

Выводы. 1. Достоверный положительный эффект от внесения биопрепарата выявлен для активности дегидрогеназ и фосфатазы.

2. Установлено подавляющее действие высокой дозы микробиологического препарата на численность микроорганизмов.

3. Биопрепарат оказывает положительный эффект на урожайность и фитомассу ячменя при внесении рекомендуемой дозы.

Литература

1. Белоус Н.М., Сычев В.Г., Шаповалов В.Ф., Белоус И.Н. Влияние длительного применения средств химизации на продуктивность плодосменного севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях радиоактивного загрязнения // Плодородие. – 2013. – № 3. – С. 1–3.
2. Вилкова В.В., Казеев К.Ш., Шханацев А.К., Нижельский М.С., Колесников С.И. Влияние пирогенного воздействия на биологическую активность чернозема обыкновенного в модельных экспериментах // АгроЭкоИнфо. – 2021. – № 5.
3. Даденко Е.В., Мясникова М.А., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню // Почвоведение. – 2014. – №6. – С. 724–733.
4. Заядан Б.К., Маторин Д.Н., Баймаханова Г.Б., Болатхан К., Ораз Г.Д., Саданов А.К. Консорциумы микроорганизмов, перспективных при получении биоудобрения для рисовых культур // Микробиология. – 2014. – Т. 83. – № 4. – С. 467.
5. Зинковская Т.С., Ковалев Н.Г., Зинковский В.Н. Классификация биологических мелиорантов, применяемых в земледелии // Плодородие. – 2012. – № 4. – С. 20–22.
6. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В. Методы биодиагностики наземных экосистем. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2016. – 356 с.
7. Казеев К.Ш., Трушков А.В., Одабашия М.Ю., Колесников С.И. Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые три года залежного режима // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 901–910.

8. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О. Реакция почвы и растений на внесение азотного удобрения под озимые и яровые зерновые культуры в Центральном Нечерноземье // Агрохимический вестник. – 2021. – № 5. – С. 54–59.
9. Мелентьев А.И. Аэробные спорообразующие бактерии *Bacillus* Cohn в агроэкосистемах / А.И. Мелентьев. – Рос. акад. наук, Уфимский науч. центр, Ин-т биологии. – М.: Наука, 2007. – 147 с.
10. Нижельский М.С., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Влияние биологических препаратов на ферментативную активность чернозема обыкновенного после фумигации дымом от опилок // Агрохимический вестник. – 2021. – №5. – С. 28–33.
11. Романова И.Н., Терентьев С.Е., Князева С.М., Глушаков С.Н., Перепицай М.Е. Урожай и качество зерна сортового ячменя, а также его пригодность на пивоваренные цели в условиях западной части Нечерноземья // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – Т. 28. – № 11. – С. 27–30.
12. Скамарохова А. С., Юрин Д. А. Изучение влияния нового комплексного биоудобрения на всхожесть семян озимой вики // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. – 2022. – Т. 11. – № 1. – С. 332–335.
13. Турусов В.И., Гармашов В.М. Эффективность минеральных удобрений при различных способах обработки почвы // Агрохимия. – 2020. – № 12. – С. 19–27.
14. Церлинг В.В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур: Справочник – М.: Агропромиздат, 1990. – 235 с.
15. Berg G., Krechel A., Ditz M., Sikora R.A., Ulrich A., Hallmann J. Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi // FEMS Microbiology Ecology. – 2005. – Т. 51. – № 2. – С. 215–229.
16. Chistyakov V.A., Gorovtsov A.V., Usatov A.V., Prazdnova E.V., Mazanko M.S., Bren A.B., Usatova O.A., Vasilchenko N.G. Patent № 2751487 C1 Russia, IPC: A01N 63/22; Method for producing liquid nutrition medium and method for obtaining liquid microbiological agent based on strains mixture of spore-forming bacteria antagonists of phytopathogenic fungi of g. *Fusarium*: № 2020122106: priority 03.07.2020 : publication 14.07.2021.
17. Gautam K., Sirohi C., Singh N.R., Thakur Y., Jatav S.S., Rana K., Chitara M., Meena R.P., Singh A.K., Parihar M. Microbial biofertilizer: Types, applications, and current challenges for sustainable agricultural production // Biofertilizers. – Woodhead Publishing, 2021. – С. 3–19.

