

УДК 633.11: 631.87:631.427.4:631.466.1

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-3-264-270

**ВОЗДЕЙСТВИЕ БИОЛОГИЗИРУЮЩЕГО ФОНА
НА ПОЧВЕННУЮ МИКОБИОТУ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ****М. И. Андреев, О. Г. Марьина-Чермных***Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация*

Аннотация. Введение. Почва во все времена является основным условием возникновения, существования и незаменимым источником жизни человека. Важную роль в жизни растений и плодородия почв играет почвенная микобиота, где ее основным питанием являются органические компоненты. Внесение в почву органических веществ содействует накоплению гумуса, а нахождение микробиологических организмов – его разложению. Принимая активное участие в почвенных процессах при возделывании сельскохозяйственных культур, почвенные микроорганизмы модифицируются, особенно при внесении различных удобрений. Внесенные в почву органические вещества создают различные условия для формирования почвенной микобиоты и влияют на их численность. Поэтому микробиологические процессы, которые происходят в почве в результате внесения биологизирующего фона, играют огромную роль при возделывании озимых зерновых культур. **Цель:** выявить влияние биологизирующего фона – соломенной мульчи, жидкого свиного навоза и микробиологического препарата Биокомпозит-коррект на численность почвенной микобиоты озимой пшеницы в условиях Республики Марий Эл. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2018–2022 гг. в условиях полевого опыта на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах в АО ПЗ «Шойбулакский» на посевах озимой пшеницы. В опыте определяли интенсивность разложения целлюлозы и количество патогенных грибов в пахотном слое почвы. **Результаты обсуждения.** За 60 дней вегетации озимой пшеницы максимальная целлюлозолитическая активность микроорганизмов (72,6–73,5 %) выявлена в слое почвы 0–10 см, где применялся биологизирующий фон в виде мульчи, жидкого свиного навоза и микробиологического препарата и где количество патогенных грибов снизилось до 19,6 и 17 %. **Заключение.** Возделывание озимой пшеницы на дерново-подзолистой почве в условиях Республики Марий Эл показало, что биологизирующий фон увеличивает в почве численность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в 2 раза, снижая патогенный комплекс в 2,8–3,2 раза.

Ключевые слова: озимая пшеница, биологизирующий фон, мульчирование почвы соломой, органическое удобрение, биологический препарат, целлюлозоразрушающие микроорганизмы, патогенные грибы

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Андреев М. И., Марьина-Чермных О. Г. Воздействие биологизирующего фона на почвенную микобиоту озимой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 3. С. 264–270. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-3-264-270>

EFFECT OF THE BIOLOGIZING BACKGROUND ON SOIL MYCOBIOTA OF WINTER WHEAT**M. I. Andreev, O. G. Maryina-Chermnykh***Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation*

Abstract. Introduction. Soil at all times is the main condition for the emergence, existence and irreplaceable source of human life. Soil mycobiota plays an important role in plant life and soil fertility, where its main nutrition is organic components. The introduction of organic substances into the soil contributes to the accumulation of humus, and the presence of microbiological organisms contributes to its decomposition. Taking an active part in soil processes during the cultivation of agricultural crops, soil microorganisms are modified, especially when applying various fertilizers. Organic substances introduced into the soil create various conditions for the formation of soil mycobiota and affect their abundance. Therefore, the microbiological processes that occur in the soil when applying a biologizing background play a huge role in the cultivation of winter grain crops. **The purpose of the research** is to reveal the influence of the biologizing background on the number of soil mycobiota of winter wheat in the conditions of the Republic of Mari El. **Materials and methods.**

