

ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 631.46:631.445.4:631.5

doi: 10.31774/2712-9357-2026-16-3-264-286

Изменение микробиологической активности чернозема типичного при применении агробиотехнологии

Наталия Анатольевна Чуян¹, Галина Михайловна Брескина²,
Майя Александровна Припутнева³

^{1, 2, 3}Курский федеральный аграрный научный центр, Курск, Российская Федерация

¹natalia-chuyan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4212-3143>

²breskina-galina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2381-312X>

³priputneva.maya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8567-1011>

Аннотация. Цель: изучение микробиологической активности чернозема типичного при использовании побочной продукции сельхозкультур зернопропашного севооборота в качестве удобрения с микробиологическими препаратами на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus*, аммиачной селитрой и известью. **Материалы и методы.** Исследования проводили в полевом научно-производственном опыте (2022–2025 гг.), который был заложен в Курской области в зернопропашном севообороте: кукуруза – гречиха – озимая пшеница – горох. Объект исследования – чернозем типичный малогумусный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. **Результаты.** Наибольшая интенсивность развития амилотической группы микроорганизмов была установлена в фазе всходов культур при внесении азотных удобрений, а также их сочетании с инокулянтами – больше на 41,8 и 39,5 % по отношению к контролю. Фаза уборки отличалась наибольшей активностью аммонификаторов при внесении микробиологических препаратов с азотными удобрениями и известью, превышен контроль на 70,0 и 98,3 %. Отмечено увеличение биогенности чернозема типичного в фазе всходов (выхода в трубку) по сравнению с фазой уборки на 26,8–67,4 % в зависимости от варианта опыта. Увеличение количества микромицетов в среднем за севооборот было выявлено в фазе всходов, оно превышало таковые в фазе уборки на 2,1–45,7 %. Наибольший коэффициент минерализации в фазе всходов (выхода в трубку) наблюдался при внесении минерального азота с биопрепаратами – 2,8. Отмечено увеличение коэффициента трансформации при использовании микробиологических препаратов с известью в фазах всходов и уборки, он составил 16,7 и 20. **Выводы.** Улучшению микробиологического состояния почвы в среднем за ротацию зернопропашного севооборота способствовало применение биопрепаратов с минеральным азотом и в сочетании с известью, при этом интегральный показатель биологического состояния превышал контроль на 43,3 и 41,7 % в фазе всходов и на 37,0 % в период уборки.

Ключевые слова: чернозем типичный, побочная продукция, микробиологические препараты, аммиачная селитра, известь, зернопропашной севооборот, аммонификаторы азота, иммобилизаторы, микромицеты

Источник финансирования: работа финансировалась за счет средств бюджета Курского федерального аграрного научного центра для выполнения государственного задания Минобрнауки РФ в рамках научно-исследовательской работы по теме № FGZU-2022-0001.

Для цитирования: Чуян Н. А., Брескина Г. М., Припутнева М. А. Изменение микробиологической активности чернозема типичного при применении агробиотехноло-

гии // Мелиорация и гидротехника. 2026. Т. 16, № 3. С. 264–286. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-264-286>.

GENERAL AGRICULTURE, CROP SCIENCE

Original article

Changes in the microbiological activity of ordinary chernozem using agrobiotechnology

Natalia A. Chuyan¹, Galina M. Breskina², Maya A. Pripitneva³

^{1, 2, 3}Federal Agricultural Kursk Research Center, Kursk, Russian Federation

¹natalia-chuyan@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4212-3143>

²breskina-galina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2381-312X>

³pripitneva.maya@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8567-1011>

Abstract. Purpose: to study the microbiological activity of typical chernozem using by-products of agricultural crops in a grain-row crop rotation as a fertilizer with microbiological preparations based on *Trichoderma* and *Lactobacillus*, ammonium nitrate and lime. **Materials and methods.** The research was conducted in a field scientific and production experiment (2022–2025) in the Kursk region in a grain-row crop rotation: corn – buckwheat – winter wheat – peas. The object of the study is typical low-humus, slightly eroded, heavy loamy chernozem on carbonate loess-like loam. **Results.** The highest intensity of development of the amylolytic group of microorganisms was observed in the crop seedling phase with the application of nitrogen fertilizers, as well as in combination with inoculants – 41.8 % and 39.5 % higher than the control. The harvesting phase was characterized by the highest activity of ammonifiers with the application of microbiological preparations with nitrogen fertilizers and lime, the control exceeds by 70.0 % and 98.3 %. An increase in the biogenicity of typical chernozem was noted in the seedling (leaf-tube formation) phase compared to the harvesting phase by 26.8–67.4 %, depending on the experimental variant. An increase in the number of micromycetes on average over the crop rotation was detected in the seedling phase; it exceeded those in the harvesting phase by 2.1–45.7 %. The highest mineralization coefficient in the seedling (leaf-tube formation) phase was observed with the application of mineral nitrogen with biopreparations – 2.8. An increase in the transformation coefficient was noted with the use of microbiological preparations with lime in the seedling and harvesting phases; it was 16.7 and 20. **Conclusions.** The use of biopreparations with mineral nitrogen and in combination with lime contributed to the improvement of the microbiological state of the soil on average over the grain-row crop rotation, while the integral indicator of the biological state exceeded the control by 43.3 and 41.7 % in the seedling phase and by 37.0 % during the harvesting period.

Keywords: typical chernozem, by-products, microbiological preparations, ammonium nitrate, lime, grain-row crop rotation, nitrogen ammonifiers, immobilizers, micromycetes

Funding source: this work was funded by the budget of the Federal Agricultural Kursk Research Center to implement the State Assignment of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation as part of research project no. FGZU-2022-0001.

For citation: Chuyan N. A., Breskina G. M., Pripitneva M. A. Changes in the microbiological activity of ordinary chernozem using agrobiotechnology. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2026;16(3):264–286. (In Russ.). <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2026-16-3-264-286>.

Введение. Микробное сообщество почвы позволяет быстро реагировать на изменения и характеристику среды в результате антропогенных влияний благодаря своей высокой чувствительности, реактивности и набору специализированных экологических групп [1].

За последние пять лет под влиянием различных агротехнологий имеет место изменение видового разнообразия микроорганизмов, играющих важную роль в процессе почвообразования для черноземных почв [2].

Повышение биологической активности почвы возможно при использовании микробиологических препаратов, что подтверждается результатами исследований ряда авторов [2–19]. Так, при внесении биопрепаратов «Стримикс Нива А» и «Стерня-12» наблюдалось увеличение активности почвенной микрофлоры на светло-каштановых почвах Волгоградской области в посевах картофеля в условиях недостаточного увлажнения, что способствовало активному развитию сапрофитной почвенной микрофлоры и активизировало процессы минерализации растительных остатков [4].

Предпосевная инокуляция семян ассоциативными штаммами почвенных ризобактерий в полевом опыте с яровым ячменем на черноземе сегрегационном среднегумусном тяжелосуглинистом активизировала деятельность аммонификаторов, минерализаторов гумуса, микромицетов, целлюлозолитиков, в меньшей степени – актиномицетов и нитрификаторов [5]. Обработка семян овса микробными и биологически активными препаратами усиливала микробиологическую активность почвы, что способствовало увеличению количества бактерий-амилолитиков, аммонификаторов и повышению нитрогеназной активности [6].

