

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КУРИНОГО ПОМЕТА
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ****З. М. Халиуллина, А. С. Ганиев, И. Х. Гайфуллин**

Реферат. В настоящей работе изучена возможность и эффективность использования куриного помета как органическое удобрение «Улучшитель почв (УП-1)». «Улучшитель почв (УП-1)» получен при добавлении препарата «Мефосфон» в куриный помет. Препарат «Мефосфон» предназначен для выращивания зерновых культур, а также производства органической продукции. Экспериментальным путем выявлено перспективность использования препарата «Мефосфон» для ускорения переработки органических отходов. В результате исследований были получены полевые данные о выращивании озимой пшеницы сорта «Казанская 560» Элита на полях ОАО «Агрофирма «Ак Барс - Пестрецы». Внесение куриного помета - «Улучшитель почв (УП-1)», обработанного препаратом «Мефосфон». В качестве экспериментальной культуры использовался местный сорт озимой пшеницы «Казанская 560» Элита с нормой высева 280 кг/га. Предшественником являлись многолетние травы. Перед экспериментом и после уборки урожая проводили отбор почвы на анализы с обеих экспериментальных полей площадью 300 га из 6 случайных участков на глубине слоя 0-20 см. В результате полевых испытаний зафиксировано повышение урожайности зерна сорта «Казанская 560» Элита при внесении куриного помета. В опытных участках урожайность составила 33,5 и 36,0 ц/га. Выращенное зерно с применением обработанного препаратом «Мефосфон» куриного помета соответствует основным требованиям качества и практически не уступает зерну контрольной группы, что позволяет свободно применять его для переработки в муку надлежащего качества. Анализ показателей опытных образцов почвы показывает, что они не превышают требований научно-технической документации. Таким образом, полученная почва безопасна для человека и производства сельскохозяйственной продукции. Предложенная технология переработки отходов птицеводства улучшит экологическую обстановку вокруг современных птицефабрик, снизит использование необработанного куриного помета в качестве удобрений, заменяя его на более высококачественные и экологически чистые органические удобрения, образующиеся в результате анаэробной утилизации помета.

Ключевые слова: «Улучшитель почв», Мефосфон, органическое удобрение, утилизация, куриный помет, урожайность, сельское хозяйство.

Для цитирования: Халиуллина З.М., Ганиев А.С., Гайфуллин И.Х. Эффективность использования куриного помета при выращивании зерна озимой пшеницы // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2024. № 2 (10). С. 48-53

Введение. Пшеница (*Triticum aestivum*) является основной пищевой культурой во всем мире, производство которой занимает площадь $2,18 \times 10^8$ га, что составляет более 20% мировых пахотных земель. В основном она используется для производства хлеба, макаронных изделий, каши и других продуктов. Существует несколько видов пшеницы, таких как твердая пшеница (для хлебопечения) и мягкая пшеница (для производства каши и кашниц). Пшеница является однолетним растением и имеет хорошую адаптацию к различным климатическим условиям. Ее выращивание требует определенных условий почвы, влажности и температуры. Важно правильно ухаживать за посевами пшеницы, вносить необходимые удобрения и обеспечивать защиту от болезней и вредителей. В целом, пшеница играет ключевую роль в мировом сельском хозяйстве и питании человечества [1].

Республика Татарстан является одной из крупнейших стран-производителей пшеницы с общей посевной площадью 2,7 млн. гектаров. В Республики Татарстан пшеница занимает значительную площадь посевов и является одной из ключевых культур для обеспечения продовольственной безопасности региона. Выращивание пшеницы требует хорошей

агротехники, включая правильный подбор сортов, оптимальное использование удобрений и защитных средств, а также контроль за вредителями и болезнями. Министерство сельского хозяйства Республики Татарстан проводит работу по совершенствованию технологий выращивания пшеницы, а также исследования по улучшению урожайности и качества зерна. Важным направлением является также развитие органического земледелия и устойчивых методов производства, чтобы сохранить плодородие почвы и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду. Пшеница продолжает оставаться важной культурой для сельского хозяйства Республики Татарстан, и ее выращивание играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий [2, 3, 4].