The research was carried out in 2018–2022 in the conditions of field experiment on sod-podzolic medium loamy soils in JSC Stud Farm "Shoibulaksky" on winter wheat crops. The task was to study the effect of the use of straw mulch, liquid pig manure and the microbiological preparation *Biocomposite-correct* on the number of soil mycobiota. In the experiment, the intensity of cellulose decomposition and the number of pathogenic fungi in the arable soil layer were determined. **The results of the discussion.** Over 60 days of winter wheat vegetation, the maximum cellulolytic activity of microorganisms (72.6–73.5 %) was detected in the 0–10 cm soil layer, where a biologizing background in the form of mulch, liquid pig manure and microbiological preparation was used, where the number of pathogenic fungi decreased to 19.6 and 17 %. **Conclusion.** Cultivation of winter wheat on sod-podzolic soil in the conditions of the Republic of Mari El showed that the biologizing background increases the number of cellulose-destroying microorganisms in the soil by 2 times, reducing the pathogenic complex by 2.8–3.2 times.

Keywords: winter wheat, biologizing background, soil mulching with straw, organic fertilizer, biological preparation, cellulose-destroying microorganisms, pathogenic fungi

The authors declare no conflict of interest.

For citation: Andreev M. I., Maryina-Chermnykh O. G. Effect of the biologizing background on soil mycobiota of winter wheat. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 3, pp. 264–270. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-3-264-270>

Введение

Почвенные микроорганизмы являются важной функциональной и структурной компонентой агро-биоэко систем. Они имеют разнообразные функции, занимают различные уровни и видовой состав. Почвенная микобиота агроценозов существенно отличается от микроорганизмов естественных экосистем, а применение систем обработки, различных удобрений или пестицидов является фактором, который может нарушить формирование природных комплексов микрофлоры [7].

Важным движущим фактором «устойчивого развития экологически сбалансированных ландшафтно-адаптивных систем земледелия» считаются органические удобрения [1]. При этом микробиологические процессы микроорганизмов имеют стремительный рост и помогают разложению органических веществ. Они ускоряют «круговорот био-генных элементов, что до определенных пределов может рассматриваться как положительное явление» [5; 2]. Микроорганизмы доводят клетчатку до расщепления и, если им хватает минеральных веществ и азота для питания, могут образовывать углекислоту и воду. При этом из всех органических веществ наибольшее распространение имеет целлюлоза, а «одним из показателей биологической активности почвы является ее целлюлозолитическая активность, которая зависит от численности разрушающих целлюлозу микроорганизмов» [3], где их деятельность в агробиоценозе может обуславливать степень насыщенности разложения ор-

ганических соединений и образования элементов питания. Усиливая распад гумуса и мобилизацию «азота, фосфора и других элементов», почвенные микроорганизмы являются производителями «витаминов, ферментов, антибиотиков и других физиологически активных веществ», которые хорошо усваиваются растениями [4].

Наибольшее число целлюлозоразрушающих микроорганизмов – это грибы, которые являются важным и устойчивым звеном почвенной микобиоты, особенно при создании почвенного плодородия. Но, наряду с почвенными грибами, улучшающими плодородие, имеются грибы-патогены, которые наносят большой вред сельскохозяйственным посевам, снижая урожайность культуры и качество растениеводческой продукции [6; 8].

Поэтому необходимо создать такие условия, которые будут способствовать питательным веществам органической части почвы полностью использоваться растениями [9; 10].

Цель исследования: выявить влияние биологизирующего фона на численность почвенных микроорганизмов озимой пшеницы в условиях Республики Марий Эл.

Материалы и методы

Полевые исследования проводили в 2018–2022 гг. в условиях Республики Марий Эл в АО ПЗ «Шойбулакский». Предшественник горох посевной. Объекты: озимая пшеница сорта

Московская 56, почва дерново-подзолистая среднесуглинистая с содержанием агрохимических показателей в виде: азот легкогидролизуемый – 7,4 мг/100 г почвы; гумус – 1,7; фосфор подвижный – 27,0 мг/100 г почвы; обменный калий – 14,0 г/100 г почвы; рН – 6,8. Размер делянки в опытах 120 м², учетная площадь – 75 м², повторность трехкратная.