INFLUENCE OF MICROBIOLOGICAL PRODUCT BASED ON *BACILLUS* SP. ON BARLEY PRODUCTIVITY AND ENZYME ACTIVITY OF CHERNOZEM

V.D. Prikhodko, V.V. Vilkova, K.Sh. Kazeev, Ph.D., M.S. Nizhelsky,
V.V. Lyganovskaya, A.N. Fedorenko, S.I. Kolesnikov, Ph.D

Southern Federal University, Academy of Biology and Biotechnology named by D.I. Ivanovsky
344090, Russia, Rostov-on-Don, Stachki st., 194/1. t. 89612691548; E-mail: kamil_kazeev@mail.ru

*The results of the influence of a microbiological preparation with a biofungicidal action against fungi of the genus *Fusarium* based on a consortium of strains of aerobic spore-forming bacteria of the genus *Bacillus* on the activity of soil enzymes (catalase, dehydrogenases, phosphatase, invertase) and the yield of spring barley are presented. The object of the study was Haplic Chernozem Loamic. The study was carried out by sowing spring barley and its further treatment with a biological product in various doses: recommended (RD – 0.00001 ml/l), tenfold (RD * 10 – 0.0001 ml/l) and hundredfold (RD * 100 – 0.001 ml/l). As a result of the study, an increase in the activity of phosphatase and dehydrogenases was noted, a fungicidal effect of the biological product on the studied soil was revealed, as well as an increase in fertility when the recommended dose was applied, as well as an increase in the productivity of spring barley when making the recommended dose.*

Keywords: microbiological preparations, spring barley, enzymatic activity, chernozem, fungal action.

УДК: 631.461:631.582

DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.22

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БИОЛОГИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ МИКРОБНОГО ЦЕНОЗА ПОЧВЫ В РАЗЛИЧНЫХ СЕВООБОРОТАХ

В.И. Турусов, ак. РАН, Е.Я. Коновалова,
ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»
397463, пос. 2-го участка Института им. Докучаева, квартал 5, д.81, Таловский р-н,
Воронежская обл., Россия, E-mail: nish1c@mail.ru

В условиях юго-востока ЦЧЗ проведены исследования по изучению численности и состава микробиологического сообщества почвы в ризосфере озимой пшеницы с применением элементов биологизации в различных севооборотах. Результаты исследований показали, что введение в структуру севооборотов многолетних бобовых трав разного вида пользования в роли предшественников и бинарного посева, способствовало повышению общей численности

почвенной микрофлоры в ризосфере озимой пшеницы на 0,2-1,8% в вариантах с удобрениями и на 4,7-8,2% без их внесения.

Ключевые слова: микробиологическая активность, озимая пшеница, предшественник, севооборот, элементы биологизации.

Для цитирования: Турусов В.И., Коновалова Е.Я. Влияние элементов биологизации на структуру микробного ценоза почвы в различных севооборотах // Плодородие. – 2023. – №5. – С. 87-90. DOI: 10.25680/S19948603.2023.134.22.

На современном этапе развития сельского хозяйства перед учеными и аграриями регионов ЦЧЗ стоят непростые задачи по повышению плодородия почв и устойчивости земледелия. Они должны решаться комплексно в рамках АЛСЗ, которые наряду с рациональным использованием земель, защитой их от эрозии и воспроизводством плодородия призваны сохранить экологическую стабильность агроландшафтов. Одним из важных чувствительных индикаторов в агрономическом и экологическом плане является определение биологической активности почвы, в частности, анализ численности и видового состава почвенных микроорганизмов, обитающих в ней. Им, как и всем живым существам, необходимы питательные вещества, служащие своеобразным источником энергии и строительным материалом для растущих клеток, в составе которых в большем количестве содержатся углерод, кислород и азот. Другие макро- и микроэлементы присутствуют, но в значительно меньшей концентрации. Развитие в почве отдельных групп микроорганизмов и направленность почвенного процесса в целом зависят от ряда условий, к которым относятся: оптимальная температура и влажность, наличие или отсутствие воздуха, соответствующий уровень кислотности, определенный гранулометрический и химический состав почвы, растительный покров и многое другое [1, 7].