Однако производство пшеницы в нашем регионе сталкивается с серьезной проблемой, связанной со скудным водоснабжением и дефицитом питательных веществ почве [5]. Из-за скудных и глубоких запасов подземных вод осадки являются единственным источником воды для производства пшеницы. Только 30-40% годового количества осадков выпадает в течение вегетационного периода озимой пшеницы, тогда как большая часть осадков

выпадает в период с июля по сентябрь, что совпадает с летним паром между двумя вегетационными периодами озимой пшеницы. Между тем, неразумные методы выращивания, включая чрезмерное внесение химических удобрений и интенсивную обработку почвы, приводят к тому, что почва становится хрупкой структурой, имеет низкую доступность питательных веществ и водоудерживающую способность. В этом контексте все больше внимания уделяется использованию органических материалов для поддержания плодородия почвы и стимулирования производства сельскохозяйственных культур. Например, только на одной птицефабрике «Яратель» Лаишевского района республики Татарстан в течение 2023 года было произведено куриного помета в количестве свыше 178 млн тонн, и, если его не обрабатывать или не перерабатывать, это будет огромными отходами.

В отличие от длительного применения химических удобрений, которое приводит к дальнейшей деградации почвы и ряду экологических проблем, навозная добавка поставляет как основные, так и микроэлементы, необходимые для роста растений. И обеспечивает лучшую среду для развития корней за счет улучшения физических, химических и биологических свойств почвы, что, в свою очередь, улучшает поглощение питательных веществ и воды озимой пшеницей [6, 7, 8].

Животноводческие отходы, такие как куриный помёт, являются значительным источником загрязнения окружающей среды. Однако, при правильной переработке, они могут быть преобразованы в ценное биоудобрение, соответствующее требованиям ГОСТ Р 53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства» [9]. Куриный помет, как и любые другие органические отходы, может представлять вред для окружающей среды и здоровья людей, если не обработать или

не перерабатывать его должным образом. Необработанный куриный помет может содержать высокие концентрации азота, фосфора и калия, а также микроорганизмы, которые могут быть патогенными для растений и животных. Кроме того, неправильное хранение и использование куриного помёта может привести к загрязнению почвы, воды и воздуха. Однако, при правильной обработке и переработке куриный помет может стать ценным органическим удобрением, которое улучшает плодородие почвы и способствует росту сельскохозяйственных культур, таких как пшеница [10].

Целью данного исследования является изучение эффективности использования куриного помета для выращивания зерна озимой пшеницы.

Условия, материалы и методы. В настоящем исследовании мы проводили полевые исследования на пашнях птицефабрики ОАО «Агрофирма «Ак Барс - Пестрецы» в отделе Птицефабрика Пестречинского муниципального района РТ. Организация ОАО «Агрофирма «Ак Барс - Пестрецы» является крупным предприятием в сельском хозяйстве, специализирующимся на производстве птицы. Проведение полевых экспериментов на местах позволял получить непосредственные данные и оценить реальную эффективность различных методов и технологий. Эксперименты были проведены с учетом двух основных факторов обработки почвы: внесение куриного помета (опыт 1) и внесение куриного помета, предварительно обработанного препаратом «Мефосфон» (опыт 2). Обработки были организованы по схеме разделенных участков, чтобы исключить возможные смешения и обеспечить контроль над внесением различных удобрений. Размер участка в первом случае составлял 111 га, а во втором - 200 г (табл. 1).