Результаты исследования, обсуждения

Проведенные исследования показали, что при внесении в почву органических удобрений с микробиологическим препаратом под посевы озимой пшеницы не только активизировали целлюлозоразрушающих микроорганизмов в пахотном слое, но и выявили их торможение (табл. 1). Так, фон

без внесения соломенной мульчи в пахотном слое 0–10 см, экспозиция, 30 дней показал, что разложившаяся целлюлоза составила 14,2 %, а в слое 10–20 см – 11,6 %. Внесение жидкого свиного навоза в пахотном слое увеличила активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов в 1,4–1,5 раза по отношению к варианту без мульчи. Высокая интенсивность разложения целлюлозы в пахотном слое почвы была выявлена при внесении жидкого свиного навоза с биопрепаратом Биокompозит-коррект, по сравнению с вариантом без внесения мульчи, она выросла в 1,5–1,9 раза. Наименьшее разложение целлюлозы было в варианте Биокompозит-коррект, которая в пахотном слое почвы 0–10 см составила 14,4 %, а в слое 10–20 см она снизилась в 1,2 раза.

Таблица 1 / Table 1

Влияние биологизирующего фона на интенсивность разложения целлюлозы в пахотном слое почвы под озимой пшеницей, %, (среднее за 3 года) / Effect of biologizing background on the intensity of cellulose decomposition in the arable soil layer under winter wheat, %, (average for 3 years)

Вариант / Variant	Разложившаяся целлюлоза в пахотном слое почвы / Decomposed cellulose in the arable soil layer			
	30 дней / 30 days		60 дней / 60 days	
	0–10 см / 0–10 cm	10–20 см / 10–20 cm	0–10 см / 0–10 cm	10–20 см / 10–20 cm
Без мульчи / Without mulch				
Контроль	14,2	11,6	37,0	28,4
Жидкий свиной навоз	20,7	17,6	51,4	29,0
Биокompозит-коррект	14,4	11,9	37,2	28,7
Жидкий свиной навоз + Биокompозит-коррект	20,9	21,7	53,3	31,3
Мульча / Mulch				
Контроль	23,6	19,6	64,0	52,0
Жидкий свиной навоз	32,0	23,4	72,6	52,5
Биокompозит-коррект	23,8	19,9	64,3	52,3
Жидкий свиной навоз + Биокompозит-коррект	32,6	24,2	73,5	55,6

Внесенная в почву соломенная мульча, стимулируя целлюлозоразлагающую активность почвы в пахотном слое 0–10 см (23,6 %), ослабляет этот процесс в пахотном слое 10–20 см (19,6 %). На этом же фоне с применением жидкого свиного навоза в пахотном слое почвы 0–10 см активность разложения целлюлозы составила 32 %, а в слое 10–20 см она снизилась до 23,4 %. На фоне мульчи с жидким свиным навозом и биопрепаратом Биокompозит-коррект интенсивность разложения целлюлозы в пахотном слое почвы под озимой пшеницей была максимальной, особенно в пахотном слое 0–10 см – 32,6 %, но в слое 10–20 см она также снизилась в 1,3 раза.

Такую же картину можно наблюдать и в экспозиции 60 дней, где без внесения соломенной мульчи в пахотном слое 0–10 см интенсивность целлюлозоразрушающих микроорганизмов увеличивается (37 %), а в слое 10–20 см – снижается в 1,3 раза. На этом фоне с внесением органических веществ наибольшую скорость разложения целлюлозы (53,3 %) показал вариант «жидкий свиной навоз + биокompозит-коррект» в пахотном слое 0–10 см, где в слое 10–20 см активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов снизилась до 31,3 %.

Максимальное разложение целлюлозы было на фоне Мульча в варианте «жидкий свиной

навоз + биокомпозит-коррект», пахотный слой 0–10 см (73,5 %), в слое 10–20 см активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов упало в 1,3 раза.

Снижение активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в пахотном слое 10–20 см говорит

о том, что именно в этом слое происходит изменение состава и количества почвенной микобиоты.

