

УДК 631.86

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-70-76

О.А. Васильев, ✉
О.Е. Андреева,
А.Н. Ильин,
А.О. Васильев,
А.Г. Ложкин
М.И. Яковлева

Чувашский государственный аграрный
университет, Чебоксары, Российская
Федерация

✉ vasiloleg@mail.ru

Поступила в редакцию:
30.08.2022

Одобрена после рецензирования:
22.09.2022

Принята к публикации:
27.10.2022

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2022-364-11-70-76

Oleg A. Vasiliev, ✉
Olga E. Andreeva,
Andrey N. Ilyin,
Aleksandr O. Vasiliev,
Aleksandr G. Lozhkin
Marina I. Yakovleva

Chuvash State Agrarian University,
Cheboksary, Russian Federation

✉ vasiloleg@mail.ru

Received by the editorial office:
30.08.2022

Accepted in revised:
22.09.2022

Accepted for publication:
27.10.2022

Эффективность применения органических удобрений в звене севооборота на светло-серой лесной почве юга Волго-Вятского региона

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Вопросы воспроизводства плодородия светло-серых лесных почв лесостепной зоны и утилизации отходов птицеводческой промышленности в качестве органических удобрений взаимосвязаны и являются весьма актуальными.

Методы. В опытах изучалось действие одноразового внесения в почву различных доз (15, 30, 50 т/га) куриного помета, компоста из куриного помета и местных органических удобрений (сапропеля и торфа) на урожайность сельскохозяйственных культур и последствие удобрений на основные показатели почвенного плодородия — содержание гумуса, нитратного азота, фосфора и калия. Варианты опытов исследовались в шестикратной повторности. К лабораторным анализам почв и продукции растениеводства привлечен федеральный государственный центр агрохимической службы «Чувашский». Методы анализов почвенных проб и продукции растениеводства — общепринятые в агрохимической науке.

Результаты. Органические удобрения за три года исследований вносились в почву только один раз в начале опыта в дозах 15, 30 и 50 т/га, и действие их на урожайность и качество продукции растениеводства (клубни картофеля, зерна яровой пшеницы и гороха) в 2020–2022 гг. было положительным. Агрохимические свойства пахотного слоя почвы в вариантах с использованием органических удобрений значительно улучшились. Содержание нитратов в продукции в вариантах с дозами куриного помета и компоста 50 т/га и более приближались к критическому уровню. Местные удобрения (сапропель и торф) в дозе внесения в почву 30 т/га, куриный помет и компост в дозе внесения в почву 15 т/га являются хорошими органическими удобрениями, обладающими длительным последствием.

Ключевые слова: гумус, картофель, компост, сапропель, севооборот, плодородие, последствие, урожайность, горох

Для цитирования: Васильев О.А., Андреева О.Е., Ильин А.Н., Васильев А.О., Ложкин А.Г., Яковлева М.И. Эффективность применения органических удобрений в звене севооборота на светло-серой лесной почве юга Волго-Вятского региона. Аграрная наука. 2022; 364 (11): 70–76. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-70-76>

© Васильев О.А., Андреева О.Е., Ильин А.Н., Васильев А.О., Ложкин А.Г., Яковлева М.И.

The effectiveness of the use of organic fertilizers in the link of crop rotation on light gray forest soil of the south of the Volga-Vyatka region

ABSTRACT

Relevance. The issues of reproduction of fertility of light gray forest soils of the forest-steppe zone and utilization of poultry industry waste as organic fertilizers are interrelated and are very relevant.

Methods. The experiments studied the effect of one-time application of various doses (15, 30, 50 t/ha) of chicken manure, chicken manure compost and local organic fertilizers (sapropel and peat) on crop yields, and the aftereffect of fertilizers on the main indicators of soil fertility — amount of humus, nitrate nitrogen, phosphorus and potassium. The variants of the experiments were investigated sixfold. The Federal State Center of Agrochemical Service "Chuvashsky" was involved in laboratory analyses of soils and crop production. Methods of analysis of soil samples and crop production are generally accepted in agrochemical science.

Results. Organic fertilizers for three years of research were introduced into the soil only once at the beginning of the experiment in doses of 15, 30 and 50 t/ha, and their effect on the yield and quality of crop production (potato tubers, spring wheat grains and peas) in 2020–2022 was positive. The agrochemical properties of the arable soil layer in the variants with the use of organic fertilizers have significantly improved. The nitrate content in the products in variants with doses of chicken manure and compost of 50 t/ha or more approached the critical level. Local fertilizers (sapropel and peat) at a dose of 30 t/ha, chicken manure and compost at a dose of 15 t/ha are good organic fertilizers with a long aftereffect.

