



ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ

Научная статья/Research Article

УДК 606: 631.95: 631.8: 631.812.1: 631.861

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-78-85

Наталья Артемовна Воронкова¹, Наталья Федоровна Балабанова^{2✉},
Виктория Андреевна Волкова³, Ольга Федоровна Хамова⁴, Артем Юрьевич Тимохин⁵

^{1,2,3,4,5}Омский аграрный научный центр, Омск, Россия

¹voronkova67@bk.ru

²natascha.balabanowa@mail.ru

³volkovava1989@yandex.ru

⁴hamova@anc55.ru

⁵timokhin@anc55.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ПТИЦЕВОДСТВА, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

Цель исследований – изучение экологической безопасности и эффективности влияния продукта ферментативной переработки биоотходов птицефабрики (биоудобрения) на отдельные элементы плодородия почвы и урожайность яровой мягкой пшеницы. Задачи: изучение химического состава удобрения; измерение показателей численности микроорганизмов; определение содержания нитратного азота и фитотоксичности при внесении микроудобрения в почву; оценка его эффективности в полевом опыте при возделывании яровой пшеницы. Закладку полевых испытаний биоудобрения проводили на опытном полигоне лаборатории агрохимии в зоне южной лесостепной зоне Омской области. Почва опытного участка лугово-черноземная среднесиловатая среднесуглинистая. Схема полевого опыта разрабатывалась с учетом динамики минерализации (20 %) органических удобрений в год их применения: 1 – контроль (без удобрений); 2 – внесение азотно-фосфорных минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀ (эквивалентная по содержанию N, P, K в 10 т биоудобрения); внесение биоудобрения в дозах: 3 – 10 т/га; 4 – 15 т/га; 5 – 20 т/га. Повторность в опыте трехкратная. Площадь опытной делянки – 18 м². Закладку опыта, учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам. Лабораторный опыт закладывали по методике ускоренного компостирования по схеме: 1 – контроль (0); внесение в почву биоудобрения в дозах: 2 – 10 т/га; 3 – 20 т/га; 4 – 30 т/га. Качественный анализ биоудобрения показал, что концентрация поллютантов в нем не превышает допустимых пределов. В его составе отсутствовали патогенные и болезнетворные микроорганизмы. По содержанию макроэлементов (NPK) оно не уступает основным биоресурсам (навозу КРС, сапропелю, сидератам). Узкое соотношение азота к углероду (3,6) в нем обеспечивает короткий срок биodeградации его в почве. Внесение биоудобрения в дозах 10–20 т/га положительно влияет на микробный гомеостаз, при этом не проявлялась токсичность почвенного субстрата, улучшался азотный режим питания растений, урожайность яровой пшеницы возросла до 11 %.

© Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф., Волкова В.А., Хамова О.Ф., Тимохин А.Ю., 2024

Вестник КрасГАУ. 2024. № 12. С. 78–85.

Bulliten KrasSAU. 2024;(12):78–85.

Ключевые слова: биоудобрение, птицеводство, птичий помет, аэробная ферментация, урожайность яровой пшеницы

Для цитирования: Применение микробных технологий при переработке отходов птицеводства, используемых для повышения плодородия почвы и урожайности яровой пшеницы / Н.А. Воронкова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 12. С. 78–85. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-78-85.

Natalia Artemovna Voronkova¹, Natalya Fedorovna Balabanova^{2✉}, Victoria Andreevna Volkova³, Olga Fedorovna Khamova⁴, Artem Yuryevich Timokhin⁵