Таблица 1 – Экспериментальное поле

Группа	Используемое удобрение	Площадь, га
Опыт 1	Компостированный куриный помет	185
Опыт 2	Куриный помет, обработанный препаратом «Мефосфон»	115

Необработанный куриный помет и обработанный препаратом «Мефосфон» компост внесены методом разбрасывания трактором «КамАЗ ХТХ-15» с прицепом METAL-FACH N272/3 VIKING (навозоразбрасыватель) на всё экспериментальное поле, после чего проводилась обработка трактором New Holland T8 и бороной дисковой Horsch. Таким образом, все участки экспериментального поля были равномерно обработаны и обеспечены необходимыми удобрениями [11, 12].

В качестве тестовой культурой использовался широко используемый местный сорт озимой пшеницы «Казанская 560» Элита, норма высева 280 кг/га. Сроки посева 22.08.2022-27.08.2022 годы, междурядье

15 см. Предшественник – многолетние травы. Перед экспериментом и послеуборки урожая проводили отбор почвы на анализы с обеих экспериментальных полей площадью 300 га из 6 случайных участков на глубине слоя 0–20 см. Отбор проводили шнеком (внутренний диаметр 4,0 см) с интервалом 20 см. Все отобранные пробы с каждого участка были перемешаны. Свежие образцы почвы были доставлены в ФГБУ «Татарская испытательная лаборатория ФНБУ «Федеральный центр охраны здоровья животных» для проведения лабораторных исследований по определению контроля качества. Исследования регламентировались по ГОСТу 17.4.4.02-2017 Охрана природы. Почвы. Методы отбора и

АГРОНОМИЯ

подготовки проб для химического, бактериалогического, гельментологического анализа на соответствие требованиям ГН 1.2.3539-18 – Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды, СанПин 2.1.7.1287-03 – Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы, ГН 1.2.3539 – 18 – Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды.

Результаты и обсуждение. В рамках нашего исследования были проведены

полевые испытания на полях ОАО «Агрофирма «Ак Барс - Пестрецы» с применением куриного помета согласно описанной методике [13, 14]. Уборка урожая со всех участков осуществлялась комбайном «New Holland» CX 6090, а зерно с каждой делянки собиралось в отдельные мешки для последующего анализа качества. Урожайность зерна сорта «Казанская 560» Элита с опытных участков составила 33,5 и 36,0 ц/га. Полученные результаты представлены в таблице 2 [16].

Таблица 2 - Урожайность озимой пшеницы

Группа	Площадь, га	Валовой сбор, кг	Урожайность, ц/га
Опыт 1	185	3762	33,5
Опыт 2	115	6900	36

Полученные экспериментальные данные показывают, что использование при выращивании озимой пшеницы в качестве удобрения куриного помета, обработанного препаратом Мефосфоном обеспечивает более высокую урожайность. Эксперимент позволил оценить влияние применения куриного помета на урожайность и качество зерна, что может быть важным для оптимизации производства и повышения эффективности сельскохозяйственного процесса [15].

Таким образом, полученные экспериментальные данные показывают, что при использовании в качестве органического удобрения «Улучшитель почв (УП-1)» можно получить зерно пшеницы, соответствующее основным требованиям качества и практически не уступает зерну контрольной группы и может свободно применяться для переработки в пшеничную муку надлежащего качества.

Проведенный анализ показал, что показатели опытных образцов почвы не превышают требованиям научно-технической документации ГОСТ Р 53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства» [16, 17]. По содержанию

мышьяка почва с опытного участка имеет меньшее его содержание по сравнению с контрольным участком. В пробах отсутствуют патогенные микроорганизмы, в т.ч сальмонеллы, сульфит редуцирующие бактерии, цисты кишечных патогенных простейших, яйца и личинки гельминтов, БГКП и энтерококки – менее 1 кл/г. Также содержание тяжелых металлов, таких как свинец, кадмий, ртуть и мышьяк, природных и техногенных радионуклидов соответствует требованиям, предъявляемым к органическим удобрениям из отходов птицеводства (ГОСТ Р 53117-2008, НРБ-99/2009) и не превышает ОДК для почвы [18, 19, 20].