С применением биологизирующего фона в пахотном слое почвы под озимой пшеницей снижалось и количество почвенных патогенных грибов (рис. 1).

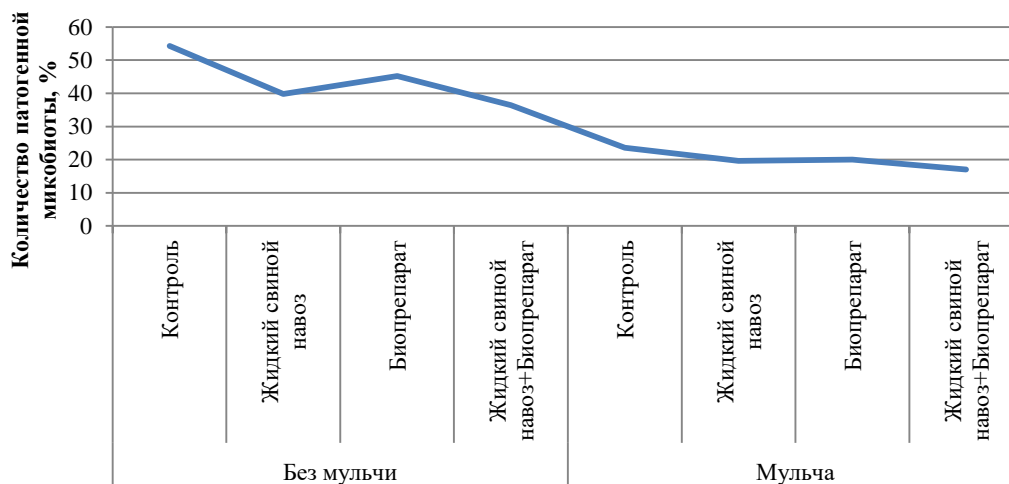


Рис. 1. Общее количество почвенных патогенных грибов при внесении биологизирующего фона под озимую пшеницу, %, (среднее за 3 года) / Fig. 1. The total number of soil pathogenic fungi when applying a biologizing background for winter wheat, %, (average for 3 years)

Если на фоне без соломенной мульчи в варианте Контроль их количество составило 54,3 %, то в варианте с внесением Биопрепарата (Биокомпозит-коррект) – 39,8 %, а в вариантах «жидкий свиной навоз» и «жидкий свиной навоз + Биопрепарат (Биокомпозит-коррект)» – 39,8 и 36,4 % соответственно.

Наибольшее сокращение патогенных почвенных грибов было на фоне с внесением соло-

менной мульчи. Биологизирующий фон под озимой пшеницей снизил количество патогенных грибов в 2,3–3,2 раза, по сравнению с вариантом без мульчи. Максимальное сокращение патогенной микобиоты было в варианте «жидкий свиной навоз+Биопрепарат (Биокомпозит-коррект)» – 17 %.

На сокращение почвенных патогенных грибов влияли фазы развития озимой пшеницы (рис. 2).

