doi:10.18286/1816-4501-2026-3-23-31
УДК 631.46 + 579.26

Влияние микробиологических и минеральных удобрений на микробоценоз чернозема выщелоченного в агроценозе яровой пшеницы

Ю. В. Корягин✉, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Селекция, семеноводство и биология растений»
С. А. Сашенкова, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Биология, биологические технологии и ветеринарно-санитарная экспертиза»
Н. В. Корягина, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Селекция, семеноводство и биология растений»
Н. П. Чекаев, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Почвоведение, агрохимия и химия»
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет», 440013 Пенза, Ботаническая 30
✉koryagin.y.v@pgau.ru

Резюме. Представлены результаты исследования динамики численности микроорганизмов в черноземной почве в летний вегетационный период в почвенно-климатических условиях учебно-опытного хозяйства в Пензенской области под влиянием минеральных удобрений и инокуляции семян яровой пшеницы сорта Гранни смесью препаратов «Азотовит» и «Фосфатовит» с учетом совместного действия этих факторов. Учет микробного числа проводили на двух питательных средах (МПА и КАА), что позволяет выявить наличие разных групп микроорганизмов. Установлено, что численность микроорганизмов в почве без использования удобрений мало изменяется в течение вегетационного периода яровой пшеницы. Под влиянием внесения как минеральных удобрений, так и использования только микробиологических препаратов микробное число в черноземной почве существенно возрастает в фазы кущения и цветения, а затем снижается к уборке. Совместное применение удобрений приводит к увеличению стимулирующего эффекта. Наибольшее увеличение микробного числа регистрировалось в варианте с внесением аммиачной селитры в дозе N_{65} в д.в. на крахмал аммиачной питательной среды. Полученные результаты позволяют заключить, что использование приема инокуляции семян смесью препаратов Азотовит и Фосфатовит сопоставимо по своему влиянию на динамику численности микроорганизмов в почве с действием минеральных удобрений. Под влиянием совместного применения минеральных и мкробиологических удобрений повышаются показатели биологической активности почв. В фазы кущения и цветения в этом случае нитрифицирующая способность возрастала от средней с показателями 13,7…18,1 мг/кг до повышенной 15,0…23,6 мг/кг. Интенсивность дыхания увеличивалась на 8,3…15,5 %, целлюлозоразлагающая способность повышалась на 6,1…11,5 %. Внесение минеральных удобрений увеличивало урожайность зерна на 21 %, а при дополнительной инокуляции семян микроудобрениями на 28 % по сравнению с контрольным вариантом без удобрений.

Ключевые слова: микроорганизмы, микробное число, черноземные почвы, микробиологические удобрения, биологическая активность

Для цитирования: Влияние микробиологических и минеральных удобрений на микробоценоз чернозема выщелоченного в агроценозе яровой пшеницы / Ю. В. Корягин, С. А. Сашенкова, Н. В. Корягина и др. // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2026. № 3 (75). С. 23-31. doi:10.18286/1816-4501-2026-3-23-31

Influence of microbiological and mineral fertilizers on the microbiocenosis of leached black soil in a spring wheat agrocenosis

Yu. V. Koryagin✉, S. A. Sashenkova, N. V. Koryagina, N. P. Chekaev
FSBEI HE Penza State Agrarian University,
440013, Penza, Botanicheskaya St., 30
✉koryagin.y.v@pgau.ru

Abstract. The study presents results regarding the population dynamics of microorganisms in black soil during the summer growing season—under the soil and climatic conditions of an experimental farm in the Penza region—influenced by mineral fertilizers and the inoculation of 'Granni' spring wheat seeds with a mixture of the preparations "Azotovit" and "Phosphatovit," taking into account the combined effect of these factors. Microbial counts were determined using two nutrient media (meat-peptone agar and starch-ammonia agar), enabling the detection of various microbial groups. It was found that the microbial population in unfertilized soil remained relatively stable throughout the spring wheat growing season. With the application of either mineral fertilizers or microbiological preparations alone, the microbial count in the black soilincreased significantly during the tillering and flowering stages, subsequently declining by the time of harvest. The combined application of these inputs enhanced the stimulatory effect. The greatest increase in microbial count was recorded in the treatment involving the application of ammonium nitrate at a rate of 65 kg N/ha (active ingredient) on starch-ammonia agar medium. The results indicate that seed inoculation with the "Azotovit" and "Phosphatovit" mixture is comparable in its impact on the dynamics of soil microorganism with the application of mineral fertilizers. The combined usage of mineral and microbiological fertilizers enhances soil biological activity

parametres. During the tillering and flowering stages, the soil nitrifying capacity increased from a moderate level (13.7–18.1 mg/kg) to an elevated level (15.0–23.6 mg/kg). Respiration intensity rose by 8.3–15.5%, and cellulose-decomposing capacity increased by 6.1–11.5%. The application of mineral fertilizers increased grain yield by 21%, while additional seed inoculation with microbial fertilizers resulted in a 28% increase compared to the unfertilized control.

Keywords: microorganisms, microbial count, black soil, microbiological fertilizers, biological activity.

For citation: Influence of microbiological and mineral fertilizers on the microbiocenosis of leached black soil in a spring wheat agrocenosis / Yu. V. Koryagin, S. A. Sashenkova, N. V. Koryagina, et al. // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2026.3 (75): 23-31 doi:10.18286/1816-4501-2026-3-23-31

Введение

Биологизация сельского хозяйства является одним из основных направлений развития современного АПК. Для решения проблемы получения экологически чистой продукции значительную роль играет использование микробиологических препаратов на основе штаммов бактерий и грибов. Они помогают ускорить рост растений, повысить урожайность и устойчивость к инфекциям, подавляя рост патогенных микроорганизмов и переводя почвенные минералы в форму, доступную для растений [1, 2].