В таблице 3 представлены сравнительные данные показателей почвы до посева в 2023 году и после уборки урожая в 2023 году для двух опытов (Опыт 1 и Опыт 2) на двух разных датах (11 мая 2023 года и 7 августа 2023 года).

В таблице приведены следующие показатели: рН водного вытяжения, рН солевого вытяжения, массовая доля K_2O , массовая доля P_2O_5 , массовая доля органических веществ, щелочногидролизующий азот [21].

Таблица 3 - Сравнительные данные показателей почвы до посева и после уборки урожая

Наименование показателя	2022 год до посева		2022 год после уборки урожая	
	Опыт 1 08.05.2022	Опыт 2 08.05.2022	Опыт 1 04.08.2022	Опыт 2 04.08.2022
рН водной вытяжки	6,8	6,9	7,2	7,0
рН солевой вытяжки	6,0	7,1	6,1	6,4
Массовая доля K_2O , мг/кг	652	700	279	1214
Массовая доля P_2O_5 , мг/кг	113	149	292	919
Массовая доля органического вещества, %	7,04	5	3,92	6,31
Щелочногидрол. азот	111	85	119	189

Сравнение этих показателей между опытами и датами позволяет оценить изменения в почвенных свойствах в результате использования куриного помета и куриного помета, обработанного препаратом "Мефосфон" [22]. Диаграмма (рисунок) позволяет более наглядно сравнить и анализировать данные, представленные в таблице 3. На диаграмме можно увидеть

изменения в показателях почвы до и после посева, а также различия между опытами. В целом, результаты исследования подтверждают эффективность использования куриного помета в качестве удобрения для выращивания озимой пшеницы, что способствует улучшению урожайности и качества зерна. Полученная почва безопасна для человека и производства сельскохозяйственной продукции.

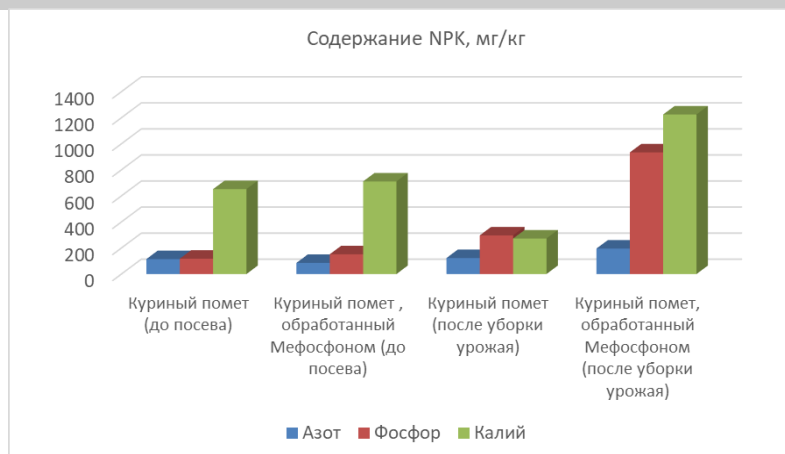


Рисунок - Сравнительные данные показателей NPK

Выводы. В ходе испытаний получено биоудобрение «Улучшитель почв УП-1», соответствующее физико-химическим и санитарно-биологическим характеристикам требованиям ГОСТ Р53117-2008 «Удобрения органические на основе отходов животноводства».

Предложенная технология переработки отходов птицеводства улучшит экологическую обстановку вокруг современных птицефабрик, снизит использование необработанного куриного помёта в качестве удобрений,

заменяя его на более высококачественные и экологически чистые органические удобрения, образующиеся в результате анаэробной утилизации помёта. Данная технология позволит увеличить в почве на 6,9% содержание органического вещества, в 1,7 раза массовую долю подвижного калия, в 6,1 раза массовую долю подвижного фосфора, также увеличивается скорость переработки помёта и, как следствие, сокращается время пребывания помёта в компосте до нескольких дней.

