОЕ/50 г почвы в контроле).

Для более полной оценки направленности микробиологических процессов в почве произведен расчет коэффициента минерализации гумуса по Мишустину (соотношение МПА : КАА). Ко-

Таблица 2. Коэффициенты минерализации гумуса

Фон удобренности	Вариант	Коэффициент минерализации гумуса
Без удобрений	Контроль	0.64
	Мизорин	0.54
	Шт. 2П-7	0.49
	Шт. 17-1	0.63
	Шт. 18-5	0.46
N60P60K60	Контроль	0.75
	Мизорин	0.63
	Шт. 2П-7	0.52
	Шт. 17-1	0.57
	Шт. 18-5	0.67

эффициент минерализации гумуса отражает проходящие в почве процессы разложения гумуса на конечные продукты. Достаточно высокие коэффициенты минерализации могут свидетельствовать о повышении скорости распада гумусовых веществ.

Анализируя рассчитанные коэффициенты минерализации, можно судить о снижении распада гумуса под действием микробных биопрепаратов. На естественном фоне удобренности в контроле без инокулянтов коэффициент минерализации был равен 0.64 (табл. 2), в вариантах с биопрепаратами — существенно снижался и варьировал в интервале 0.46–0.54, т.е. отмечали уменьшение процесса минерализации гумуса до 28.1% по отношению к контролю. На фоне применения минеральных удобрений в дозе N60P60K60 отмечены более высокие коэффициенты минерализации, но при этом оставались характерные аналогичные закономерности снижения интенсивности минерализации под действием бактериальных штаммов. Минеральное удобрение в чистом виде несколько увеличивало (на 0.11) коэффициент по отношению к абсолютному контролю, и он был равен 0.75. При этом в тех вариантах, где применяли инокулянты, коэффициент варьировал в пределах 0.52–0.67.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, исследование структуры микробного ценоза позволило отметить положительную роль ассоциативных диазотрофных штаммов в сохранении и стабилизации плодородия чернозема обыкновенного (сегрегационного) в посевах

ярового ячменя. Изменяя направленность микробиологических почвенных процессов, бактериальные биопрепараты позволили сохранять и воспроизводить почвенное плодородие. Предпосевная инокуляция семян ярового ячменя снижала риски непродуктивной потери почвенного азота и уменьшение скорости распада гумусовых веществ. Наиболее заметно было снижение деградационных процессов при комплексном использовании минеральных удобрений и ризобактерий.

Более высокая общая численность почвенных бактерий отмечена при внесении минеральных удобрений под посевы ярового ячменя. На естественном фоне минерального питания их количество отмечено в среднем на уровне 42,6, на фоне N60P60K60 – 48,4 млн КОЕ/г почвы.

Диазотрофные препараты снижали активность бактерий-амонификаторов, минерализаторов гумуса, целлюлозолитиков. Уменьшались потери гумуса в процессе дегумификации и азота в процессе денитрификации.

Применение ризобактерий увеличивало численность в почве актиномицетов на естественном фоне до 8,7, на удобренном – до 26,2%. Наибольшее развитие актиномицетов отмечено при применении штаммов 2П-7, 17-1 и 18-5.