^{1,2,3,4,5}Omsk Agricultural Research Center, Omsk, Russia

¹voronkova67@bk.ru

²natascha.balabanowa@mail.ru

³volkovava1989@yandex.ru

⁴hamova@anc55.ru

⁵timokhin@anc55.ru

APPLICATION OF MICROBIAL TECHNOLOGIES IN PROCESSING POULTRY WASTE USED TO INCREASE SOIL FERTILITY AND SPRING WHEAT YIELD

The aim of research is to study the environmental safety and effectiveness of the influence of the product of enzymatic processing of biowaste of a poultry farm (biofertilizer) on individual elements of soil fertility and the yield of spring soft wheat. Objectives: to study the chemical composition of the fertilizer; to measure the number of microorganisms; to determine the content of nitrate nitrogen and phytotoxicity when adding microfertilizer to the soil; to evaluate its effectiveness in a field experiment when cultivating spring wheat. Field trials of the biofertilizer were carried out at the experimental site of the agrochemistry laboratory in the southern forest-steppe zone of the Omsk Region. The soil of the experimental site is meadow-chernozem, medium-deep, medium-humus, heavy loamy. The scheme of the field experiment was developed taking into account the dynamics of mineralization (20 %) of organic fertilizers in the year of their application: 1 – control (without fertilizers); 2 – application of nitrogen-phosphorus mineral fertilizers at a dose of N₆₀P₆₀ (equivalent in terms of N, P, K content in 10 tons of biofertilizer); application of biofertilizer at doses: 3 – 10 t/ha; 4 – 15 t/ha; 5 – 20 t/ha. The experiment was repeated three times. The area of the experimental plot was 18 m². The experiment was set up, records were taken and observations were carried out using generally accepted methods. The laboratory experiment was set up using the accelerated composting method according to the following scheme: 1 – control (0); application of biofertilizer to the soil in doses of: 2 – 10 t/ha; 3 – 20 t/ha; 4 – 30 t/ha. A qualitative analysis of the biofertilizer showed that the concentration of pollutants in it did not exceed the permissible limits. It did not contain any pathogenic or disease-causing microorganisms. In terms of macronutrient content (NPK), it is not inferior to the main bioresources (cattle manure, spropel, green manure). The narrow nitrogen to carbon ratio (3.6) in it ensures a short period of its biodegradation in the soil. The application of biofertilizer in doses of 10–20 t/ha has a positive effect on microbial homeostasis, while the toxicity of the soil substrate was not manifested, the nitrogen regime of plant nutrition improved, and the yield of spring wheat increased to 11 %.

Keywords: biofertilizer, poultry farming, poultry manure, aerobic fermentation, yield of spring wheat

For citation: Application of microbial technologies in processing poultry waste used to increase soil fertility and spring wheat yield / N.A. Voronkova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(12): 78–85 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-12-78-85.

Введение. В аграрном комплексе РФ птицеводство – экономически выгодное производство, обеспечивающее население полноценным питанием: мясной продукцией, яйцом и продуктами их

переработки. Но при этом на птицефабриках ежегодно образуется большое количество помета и других биоотходов, превышающее по массе основную продукцию, которое может представ-

леть реальную угрозу загрязнения окружающей среды [1]. Анализ существующих технологий переработки птичьего помета и биоотходов в России и за рубежом показывает, что большинство из них энергоемки, требуют специального оборудования и зачастую экологически небезопасны [2, 3]. Например, при термической сушке птичьего помета получают концентрированное органическое удобрение, на что тратится значительное количество энергии, но в процессе сушки выделяются побочные газообразные вещества. Одним из решений данной проблемы является освоение биологических технологий переработки органических отходов, например, аэробной ферментативной переработки с помощью микробных ассоциаций. Конечный продукт ферментации содержит необходимые растениям макро- и микроэлементы, комплекс агрономически ценной микрофлоры, лишен патогенов, семян сорняков, удобен для применения [4].

В активно развивающемся аграрном комплексе Омской области отрасль птицеводства в последние десятилетия базируется на птицеводческих хозяйствах современного промышленного типа, однако же проблема утилизации отходов по-прежнему актуальна. В ее решении производители используют различные подходы: классические и инновационные способы переработки биоотходов. Отдельного внимания заслуживает установка биоконверсии птичьего помета, которая была введена в эксплуатацию в ЗАО «Иртышское» Омского района в 2019 г.