Литература

1. Предпосевная обработка семян пшеницы гормонпродуцирующими бактериями повышает урожайность растений пшеницы при засолении / Т. Н. Архипова, Е. В. Мартыненко, Г. В. Шарипова, Л. Ю. Кузьмина // Экобиотех. 2020. Т. 3. № 1. С. 79-85. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2020-3-1-79-85>.
2. Перспективы проектирования биогазовых установок / Ю. Х. Шогенов, А. Г. Фиашев, М. М. Хамоков, О. Х. Кильчукова // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения первого Президента Кабардино-Балкарской Республики В.М. Кокова. Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ имени В.М. Кокова, 2021. С. 356-359.
3. Свалова М. В. К оценке азотного баланса при утилизации осадков сточных вод и животноводческих стоков методом анаэробного сбраживания, используемых в качестве удобрения // Вестник НГИЭИ. 2022. № 11(138). С. 7-18. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-11-7-18>.
4. Энергетический потенциал метанообразования при анаэробном разложении органической составляющей отходов / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин, З. М. Халиуллина, Ю. Х. Шогенов // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию Казанского государственного аграрного университета. Казань: Казанский ГАУ, 2022. С. 67-75.
5. Агротехнические мероприятия по вовлечению в сельскохозяйственный оборот галечниковых земель под сады / А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев, Л. М. Хажметов [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2023. № 7(146). С. 7-18. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2023-7-7-18>.
6. Паршикова М. В., Паршиков С. Г., Булатова Н. Ю. К методике определения токсичности в пробах сточных вод и животноводческих стоков в лаборатории "Биотехнологии" // Вестник НГИЭИ. 2024. № 1(152). С. 18-28. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2024-1-18-28>.
7. Makkar A., Parkash C., Singh J., Vermicompost and vermiwash as supplement to improve seedling, plant growth and yield in linum usitassimum L. For organic agriculture // International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture. 2017 6. 203-218. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0168-4>
8. Халиуллин Ф. Х., Медведев В. М., Халиуллин А. Ф. Программа определения эксплуатационных показателей двигателей мобильных машин при эксплуатационных условиях с учетом их динамических характеристик // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2014662128. Заявка № 2014618754 от 25.08.2014.
9. The use of zeolites for biogas purification in agricultural production / V. P. Druzyanova, S. A. Petrova, N. S. Khiterkheeva [et al.] // E3S Web of Conferences: 13, Rostovon-Don, 26–28 февраля 2020 года. Rostovon-Don, 2020. P. 12012. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017512012>.
10. Влияние препарата Мефосфон на эффективность процесса получения биогаза и утилизации углеродсодержащих отходов / И. Х. Гайфуллин, З. М. Халиуллина, Б. Г. Зиганшин [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. 2021. Т. 16. № 3(63). С. 19-26. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-19-26>
11. Халиуллин Ф. Х., Яхин С. М., Имамеев А. З. и др. Регулируемое навесное устройство трактора // Патент на полезную модель № 214568, 03.11.2022
12. Курдюмов В. И., Мударисов С. Г., Татаров Г. Л. Оптимизация конструктивных параметров и режимов работы сошника для разноровневого высева семян и удобрений // Вестник Башкирского ГАУ. 2016. № 1(37). С. 79-84.

13. Лукаткин А. С., Шевцова Е. А., Варламов А. А. Агроэкологическая оценка использования куриного помета при выращивании злаковых культур // Материалы международной научно-практической конференции «Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах». Нижний Новгород: Нижегородский институт управления, 2014. С. 95-98.

14. Рабочая секция для полосовой обработки почвы / В. В. Тихонов, С. Г. Мударисов, З. С. Рахимов [и др.] // Сельский механизатор. 2016. № 1. С. 6-7.