Биопрепараты «Ризоагрин», «Мобилин» на основе штаммов азотфиксирующих бактерий стимулировали биологическую активность чернозема выщелоченного, повышали общую численность микробного ценоза в 1,3–1,8 раза, активность целлюлозолитических бактерий – в 1,4–2,0 раза,

в фазе цветения подавляли развитие грибов в 1,1–1,3 раза и увеличивали численность нитрифицирующих и фосфатмобилизующих бактерий [7].

По данным исследований, проведенных в условиях Краснодарского края, при внесении биопрепаратов в почву наблюдалось увеличение количества грибов *Trichoderma* spp. и условно супрессивных грибов *Penicillium* spp. и *Aspergillus* spp. по сравнению с контролем и вариантом с химической защитой [8].

Заметное влияние на развитие гетеротрофных почвенных микроорганизмов, стимулирующих процессы трансформации растительных остатков, оказывало использование биопрепарата «Багс» с компенсирующей дозой азота для обработки соломы озимой пшеницы перед заделкой в почву [9]. Выявлена высокая эффективность микробиологических препаратов «Микобакт», «Гумистим» и «Трихоплант» для повышения микробиологической активности почвы и разложения пшеничной соломы [10]. Обработка биопрепаратом ВКПМ В-11474 на основе *Bacillus atrophaeus* увеличивала интенсивность развития микроорганизмов, участвующих в минерализации органического вещества в почвах и мобилизации питательных элементов, способствовала снижению численности микромицетов в исследуемой почве и на возделываемых культурах [11].

Внесение микробных биопрепаратов может увеличивать численность агрономически полезных групп микроорганизмов в посевах ячменя. Внесение биопрепарата «Гордебак» влияло на численность аммонифицирующих бактерий [12]. Наблюдалось изменение структуры почвенного микробиома при совместном применении биопрепаратов с химическими удобрениями, что сказалось на разложении растительных остатков [13]. Применение компенсирующей дозы азота и биологического препарата за 5 месяцев эксперимента увеличивало эффективность процесса разложения соломы, был превышен контроль в 2 раза [14]. Микробные инокулянты широко признаны в качестве альтернативы или дополнения к химическим удобре-

ниям и пестицидам в сельском хозяйстве [15]. Для повышения плодородия почвы и продуктивности растений, защиты от фитопатогенной микробиоты необходим контроль за составом микробного сообщества, разлагающего солому, при внесении биопрепаратов [16].

Цель исследования – оценить изменение состава микробного сообщества чернозема типичного при применении агробиотехнологии, предусматривающей использование побочной продукции в качестве удобрения с микробиологическими препаратами на основе *Trichoderma* и консорциума бактерий *Lactobacillus*, аммиачной селитрой и известью, за ротацию зернопропашного севооборота по фазам всходов и уборки культур.

Материалы и методы исследований. Исследования, посвященные изучению влияния агробиотехнологии с применением микробиологических препаратов, азотных удобрений и извести при использовании побочной продукции в качестве удобрения на микробиологический состав чернозема типичного, проводились с 2022 по 2025 г. в полевом научно-производственном опыте, который был заложен на территории ФГБНУ «Курский ФАНЦ» (Медвенский район, Курский район, с. Панино) в зернопропашном севообороте: гибрид кукурузы Делитоп (лат. *Zea mays* L.) – гречиха сорта Деметра (лат. *Fagopyrum esculentum*) – озимая пшеница сорта Алексеич (лат. *Triticum aestivum* L.) – горох сорта Темп (лат. *Pisum sativum* L.).

Размер деланки – 240 м², учетная площадь – 152 м², количество вариантов – семь, повторность 3-кратная. Технологии возделывания культур зернопропашного севооборота общеприняты для региона, за исключением применения агробиотехнологии и технологии поверхностного компостирования послеуборочных остатков культур¹.

Объект исследования – чернозем типичный малогумусный слабоэродированный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном суглинке. Опыт-

¹Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах лесостепи ЦЧЗ. Курск, 2005. 20 с.

ный участок с северо-северо-западной экспозицией и крутизной 2,5–2,8°. В слое почвы 0–20 см содержалось гумуса 4,98–5,20 % (ГОСТ Р 70229-2022). Степень кислотности почвы в соляной вытяжке изменялась от слабокислой до близкой к нейтральной – $\text{pH}_{\text{KCl}} = 5,3\ldots 5,8$ (потенциометрически). Количество щелочногидролизуемого азота – 15,5–16,6 мг/100 г почвы (по Корнфилду); подвижного фосфора – 11,5–14,5 мг/100 г почвы; калия – 8,6–11,3 мг/100 г почвы (ГОСТ 26204-91); обменного кальция – 20,5–22,3 мг-экв/100 г почвы и магния – 4,7–5,3 мг-экв/100 г почвы (ГОСТ 26487-85).

На контроле послеуборочные остатки были удалены, азотные удобрения, известь и биопрепараты не вносились. На всех остальных вариантах опыта всю побочную продукцию (ПП) (измельченные растительные остатки) после уборки использовали в качестве удобрения путем поверхностной заделки их в почву в комплексе с биопрепаратами, известью и аммиачной селитрой.

В исследованиях использовали микробиологические препараты «Трихоплант, СК» (на основе *Trichoderma*) и «Биогор-Ж» (на основе *Lactobacillus*).

«Трихоплант, СК» содержит почвенный гриб и споры *Trichoderma longibrachiatum* (штамм GF 2/6) и продукты его жизнедеятельности, предназначен для обработки семян, почвы перед посевом, растений в период вегетации и растительных остатков после уборки предшествующей культуры. Биопрепарат снижает фитотоксичность и повышает агрохимические характеристики любого типа почв, стимулирует рост и повышает иммунитет растений. Производитель – ООО «НПО «Биотехсоюз». Государственная регистрация препарата № 228-02-2403-1².

Комплексный препарат «Биогор-Ж» серии «КМ» создан на основе

²Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации [Электронный ресурс]. 2026. URL: <https://www.agroxxi.ru/goshandbook> (дата обращения: 01.07.2026).

консорциума бактерий рода *Lactobacillus plantarum* 34, *Lactobacillus fermentum* 27, *Lactobacillus lactis* subsp. *lactis* AMS, *Saccharomyces cerevisiae* (carlsbergensis), *Azotobacter chroococcum* A-41, *Bacillus megaterium* Ф-3, генетически не модифицированных микроорганизмов, обладающих пробиотической, целлюлозоразлагающей, азотофиксирующей и фосфатомобилизирующей способностями. Производитель – ООО «Научно-технический центр биологических технологий в сельском хозяйстве». Государственная регистрация препарата № 232-19-754-1².

В опыте в качестве азотных минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, в качестве кальцийсодержащего компонента – известь.