Микробный ценоз почвы чутко реагирует на любые изменения экологических условий как природного, так и техногенного характера. Поэтому его структуру успешно используют при оценке экологического состояния почв. Устойчивость агроэкосистем находится в тесной взаимосвязи с деятельностью микроорганизмов. Изменения в структуре эколого-трофических групп микроорганизмов, осуществляющих сложные биохимические функции, позволяют регулировать эти процессы с целью повышения общей биогенности средообитания. Только при благоприятных условиях происходит рост численности и биологического разнообразия. Некоторыми процессами можно управлять, используя в качестве основных инструментов такие агротехнические мероприятия как севооборот, обработка почвы, использование удобрений, мелиорантов и др. Научно обоснованный севооборот, имеющий в структуре культуры-средоулучшители, обладающие фитомелиоративными и фитосанитарными функциями, выходит на первый план в решении современного земледелия и является надежным гарантом его благополучия [4, 6, 8, 12].

Цель исследований – определить влияние элементов биологизации на микробиологическую активность в ризосфере озимой пшеницы в севооборотах юго-востока ЦЧЗ.

Методика. Исследования проводились с 2020 по 2022 г. в многолетнем стационарном опыте лаборатории эколого-ландшафтных севооборотов ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева» на чернозёме обыкновенном среднесуглинистом.

Агрометеорологические условия во время проведения исследований по изучению микробиологической ак-

тивности почвы достаточно полно отражали особенности климата юго-восточной части Центрального Черноземья. В среднем за май-июнь 2020, 2021 и 2022 г. повышение ГТК шло по нарастающей: 1,1; 1,4; 1,7 соответственно. Видно, что более увлажненным был весенне-летний период 2022 г.

Отбор почвенных образцов проводили в посевах озимой пшеницы, идущей в чередовании с бобовыми предшественниками (горох и эспарцет разного вида пользования), в семи севооборотах: 1 – Зернопаропропашной (контрольный): горох – озимая пшеница, 2 – Зернопаропропашной (контрольный – $N_{60}P_{60}K_{60}$): горох – озимая пшеница, 3 – Зернопропашной: горох – озимая пшеница + озимая вика (бинарный посев), 4 – Зернопропашной ($N_{60}P_{60}K_{60}$): горох – озимая пшеница + озимая вика (бинарный посев), 5 – Зернотравянопропашной: эспарцет на сидерат – озимая пшеница, 6 – Зернотравянопропашной ($N_{60}P_{60}K_{60}$): эспарцет на сидерат – озимая пшеница, 7 – Зернотравянопропашной: эспарцет на сено – озимая пшеница.

В слое почвы 0-30 см по методике [11] определяли количество и видовое разнообразие эколого-трофических групп микроорганизмов. Корневые остатки по бобовым предшественникам устанавливали по [10], массу пожнивных остатков – методом пробных метровок по [3]. Площадь опытной делянки 84 м². Расположение делянок систематическое, в трёх ярусах. Результаты, полученные в процессе исследования, подвергали статистической обработке методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову и программой Microsoft Excel [3, 5, 10, 11].

Результаты и их обсуждение. Анализ экспериментальных данных по численности почвенных микроорганизмов и их соотношении внутри сообщества выявил некоторые различия по вариантам опыта, которые обусловлены объемом и химическим составом поступающего в почву органического материала. В процессе микробиологического разложения легче и быстрее происходит минерализация углеводов, белков, водорастворимых органических веществ и гораздо сложнее и длительнее по времени лигнина и фенольных соединений [2, 9, 13].

Послеуборочные остатки бобовых, являющиеся для озимой пшеницы хорошими предшественниками, содержат легкодоступные химические соединения, которые потребляются почвенными микроорганизмами и служат для них главным источником энергии. Поэтому количество поступившего для разложения органического вещества оказывает существенное влияние на деятельность почвенной микрофлоры (рис.).