15. Влияние агротехнических приемов на процесс промерзания почвы / А. К. Алажев, Ю. А. Шекихачев, А. Г. Фиапшев, Л. З. Шекихачева // Инновации и продовольственная безопасность. 2023. № 2(40). С. 95-104. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-40-2-95-104>.

16. Цифровые решения для почвообрабатывающей техники / Д. Т. Халиуллин, А. В. Дмитриев, Х. Карадаг, Б. Г. Зиганшин // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции. Казань: Казанский ГАУ, 2021. С. 592-603.

17. Теоретические исследования катка для малогабаритной почвообрабатывающей машины / Г. С. Юнусов, Н. Н. Андержанова, А. В. Алешкин [и др.] // Вестник Казанского ГАУ. 2021. Т. 16. № 2(62). С. 80-85. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-80-85>.

18. Каменев Р. А., Бельгин А. А., Баленко Е. Г. Эффективность применения куриного помета в звене полевого севооборота кукуруза на зерно - яровой ячмень - озимая пшеница // Труды Кубанского ГАУ. 2014. № 48. С. 54-56.

19. Resource-saving technology for manufacturing of environmentally-friendly organic fertilizers / V. P. Druzyanova, S. A. Petrova, M. K. Okhlopko, Yu. A. Sergeev // Dyna. 2018. Vol. 93. No 4. P. 398-403. <https://doi.org/10.6036/8598>.

20. Biogas production from undiluted chicken manure and maize silage: a study of ammonia inhibition in high solids anaerobic digestion / A. Sun, W. Cao, C.J. Banks, S. Heaven, R. Liu // Bioresource Technology. 2016. 218. 1215-1223. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.082>

21. The use of the Mephosphon drug to accelerate the process of biogas output and ripening of organic wastes / Z. Khaliullina, Yu. Shogenov, I. Gayfullin [et al.] // Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020). Kazan: EDP Sciences, 2020. P. 00127. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700127>

22. Рекомендации по обработке, утилизации и обеззараживанию органических отходов сельскохозяйственного производства применением биологически активного препарата - "Мефосфон" в аэробных и анаэробных условиях / Ф. С. Сибатуллин, З. М. Халиуллина, А. С. Ганиев, И. Х. Гайфуллин. Казань: Казанский ГАУ, 2021. 30 с.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии у них конфликта интересов. Финансирование работы отсутствовало.

Сведения об авторах:

Халиуллина Зульфия Мусавиховна – кандидат химических наук, доцент, e-mail: khaliullinaz@mail.ru
 Ганиев Алмаз Саляхудинович – кандидат биологических наук, научный сотрудник, e-mail: ganiev-almaz@mail.ru
 Гайфуллин Ильнур Хамзович – старший преподаватель, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru
 Казанский государственный аграрный университет, г. Казань, Россия

THE EFFECTIVENESS OF USING CHICKEN MANURE DURING THE CULTIVATION OF WINTER WHEAT GRAIN

Z. M. Khaliullina, A. S. Ganiev, I. Kh. Gayfullin

Abstract. In this paper, the possibility and effectiveness of using chicken manure as an organic fertilizer "Soil improver (UP-1)" is studied. "Soil improver (UP-1)" was obtained by adding the plant growth regulator "Mephosphone" to chicken manure. The drug "Mephosphone" is intended for the cultivation of grain crops, as well as the production of organic products. Experimentally, the prospects of using the drug "Mephosphone" to accelerate the processing of organic waste have been revealed. As a result of the research, field data were obtained on the cultivation of winter wheat of the Kazanskaya 560 Elite variety in the fields of JSC Agrofirma Ak Bars - Pestretsy. The introduction of chicken manure - "Soil improver (UP-1)", treated with the drug "Mephosphone" was carried out according to the described method. The local variety of winter wheat "Kazanskaya 560" Elite with a seeding rate of 280 kg/ha was used as an experimental crop. The predecessor was perennial herbs. Before the experiment and after harvesting, soil was selected for analysis from both experimental fields with an area of 300 hectares from 6 random plots at a layer depth of 0-20 cm. As a result of field tests, an increase in the yield of grain of the Kazanskaya 560 Elite variety was recorded when applying chicken manure. In the experimental plots, the yield was 33.5 and 36.0 c/ha. The grown grain with the use of chicken manure treated with the preparation "Mephosphone" meets the basic quality requirements and is practically not inferior to the grain of the control group, which allows it to be freely used for processing into flour of proper quality. Analysis of the indicators of experimental soil samples shows that they do not exceed the requirements of scientific and technical documentation. Thus, the resulting soil is safe for humans and agricultural production. The proposed technology for processing poultry waste will improve the environmental situation around modern poultry farms, reduce the use of unprocessed chicken manure as fertilizers, replacing it with higher-quality and environmentally friendly organic fertilizers formed as a result of anaerobic disposal of manure.