Одним из направлений внедрения этой системы земледелия является изучение почвенных микроорганизмов, способных повышать плодородие и заменять действие минеральных удобрений. Однако не все из них одинаково положительно взаимодействуют с растениями. С другой стороны, на численность почвенных микроорганизмов оказывает влияние комплекс факторов, среди которых отмечаются кислотность, минеральный состав почвы, тип растительности, антропогенная нагрузка и др. [3, 4, 5]. Сложность взаимодействий внутри микробных сообществ почвы обуславливает и озабоченность, высказываемую некоторыми авторами [6, 7], относительно экологической безопасности широкого применения микробиологических препаратов.

Необходимо отметить и важную роль микробиологической фиксации азота, которая, по мнению многих авторов, преобладает в балансе этого элемента в почве над применяемыми минеральными удобрениями и позволяет сэкономить их в количестве 50…60 кг/га [3]. Поэтому грамотное использование специальных биопрепаратов могло бы способствовать решению задачи поддержания почвенного плодородия.

Количественный и качественный состав микробоценоза почвы оказывает решающее воздействие на процессы, определяющие биологическую активность, такие как нитрифицирующая и азотфиксирующая способности, целлолозоразлагающая активность, которые, в свою очередь, определяют интенсивность трансформации элементов и круговоротов веществ, имеющих важное значение для поддержания устойчивости экосистем [4, 8].

Некоторые авторы указывают на необходимость учета микробиологических показателей почвы для определения степени антропогенной нагрузки, в том числе при длительном использовании удобрений [6, 9]. Расширяющийся спектр выпускаемых и применяемых в сельском хозяйстве микробиологических удобрений не снимает вопрос об их влиянии на динамику численности микроорганизмов в разных типах почв, который остается актуальным и недостаточно изученным.

Имеет научное и практическое значение изучение совместного применения минеральных и микробиологических удобрений как с точки зрения повышения продуктивности растений, так и поддержания биологической активности почв [5, 6].

Основываясь на рабочей гипотезе о положительном влиянии микробиологических и минеральных удобрений на динамику численности микроорганизмов, нашей целью стало изучение динамики микробного числа и показателей биологической активности чернозема выщелоченного при культивировании яровой пшеницы.

Материалы и методы

Исследования проводили в весеннее-летний вегетационный период яровой пшеницы в условиях учебно-опытного хозяйства «Рамзай» Пензенского ГАУ В 2023-2025 гг. Почвенные образцы отбирали перед посевом, в фазы кущения, цветения и уборки в трехкратной повторности с использованием стандартных методик. (ГОСТ Р 58595–2019).

Использовали общие требования к проведению анализов (ГОСТ 29269-91). Получали разведения 1:1000000 (10^6) из средней пробы почвенных образцов по стандартной методике [10, 11].

В исследованиях использовали мясопептонный агар (МПА) для определения общего числа микроорганизмов и крахмал-аммиачный агар (КАА) для определения численности актиномицетов. Подготовка сред проходила с использованием общепринятых методик (МУК 4.2.3695-21). Подсчет численности микрорганизмов проводили на седьмые сутки после посева глубинным методом (*Практикум по биологии почв. / Г.М. Зенова, А.Л. Степанов, А.А. Лихачев, Н.А. Манучарова. Москва, 2002.120 с.*).

На делянках выращивали сорт яровой мягкой пшеницы «Гранни».

Характеристика выбранных микробиологических удобрений «Азотовит» и «Фосфатовит» представлена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика используемых микробиологических удобрений

Препарат	Характеристика, заявленная производителем
«Азотовит»	Содержит микроорганизмы *Azotobacter chroococcum* (не менее 5 млрд/см3), которые обладают азотфиксирующими свойствами, что способствует преобразованию атмосферного азота в форму, пригодную для питания растений.
«Фосфатовит»	Содержит микроорганизмы *Bacillus mucilaginosus* (штамм В-8966, не менее 120 млрд/см3) и комплекс растительных метаболитов, которые способствуют превращению сложных соединений в доступные для растений формы.

Оба препарата разрешены к применению и внесены в «Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации».

Azotobacter chroococcum, входящий в состав препарата «Азотовит», способствует обогащению почвы азотом, а в отношении фосфора и калия аналогичную роль выполняют почвенные бактерии семейства *Bacillus*, входящие в состав препарата «Фосфатовит», которые выделяют эти элементы из силикатных минералов [12]. Поэтому можно предположить, что обработка семян комплексом этих препаратов может обеспечить растения необходимыми питательными веществами и способствовать повышению урожайности. Также, согласно литературным данным, благодаря конкурентному взаимодействию почвенных микроорганизмов подавляется фитопатогенная микрофлора и повышается эффективность комплексных минеральных удобрений [2]. Кроме того, микробиологические удобрения снижают токсическое воздействие веществ, содержащихся в почве, на проростки растений [12, 13].

В эксперименте участвовали пять вариантов с учетом применения разных доз минеральных удобрений: 1. без минеральных удобрений; 2. $N_{35}P_{35}K_{35}$ в д.в.; 3. N_{35} в д.в.; 4. N_{50} в д.в.; 5. N_{65} в д.в. Причем эти варианты в трехкратной повторности дублировались с учетом инокуляция семян микробиологическими препаратами Азотовит 2 л/т + Фосфатовит 2 л/т.

Делянки были размещены в соответствии с методом рендомизированных повторений. Удобрения были внесены до предпосевной обработки почвы в третьей декаде апреля. Использовались удобрения "ФосАгро": комплексное удобрение NPKS15:15:15(10) и аммиачная селитра N 34.4.