Цель исследований – изучение экологической безопасности и эффективности влияния продукта ферментативной переработки биоотходов птицефабрики (биоудобрения) на отдельные элементы плодородия почвы и урожайность яровой мягкой пшеницы.

Задачи: изучение химического состава удобрения; измерение показателей численности микроорганизмов; определение содержания нитратного азота и фитотоксичности при внесении микроудобрения в почву; оценка его эффективности в полевом опыте при возделывании яровой пшеницы.

Объекты и методы. Исследования проводились в ФГБНУ «Омский АНЦ» в лаборатории агрохимии. Изучаемое биоудобрение получали в вертикальной ферментационной установке СОМРО ТС-101: сверху в вертикальную круглую

емкость объемом около 95 м² загружались биоотходы влажностью 65–70 %, а снизу ежедневно выгружался готовый продукт. Для разложения органических отходов использовались ферментативные бактерии – *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, они исполняют этапы ферментативного гидролиза и кислотообразования. Микроорганизмы выделяют экзоферменты, осуществляя гидролиз, разложение сложных соединений на простые. Размножение бактерий происходит при наличии питательной среды, в которую входят углерод и кислород. В самом продукте достаточно энергии, и в результате жизнедеятельности микроорганизмов происходило разложение аммиака и других компонентов на доступные для растений вещества. Одновременно эти процессы приводят к увеличению температуры до 70 °С, уничтожая патогены. За это время выделяется столько тепла, что, подключив к агрегату теплообменники, можно обогревать производственные помещения. За время производственного цикла, составляющего 8–10 дней, объем продукта уменьшался более чем на 70 %, что значительно снижало транспортные расходы.

Закладку полевых опытов проводили на опытном полигоне лаборатории агрохимии в зоне южной лесостепи Омской области. Почва опытного участка – лугово-черноземная среднемогучая среднегумусовая тяжелосуглинистая. Содержание подвижного фосфора и обменного калия до посева – 105–128 и 350 соответственно мг/кг почвы (по Чирикову), рН 6,6–6,7. Лабораторный опыт закладывали по методике ускоренного компостирования по схеме: 1 – контроль (0); внесение в почву биоудобрения в дозах: 2 – 10 т/га; 3 – 20 т/га; 4 – 30 т/га. Схема полевого опыта разрабатывалась с учетом динамики минерализации (20 %) органических удобрений в год их применения: 1 – контроль (без удобрений); 2 – внесение азотно-фосфорных минеральных удобрений в дозе N₆₀P₆₀ (эквивалентная по содержанию N, P, K в 10 т биоудобрения); внесение биоудобрения в дозах: 3 – 10 т/га; 4 – 15 т/га; 5 – 20 т/га. Повторность в опыте 3-кратная. Площадь опытной делянки – 18 м². Закладку опыта, учеты и наблюдения проводили по общепринятым методикам. Предшественник – яровая мягкая пшеница, вторая культура после пара. Удобрения

вносили весной перед посевом пшеницы с дальнейшей заделкой в почву. Посев яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и учет урожайности проведен в оптимальные для зоны сроки, сорт – Мелодия селекции ФГБНУ «Омский АНЦ». В течение вегетации проводился уход за посевами: гербицидная и механическая прополка. Определение содержания в почве основных макроэлементов проводили по общепринятым методикам; токсичности почвы – по методу ВИУА (1991); определяли численность микроорганизмов, выращенных на мясо-пептонном агаре (МПА) и крахмало-аммиачном агаре (КАА) [5]. Результаты исследований математически обработаны.