Схема опыта включала следующие варианты:

- 1) контроль (без удобрений и побочной продукции);
- 2) измельченная побочная продукция (ПП) культуры – фон;
- 3) фон + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 т ПП;
- 4) фон + известь 1,5 т/га;
- 5) фон + обработка семян микробиологическими препаратами (МБП) («Трихоплант» 2 л/т + «Биогор-Ж» 1 л/т) + обработка почвы перед посевом («Трихоплант» 5 л/га + «Биогор-Ж» 2 л/га) + обработка посевов 2 раза в течение вегетации («Трихоплант» 2 л/га + «Биогор-Ж» 1 л/га) + обработка измельченной ПП культуры («Трихоплант» 5 л/га + «Биогор-Ж» 2 л/га);
- 6) фон + МБП + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 т ПП;
- 7) фон + МБП + известь 1,5 т/га.

Доза извести 1,5 т/га рассчитана, исходя из показателя кислотности почвы, количества побочной продукции для снижения фитотоксичного действия продуктов разложения органической массы.

Обработку почвы, посевов и измельченных послеуборочных остатков биопрепаратами проводили опрыскивателем ОП-2000/24, внесение аммиачной селитры по побочной продукции – навесным разбрасывателем

РН-0,8, извести – разбрасывателем РУ-Об, заделку измельченных растительных остатков в почву – дисковыми боронами на глубину 10–12 см.

Учет численности микроорганизмов, участвующих в круговороте углерода и азота, проводили в фазах всходов, выхода в трубку (для озимой пшеницы) и уборки сельскохозяйственных культур методом посева почвенной суспензии на соответствующие питательные среды: аммонифицирующих, использующих органический азот – на мясо-пептонный агар (МПА), амилалитических, использующих минеральный азот – на крахмало-аммиачный агар (КАА), микроскопических грибов (микромикетов) – на среду Чапека³. Расчет коэффициента трансформации органического вещества (Ктр.), показывающего направленность процессов гумусообразования, позволяет оценить изменение направленности микробиологических процессов трансформации органического вещества. Ктр. вычисляют по формуле⁴:

$$\text{Ктр.} = (\text{МПА} + \text{КАА}) \cdot \frac{\text{МПА}}{\text{КАА}}, \quad (1)$$

где МПА – численность аммонифицирующих микроорганизмов на мясо-пептонном агаре, млн КОЕ на 1 г почвы;

КАА – численность амилалитических микроорганизмов на крахмало-аммиачном агаре, млн КОЕ на 1 г почвы.

Расчет коэффициента минерализации (Кмин.), отражающего интенсивность микробиологической мобилизации азота в почве, выполняют по формуле⁵:

$$\text{Кмин.} = \frac{\text{КАА}}{\text{МПА}}. \quad (2)$$

³Емцев В. Т., Мишустин Е. Н. Микробиология: учебник. М.: Дрофа, 2005. 444 с. EDN: QKONXD.

⁴Муха В. Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов // Плодородие почв и эффективность: сб. науч. тр. Харьков: Харьковский СХИ, 1980. Т. 273. С. 13–16.

⁵Титова В. И., Козлов А. В. Методы оценки функционирования микробиоценоза почвы, участвующего в трансформации органического вещества: науч.-метод. пособие. Н. Новгород: Нижегород. с.-х. акад., 2012. 64 с.

Результаты изучения влияния компонентов агротехнологии на микробиологический состав чернозема типичного представлены в среднем по фазам всходов и уборки за севооборот.

Для определения различия в уровне биогенности и биологической активности почв или показателях различных вариантов опыта определяли интегральный показатель (ИПБС)⁶.

В мае 2022 г. период всходов кукурузы характеризовался снижением температуры воздуха на 22,3 % по сравнению со среднемноголетней величиной и отмечалось избыточное выпадение осадков, оно превышало среднемноголетнее значение на 83,9 %. В данных условиях наблюдался интенсивный рост микроорганизмов амилалитической группы (на среде КАА) и микроскопических грибов. Погодные условия 2023 г. в фазе всходов гречихи складывались таким образом, что растения испытывали недостаток влаги, так как среднеемесячное количество осадков в мае было в 2,8 раза ниже среднемноголетнего значения, гидротермический коэффициент (ГТК) составлял 0,47. В фазе кущения озимой пшеницы в 2024 г. наблюдались благоприятные гидротермические условия (ГТК = 1,26) для развития микроорганизмов, использующих как минеральный азот (на среде КАА), так и органический (на среде МПА), и отмечался прирост количества микромицетов. Засушливые агроклиматические условия (ГТК = 0,86) в фазе всходов гороха в 2025 г. обеспечивали снижение численности аммонифицирующих микроорганизмов и грибной микрофлоры.

Периоды уборки кукурузы (25.08.2022), гречихи (28.08.2023) и озимой пшеницы (25.07.2024) были сопряжены с засушливыми гидротермическими условиями, ГТК составлял 0,38; 0,85; 0,53, и наблюдалось снижение активности амилалитической группы микроорганизмов и количества гриб-

⁶Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований: монография. Ростов н/Д.: РГУ, 2003. 204 с. EDN: XGNUXT.

ной микрофлоры, по сравнению с показателями фазы всходов представленных культур. Уборка гороха была сопряжена с увеличением на 17,0 % выпавших осадков и снижением температуры на 8,7 % в сравнении со среднемноголетней. В таких условиях отмечалось увеличение численности аммонифицирующей группы микроорганизмов и колониеобразующих единиц грибной микрофлоры по сравнению с периодом всходов.

Результаты и обсуждение. Анализ микробного состава чернозема типичного в зернопропашном севообороте в среднем в фазе всходов сельскохозяйственных культур показал высокую численность амилалитической группы микроорганизмов. Внесение только азотных удобрений, а также в сочетании с инокулянтами обеспечивало наибольшее увеличение численности иммобилизаторов, на 41,8 и 39,5 % по отношению к контролю. При совместном внесении соломы и минеральных удобрений наблюдается повышение численности микроорганизмов, использующих минеральные формы азота (на среде КАА), что свидетельствует о преобладании минерализационных процессов над аккумулятивными [17].

При этом действие биопрепаратов уступало действию азотных удобрений и извести, если смотреть на развитие микроорганизмов, использующих минеральный азот (КАА), но были превышены показатели при совместном применении микробиологических препаратов с известью и контроля на 11,2–32,6 % (таблица 1).

Увеличению численности аммонифицирующей группы микроорганизмов по сравнению с контрольным вариантом в 2,1 раза в фазе всходов способствовало взаимодействие биопрепаратов с известью. Внесение отдельно компонентов опыта также обеспечило повышение количества аммонификаторов по отношению к контролю на 67,2; 81,0 и 55,2 %.

В фазе уборки культур в среднем за ротацию севооборота наблюдалось наибольшее количество микроорганизмов амилалитической группы при обработке побочной продукции азотными удобрениями и в комплексе

с микробиологическими препаратами, это количество было на 55,2 и 66,0 % выше контроля.

Таблица 1 – Средняя численность микроорганизмов почвы (на мясо-пептонном и крахмало-аммиачном агаре) за ротацию зернопропашного севооборота в опыте с агробиотехнологией в фазах всходов (кущения) и уборки культур (2022–2025 гг.)