Нитрифицирующую способность чернозема определяли по методу Кравкова, предусматривающего определение нитратов, при компостировании почвы в лабораторных условиях с соблюдением условий аэрации, температуры и влажности [5, 10]. Использовали навеску 100 г сухой почвы.

Целлюлозоразрушающую способность оценивали апликационно-весовым методом по Мишустину [10]. Учитывали степень разрушения льняного полотна. Для определения интенсивности почвенного дыхания использовали метод Карпочевского *(Минеев, В.Г. Агрохимия: учебник. / В.Г. Минеев. Москва: КолоС, 2004. 720 с.).*

Учет урожая проводили весовым методом по вариантам опыта в 3-х кратной повторности с 1,0 м^2.

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали дисперсионный анализ.

Почвенно-климатические условия региона исследования

Район проведения исследований расположен в лесостепной зоне на западном склоне Приволжской возвышенности, где климат характеризуется как умеренно-континентальный со среднегодовой температурой воздуха + 3,6 ºС [14]. В геоморфологическом отношении характеризуется довольно сложным эрозионным рельефом и разнообразным геологическим строением. Рельеф представлен полого-волнистой равниной, пересеченной балками и оврагами, неудобными для распашки, на которых сохранилась естественная растительность [15, 16].

Погодные условия вегетационных периодов за время эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Погодные условия вегетационных периодов по данным ближайших метеостанций

Месяц	2023		2024		2025	
	Среднемесячная t °С	Количество осадков, мм	Среднемесячная t °С	Количество осадков, мм	Среднемесячная t °С	Количество осадков, мм
Апрель	+10.4	13,7	+13,1	21,7	+10,5	15,8
Май	+15.0	26,6	+11,6	13,2	+15,0	9,3
Июнь	+16.5	72,8	+21,5	12,0	+17,9	41,8
Июль	+20.2	35,9	+22,4	16,2	+21,4	26,4
Август	+20.9	8,5	+19,1	27,9	+18,8	24,3
Сентябрь	+14.6	6,3	+15,3	0	+13,8	2,2

Температурные условия вегетационных периодов на момент отбора почвенных образцов не отличались от среднемноголетних. Количество осадков в мае-июне 2023 г. было примерно в 2 раза больше, чем в 2024-2025 гг., что привело к переувлажнению почвы на отдельных участках.

Содержание гумуса в пахотном горизонте исследуемого участка в среднем составляет 6,3 %, с равномерным уменьшением вниз по профилю. Чернозем выщелоченный характеризовался следующими агрохимическими показателями: щелочногидролизуемого азота – 109…121, подвижного фосфора – 133…159, подвижного калия – 127…150 мг на кг почвы, реакция почвенного раствора слабокислая (5,32…5,51), гидролитическая кислотность – 4,85…5,57 мг-экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 34,4…36,2 мг-экв. на 100 г почвы [15].

Результаты

Результаты определения числа микроорганизмов на мясопептонной и крахмал-аммиачной агаризованной средах представлены в таблице 3.

Можно заметить, что число микроорганизмов на используемых питательных средах в контрольном варианте без использования удобрений в течение вегетационного периода мало изменяется. Показатели не имеют статистических различий так же, как в образцах почвы, отобранных в третьей декаде апреля.

Таблица 3. Динамика количественного состава микроорганизмов в почве в среднем за период исследования в зависимости от минеральных удобрений и микробиологических препаратов, млн. клеток/г почвы ($НСР_{05}$ по МПА – 13,81; по КАА – 12,69)

Вариант	Третья декада апреля			Фаза кущения			Фаза цветения			Фаза уборки		
	МПА	ККА	Соотношение МПА:КАА	МПА	ККА	Соотношение МПА:КАА	МПА	ККА	Соотношение МПА:КАА	МПА	ККА	Соотношение МПА:КАА
Без инокуляции семян												
1. Без минеральных удобрений (контроль)	8,00	11,33	0,71	14,67	15,00	0,98	16,00	34,67	0,46	7,00	15,67	0,45
2. $N_{35}P_{35}K_{35}$	8,67	10,67	0,81	30,67	44,00	0,70	39,33	55,00	0,72	14,33	26,00	0,55
3. N_{35}	8,67	10,33	0,84	20,67	45,00	0,46	24,00	51,00	0,47	12,00	24,67	0,49
4. N_{50}	8,67	9,00	0,96	41,67	46,33	0,90	47,00	57,00	0,82	15,00	22,67	0,66
5. N_{65}	8,67	9,00	0,96	52,67	58,67	0,90	56,00	65,67	0,85	12,33	25,33	0,49
Среднее по фону	***8,54***	***10,07***	***0,85***	***32,07***	***41,80***	***0,77***	***36,47***	***52,67***	***0,69***	***12,13***	***22,87***	***0,53***
Инокуляция семян Азотовит + Фосфатовит												
1. Без минеральных удобрений (контроль)	8,33	10,67	0,78	25,33	38,33	0,66	30,33	44,33	0,68	16,67	29,33	0,57
2. $N_{35}P_{35}K_{35}$	8,33	10,00	0,83	55,00	65,67	0,84	61,33	72,67	0,84	27,33	39,33	0,69
3. N_{35}	10,00	8,67	1,15	35,67	61,33	0,58	46,67	65,33	0,71	26,67	38,33	0,70
4. N_{50}	10,00	9,33	1,07	49,33	63,00	0,78	63,00	67,67	0,93	26,33	37,67	0,70
5. N_{65}	8,33	8,67	0,96	68,33	82,67	0,83	64,00	87,67	0,73	25,67	39,00	0,66
Среднее по фону	***9,00***	***9,47***	***0,95***	***46,73***	***62,20***	***0,75***	***53,07***	***67,53***	***0,79***	***24,53***	***36,73***	***0,67***

Полученные результаты с дополнительной инокуляцией семян смесью микробиологических препаратов показывают, что во всех вариантах численность микроорганизмов в почве существенно возрастает в фазы кущения и цветения, а затем снижается к уборке, аналогично установленному влиянию минеральных удобрений. Подобная динамика при инокуляции семян без применения минеральных удобрений указывает, что влияние изучаемых факторов сходно.