Keywords: "Soil improver", Mephosphone, organic fertilizer, utilization, chicken manure, yield, agriculture.

For citation: Khaliullina Z.M., Ganiev A.S., Gayfullin I. Kh. The effectiveness of using chicken manure during the cultivation of winter wheat grain. *Agrobiotechnologies and digital farming*. 2024; 2 (10): 48-53

References

1. Arhipova T. N., Martynenko E. V., Sharipova G. V. [Pre-sowing treatment of wheat seeds with hormone-producing bacteria increases the yield of wheat plants during salinization]. *Jekobiotech*. 2020; 3/1: 79-85. <https://doi.org/10.31163/2618-964X-2020-3-1-79-85>.

2. Shogenov Ju. H., Fiapshv A. G., Hamokov M. M. [Prospects for the design of biogas plants]. *Sbornik nauchnyh*

trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 80-letiju so dnja rozhdenija pervogo Prezidenta Kabardino-Balkarskoj Respubliki V.M. Kokova. Na'chik: Kabardino-Balkarskij GAU imeni V.M. Kokova, 2021; 356-359.

3. Svalova M. V. [To assess the nitrogen balance in the utilization of sewage sludge and livestock effluents by anaerobic digestion used as fertilizer]. *Vestnik NGIJeI*. 2022; 11(138): 7-18. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2022-11-7-18>.

4. Gajfullin I. H., Ziganshin B. G., Haliullina Z. M. [The energy potential of methane formation during the anaerobic decomposition of the organic component of waste]. *Sbornik nauchnyh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 100-letiju Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. Kazan': Kazanskij GAU, 2022 ; 67-75.

5. Apazhev A. K., Shekihachev Ju. A., Hazhmetov L. M. [Agrotechnical measures to involve pebble lands for gardens in agricultural turnover]. *Vestnik NGIJeI*. 2023; 7(146): 7-18. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2023-7-7-18>.

6. Parshikova M. V., Parshikov S. G., Bulatova N. Ju. [On the methodology for determining toxicity in samples of wastewater and livestock effluents in the laboratory of Biotechnology]. *Vestnik NGIJeI*. 2024; 1(152): 18-28. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2024-1-18-28>.

7. Makkar A., Parkash C., Singh J. [Vermicompost and vermiwash as supplement to improve seedling, plant growth and yield in linum usitassimum L. for organic agriculture]. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2017; 6: 203-218. <https://doi.org/10.1007/s40093-017-0168-4>

8. Haliullin F. H., Medvedev V. M., Haliullin A. F. [A program for determining the performance of mobile machine engines under operating conditions, taking into account their dynamic characteristics]. *Svidetel'stvo o registracii programmy dlja JeVM RUS 2014662128. Zajavka № 2014618754 ot 25.08.2014*.

9. Druzyanova V. P., Petrova S. A., Khiterkheeva N. S. [The use of zeolites for biogas purification in agricultural production]. *E3S Web of Conferences: 13, Rostovon-Don, February 26-28, 2020. Rostovon-Don, 2020; 12012*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017512012>.