Результаты и их обсуждение. Химический анализ биоудобрения показал, что после 10-дневной ферментации оно имело соответствующий качественный и количественный состав. Содержание основных макроэлементов в нем было практически равноценно, соотношение N : P : K – 1 : 0,9 : 0,8. Количество поллютантов (Pb, Cd, As, Hg, остаточное количество пестицидов) согласно нормативной документации не превышало допустимых значений. Патогенные и болезнетворные микроорганизмы, в т. ч. энтеро-

бактерии, стафилококки, клостридии, бациллы, энтеровирусы, цисты кишечных патогенных простейших, отсутствовали. Исследуемое биоудобрение являлось высококонцентрированным по обеспеченности его фосфором (2,8 % P₂O₅) и калием (2,6 % K₂O) – их в 10–17 раз выше, чем в навозе КРС, сапропеле и сидеральной смеси. По содержанию валового азота биоудобрению (3,2 %) уступают и навоз (0,45 %), и сидераты (0,44 %), и только у сапропеля концентрация валового азота (2,3 %) была близка к значению данного показателя. Важным показателем при оценке удобрительной ценности любого органического удобрения является не только содержание в нем углерода и азота, но и их соотношение. В изучаемом биоудобрении C : N = 3,6, из чего можно сделать вывод, что при его внесении оно будет быстро биodeградировать, обеспечивая растение основными биогенными элементами питания, и способствовать сохранению почвенного плодородия за счет экономного использования естественных почвенных ресурсов.

Перед закладкой полевого опыта был проведен лабораторный опыт по изучению влияния биоудобрения на микробиоценоз почвы (табл. 1).

Таблица 1

Структура микробного ценоза и трансформация органического вещества в почве, млн КОЕ/г абс. сухой почвы (срок экспозиции 25 сут)

Доза биоудобрения, т/га	Микроорганизмы		МПА/КАА	КАА/МПА
	на МПА	КАА		
0	103,3	93,5	1,1	0,9
10	285,2	251,8	1,1	0,9
20	341,7	391,7	0,9	1,2
30	208,1	179,6	1,2	0,9

В контрольном варианте численность микроорганизмов, растущих на МПА и КАА, была 103,3 и 93,5 млн КОЕ/г соответственно. В вариантах с биоудобрением наблюдался всплеск минерализационной активности почвы, которая в большей степени зависела от дозы удобрения: численность возросла в 2–4 раза. Установлено, что дозы биоудобрения 10–20 т/га активизировали микробиоценоз почвы, причем чем выше доза, тем больше численность микроорганизмов, и это относится к обеим группам микроорганизмов, их численность экспоненциально возрастала. Тогда как в варианте с внесением 30 т/га наблю-

дался менее активный рост численности в сравнении с предыдущими вариантами опыта. Если учесть, что внешние экологические факторы в эксперименте не изменялись, то можно предположить, что микробная активность почвы сдерживалась образованием повышенной концентрации метаболитов в результате биотрансформации 30 т/га биоудобрения. Следует подчеркнуть, что микроорганизмы, растущие на КАА, были более чувствительны, это отчетливо видно на графике (рис. 1), изменение их численности имеет более высокие пиковые значения.