Интересно отметить, что соотношение численности микроорганизмов на разных средах (МПА\КАА) в третьей декаде апреля после инокуляции семян микробиологическими удобрениями в некоторых вариантах было больше 1, что указывает на преобладание общей микрофлоры.

Сравнение средних вариантов по фактору показывает, что использование микробиологических препаратов достоверно увеличивает численность микроорганизмов почвы в фазы кущения и цветения. Наибольшее существенное увеличение микробного числа отмечено для варианта с внесением в почву аммиачной селитры в дозе N_{65} в д.в., что свидетельствует о положительном влиянии азота на численность микроорганизмов.

Дисперсионный анализ влияния на численность микроорганизмов фактора А (использование минеральных удобрений) и фактора В (использование микробиологических удобрений), также взаимодействие факторов А и В является значимым и достоверным ($p>F_{05}$). Корреляция между факторами А и В по двум средам слабая, недостоверная, но прослеживается прямая связь ($p = 0,2$; $t = 0,45$ при $t_{05}=0,878$). Это указывает на разный качественный состав микроорганизмов, выявляемый на разных питательных средах

В литературе имеются сведения о негативном влиянии на численность микроорганизмов повышенных концентраций азота в почве [8], что не было отмечено в нашем эксперименте. Это, вероятно, обусловлено видом культуры. Так, у яровой пшеницы потребление азота наиболее интенсивно идет в фазы кущения, выхода в трубку и колошения [2], что, вероятно, нивелирует отрицательное действие этого фактора на численность микроорганизмов.

Нитрифицирующая способность почвы на протяжении вегетационного периода в агроценозе яровой пшеницы представлена на рисунке 1.

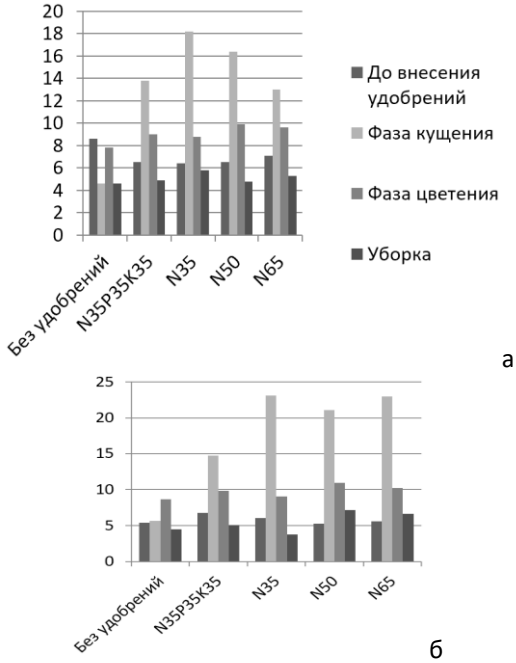


Рис. 1. Нитрифицирующая способность почвы мг/кг; а - без инокуляции семян микроудобрениями; б – с инокуляцией семян микроудобрениями ($НСР_{05}$ по фактору А (минеральные удобрения) – 1,32; по фактору В (микробиологические препараты) – 1,69; взаимодействие факторов – 2,08)

Нитрифицирующую способность почв перед внесением удобрений можно охарактеризовать, как низкую. Она варьировала от 5,4 до 8,6 мг/кг. Использование удобрений существенно увеличивает этот показатель в фазу кущения на 7,6 … 9,6 мг/кг. Варианты с применением минеральных удобрений имели среднюю нитрифицирующую способность, тогда как на фоне инокуляции семян микробиологическими препаратами этот показатель можно было охарактеризовать как повышенный. Он варьировал от 14,7 до 23,1 мг/кг, что на 9,3…14,5 мг/кг выше, чем на варианте без удобрений и на 1,7… 4,9 мг/кг превосходил показатели вариантов с применением минеральных удобрений.

К фазе цветения показатель нитрифицирующей способности почвы снижался по сравнению с фазой кущения во всех вариантах на 4,2… 8,3 мг/кг в образцах с применением минеральных удобрений и на 5,7…12,2 мг/кг в вариантах с применением микробиологических препаратов, что указывает на значительное расходование азотных соединений. К фазе уборки во всех вариантах почва имела низкую нитрифицирующую способность, которая несущественно отличалась от контроля, что объясняется снижением численности микроорганизмов к этому периоду. Необходимо также отметить, что на вариантах с применением микробиологических препаратов показатель нитрифицирующей способности почвы в фазу уборки характеризовался большей вариабельностью. На фоне удобрений N_{50} и N_{65} этот показатель на 1,8 и 1,1 мг/кг был больше, чем в контрольных образцах.

Полученные результаты о выделении CO_2 почвой показывают, что применение минеральных удобрений увеличивает этот показатель в начале вегетации яровой пшеницы по отношению к контролю на 2,5…9,1 %. В то же время при совместном действии минеральных удобрений и микробиологических препаратов отмечалось усиление почвенного дыхания по отношению к контролю на 8,3…15,5 %.

Фаза цветения отличалась наибольшими значениями выделения углекислого газа, особенно на вариантах с применением микробиологических препаратов. Здесь различия были более заметными, даже в сравнении с показателями, характерными для фазы кущения (рис.2).