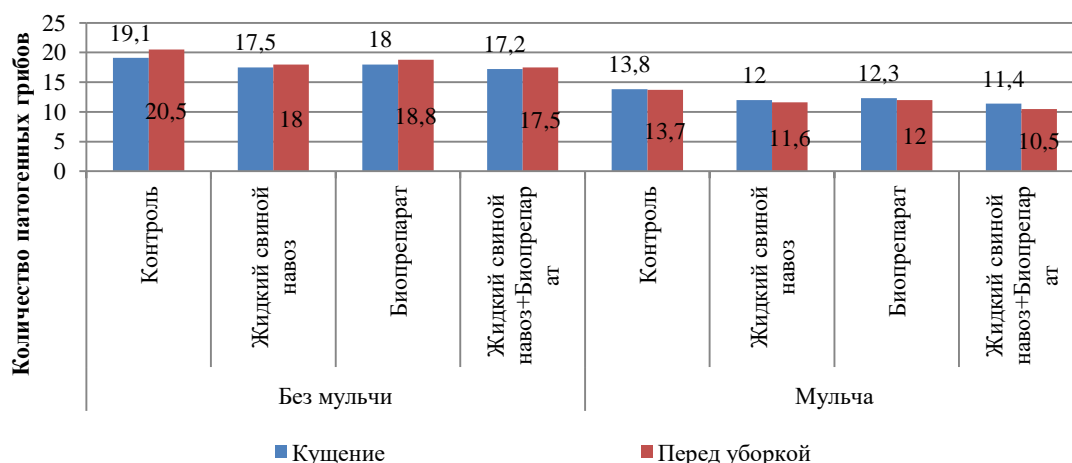


Рис. 2. Количество почвенных патогенных грибов при внесении биологизирующего фона по фазам развития растений, %, (среднее за 3 года) / Fig. 2. The number of soil pathogenic fungi when applying a biologizing background according to the phases of plant development, %, (average for 3 years)

В среднем за 3 года исследований количество почвенных патогенных грибов в фазу кущения в контрольном варианте без соломенной мульчи составило 19,1 %, с внесением в почву органических веществ их число снизилось с 18 до 17,2 %. Внесение в почву мульчи соломенной уменьшило число патогенов до 13,8 %, что в 1,4 раза меньше, чем в варианте без мульчи. Внесение мульчи с органическим удобрением и биопрепаратом Биокомпозит-коррект показало сокращение патогенной микобиоты во всех вариантах. Наибольшее снижение почвенных патогенов в 1,8 раза, наблюдалось в фазу кущения озимой пшеницы в варианте «жидкий свиной навоз + Биокомпозит-коррект».

Перед уборкой озимой пшеницы почвенные патогенные грибы активизировались. Так, на фоне без мульчи в контрольном варианте их количество увеличилось на 1,4 %, по сравнению с фазой кущения. Внесение в почву органических удобрений и биопрепарата также не сократило число почвенных патогенов перед уборкой озимой пшеницы, где их количество выросло на 0,3–0,8 %, по отношению к варианту Контроль. При этом минимальный рост патогенных грибов

в почве было в варианте без соломенной мульчи с внесением жидкого свиного навоза и биопрепарата Биокомпозит-коррект, который составил 17,5 %, что ниже по отношению к контрольному варианту в эту же фазу на 3 %, а к другим вариантам – на 0,5–1,3 %.

Перед уборкой озимой пшеницы на фоне мульчи было выявлено снижение количества патогенной микобиоты: если в Контроле сокращение грибов было незначительное, то с внесением в почву органических веществ оно усилилось и составило в варианте Жидкий свиной навоз 11,6 %, Биокомпозит-коррект – 12 %, а в варианте «жидкий свиной навоз + Биокомпозит-коррект» – 10,5 %, это ниже, чем в варианте без мульчи перед уборкой растений, в 1,7 раза.

Заключение

При внесении в почву биологизирующего фона (соломенная мульча совместно с жидким свиным навозом и биопрепаратом Биокомпозит-коррект) выявлена максимальная активность целлюлозоразрушающих микроорганизмов (55,6 %) и снижение почвенных патогенных грибов, особенно перед уборкой озимой пшеницы (10,5 %).