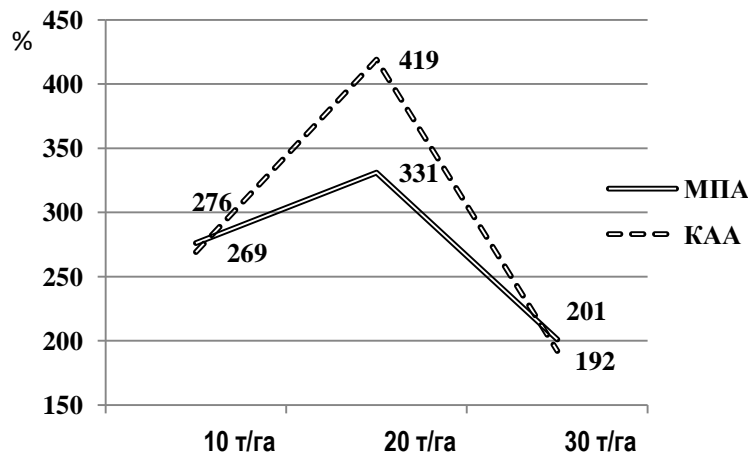


Рис. 1. Численность микроорганизмов на МПА и КАА (\pm к контролю), %

По соотношению численности микроорганизмов на МПА и КАА были рассчитаны коэффициенты минерализации ($K_{\text{мин}} = \text{КАА}/\text{МПА}$) и иммобилизации азота ($K_{\text{иммоб.}} = \text{МПА}/\text{КАА}$) в почве. Отношение числа микроорганизмов, растущих на КАА, к числу микроорганизмов, растущих на МПА, менее единицы и при обратном соотношении более единицы во всех вариантах кроме 20 т/га, это свидетельствует, что процессы иммобилизации идут более интенсивно. Эта направленность почвенных процессов при внесении биоудобрения подтверждает его экологичность: соединения, образующиеся при его разложении, остаются в границах педосферы.

Эффективность азотных удобрений подтверждена многочисленными исследованиями [6, 7],

однако при их применении почва испытывает определенную техногенную нагрузку. В качестве биологического источника азота может быть использовано биоудобрение. Потенциальное азотонакопление при внесении данного биоудобрения было оценено через 7; 14 и 25 дней. Компостирование позволило учитывать азот нитратов, окисленный не только из минеральных форм, но и образованный за счет минерализации мобильных соединений органического вещества. Оценка почвенного субстрата (почва + биоудобрение) при компостировании показала, что в зависимости от времени и дозы органического удобрения количество N-NO_3 изменилось на 6–68 % относительно варианта без внесения биоудобрения (рис. 2).

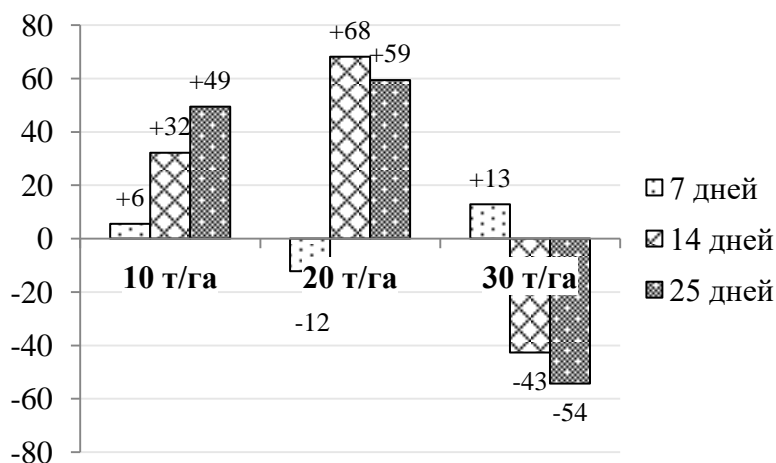


Рис. 2. Изменение содержания нитратного азота в почвенном субстрате в зависимости от срока компостирования, %

Наибольшее азотонакопление шло при внесении 10 и 20 т/га биоудобрения. Содержание N-NO₃ за 25 сут в варианте 10 т/га возросло на 49 %, 20 т/га – на 59 % в сравнении с контролем, а вот в варианте внесения 30 т/га – резко снизилось на 54 %. Такое снижение, предположительно, обусловлено закреплением азота микробной плазмой, так, K_{иммоб.} = МПА/КАА > 1, или особенностями протекания процесса нитрификации. Таким образом, внесение биоудобрения в количестве 10–20 т/га улучшало азот-

ный режим питания растений при экологически безопасном его применении.

В лабораторных условиях также была установлена фитотоксичность почвы при внесении биоудобрения методом биотестирования, тест-культура – редис (*Raphanus sativus var. Sativus*, сорт Французский завтрак). Токсичность почвы определяли по реакции роста корешков редиса через 7; 14 и 25 дней при t = 20 °С. При внесении биоудобрения в количестве 10 т/га токсичность почвы не была обнаружена – ни общая, ни биологическая (рис. 3).