К уборке яровой пшеницы происходило снижение дыхания почвы по всем вариантам опыта. Отклонения от контроля при использовании минеральных удобрений составляли от 1,1 до 6,1 %. Совместное действие удобрений приводило к росту этого показателя на 5,2…8,3 %. Очевидно, что процент разложения льняного полотна возрастает от цветения к уборке яровой пшеницы. В среднем снижение массы по фону с минеральными удобрениями к этому периоду увеличилось на 8,1 %. Использование минеральных удобрений повышает целлолозоразлагающую способность. Наиболее высоким этот показатель был на варианте с большой дозой азота (N_{65}) и по отношению к контролю масса снижалась на 3,1 % в фазу цветения и на 6,6 % в фазу уборки.

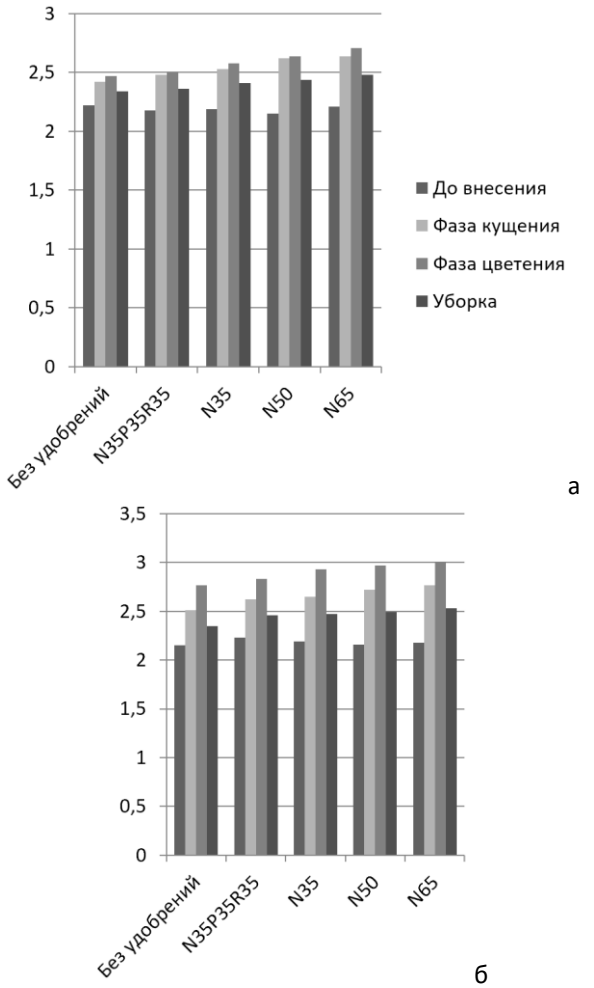


Рис. 2. Динамика выделения CO_2 почвой, мг/сутки: а - без инокуляции семян микроудобрениями; б – с инокуляцией семян микроудобрениями ($НСР_{05}$ по фактору А (минеральные удобрения) – 0,11; по фактору В (микробиологические препараты) – 0,15; взаимодействие факторов -0,21)

Использование только микробиологических препаратов без минеральных удобрений не оказывает значительного влияния на этот показатель. В то же время совместное действие этих факторов оказывается значимым и достоверным ($p>F_{05}$).

При инокуляции семян микробиологическими удобрениями самые высокие показатели целлюлозоразрушающей способности отмечены для варианта (N_{65}), причем масса льняного полотна уменьшалась по сравнению с контролем на 5,6 % в фазу цветения и на 11,5 % в фазу уборки, что значительно больше аналогичных показателей на фоне только с минеральными удобрениями. То есть в среднем повышение по фону составило 3,2 %.

Оценка урожайности яровой пшеницы показывает, что минеральные удобрения и микробиологические препараты оказали положительное действие на повышение урожая зерна (табл. 4).

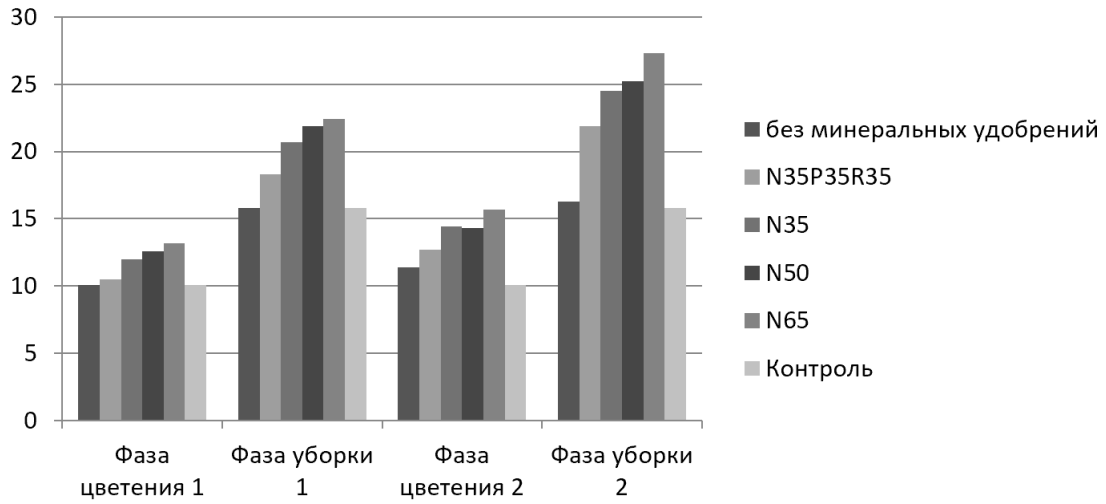


Рис. 3. Результаты оценки целлюлозоразрушающей способности почвы.