В млн КОЕ на 1 г почвы

Table 1 – Average number of soil microorganisms (on meat-peptone and starch-ammonia agar) during a grain-row crop rotation in an experiment with agrobiotechnology during the seedling (tillering) and harvesting phases of crops (2022–2025)

In millions of CFU per 1 g of soil

Вариант опыта	Фаза всходов (кущения)		Фаза уборки	
	МПА*	КАА*	МПА*	КАА*
Контроль (без удобрений и побочной продукции)	5,8	17,2	6,0	9,4
Измельченная ПП культуры – фон	6,6	21,7	7,4	9,7
Фон + азотные удобрения из расчета 10 кг д. в. N на 1 т ПП	9,7	24,4	8,1	14,9
Фон + известь 1,5 т/га	10,5	23,5	9,6	10,9
Фон + микробиологические препараты (МБП) на основе Trichoderma и Lactobacillus	9,0	22,8	8,3	10,7
Фон + МБП на основе Trichoderma и Lactobacillus + 10 кг д. в. N на 1 т ПП	11,1	24,0	10,2	15,6
Фон + МБП на основе Trichoderma и Lactobacillus + известь 1,5 т/га	12,3	20,5	11,9	13,8
НСР ₀₅	1,86	2,17	0,88	0,74
*Аммонифицирующие микроорганизмы – на мясо-пептонном агаре (МПА); амилотические микроорганизмы – на крахмало-аммиачном агаре (КАА).				

Активному процессу аммонификации в фазе уборки способствовало применение биопрепаратов с известью, превышение контроля составило 98,3 %. Варианты использования инокулянтов, извести и аммиачной селитры уступали варианту с максимальным количеством аммонификаторов, но отмечено превышение показателей контроля на 38,3; 60,0 и 35,0 % соответственно.

Применение компонентов опыта: микробиологических препаратов, азотных удобрений и извести – положительно сказалось на показателе био-

генности почвы (МПА + КАА), независимо от фаз вегетации культур зернопропашного севооборота (рисунок 1).

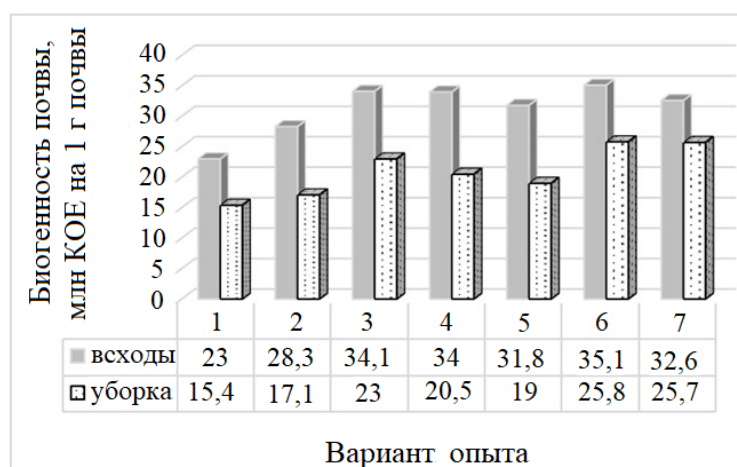


Рисунок 1 – Биогенность почвы (мясо-пептонный и крахмало-аммиачный агар), млн колониеобразующих единиц на 1 г почвы, в среднем за ротацию зернопропашного севооборота в фазах всходов и уборки

Figure 1 – Soil biogenity (meat-peptone and starch-ammonia agar), million colony-forming units per 1 g of soil, on average for the grain-row crop rotation in the seedling and harvesting phases

В фазе всходов наибольшая биогенность проявилась при обработке побочной продукции биопрепаратами на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus* совместно с внесением азотных удобрений – 35,1 млн КОЕ на 1 г почвы, что свидетельствует о том, что азот удобрений, помимо поступления в растения, является питательным субстратом и для почвенной микрофлоры [18]. Проявилось положительное влияние аммиачной селитры, извести и микробиологических препаратов, отдельно внесенных, на формирование биогенности почвы, превышение по сравнению с контролем равно 48,3; 47,8 и 38,3 % соответственно.

Активность совместного применения инокулянтов с минеральным азотом и известью проявилась в фазе уборки культур. При применении биопрепаратов отмечен наименьший показатель биогенности почвы, но значимое, на 23,4 %, превышение контроля. Выявлено увеличение биогенности чернозема типичного в фазе всходов (выхода в трубку) по сравнению

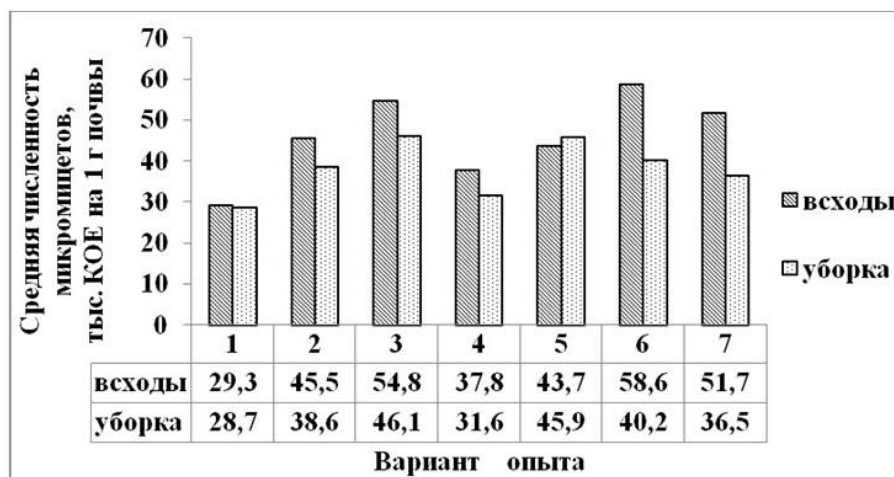
с фазой уборки на 26,8–67,4 % в зависимости от варианта опыта за счет преобладания в микробоценозе почвы микроорганизмов, потребляющих минеральные источники азота (КАА) (см. рисунок 1).

Одной из важнейших экологических функций, осуществляемых грибами и актиномицетами в почве, является разложение органического детрита [19]. Значительную роль в поддержании плодородия почв и питания растений играют микоризные грибы, которые очень чувствительны к условиям аэрации, и, как правило, среди них практически отсутствуют анаэробные формы [20].

Максимальное количество колониеобразующих единиц грибной микрофлоры в среднем по зернопропашному севообороту отмечено в фазе всходов при инокуляции побочной продукции микробиологическими препаратами на основе *Trichoderma viride* и *Pseudomonas aureofaciens* в комплексе с азотными удобрениями – 58,6 тыс. КОЕ/г почвы. В период уборки была отмечена наибольшая численность микромицетов при внесении азотных удобрений с побочной продукцией, она на 60,6 % была выше показателя контроля (рисунок 2).

Фаза всходов (выхода в трубку) характеризовалась увеличением численности грибной микрофлоры по сравнению с периодом уборки культур на 2,1–45,7 % в зависимости от вариантов опыта.