Инокуляция ассоциативными штаммами повышала активность микромицетов. Наиболее существенный рост численности на фоне без удобрений отмечен при использовании препарата Мизорин (на 70,3%) и штамма 18-5 (на 50,2%). При комплексном применении минеральных удобрений и диазотрофов было характерно снижение активности почвенных грибов при применении всех штаммов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федорова К.В. Сравнительная характеристика микробиологических свойств почв до и после внесения удобрений // Проблемы экологии Южного Урала: сб. мат.-лов X Всерос. научн.-практ. конф. с международ. участием, посвящ. 25-летию кафедры биологии и почвоведения, Оренбург, 20–21 октября 2021. Оренбург: Изд-во Оренбур. гос. ун-т, С. 223–225.
2. Чевердин Ю.И., Чевердин А.Ю., Сауткина М.Ю. Микробные препараты в посевах зерновых культур Центрального Черноземья: Монография. Каменная Степь: Изд-во Истоки, 2021. 278 с.
3. Щур А.В., Валько В.П., Валько О.В. Биологическая активность почвы как показатель эффективного плодородия при различных способах обработки почвы и видах удобрений // Издәністер, Нәтижелер. 2014. № 4. С. 195–203.
4. Багаутдинова Г.Г., Нурмухаметов Н.М., Киреева Н.А. Биологическая активность почв и продуктивность сахарной свеклы при обработке биопрепаратом // Вестн. Оренбур. гос. унта. 2009. № 6 (100). С. 540–542.
5. Леонова Ю.В., Спасская Т.А. Влияние нетрадиционных удобрений на микробиологическую активность дерново-подзолистой супесчаной почвы // Агропромышл. технол. центр. России. 2020. № 4 (18). С. 84–87.
<https://doi.org/10.24888/2541-7835-2020-18-84-87>
6. Мухина М.Т., Ламмас М.Е. Формирование микробиологической активности почвы под ячменем при обработке растений биостимулятором роста // Плодородие. 2022. № 5 (128). С. 91–94.
<https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.128.23>
7. Божко А.А., Ползухина Н.А., Хамова О.Ф., Ползухин П.В., Сейтуарова А.Д., Шулико Н.Н., Паршутин Ю.Ю. Биологическая активность почвы ризосферы овса посевного (*Hordeum vulgare* L.) при инокуляции семян ассоциативными диазотрофами // Пробл. агрохим. и экол. 2019. № 2. С. 60–64. DOI: 10.26178/AE.2019.15.54.010
8. Ступина Л.А., Мосина А.С. Влияние карбоксиметилированных препаратов и ризоторфина на микробиологическую активность черноземов Приобской лесостепи и симбиотическую активность сои // Вестн. КрасГАУ. 2016. № 3 (114). С. 84–89.
9. Чевердин А.Ю., Сауткина М.Ю., Чевердин Ю.И., Чевердина Г.В. Изменение микробиологической активности почвы под влиянием диазотрофных препаратов в посевах ярового ячменя // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования: II Международ. научн.-практ. интернет-конф., с. Солёное Займище, 28 февраля 2017 г., Прикаспийский НИИ аридного земледелия. Солёное Займище: Прикаспийский научн.-исслед. ин-т аридн. земледел., 2017. С. 1095–1097.
10. Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
11. Воробьев Н.И., Свиридова О.В., Попов А.А. Граф-анализ гено-метаболических сетей почвенных микроорганизмов, трансформирующих растительные остатки в гумусовые вещества // Сел.-хоз. биол. 2011. Т. 46. № 3. С. 88–93.
12. Gomes R.C., Semedo L.T.A.S., Soares R.M.A. Chitinolytic actinomycetes from a Brazilian tropical soil active against phytopathogenic fungi // World J. Microbiol. Biotechnol. 2000. V. 16. № 1. P. 109–110.
13. Фаизова В.И., Цховребов В.С. Влияние сельскохозяйственных культур на численность нитрификаторов // Эволюция и деградация почвенного покрова: Сб. научн. ст. по мат.-лам IV Международ. научн. конф., Ставрополь, 13–15 октября 2015 г. Ставрополь: Изд-во АГРУС, 2015. С. 430–436.

Effect of Bacterial Fertilizers on the Microbiological Activity of Segregated Chernozem in Spring Barley Crops

A. Y. Cheverdin^{a, #}, Yu. I. Cheverdin^a, and M. Y. Sautkina^b

^a*Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev
POS 2 division of the Dokuchaev Institute, quart. 5, 81, Voronezh region, Talovsky district 397463, Russia*

^b*All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology
ul. Lomonosova 105, Voronezh 394087, Russia*

[#]*E-mail: cheverdin@bk.ru*

In the field experiment, in the Voronezh region on the territory of the Voronezh FASC, changes in the microbiological activity of the soil under the influence of bacterial associative biological products and mineral fertilizers during 2021–2022 were studied. Microbial strains were used for pre-sowing seed treatment. The soil of the experimental site is ordinary (segregational) medium–humus heavy loamy chernozem. The availability of available forms of batteries is medium and high. The barley variety is Talovsky 9. The cultivation technology is generally accepted in the zone. The preservation of soil fertility and its rational use due to changes in the direction of microbiological processes in the soil with the use of diazotrophs has been established. Associative preparations slowed down the processes of mineralization of humic substances. The number of bacteria associated with the destruction of organic matter decreased. With the complex use of mineral fertilizers with rhizobacteria, the number of nitrifiers responsible for denitrification processes and losses of soil nitrogen significantly decreased. A significant increase in the natural background of fertilization of the number of soil fungal microflora under the influence of diazotrophs was noted.

Keywords: biological products, fertility, microbiology, soil microorganisms, fertilizers, spring barley, chernozem.