Исследованиями установлено, что больше всего органического вещества накапливалось у бобовых предшественников в зернотравянопропашных севооборотах с эспарцетом разного вида пользования. Всего в сухом веществе в почву поступило от 7,7 до 13,9 т/га остаточной биомассы, что в 2,5-3,9 раз превосходило аналогичное количество по гороху. Это оказало существенное влияние на микробиологическую активность в целом.

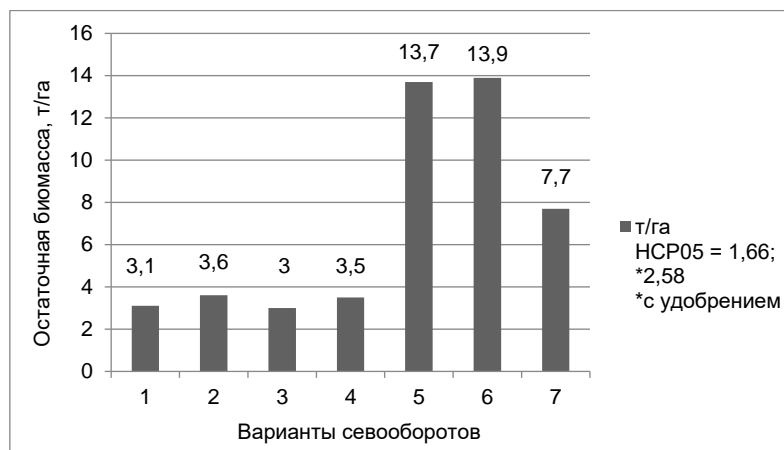


Рис. Поступление остаточной биомассы бобовых предшественников

Наибольшее количество аммонификаторов, развивающихся на мясо-пептонном агаре (МПА) и энергично трансформирующих свежее органическое вещество, поступающее в почву с растительными остатками, в слое почвы 0-30 см было в варианте зернотравянопропаш-

ного севооборота в звене озимая пшеница – эспарцет на сено – 9,06 млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы (АСП) и в звене зернопаропропашного севооборота с предшественником горохом на удобренном фоне – 9,37 млн КОЕ в 1 г АСП (табл.).

Влияние элементов биологизации на численность и видовое разнообразие микроорганизмов в слое почвы 0-30 см в ризосфере озимой пшеницы

в ризосфере озимой пшеницы										
Варианты севооборотов/предшественник		Млн КОЕ в 1 г АСП				Тыс. КОЕ в 1 г АСП			Число колоний в 50 г АСП	КАА/МПА
		МПА	КАА	Актиномицеты	Минерализаторы гумуса	Грибы	Целлюлозоразлагающие	Нитрификаторы	Азотобактер	
ЗПП (горох)		8,39	15,5	2,64	16,3	35,4	50,6	0,50	477	1,85
ЗПП (горох) N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		9,37	17,2	3,04	15,7	38,3	58,9	0,49	415	1,83
ЗП (горох) + бинарный посев		8,06	19,3	2,82	16,1	34,1	60,3	0,48	385	2,40
ЗП (горох) + бинарный посев N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		8,87	18,2	2,76	15,6	41,2	59,5	0,46	333	2,05
ЗТП (эспарцет на сидерат)		8,92	15,9	2,70	17,3	37,4	49,5	0,55	419	1,78
ЗТП (эспарцет на сидерат) N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀		8,27	17,4	2,75	17,7	37,1	72,2	0,47	364	2,11
ЗТП (эспарцет на сено)		9,06	16,8	3,03	17,4	35,1	61,7	0,53	502	1,85
НСР ₀₅	б/у	0,67	0,41	0,11	1,71	2,03	5,37	0,04	39,2	0,34
	N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,42	1,78	0,21	2,08	2,45	10,25	0,02	17,5	0,56

Примечание. Севообороты: ЗПП – зернопаропропашной, ЗП – зернопропашной, ЗТП – зернотравянопропашной.