1. Андреев М. И., Марьина-Чермных О. Г. Эффективность внесения мульчи, жидкого свиного навоза и биокомпозит-коррект на урожайность озимой пшеницы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2021. № 1 (25). С. 11–15. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-1-11-16>
2. Асташина М. В., Зенцов В. Н., Лапшакова И. В. Кинетические закономерности процесса роста микроорганизмов // Строительство и техногенная безопасность. 2022. № 25 (77). С. 95–102. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kineticheskie-zakonomenosti-protsess-a-rost-a-mikroorganizmov> (дата обращения: 28.04.2023).
3. Гаврилова В. И., Герасимова М. И. Целлюлозолитическая активность почв: методы измерения, факторы и эколого-географическая изменчивость // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2019. № 1. С. 23–27. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsellyulozoliticheskaya-aktivnost-pochv-metody-izmereniya-factory-i-ekologo-geograficheskaya-izmenchivost> (дата обращения: 27.04.2023).
4. Гринев Л. В., Сенькова Л. А., Мингалев С. К. Биологическая активность почвы // Аграрное образование и наука. 2019. № 2. С. 14–17. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskaya-aktivnost-pochvy-1> (дата обращения: 28.04.2023).
5. Колесникова И. Я., Воронин Л. В. Влияние биопестицидов на комплексы почвенных микромицетов в агроценозах // Экосистемы. 2019. № 18 (48). С. 97–107. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biopestitsidov-na-kompleksy-pochvennyh-mikromitsetov-v-agrotsenozah> (дата обращения: 28.04.2023).
6. Косицына О. А., Клепиков И. И. Роль микроорганизмов в почвообразовании // Столыпинский вестник. 2022. № 5. С. 2931–2939. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-mikroorganizmov-v-pochvoobrazovanii> (дата обращения: 27.04.2023).
7. Марьина-Чермных О. Г. Влияние агротехнологий при возделывании сельскохозяйственных культур на окружающую среду // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2017. № 1 (9). С. 56–59. URL: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1341> (дата обращения: 28.04.2023).
8. Марьина-Чермных О. Г., Тайметов М. Э. Влияние органо-минерального удобрения на микрофлору почвы // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2018. № 3 (15). С. 52–56. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2018-4-3-52-56>
9. Осипов А. И. Роль удобрений в плодородии почв и питании растений // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2020. № 2. С. 874–887. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-udobreniy-v-plodorodii-pochv-i-pitanii-rasteniy> (дата обращения: 29.04.2023).

10. Органическое удобрение – эффективный фактор оздоровления почвы и индуктор ее супрессивности / М. С. Соколов, Ю. Я. Спиридонов, А. П. Глинушкин, Е. Ю. Торопова // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 1. С. 4–12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskoe-udobrenie-effektivnyy-faktor-ozdorovleniya-pochvy-i-induktor-eyo-supressivnosti> (дата обращения: 27.04.2023).

Статья поступила в редакцию 20.06.2023 г.; одобрена после рецензирования 16.08.2023 г.; принята к публикации 20.09.2023 г.

Об авторах

Андреев Михаил Иванович

аспирант, кафедра агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет, Марийский государственный университет (420000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), 79613768083@yandex.ru

Марьяна-Чермных Ольга Геннадьевна

доктор биологических наук, профессор, доцент кафедры агроинженерии и технологии производства, переработки сельскохозяйственной продукции, Марийский государственный университет (420000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-71220743>, oly6045@yandex.ru

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

1. Andreev M. I., Maryina-Chermnykh O. G. Effektivnost' vneseniya mul'chi, zhidkogo svinogo navoza i biokompozit-korrekt na urozhainost' ozimoi pshenitsy [Application efficiency of mulch, liquid pig manure and Biocomposite-correct on winter wheat yield]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki"* = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2021, vol. 7, no. 1, pp. 11–16. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-1-11-16>

2. Astashina M. V., Zentsov V. N., Lapshakova I. V. Kineticheskie zakonomernosti protsessa rosta mikroorganizmov [Kinetic regularities of the growth process of microorganisms]. *Stroitel'stvo i tekhnogennaya bezopasnost'* = Construction and Industrial Safety, 2022, no. 25 (77), pp. 95–102. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kineticheskie-zakonomernosti-protsessa-rosta-mikroorganizmov> (accessed 28.04.2023). (In Russ.).