Фаза цветения 1 и фаза уборки 1 – фон с минеральными удобрениями; Фаза цветения 2 и фаза уборки 2 – фон с инокуляцией семян микробиологическими препаратами (Фазы цветения и уборки № 1: $НСР_{05}$ по фактору А (минеральные удобрения) – 1,1; по фактору В (микробиологические препараты) – 1,2; взаимодействие факторов -2,1; Фазы цветения и уборки № 2: $НСР_{05}$ по фактору А (минеральные удобрения) – 1,9; по фактору В (микробиологические препараты) – 1,6; взаимодействие факторов -3,1)

Таблица 4. Урожайность яровой пшеницы в зависимости от применения минеральных удобрений и микробиологических препаратов

Вариант	Вегетационный период			Среднее по варианту, т/га	Отклонение от контроля, т/га
	2023	2024	2025		
Без инокуляции семян					
1. без минеральных удобрений	2,58	2,51	2,42	2,50	-
2. N35P35K35	3,06	2,86	3,41	3,11	0,61
3. N35	3,26	3,19	3,44	3,30	0,80
4. N50	3,13	3,40	3,64	3,39	0,89
5. N65	3,50	3,35	3,58	3,48	0,98
Среднее по фону				***3,16***	
Инокуляция семян Азотовит + Фосфатовит					
1. без минеральных удобрений	2,88	2,84	2,72	2,82	0,32
2. N35P35K35	3,11	3,64	2,82	3,19	0,69
3. N35	3,52	3,62	3,47	3,54	1,04
4. N50	3,91	3,49	4,12	3,84	1,34
5. N65	3,63	4,04	3,97	3,88	1,38
Среднее по фону				***3,45***	***0,29***
$НСР_{05}$ *Фактор А - удобрения* *Фактор В – бактерии* *Взаимодействие А+В*				 *0,21* *0,09* *0,28*	

Применение минеральных удобрений достоверно повышает урожайность зерна яровой пшеницы на 0,61…0,98 т/га, при этом различия между вариантами с дозами азота 35…65 кг/га д.в. оказались в пределах ошибки.

Инокуляция семян микробиологическими препаратами привела к повышению урожайности зерна на 0,32…1,38 т/га. Средняя урожайность зерна по фону применения микробиологических препаратов повысилась на 0,29 т/га, что говорит об эффективности инокуляции семян микробиологическими препаратами «Азотовит» и «Фосфатовит».

Обсуждение

Обсуждая вопрос о численности, видовом составе и динамике микробиоценоза почвы, необходимо отметить наличие многочисленных сведений о многофакторной зависимости этих показателей. Отмечается значительное влияние вида культивируемого растения и поступающих в почву остатков органических веществ, применения различных видов органических и неорганических удобрений и доз их внесения, а также положительное влияние микробиологических препаратов [7, 8, 12]. Большинство авторов сходятся во мнении, что численность почвенных микроорганизмов увеличивается под влиянием внесения минеральных удобрений. Однако видовой состав может значительно варьировать, что оказывает существенное влияние на биологическую активность почвы [17, 18, 19]. Полученные в ходе эксперимента результаты в целом отражают данное положение. Совместное применение минеральных удобрений и микробиологических препаратов увеличивает численность микроорганизмов в фазы цветения и созревания различных сельскохозяйственных культур, в том числе пшеницы [8, 12, 13]. В свою очередь именно количественный и

качественный состав микроорганизмов обуславливает биологическую активность и плодородие почвы [20].

Зафиксированная нами динамика увеличения численности микроорганизмов в черноземе выщелоченном в фазы кущения и цветения яровой пшеницы согласуется с литературными данными, а предложенная нами рабочая гипотеза, очевидно, нашла подтверждение, поскольку инокуляция семян микробиологическими препаратами совместно с внесением минеральных удобрений позволила повысить урожайность яровой пшеницы.

Заключение

Применение минеральных и микробиологических удобрений в агроценозе яровой пшеницы следует считать факторами, оказывающими существенное влияние на динамику численности почвенных микроорганизмов и показатели биологической активности чернозема выщелоченного. Использование препаратов «Азотовит» и «Фосфовит» для предпосевной обработки семян сопоставимо с действием минеральных удобрений и способствует увеличению численности микроорганизмов в фазы кущения и цветения.

Однако наибольшее увеличение численности микроорганизмов отмечено на крахмал аммиачной среды в варианте с внесением аммиачной селитры в дозе N_{65} в д.в. Другие варианты по этому показателю оказались сопоставимыми.

Варьирование результатов по микробному числу на МПА оказалось более выраженным, что свидетельствует о более высоком разнообразии выявляемых почвенных микроорганизмов. На этой питательной среде микробное число в фазу кущения яровой пшеницы в варианте с внесение аммиачной селитры в дозе N_{35} в д.в. не отличается от контроля в отличие от результатов, полученных на КАА. То есть такое количество азота в данном случае оказалось мало значимым фактором.

Внесение комплекса удобрений. $N_{35}P_{35}K_{35}$ как фактора среды для почвенных микроорганизмов было сравнимо с действием более высоких концентраций азота.

Полученные результаты по динамике численности микроорганизмов согласуются с изменением показателей биологической активности чернозема выщелоченного в агроценозе яровой пшеницы. Необходимо отметить, что динамика этих показателей в контрольном варианте аналогична опытным, что говорит о существующей динамике качественного и количественного состава микроорганизмов почвы на протяжении вегетационного периода. В то же время применение минеральных удобрений и инокуляция семян микробиологическими препаратами существенно повышает показатели нитрифицирующей способности почвы и интенсивности дыхания в фазы кущения и цветения. В отличие от низкой нитрифицирующей способности характерной для контроля, в вариантах с минеральными удобрениями она увеличивалась до средней, а инокуляция семян микроудобрениями делала этот показатель повышенным.