Различия в развитии грибной микрофлоры по фазам развития культур, по-видимому, связаны с тем, что влажность почвы на опытном поле в фазе всходов превышала на 4,5–6,0 % таковую в период уборки. Бóльшая численность микромицетов в фазе всходов (выхода в трубку) обусловлена также благоприятными гидротермическими условиями данного периода (ГТК в среднем за севооборот составлял 1,18), что обеспечивало увеличение активности процесса минерализации органического вещества, судя по показателям развития амилалитической группы микроорганизмов и росту численности грибной микрофлоры.



Всходы: $HCP_{05} = 8,66$; уборка: $HCP_{05} = 5,80$.

Seedlings: Least Significance Difference 5 % = 8.66;

harvest: Least Significance Difference 5 % = 5.80.

Рисунок 2 – Средняя численность микроскопических грибов в зернопропашном севообороте, тыс. колониеобразующих единиц на 1 г почвы

Figure 2 – Average number of microscopic fungi in a grain-row crop rotation, thousands of colony-forming units per 1 g of soil

В среднем за ротацию зернопропашного севооборота в фазе всходов культур и выхода в трубку озимой пшеницы наибольший коэффициент минерализации наблюдался на варианте с применением микробиологических препаратов с азотными удобрениями и был равен 2,8. Наибольший коэффициент трансформации органического вещества отмечен при обработке побочной продукции биопрепаратами с внесением извести – 16,7 (рисунок 3).

В фазе уборки в среднем в зернопропашном севообороте отмечено увеличение коэффициента трансформации при использовании с побочной продукцией извести (вариант 4) и внесении микробиологических препаратов с известью (вариант 7). Расчетный коэффициент трансформации органического вещества указывает на стабилизацию процессов гумусонакопления под воздействием инокулянтов. При этом ризобактерии способствуют снижению негативного эффекта азотного удобрения и усиливают процессы гумусонакопления [5].

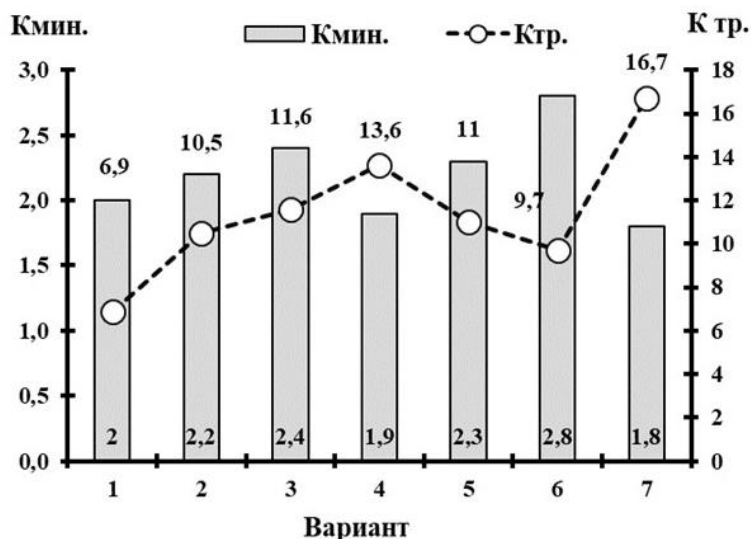


Рисунок 3 – Показатели интенсивности и направленности микробиологической мобилизации азота в почве в зернопропашном севообороте (Kmin. и Ktr.) в фазе всходов (выхода в трубку)
Figure 3 – Indicators of intensity and direction of microbiological mobilization of nitrogen in the soil in a grain-row crop rotation (Kmin. and Ktr.) in the seedling phase (leaf-tube formation)

Интенсивность минерализационных процессов в фазе уборки по всем вариантам опыта невысока, за исключением случая внесения азотных удобрений по побочной продукции, при котором наблюдалась активность аминолитической группы бактерий, в связи с этим значение коэффициента минерализации ($K_{\text{мин.}} = 2,2$) органических остатков здесь было выше по сравнению с другими вариантами (рисунок 4).

Интегральный показатель биологического состояния (ИПБС) оценивает совокупность биологических показателей, выраженных в разных единицах, и позволяет нивелировать случайные колебания, характерные для большинства биологических параметров. Исходя из расчета ИПБС, наибольшие его значения отмечены при рассмотрении биогенности почвы в фазе всходов (выхода в трубку) культур. Здесь все компоненты опыта: азотные удобрения, известь и микробиологические препараты – по ИПБС имели преимущество перед контролем, показатель был выше на 49,2; 47,7 и 40,0 % соответственно. Большими показателями коэффициента минерали-

зации отличалась фаза всходов по сравнению с периодом уборки растений. Внесение минерального азота по побочной продукции обеспечивало больший ИПБС в сравнении с внесением извести, инокулянтов и контролем на 26,5; 4,9 и 14,7 %. Процессы трансформации органического вещества интенсивнее протекали в фазе уборки с участием кальцийсодержащего компонента и биопрепаратов, и ИПБС был на 89,8 и 61,2 % выше контроля (таблица 2).

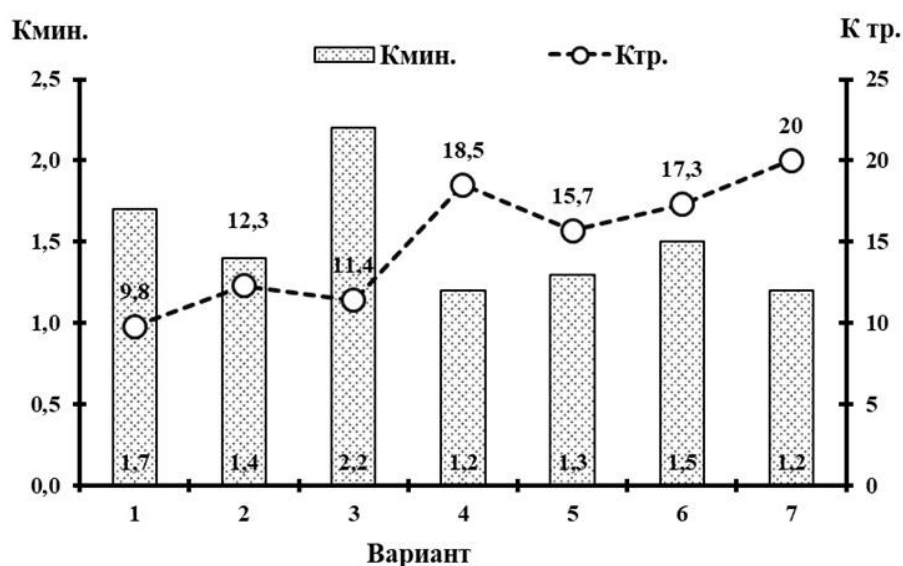


Рисунок 4 – Показатели интенсивности и направленности микробиологической мобилизации азота в почве в зернопропашном севообороте в фазе уборки (Kмин., Kтр.)

Figure 4 – Indicators of the intensity and direction of microbiological mobilization of nitrogen in the soil in a grain-row crop rotation at the harvesting stage (Kmin., Ktr.)