Немаловажную роль в биологических процессах играет группа амилотических почвенных микроорганизмов, произрастающих на крахмал-аммиачном агаре (КАА) и использующих минеральные формы азота для своей жизнедеятельности. В опыте превышение данного показателя на 25% относительно контроля наблюдалось в зернопропашном севообороте с бинарным посевом. Это отразилось на коэффициенте минерализации, характеризующем отношение численности амилотических микроорганизмов к аммонифицирующим, который был равен 2,4 и оказался выше контрольного значения на 30%. Наблюдается высокая степень разложения органических остатков в почве, которая стимулируется и поддерживается свежесформированным симбиотическим азотом клубеньковых бактерий озимой вики в данном варианте. В зернотравянопропашном севообороте с эспарцетом на сено разница в численности данной физиологической группы микроорганизмов с контролем составила всего 8,4% при одинаковом коэффициенте минерализации – 1,85.

Численность актиномицетов, отвечающих за деструкционные и синтезирующие преобразования сложных органических соединений, в зернотравянопропашном севообороте с эспарцетом на сено достигла 3,03 млн КОЕ

в 1 г АСП и была на уровне зернопаропропашного севооборота на фоне удобрений. Показатель целлюлозоразлагающих бактерий, для которых основным питательным субстратом являются углеводные полимеры, чаще целлюлоза, превысил контроль на 21,9%, но уступил варианту с эспарцетом на сидерат с удобрением на 10,5 тыс. КОЕ в 1 г АСП. Это указывает на важную функцию многолетних бобовых трав как субстрата для развития данных видов микроорганизмов и как резерв пополнения почвы негумифицированным органическим веществом. Установлена средняя корреляционная связь между целлюлозолитиками с группой бактерий на МПА ($r=0,69$) и КАА с актиномицетами ($r=0,58$). Количество минерализаторов гумуса во всех вариантах было достаточно высоким. Их численность варьировала от 15,6 до 17,7 млн КОЕ в 1 г АСП. Общая численность микроорганизмов имела схожую тенденцию в вариантах озимой пшеницы в сочетании с озимой вики и идущей по эспарцету на сено в зернопропашном и зернотравянопропашном севооборотах – 46,3 млн КОЕ в 1 г АСП.

Грибная микрофлора на удобренном фоне была выше, за исключением варианта с эспарцетом на сидерат, где существенного влияния со стороны грибного сообщества не наблюдалось. Так в зернопропашном севообо-

роте с бинарным посевом разница с контролем превысила 7,6%. Различия в численности почвенных грибов обусловлены количеством остаточной биомассы растительных остатков предшествующих культур и скоростью их утилизации в процессе разложения. В варианте с бинарным посевом в период вегетации не наблюдался дефицит свежего органического вещества для указанной группы. Внесенные минеральные удобрения способствовали незначительному подкислению почвы, создавая таким образом благоприятную среду для лучшего развития грибной биомассы.

Нитрификационные процессы в севооборотах с эспарцетом разного вида пользования проходили более интенсивно. Количество нитрификаторов, обеспечивающих пополнение почвы азотом, превысило 0,55 тыс. КОЕ в 1 г АСП. Численность азотобактера достигла 502 колоний в 50 г АСП. Известно, что данный вид свободноживущих аэробных бактерий достаточно эффективно участвует в фиксации азота, поэтому присутствие его в почве в большом количестве считается надежным показателем её плодородия, степени окультуренности и экологического благополучия. Способность к азотфиксации выступает одним из показателей, характеризующим общую биологическую активность почвы. Поскольку азотобактер проявляет высокую потребность в нейтральной среде, органических веществах, фосфоре и кальции, а также в некоторых микроэлементах для лучшей азотфиксации молекулярного азота, то можно предположить, что в варианте зернотравянопропашного севооборота с предшественником эспарцет на сено сложились наиболее благоприятные для этого условия. В удобренных вариантах происходило заметное снижение численности этого вида микробного сообщества до 13,5% в связи с некоторым смещением pH почвы из нейтральной среды в более кислую [7].