Максимальная интенсивность дыхания почвы регистрировалась в фазы кущения и цветения. На фоне с минеральными удобрениями этот показатель по отношению к контролю возрастал на 2,5…9,1 %, а на вариантах с минеральными и микробиологическими удобрениями увеличивался на 8,3…15,5 %, что подтверждается и более высокой численностью микроорганизмов в почве в эти фазы вегетационного периода яровой пшеницы.

Применение удобрений способствует увеличению целлюлозоразлагающей способности почвы. Если на фоне с минеральными удобрениями этот показатель повышался на 2,5…6,6 %, то в вариантах с инокуляцией семян микробиологическими препаратами отмечалось увеличение на 6,1…11,5 %.

Увеличение количества азота, вносимого с минеральными удобрениями, увеличивало урожайность зерна пшеницы в среднем на 3,16 т/га. В среднем, по сравнению с контрольным вариантом без удобрений урожайность на фоне с удобрениями была выше на 21 %.

При инокуляции семян микроудобрениями прослеживается та же динамика урожайности в зависимости от количества вносимого с удобрениями азота. Однако в среднем урожайность повысилась на 3,45 т/га, что на 9 % выше по сравнению со средними показателями по фону с минеральными удобрениями и на 28 % больше, чем в контрольном варианте без удобрений. Полученные результаты свидетельствуют об увеличении эффективности применения минеральных удобрений на фоне инокуляции семян пшеницы микробиологическими препаратами.

Литература

1. Койнова А.Н. Биологизация земледелия: реалии и перспективы / А.Н. Койнова // Агрофорум. 2019. № 7. https://cyberleninka.ru/article/n/biologizatsiya-zemledeliya-realii-i-perspektivy/viewer (дата обращения 27.06.25)

2. Акманаев Э. Д., Старцева А. В. Влияние биологических препаратов на перезимовку и урожайность зерна озимой тритикале в Среднем Предуралье:// Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2025. 20(4). С. 5-10. doi 10.12737/2073-0462-2025-20-4-5-10

3. Гаврилов Д. А., Горбова П. С. Анализ микробного сообщества черноземов с различной степенью антропогенной нагрузки на территории Урюпинского района Волгоградской области // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 10-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mikrobnogo-soobschestva-chernozemov-s-razlichnoy-stepenyu-antropogennoy-nagruzki-na-territorii-uryupinskogo-rayona (дата обращения 27.06.25)

4. Дзюин А. Г. Влияние соломы в сочетании с минеральными, органическими и сидеральными

удобрениями на биологическую активность почвы // Агрохимия. 2022. № 11. С. 72-79. doi:10.31857/S0002188122110059.

5. Круглов Ю. В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т.51. № 1. С. 46–59.

6. Микрофлора чернозема выщелоченного при длительном применении минеральных удобрений / А. Х. Шеуджен, С. А. Кольцов, О. А. Гуторова и др. // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №2-2 (56). С. 89-94

7. Сезонная динамика почвенного микробиома многолетнего агрохимического опыта на черноземах Каменной Степи / Т. И. Чернов, А. К. Тхакахова, Е. А. Иванова и др. // Почвоведение. 2015. № 12. С. 1483-1489.

8. Влияние различных условий минерального питания на биологическую активность лугово-черноземной почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур / А. Ю. Тимохин, Н. Н. Шулико, Е. В. Кубасова и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2026. 21(2). С. 46-53. doi: 10.31588/2073-0462-2026-21-2-46-53. EDN: EIRUNT.

9. Синеговская В. Г., Банецкая Е. В. Микробоценозный состав лугово-черноземовидной почвы в посевах сои и пшеницы при длительном внесении удобрений // Плодородие. 2022. № 1. С. 46-49. doi:10.25680/S19948603.2022.124.12.

10. Мишустин Е.Н., Востров И.С. Апликационные методы в почвенной микробиологии. Микробиологические и биохимические исследования почв. Киев, Урожай, 1971. С.3-12.

11. Мухина М. Т., Ламмас М. Е. Формирование микробиологической активности почвы под ячменем при обработке растений биостимулятором роста // Плодородие. 2022. №5 (128). С. 91-94

12. Чуян Н. А., Брескина Г. М. Влияние микробиологических препаратов на микробоценоз чернозема типичного слабоэродированного под посевами гречихи // Достижения науки и техники АПК. 2025. № 39(7). С. 16–23.

13. Хамова О. Ф., Тукмачева Е. В., Шулико Н. Н. Влияние применения минеральных удобрений, соломы и инокуляция семян на микрофлору ризосферы озимой пшеницы и ее урожайность // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 6 (188). С. 49-58.

14. Климат Пензенской области URL: https://trasa.ru/region/penzenskaya_clim.html (дата обращения 27.06.25)

15. Кузин Е. Н., Арефьев А. Н., Кузина Е. Е. Изменения плодородия почв. Пенза: РИО ПГСХА, 2013. 266 с.

16. Рельеф Пензенской области URL: https://topogis.ru/rel-yef-penzenskoy-oblasti-yego-osobennosti.php?ysclid=lozy89cmnw729684740 (дата обращения 30.06.25)

17. Гамзаева Р. С., Бекиш Л. П. Динамика численности микроорганизмов ризосферы и элементы продуктивности тритикале озимой (TRITICOSECALE WITTM. EX A. CAMUS) при использовании микробных препаратов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2026. №. 21(1). С. 21-28 doi 10.31588/2073-0462-2026-21-1-21-28

18. Влияние биопрепаратов и минерального удобрения на активность симбиотического аппарата нута (*Cicer arietinum* L.) в сухостепной зоне Приуралья / Н. Х. Сергалиев, Р. К. Уразгалиева, Б. Б. Жылкыбаев и др. // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (48). С. 67–69.