Таблица 2 – Интегральный показатель биологического состояния почв в процентах от максимального значения в среднем за ротацию зернопропашного севооборота по фазам всходов (кущения) и уборки

Table 2 – Integral indicator of the biological state of soils as a percentage of the maximum value on average for the rotation of grain-row crop rotation at the phases of seedling (tillering) and harvesting

Показатель биологической активности	Вариант						
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Фаза всходов							
Биогенность почвы (МПА + КАА), млн КОЕ на 1 г почвы	65	81	97	96	91	100	93

Продолжение таблицы 2

Table 2 continued

1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент минерализации	75	79	86	68	82	100	64
Коэффициент трансформации	41	63	70	81	66	58	100
Средний ИПБС	60	74	84	82	79	86	85
Фаза уборки							
Биогенность почвы (МПА + КАА), млн КОЕ на 1 г почвы	60	66	89	79	73	99	100
Коэффициент минерализации	77	64	100	55	59	68	55
Коэффициент трансформации	49	62	57	93	79	87	100
Средний ИПБС	62	64	82	76	70	85	85

В среднем за ротацию зернопропашного севооборота интегральный показатель биологического состояния почв при применении микробиологических препаратов с минеральным азотом и известью превышал данные контроля на 43,3 и 41,7 % в фазе всходов (выхода в трубку) и на 37,0 % в фазе уборки культур, т. е. использование этих приемов способствовало улучшению микробиологического состояния почвы.

Выводы. Наибольшая интенсивность развития амилалитической группы микроорганизмов была установлена в фазе всходов культур и выхода в трубку озимой пшеницы, больше на 6,7–12,6 млн КОЕ на 1 г почвы, чем в фазе уборки, в зависимости от вариантов опыта. Внесение азотных удобрений в фазе всходов (выхода в трубку) и совместное их применение с биопрепаратами в период уборки обеспечивали увеличение численности микроорганизмов на КАА на 41,8 и 66,0 % по сравнению с контролем.

Максимальному увеличению численности микроорганизмов, использующих органический азот (МПА), в фазе всходов (выхода в трубку) способствовало взаимодействие биопрепаратов на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus* с известью, численность здесь в 2,1 раза превышала показатель на контроле и на 17,1; 26,8 и 36,7 % данные вариантов отдельно внесенных извести, минерального азота и биопрепаратов. Фаза уборки отличалась наибольшей активностью аммонификаторов при внесении микро-

биологических препаратов с азотными удобрениями и известью, по сравнению с контролем больше на 70,0 и 98,3 %.

Отмечена бóльшая биогенность (МПА + КАА) чернозема типичного в фазе всходов (выхода в трубку) по сравнению с фазой уборки на 26,8–67,4 % в зависимости от варианта опыта. Обработка побочной продукции биопрепаратами совместно с внесением азотных удобрений (вариант 6) в фазе всходов обеспечивала наибольшую биогенность (на 52,6 % превышался контроль). Повышение биогенности почвы в фазе уборки на 67,5 и 66,9 % по сравнению с контролем наблюдалось при применении биопрепаратов в комплексе с аммиачной селитрой (вариант 6) и известью (вариант 7).

Увеличение количества колониеобразующих единиц грибной микрофлоры в среднем за севооборот было выявлено в фазе всходов, оно превышало численность микромицетов в фазе уборки на 2,1–45,7 % в зависимости от вариантов опыта.

Наибольший коэффициент минерализации органического вещества почвы в фазе всходов (выхода в трубку) наблюдался при внесении минерального азота с биопрепаратами – 2,8. В фазе уборки повышение коэффициента минерализации было установлено при обработке побочной продукции аммиачной селитрой, он составил 2,2. Отмечено увеличение коэффициента трансформации органического вещества при использовании микробиологических препаратов с известью, в фазах всходов и уборки он был равен 16,7 и 20 соответственно. Установлен эффект биопрепаратов в виде повышения коэффициента трансформации по отношению к контролю на 59,4 и 60,2 % соответственно в фазах всходов и уборки.

Таким образом, применение биопрепаратов на основе *Trichoderma* и *Lactobacillus* в комплексе с азотными удобрениями или известью на фоне использования измельченной побочной продукции в качестве удобрения обеспечивало повышение микробиологической активности чернозема типичного.

Список источников

1. Сорокин Н. Д. Микробиологическая диагностика лесорастительного состояния почв Средней Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 222 с. EDN: PZXCEZ.
2. DNA-metabarcoding of cyanobacteria and microalgae in chernozem soils of temperate continental climate of the forest-steppe zone of Eurasia under different degrees of agrotechnology intensification / V. Lukyanov, L. Gaysina, Yu. Bukin, P. Renganathan, A. Tupikin // World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2024. Vol. 40, № 11. Article number: 351. DOI: 10.1007/s11274-024-04133-5. EDN: WMYNNR.
3. Сулейманов С. Р., Низамов Р. М. Продуктивность подсолнечника и микробиологическая активность почвы под воздействием биопрепаратов в условиях Республики Татарстан // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29, № 8. С. 39–42. EDN: UMKONZ.
4. Оценка эффективности биопрепаратов-деструкторов на микробиологическую активность светло-каштановой почвы под овощными культурами / Ю. А. Лаптина, О. Г. Гиченко, Н. А. Куликова, А. П. Ситкалиев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3(59). С. 211–219. DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-22. EDN: XFYTLLK.
5. Чевердин А. Ю., Чевердин Ю. И., Турусов В. И. Влияние биопрепаратов на основе ассоциативных бактерий на микробиологическую активность чернозема сегрегационного // Агрохимия. 2019. № 12. С. 22–31. DOI: 10.1134/S0002188119120032. EDN: GFLYOW.
6. Биологическая активность почвы ризосферы овса посевного (*Hordeum vulgare* L.) при инокуляции семян ассоциативными diaзотрофами / А. А. Божко, Н. А. Ползухина, О. Ф. Хамова, П. В. Ползухин, А. Д. Сейтуарова, Н. Н. Шулико, Ю. Ю. Паршутин // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 2. С. 60–64. DOI: 10.26178/AE.2019.15.54.010. EDN: HOUAKQ.
7. Курсакова В. С., Ступина Л. А. Биологическая активность чернозема выщелоченного в зависимости от применяемых биопрепаратов на картофеле в Приобской зоне Алтайского края // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11(212). С. 77–85. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-77-85. EDN: VUIVLK.
8. Нековаль С. Н., Маскаленко О. А. Влияние биологической системы защиты на состав почвенной микробиоты и качество картофеля в условиях агроклиматической зоны Краснодарского края // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 3(68). С. 179–189. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-179-189. EDN: HWIUTL.
9. Русакова И. В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах // Владимирский земледелец. 2021. № 2(96). С. 34–37. DOI: 10.24412/2225-2584-2021-2-34-40. EDN: XYMWKS.
10. Лазарев В. И., Минченко Ж. Н., Русакова А. А. Агроэкологическое обоснование использования микробиологических препаратов в качестве деструкторов соломы озимой пшеницы в условиях черноземных почв Курской области // Агрохимия. 2021. № 2. С. 71–77. DOI: 10.31857/S0002188121020083. EDN: QQQOYD.
11. Баубекова Г., Сопрунова О. Б., Байрамбеков Ш. Б. Влияние биологического средства защиты растений на микробиоценоз сельскохозяйственных почв в условиях аридного климата // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 2. С. 78–90. DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90. EDN: ZQEAWL.
12. Влияние микробных биопрепаратов на биогенность почв в посевах ячменя / Н. М. Дайнеко, И. И. Концевая, С. Ф. Тимофеев, М. С. Козел // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. Серия: Естественные науки. 2022. № 3(132). С. 29–35. EDN: FPZZIP.