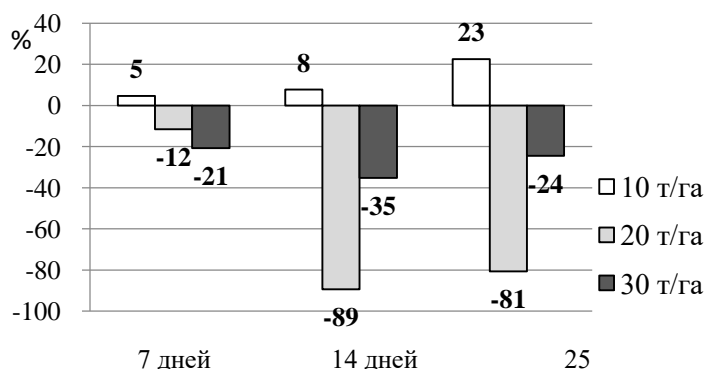


Рис. 3. Изменение длины корешка редиса при прорастании (± к контролю), %

При внесении же 20 и 30 т/га биоудобрения растения уже на начальном этапе онтогенеза испытывали депрессивное влияние продуктов метаболизма биоудобрения. Длина корешка в варианте внесения 20 т/га снизилась на 81–89 % за счет того, что в этом варианте, согласно данным наших исследований, образовалось достаточно большое количество N-NO₃. Высокие концентрации азотной кислоты в почвенном растворе, вероятно, ингибировали развитие растений. В варианте 30 т/га также отмечалось снижение длины на 24–35 %. Различия по вариантам объясняются разной концентрацией азотсодержащих оксокислот в почвенном растворе, так как в варианте 30 т/га биоудобрения в почвенном растворе в процессе нитрификации содержался

не только конечный продукт – азотная кислота (нитрат-ионы) в достаточном количестве, но и азотистая кислота (нитрит-ионы), которая слабее и поэтому действие почвенного раствора на рост и развитие корешков редиса мы наблюдаем не такое токсичное, как в варианте внесения 20 т/га биоудобрения.

Однако данный эксперимент – это полуоткрытая система, поэтому в полевых условиях описанные выше результаты могут не проявляться, и это мы чуть позже отметим при анализе урожайности полевой культуры опыта. Проведенными исследованиями установлено, что в полевом опыте урожайность яровой пшеницы в варианте без удобрений составила 3,43 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Влияние биоудобрения на урожайность зерна яровой пшеницы, т/га

Вариант	Урожайность	Прибавка	
		т/га	%
Контроль (без удобрений)	3,43		
N ₆₀ P ₆₀	3,99	0,56	16
Биоудобрение, т/га: 10	3,60	0,17	5
15	3,77	0,34	10
20	3,82	0,39	11
НСР ₀₅		0,42	

Существенное влияние на продуктивность яровой пшеницы оказала оптимизация минерального питания: при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}$ дополнительно получено 0,56 т/га зерна, внесение биоудобрения обеспечило получение прибавки урожая 0,14–0,39 т/га, или 5–11 %. Лучшим вариантом с позиции экономической целесообразности был вариант внесения 20 т/га биоудобрения, прибавка составила 0,39 т/га зерна и дальнейшее увеличение дозы до 30 т/га не обеспечило существенного роста урожайности. Однако стоит помнить, что органические удобрения обладают длительным сроком последствия и оказывают положительное влияние на сохранения почвенного плодородия [5].

Заключение. Таким образом, внедрение микробных биотехнологий в технологический цикл птицеводческих хозяйств обеспечивает надежное экологическое благополучие из-за отсутствия источника загрязнения окружающей среды – птичьего помета и других отходов, а растениеводческие хозяйства будут иметь возможность увеличения урожайности сельскохозяйственных культур за счет сохранения почвенного плодородия сельскохозяйственных угодий.