Заключение. Введение в полевые севообороты элементов биологизации: бинарного посева, многолетних бобовых трав разного вида пользования способствовало усилению деятельности почвенной микрофлоры в ризосфере озимой пшеницы за счёт активизации процессов трансформации низкоуглеродистой органической биомассы и её количества, оставляемой в почве бобовыми

предшественниками. Использование минеральных удобрений в дозе 60 кг д.в./га стимулировало развитие грибов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов, но сдерживало рост азотобактера на 13-13,5%.

Литература

1. Бабьева И.П. Биология почв: учебник под ред. Д.Г. Звягинцева / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – 2-е изд., пераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 336 с.
2. Берестецкий О.А. Биологические основы плодородия почвы / Берестецкий О.А., Возняковская Ю.М., Доросинский Л.М. и др. / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В.И. Ленина. – М.: Колос, 1984. – 287 с.
3. Быстрый В.А. О методах изучения корневых систем растений / В.А. Быстрый // Почвоведение. – 1974. – № 4. – С. 155-158.
4. Глушеч Е. М., Дубойский М. В. Микробиологическая активность почв как показатель экологического состояния агроценозов. / Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Сб. научных трудов. Т. 10.- Минск, 2018. – С. 448-457.
5. Достехов Б.А., Васильев И.П., Туликов А.М. Практикум по земледелию. 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 383 с.
6. Лошаков В.Г. Севооборот и плодородие почвы. – М.: Изд-во ВНИИА, 2012. – 512 с.
7. Мишустин Е.Н. Микробиология. Изд. 3-е, перераб. и доп. / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
8. Сауткина М.Ю., Чевердин Ю.И. Особенности структуры микробного сообщества агрегатов миграционно-мицеллярного чернозёма лесного ценоза Каменной Степи / Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия // Сб. докладов XV Международной научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева». – Курск, 2020. – С. 345-348.
9. Синеговская В.Т., Банецкая Е.В. Микробноценозный состав луговой черноземовидной почвы в посевах сои и пшеницы при длительном внесении удобрений // Плодородие. – 2022. – №1 – С.46-49.
10. Станков Н.З. Корневая система полевых культур / Н.З.Станков. – М.: Колос, 1964. – 280 с.
11. Теппер Е.З. Практикум по микробиологии / Е.З. Теппер, В.К. Шильникова, Г.Н. Переверзев. – М.: Колос, 1979. – 215 с.
12. Турусов В.И., Гармашов В.М., Абанина О.А., Дронова Н.В., Михина Т.И. Биологическая активность почвы в звеньях севооборотов. /Актуальные вопросы сельскохозяйственных наук в современных условиях развития страны // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург. – 2015. – №2. – 112 с.
13. Шапова Л.Н., Пуртова Л.Н., Киселева И.В. Микрофлора, ферментативная активность и показатели гумусного состояния агрометеомусовых подбелов в условиях фитомелиоративного опыта // Региональные проблемы. – 2019. – Т. 22. – № 3. – С. 38–44.

THE INFLUENCE OF BIOLOGIZATION ELEMENTS ON THE STRUCTURE OF MICROBIAL CENOSIS OF SOIL IN VARIOUS TYPES OF CROP ROTATIONS

*V.I. Turusov, Doctor of Agricultural Sciences, acad. RAS, E.Ya. Konovalova, research assistant
State Budgetary Scientific Institution "Voronezh Federal Agrarian Research Center named after V.I.V.V. Dokuchaev,
397463, settlement 2 sites of the Institute named after V.V. Dokuchaev, quarter 5, house 81, Talovsky district,
Voronezh Region, Russia,
E-mail: nish1c@mail.ru*

In the conditions of the south-east of the Central Black Earth zone, studies were conducted to study the number and composition of the microbiological community of the soil in the rhizosphere of winter wheat using elements of biologization in various crop rotations. The results of the research showed that the introduction of perennial legumes of various types of use into the structure of crop rotations as precursors and binary sowing contributed to an increase in the total number of soil microflora in the rhizosphere of winter wheat by 0.2-1.8% on variants with fertilizers and by 4.7-8.2% without their introduction.

Keywords: microbiological activity, winter wheat, precursor, crop rotation, elements of biologization.