13. Rowińska P., Gutarowska B., Janas R. Biopreparations for the decomposition of crop residues // *Microbial Biotechnology*. 2024. № 17(8). e14534. DOI: 10.1111/1751-7915.14534. EDN: HENWPP.

14. Микробиологический препарат для ускорения деструкции соломы и повышения плодородия почвы / Е. В. Кузина, Г. Ф. Рафикова, С. Р. Мухаматдьярова, Ю. Ю. Шарипова, Т. Ю. Коршунова // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36, № 9. С. 32–36. DOI: 10.53859/02352451_2022_36_9_32. EDN: IDPZKY.

15. Trends in soil microbial inoculants research: A science mapping approach to unravel strengths and weaknesses of their application / L. Canfora, C. Costa, F. Pallottino, S. Mocali // *Agriculture*. 2021. Vol. 11(2). P. 158. DOI: 10.3390/agriculture11020158. EDN: NZUKVA.

16. Таксономический состав и организация микробного сообщества дерново-подзолистых почв после внесения соломы зерновых культур и использования препарата Баркон / О. В. Орлова, Е. Л. Чирак, Н. И. Воробьев, О. В. Свиридова, Т. О. Лисина, Е. Е. Андронов // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54, № 1. С. 47–64. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.47rus. EDN: YZIPVZ.

17. 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. EDN: NPZECS.

18. 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. EDN: SHUZVA.

19. Мицелиальный компонент эутрофных торфяных почв в зоне активной деструкции органического детрита / А. В. Головченко, Т. А. Грачева, Т. А. Семенова, А. А. Морозов, С. Р. Самигуллиной, Т. В. Глухова, Л. И. Инишева // *Почвоведение*. 2023. № 5. С. 536–549. DOI: 10.31857/S0032180X22601232. EDN: IENPSQ.

20. Brundrett M. C., Tedersoo L. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity // *New Phytologist*. 2018. Vol. 220, № 4. P. 1108–1115. DOI: 10.1111/nph.14976.

References

1. Sorokin N.D., 2009. *Mikrobiologicheskaya diagnostika lesorastitel'nogo sostoyaniya pochv Sredney Sibiri* [Microbiological Diagnostics of Forest Vegetable Condition of Soils of Central Siberia]. Novosibirsk, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences Publ., 222 p., EDN: PZXCEZ. (In Russian).

2. Lukyanov V., Gaysina L., Bukin Yu., Renganathan P., Tupikin A., 2024. DNA-metabarcoding of cyanobacteria and microalgae in chernozem soils of temperate continental climate of the forest-steppe zone of Eurasia under different degrees of agrotechnology intensification. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 40, no. 11, article number: 351, DOI: 10.1007/s11274-024-04133-5, EDN: WMYNNR.

3. Suleimanov S.R., Nizamov R.M., 2015. *Produktivnost' podsolnechnika i mikrobiologicheskaya aktivnost' pochvy pod vozdeystviyem biopreparatov v usloviyakh Respubliki Tatarstan* [The productivity of sunflower and microbiological activity of soil under the impact of biological preparations under conditions of the Republic of Tatarstan]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology of the Agro-Industrial Complex], vol. 29, no. 8, pp. 39-42, EDN: UMKONZ. (In Russian).

4. Laptina Yu.A., Gichenko O.G., Kulikova N.A., Sitkaliev A.P., 2020. *Otsenka effektivnosti biopreparatov-destruktorov na mikrobiologicheskuyu aktivnost' svetlo-kashtanovoy pochvy pod ovoshchnymi kul'turami* [Effectiveness evaluation of biological destructors on the microbiological activity of light chestnut soil under vegetable crops]. *Izvestiya Nizhnevolzh-*

skogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie [Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education], no. 3(59), pp. 211-219, DOI: 10.32786/2071-9485-2020-03-22, EDN: XFYTLK. (In Russian).

5. Cheverdin A.Yu., Cheverdin Yu.I., Turusov V.I., 2019. *Vliyanie biopreparatov na osnove assotsiativnykh bakteriy na mikrobiologicheskuyu aktivnost chernozema segregatsionnogo* [Effect of associative biopreparations based on bacteria on the microbiological activity of segregated chernozem]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 12, pp. 22-31, DOI: 10.1134/S0002188119120032, EDN: GFLYOW. (In Russian).

6. Bozhko A.A., Popolzukhina A.A., Khamova O.F., Popolzukhin P.V., Seytuarova A.D., Shuliko N.N., Parshutkin Yu.Yu., 2019. *Biologicheskaya aktivnost pochvy rizosfery ovsa posevnogo (Hordeum vulgare L.) pri inokulyatsii semyan assotsiativnymi diazotrofami* [Biological activity of soil rhizosphere of oat (*Hordeum vulgare* L.) under inoculation of seeds with associative diazotrophs]. *Problemy agrokhimii i ekologii* [Agrochemistry and Ecology Problems], no. 2, pp. 60-64, DOI: 10.26178/AE.2019.15.54.010, EDN: HOUAKQ. (In Russian).

7. Kursakova V.S., Stupina L.A., 2024. *Biologicheskaya aktivnost chernozema vyshchelochennogo v zavisimosti ot primenyaemykh biopreparatov na kartofele v Priobskoy zone Altayskogo kraya* [Biological activity of leached chernozem depending on biological products applied on potatoes in the Altai region's ob river area.] *Vestnik KrasGAU* [Bulletin KrasSAU], no. 11(212), pp. 77-85, DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-77-85, EDN: VUIVLK. (In Russian).

8. Nekoval S.N., Maskalenko O.A., 2023. *Vliyanie biologicheskoy sistemy zashchity na sostav pochvennoy mikrobioty i kachestvo kartofelya v usloviyakh agroklimaticheskoy zony Krasnodarskogo kraya* [Effect of the biological protection system on the composition of soil microbiota and quality of potatoes in the central agro-climatic zone of Krasnodar Territory, Russia]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye* [South of Russia: Ecology, Development], vol. 18, no. 3(68), pp. 179-189, DOI: 10.18470/1992-1098-2023-3-179-189, EDN: HWIUTL. (In Russian).

9. Rusakova I.V., 2021. *Effektivnost' mikrobnkh destruktory posleuborochnykh ostatkov v laboratornykh i polevykh eksperimentakh* [Efficiency of microbial destructors of post-harvest residues in laboratory and field experiments]. *Vladimirsky zemledelets* [Vladimir Farmer], no. 2(96), pp. 34-37, DOI: 10.24412/2225-2584-2021-2-34-40, EDN: XYMWKS. (In Russian).