Список источников

1. Волошин Е.И. Эффективность применения органических удобрений в агропромышленном комплексе Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2016. № 4. С. 138–146.
2. Инновационные способы переработки биоотходов птицеводства / В.Н. Попов [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2020. № 82 (1). С. 194–200.
3. Anaerobic digestion of different feedstocks: impact on energetic and environmental balances of biogas process / J. Bacenetti [et al.] // Science of The Total Environment. 2013. P. 541–551.
4. Получение органического продукта, обладающего свойством биоудобрения, путем биоконверсии птичьего помета / Г.В. Петрова [и др.] // Вестник КрасГАУ. № 12. 2020. С. 90–95.
5. Воронкова Н.А. Биологические ресурсы и их значение в сохранении почвенного пло-

- родия и повышении продуктивности агроценозов Западной Сибири. Омск, 2014. 188 с.
6. Влияние дифференцированного внесения азотных удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Н.Ф. Балабанова [и др.] // Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве: сб. науч. ст., посвящ. 70-летию д-ра с.-х. наук Юшкевича Леонида Витальевича. Омск, 2022. С. 10–16.
7. Агротехнические приемы повышения продуктивности пашни в Приенисейской Сибири / А.А. Шпедт [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2022. № 7. С. 11–19.

References

1. Voloshin E.I. 'Effektivnost' primeneniya organicheskikh udobrenij v agropromyshlennom komplekse Krasnoyarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. 2016. № 4. S. 138–146.
2. Innovacionnye sposoby pererabotki biootходов птицеводства / V.N. Popov [i dr.] // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. 2020. № 82 (1). S. 194–200.
3. Anaerobic digestion of different feedstocks: impact on energetic and environmental balances of biogas process / J. Bacenetti [et al.] // Science of The Total Environment. 2013. P. 541–551.
4. Poluchenie organicheskogo produkta, obladayuschego svojstvom bioudobreniya, putem biokonversii ptich'ego pometa / G.V. Petrova [i dr.] // Vestnik KrasGAU. № 12. 2020. S. 90–95.
5. Voronkova N.A. Biologicheskie resursy i ih znachenie v sohranenii pochvennogo plodorodiya i povyshenii produktivnosti agroценозов Zapadnoj Sibiri. Omsk, 2014. 188 s.
6. Vliyanie differencirovannogo vneseniya azotnyh udobrenij na urozhajnost' i kachestvo zerna yarovoј pshenicy / N.F. Balabanova [i dr.] // Innovacionnye tehnologii v zemledelii i rastenievodstve: sb. nauch. st., posvyasch. 70-letiyu d-ra s.-h. nauk Yushkevicha Leonida Vital'evicha. Omsk, 2022. S. 10–16.
7. Agrotehnicheskie priemy povysheniya produktivnosti pashni v Prienisejskoј Sibiri / A.A. Shpedt [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2022. № 7. S. 11–19.

Информация об авторах:

Наталья Артемовна Воронкова¹, главный научный сотрудник лаборатории агрохимии, доктор сельскохозяйственных наук

Наталья Федоровна Балабанова², ведущий научный сотрудник лаборатории агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук

Виктория Андреевна Волкова³, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии, кандидат сельскохозяйственных наук

Ольга Федоровна Хамова⁴, главный научный сотрудник лаборатории микробиологии, кандидат сельскохозяйственных наук

Артем Юрьевич Тимохин⁵, заведующий агротехнологическим центром, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Natalia Artemovna Voronkova¹, Chief Researcher at the Laboratory of Agrochemistry, Doctor of Agricultural Sciences

Natalya Fedorovna Balabanova², Leading Researcher at the Laboratory of Agrochemistry, Candidate of Agricultural Sciences

Victoria Andreevna Volkova³, Senior Researcher, Laboratory of Agrochemistry, Candidate of Agricultural Sciences

Olga Fedorovna Khamova⁴, Chief Researcher at the Microbiology Laboratory, Candidate of Agricultural Sciences

Artem Yuryevich Timokhin⁵, Head of the Agrotechnological Center, Candidate of Agricultural Sciences