3. Gavrilova V. I., Gerasimova M. I. Tsellyulozoliticheskaya aktivnost' pochv: metody izmereniya, faktory i ekologo-geograficheskaya izmenchivost' [Cellulosolytic activity of soils: methods of measuring, factors, and geographic variability]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie* = Bulletin of the Moscow University. Series 17. Soil Science, 2019, no. 1, pp. 23–27. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsellyulozoliticheskaya-aktivnost-pochv-metody-izmereniya-faktory-i-ekologo-geograficheskaya-izmenchivost> (accessed 27.04.2023). (In Russ.).

4. Grinets L. V., Senkova L. A., Mingalev S. K. Biologicheskaya aktivnost' pochvy [Soil biological activity]. *Agrarnoe obrazovanie i nauka* = Agrarian Education and Science, 2019, no. 2, pp. 14–17. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskaya-aktivnost-pochvy-1> (accessed 28.04.2023). (In Russ.).

5. Kolesnikova I. Ya., Voronin L. V. Vliyanie biopestitsidov na komplekсы pochvennykh mikromitsetov v agrotsenozakh [Influence of biopesticides on soil micromycetes complexes in agrocenosis]. *Ekosistemy* = Ecosystems, 2019, no. 18 (48), pp. 97–107. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-biopestitsidov-na-komplekсы-pochvennykh-mikromitsetov-v-agrotsenozah> (accessed 28.04.2023). (In Russ.).

6. Kositsyna O. A., Klepikov I. I. Rol' mikroorganizmov v pochvoobrazovanii [The role of microorganisms in soil formation]. *Stolypinskiy vestnik* = Stolypin Bulletin, 2022, no. 5, pp. 2931–2939. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-mikroorganizmov-v-pochvoobrazovanii> (accessed 27.04.2023). (In Russ.).

7. Maryina-Chermnykh O. G. Vliyanie agrotekhnologii pri vozdeleyanii sel'skokhozyaistvennykh kul'tur na okruzhayushchuyu sredu [Influence of agricultural technologies on the environment during crop cultivation]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki"* = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2017, no. 1 (9), pp. 56–59. Available at: <http://agro-econom.vestnik.marsu.ru/view/journal/article.html?id=1341> (accessed 28.04.2023). (In Russ.).

8. Maryina-Chermnykh O. G., Toimetov M. E. Vliyanie organo-mineral'nogo udobreniya na mikrofloru pochvy [The influence of organo-mineral fertilizers on the soil microflora]. *Vestnik Mariiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Sel'skokhozyaistvennye nauki. Ekonomicheskie nauki"* = Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics", 2018, vol. 4, no. 3, pp. 52–56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2018-4-3-52-56>

9. Osipov A. I. Rol' udobreniy v plodorodii pochv i pitanii rasteniy [The role of fertilizers in soil fertility and plant nutrition]. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya* = Health – the base of human potential: problems and ways to solve them, 2020, no. 2, pp. 874–887. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-udobreniy-v-plodorodii-pochv-i-pitanii-rasteniy> (accessed 29.04.2023). (In Russ.).

10. Sokolov M. S., Spiridonov Yu. Ya., Glinushkin A. P., Toropova E. Yu. Organicheskoe udobrenie – effektivnyi faktor ozdorovleniya pochvy i induktor ee supressivnosti [Organic fertilizer is an effective factor of soil improvement and an inductor of its suppressive capacity]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2018, no. 1, pp. 4–12. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/organicheskoe-udobrenie-effektivnyy-faktor-ozdorovleniya-pochvy-i-induktor-eyo-supressivnosti> (accessed 27.04.2023). (In Russ.).

The article was submitted 20.06.2023; approved after reviewing 16.08.2023; accepted for publication 20.09.2023.

About the authors

Mikhail I. Andreev

Postgraduate student, Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), 79613768083@yandex.ru

Olga G. Maryina-Chermnykh

Dr. Sci. (Biology), Professor, Associate Professor of the Department of Agroengineering and Technology of Production, Processing of Agricultural Products, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 420000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7122-0743>, oly6045@yandex.ru