10. Lazarev V.I., Minchenko Zh.N., Rusakova A.A., 2021. *Agroekologicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya mikrobiologicheskikh preparatov v kachestve destruktory solomy ozimoy pshenitsy v usloviyakh chernozemnykh pochv Kurskoy oblasti* [Agroecological justification for the use of microbiological preparations as destructors of winter wheat straw in chernozem soils of the Kursk region]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 2, pp. 71-77, DOI: 10.31857/S0002188121020083, EDN: QQOYD. (In Russian).

11. Baubekova G., Soprunova O.B., Bairambekov Sh.B., 2020. *Vliyanie biologicheskogo sredstva zashchity rasteniy na mikrobiotsenoz sel'skokhozyaystvennykh pochv v usloviyakh aridnogo klimata* [Influence of biological means of plant protection on the microbiocenosis of agricultural soils in arid climate conditions]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitiye* [South of Russia: Ecology, Development], vol. 15, no. 2, pp. 78-90, DOI: 10.18470/1992-1098-2020-2-78-90, EDN: ZQEAWL. (In Russian).

12. Daineko N.M., Kontsevaya I.I., Timofeev S.F., Kozel M.S., 2022. *Vliyanie mikrobnkh biopreparatov na biogennost' pochv v posevakh yachmenya* [Influence of microbial biopreparations on soils biogenicity of barley crops]. *Izvestiya Gomel'skogo gosudarstvennogo universiteta imeni F. Skoriny. Seriya: Yestestvennye nauki* [Bulletin of F. Skorina Gomel State University. Series: Natural Sciences], no. 3(132), pp. 29-35, EDN: FPZZIP. (In Russian).

13. Rowińska P., Gutarowska B., Janas R., 2024. Biopreparations for the decomposition of crop residues. *Microbial Biotechnology*, no. 17(8), e14534, DOI: 10.1111/1751-7915.14534, EDN: HENWPP.

14. Kuzina E.V., Rafikova G.F., Mukhamatdyarova S.R., Sharipova Yu.Yu., Korshunova T.Yu., 2022. *Mikrobiologicheskiy preparat dlya uskoreniya destruktсии solomy i povysheniya plodorodiya pochvy* [Microbiological preparation for acceleration of the straw destruction and increasing soil fertility]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of Science and Technology in the Agro-Industrial Complex], vol. 36, no. 9, pp. 32-36, DOI: 10.53859/02352451_2022_36_9_32, EDN: IDPZKY. (In Russian).

15. Canfora L., Costa C., Pallottino F., Mocali S., 2021. Trends in soil microbial inoculants research: A science mapping approach to unravel strengths and weaknesses of their application. *Agriculture*, vol. 11(2), p. 158, DOI: 10.3390/agriculture11020158, EDN: NZUKVA.

16. Orlova O.V., Chirak E.L., Vorobyov N.I., Sviridova O.V., Lisina T.O., Andronov E.E., 2019. *Taksonomicheskiy sostav i organizatsiya mikrobnogo soobshchestva dernovo-podzolistykh pochv posle vneseniya solomy zernovykh kul'tur i ispol'zovaniya preparata Barkon* [Taxonomic composition and organization of the microbial community of soddy-podzolic soils after application of straw of cereal crops and the use of the Barkon preparation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* [Agricultural Biology], vol. 54, no. 1, pp. 47-64, DOI: 10.15389/agrobiology.2019.1.47rus, EDN: YZIPVZ. (In Russian).

17. Dzyuin A.G., 2022. *Vliyanie solomy v sochetanii s mineral'nymi, organicheskimi i sideral'nymi udobreniyami na biologicheskuyu aktivnost' pochvy* [Effect of straw in combination with mineral, organic and sideral fertilizers on the biological activity of the soil]. *Agrokimiya* [Agrochemistry], no. 11, pp. 72-79, DOI: 10.31857/S0002188122110059, EDN: NPZECS. (In Russian).

18. Sinegovskaya V.G., Banetskaya E.V., 2022. *Mikrobotsenoznyy sostav lugovochernozemovidnoy pochvy v posevakh soi i pshenitsy pri dlitel'nom vnesenii udobreniy* [Microbocenosis composition of meadow chernozem-like soil in soybean and wheat crops with long-term application of fertilizers]. *Plodorodie* [Fertility], no. 1, pp. 46-49, DOI: 10.25680/S19948603.2022.124.12, EDN: SHUZVA. (In Russian).

19. Golovchenko A.V., Gracheva T.A., Semenova T.A., Morozov A.A., Samigullina S.R., Glukhova T.V., Inisheva L.I., 2023. *Mitselial'nyy komponent eutrofnikh torfyanykh pochv v zone aktivnoy destruktсии organicheskogo detrita* [The mycelial component of eutrophic peat soils in the zone of active organic detritus decomposition]. *Pochvovedenie* [Soil Science], no. 5, pp. 536-549, DOI: 10.31857/S0032180X22601232, EDN: IENPSQ. (In Russian).

20. Brundrett M.C., Tedersoo L., 2018. Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist*, vol. 220, no. 4, pp. 1108-1115, DOI: 10.1111/nph.14976.

Информация об авторах

Н. А. Чуян – ведущий научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, Курский федеральный аграрный научный центр (305021, Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, зд. 706), natalia-chuyan@yandex.ru, AuthorID: 597312, ORCID: 0000-0002-4212-3143;

Г. М. Брескина – старший научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, Курский федеральный аграрный научный центр (305021, Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, зд. 706), breskina-galina@yandex.ru, AuthorID: 280213, ORCID: 0000-0003-2381-312X;

М. А. Припутнева – младший научный сотрудник, Курский федеральный аграрный научный центр (305021, Курская область, г. Курск, ул. Карла Маркса, зд. 706), priputneva.maya@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8567-1011.

Information about the authors

N. A. Chuyan – Leading Researcher, Doctor of Agricultural Sciences, Federal Agricultural Kursk Research Center (305021, Kursk region, Kursk, Karl Marx st., 70b), natalia-chuyan@yandex.ru, AuthorID: 597312, ORCID: 0000-0002-4212-3143;

G. M. Breskina – Senior Researcher, Candidate of Agricultural Sciences, Federal Agricultural Kursk Research Center (305021, Kursk region, Kursk, Karl Marx st., 70b), breskina-galina@yandex.ru, AuthorID: 280213, ORCID: 0000-0003-2381-312X;

M. A. Priputneva – Junior Researcher, Federal Agricultural Kursk Research Center (305021, Kursk region, Kursk, Karl Marx st., 70b), priputneva.maya@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-8567-1011.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Все авторы в равной степени несут ответственность за нарушения в сфере этики научных публикаций.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

All authors are equally responsible for ethical violations in scientific publications.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.04.2026; одобрена после рецензирования 29.06.2026; принята к публикации 14.09.2026.

The article was submitted 14.04.2026; approved after reviewing 29.06.2026; accepted for publication 14.09.2026.