10. Gajfullin I. H., Haliullina Z. M., Ziganshin B. G. [The effect of the drug Dimephosphone on the efficiency of the biogas production process and the disposal of carbonaceous waste]. *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2021; 16. 3(63): 19-26. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-19-26>

11. Haliullin F. H., Jahin S. M., Imameev A. Z. [Adjustable tractor attachment]. *Patent na poleznuju model' № 214568, 03.11.2022*

12. Kurdjumov V. I., Mudarisov S. G., Tatarov G. L. [Optimization of design parameters and operating modes of the couler for multi-level sowing of seeds and fertilizers]. *Vestnik Bashkirkoskogo GAU*. 2016; 1(37): 79-84.

13. Lukatkin A. S., Shevcova E. A., Varlamov A. A. [Agroecological assessment of the use of chicken manure in the cultivation of cereals]. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Perspektivy i problemy razmeshhenija othodov proizvodstva i potreblenija v agrojekosistemah»*. Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskij institut upravlenija, 2014; 95-98.

14. Tihonov V. V., Mudarisov S. G., Rahimov Z. S. [Working section for strip tillage]. *Sel'skij mehanizator*. 2016; 1: 6-7.

15. Apazhev A. K., Shekihachev Ju. A., Fiapshev A. G. [Digital solutions for tillage machinery]. *Innovacii i proizvodstvennaja bezopasnost*. 2023; 2(40): 95-104. <https://doi.org/10.31677/2311-0651-2023-40-2-95-104>.

16. Haliullin D. T., Dmitriev A. V., Karadag H. [The influence of agrotechnical techniques on the process of soil freezing]. *Global'nye vyzovy dlja proizvodstvennoj bezopasnosti: riski i vozmozhnosti: Nauchnye trudy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii*. Kazan': Kazanskij GAU, 2021; 592-603.

17. Junusov G. S., Anderzhanova N. N., Aleshkin A. V. [Theoretical studies of a roller for a small-sized tillage machine]. *Vestnik Kazanskogo GAU*. 2021; 16(2(62)): 80-85. <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-80-85>.

18. Kamenev R. A., Bel'gin A. A., Balenko E. G. [The effectiveness of using chicken manure in the link of field crop rotation corn for grain - spring barley - winter wheat]. *Trudy Kubanskogo GAU*. 2014; 48: 54-56.

19. Druzyanova V. P., Petrova S. A., Okhlopova M. K. [Resource-saving technology for manufacturing of environmentally-friendly organic fertilizers]. *Dyna*. 2018; 93/4: 398-403. <https://doi.org/10.6036/8598>.

20. Sun A., Cao W., Banks C. J. [Biogas production from undiluted chicken manure and maize silage: a study of ammonia inhibition in high solids anaerobic digestion]. *Bioresource Technology*. 2016; 218: 1215-1223. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.07.082>

21. Khaliullina Z., Shogenov Yu., Gayfullin I. [The use of the Mephosphon drug to accelerate the process of biogas output and ripening of organic wastes]. *Bio web of conferences: International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2020)*. Kazan: EDP Sciences, 2020; 00127. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202700127>

22. Sibagatullin F. S., Haliullina Z. M., Ganiev A. S. [Recommendations for the treatment, disposal and disinfection of organic waste from agricultural production using a biologically active drug - "Mephosphone" in aerobic and anaerobic conditions]. *Kazan': Kazanskij GAU*, 2021; 30.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest. There was no funding for the work.

Authors:

Khaliullina Zulfiya Musavikhovna – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: khaliullinaz@mail.ru

Almaz Ganiev Salakhutdinovich – Candidate of Biological Sciences, Researcher, e-mail: ganiev-almaz@mail.ru

Ilnur Khamzovich Gayfullin – Senior Lecturer at the Department, e-mail: ilnur-gai@yandex.ru

Kazan State Agrarian University, Kazan, Russia.