19. Демина О. Н, Еремин Д. И Влияние минеральнх удобрений на изменение численности педотрофной микрофлоры пахотного чернозема выщелоченного // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020 № 4 (67). С.198-205

20. Турусов В. И., Пискарева Л. А., Бочарникова Е. Г. Влияние минеральных удобрений на микробиологическую активность почвы и урожайность озимой пшеницы // Научно-производственный журнал «Зернобобовые и крупяные культуры». 2020. №4(36). С. 117-123. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11213

References

1. Koinova A.N. Biologization of agriculture: realities and prospects / A.N. Koinova // Agroforum. 2019. No.7. https://cyberleninka.ru/article/n/biologizatsiya-zemledeliya-realii-i-perspektivy/viewer (access date: 27.06.25)

2. Akmanaev E.D., Startseva A.V. Influence of biological preparations on overwintering and grain yield of winter triticale in the Middle Cis-Urals // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2025. 20(4). P. 5–10. doi 10.12737/2073-0462-2025-20-4-5-10

3. Gavrilov D. A., Gorbova P. S. Analysis of the microbial community of black soils with varying degrees of anthropogenic impact in the Uryupinsky District of the Volgograd Region // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2022. No.10-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-mikrobnogo-soobschestva-black soilov-s-razlichnoy-stepenyu-antropogennoy-nagruzki-na-territorii-uryupinskogo-rayona (access date: 27.06.25)

4. Dzyuin A. G. Effect of straw combined with mineral, organic, and green manure fertilizers on soil biological activity // Agrochemistry. 2022. No.11. P. 72–79. doi:10.31857/S0002188122110059.

5. Kruglov Yu. V. Soil microbial community: physiological diversity and research methods // Agricultural Biology. 2016. Vol. 51. No.1. P. 46–59.

6. Microflora of leached black soil under long-term application of mineral fertilizers / A. Kh. Sheudzhen, S. A. Koltsov, O. A. Gutorova, et al. // International Research Journal. 2017. No.2-2 (56). P. 89–94

7. Seasonal dynamics of the soil microbiome in a long-term agrochemical experiment on the black soils of Kamennaya Step / T. I. Chernov, A. K. Tkhakakhova, E. A. Ivanova, et al. // Soil Science. 2015. No.12. P. 1483–1489.

8. Influence of various mineral nutrition conditions on the biological activity of meadow-black soil and crop productivity / A. Yu. Timokhin, N. N. Shuliko, E. V. Kubasova, et al. // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2026. 21(2). P. 46–53. doi: 10.31588/2073-0462-2026-21-2-46-53. EDN: EIRUNT.

9. Sinegovskaya V. G., Banetskaya E. V. Microbial community composition of meadow-black soil-like soil in soybean and wheat crops under long-term fertilizer application // Soil Fertility. 2022. No. 1. P. 46–49. doi:10.25680/S19948603.2022.124.12.

10. Mishustin E. N., Vostrov I. S. Application methods in soil microbiology. Microbiological and biochemical studies of soils. Kyiv, Urozhay, 1971. P. 3–12.

11. Mukhina M. T., Lammas M. E. Formation of soil microbiological activity under barley upon treatment of plants with a growth biostimulant // Soil Fertility. 2022. No. 5 (128). P. 91–94

12. Chuyan N. A., Breskina G. M. Influence of microbiological preparations on the microbiocenosis of typical slightly eroded black soil under buckwheat crops // Achievements of Science and Technology of the AIC. 2025. No. 39(7). P. 16–23.

13. Khamova O. F., Tukmacheva E. V., Shuliko N. N. Influence of mineral fertilizers, straw, and seed inoculation on the rhizosphere microflora and yield of winter wheat // Vestnik of Altai State Agricultural University. 2020. No. 6 (188). P. 49–58.

14. Climate of the Penza Region URL: https://trasa.ru/region/penzenskaya_clim.html (access date: 27.06.25)

15. Kuzin E. N., Arefyev A. N., Kuzina E. E. Changes in soil fertility. Penza: RIO PSAA, 2013. 266 p.

16. Relief of the Penza Region URL: https://topogis.ru/rel-yef-penzenskoy-oblasti-yego-osobennosti.php?ysclid=lozy89cmnw729684740 (access date: 30.06.25)

17. Gamzaeva R. S., Bekish L. P. Dynamics of rhizosphere microorganism populations and productivity elements of winter triticale (Triticosecale Wittm. ex A. Camus) using microbial preparations // Vestnik of Kazan State Agrarian University. 2026. No.21(1). P. 21–28 doi 10.31588/2073-0462-2026-21-1-21-28

18. Effect of biological preparations and mineral fertilizer on the activity of the symbiotic apparatus of chickpea (Cicer arietinum L.) in the dry-steppe zone of the Pre-Urals / N. Kh. Sergaliyev, R. K. Urazgaliyeva, B. B. Zhylkybayev, et al. // Izvestiya of Orenburg State Agrarian University. 2014. No. 4 (48). P. 67–69.

19. Demina O. N., Eremin D. I. Effect of mineral fertilizers on changes in the abundance of pedotrophic microflora in leached arable black soil // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2020, No.4 (67), P. 198–205.

20. Turusov V. I., Piskareva L. A., Bocharnikova E. G. Effect of mineral fertilizers on soil microbiological activity and winter wheat yield // Scientific and production journal "Legumes and Cereal Crops". 2020. No. 4 (36), P. 117–123. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11213