Key words: humus, potatoes, compost, sapropel, crop rotation, fertility, aftereffect, yield, peas

For citation: Vasiliev O.A., Andreeva O.E., Ilyin A.N., Vasiliev A.O., Lozhkin A.G., Yakovleva M.I. The effectiveness of the use of organic fertilizers in the link of crop rotation on light gray forest soil of the south of the Volga-Vyatka region. Agrarian science. 2022; 364 (11): 70–76. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-364-11-70-76> (In Russian).

© Vasiliev O.A., Andreeva O.E., Ilyin A.N., Vasiliev A.O., Lozhkin A.G., Semenov A.A., Yakovleva M.I.

Введение / Introduction

Использование органических удобрений в земледелии является обязательным элементом технологии в деле воспроизводства плодородия почв. Ежегодное использование 10–12 т/га полуперепревшего навоза на полях севооборотов Нечерноземья позволит сохранить запасы гумуса и предотвратить деградацию почв. Однако вопрос применения органических удобрений в земледелии сельскохозяйственных предприятий Российской Федерации стоит остро — на поля вывозится менее 1 т/га органических удобрений. Основные причины — неурегулированное законодательство по производству и использованию навоза и птичьего помета, административные барьеры и др.

В связи с этим исследования по использованию органических удобрений в земледелии актуальны, особенно в связи с возросшим количеством в последние десятилетия птицеводческих фабрик в стране. Вопросы использования местных удобрений (сапропеля, торфа, куриного помета, нетрадиционных удобрений) в серых лесных почвах исследованы слабо; однако проведенные ранее исследования доказывают их эффективность [1–17].

Цель исследований — определить химический состав сапропеля, торфа, куриного помета и изучить их прямое действие и последствие на урожайность и качество продукции сельскохозяйственных культур в звене севооборота «картофель — яровая пшеница — горох» и на основные агрохимические факторы плодородия светло-серой лесной тяжелосуглинистой почвы.

Материал и методы исследования / Materials and method

Исследования по изучению прямого действия и последствия повышенных доз органических удобрений (сапропеля, торфа, куриного помета и компоста производства ООО «Агрохолдинг «Юрма»») начаты весной 2020 г. и продолжаются по настоящее время на территории опытного поля в СХПК «Слава» Чебоксарского района Чувашской Республики. Опытное поле расположено на плоской вершине водораздела, где распространены светло-серые лесные тяжелосуглинистые почвы. Предшественник — коостер безостый (*Bromus inermis*) более 12 лет пользования, в очень сильной степени засоренный вейником наземным (*Calamagrostis epigejos*). Агрохимические показатели пахотного слоя опытного поля типичны для подтипа светло-серых лесных почв [18, 19].

Подготовка поля перед закладкой опыта состояла из следующих этапов: ранней весной — уборка скошенной прошлогодней травянистой растительности за пределы поля, первичная двухкратная поперечная обработка почвы фрезами мотоблока «Нева МК-200», разметка вариантов опыта и разбрасывание удобрений по поверхности делянок, перемешивание удобрений с почвой до глубины 25 см с помощью мотоблока и затем — ручная посадка непророщенных клубней картофеля Гала (2-й репродукции) в лунки из расчета 45000 растений на гектар.

В опытах использовались следующие органические удобрения: сапропель и низинный торф Килемарского месторождения (Марийская Республика, Килемарский район), свежий куриный помет и компост «Юрма-Био» (ООО «Агрохолдинг «Юрма») Чебоксарского района). В научных целях для большей контрастности изменений в почве и качестве продукции растениеводства были использованы высокие дозы куриного помета. Исследовались следующие варианты: 1) контрольный;

2) сапропель — 15 т/га; 3) сапропель — 30 т/га; 4) сапропель — 50 т/га; 5) торф — 15 т/га; 6) торф — 30 т/га; 7) орф — 50 т/га; 8) свежий куриный помет — 15 т/га; 9) свежий куриный помет — 30 т/га; 10) свежий куриный помет — 50 т/га; 11) свежий куриный помет — 100 т/га; 12) компост «Юрма-Био» — 15 т/га; 13) компост «Юрма-Био» — 30 т/га; 14) компост «Юрма-Био» — 50 т/га.

Варианты опытов имели площадь 12,2 м²; расположение делянок систематическое, в 6-кратной повторности.

Агрохимические исследования химического состава органических удобрений выполнялись в испытательном лабораторном центре Чувашского государственного аграрного университета (ГОСТ 26712–94), почвенных проб — в почвенно-агрохимической лаборатории федерального государственного учреждения «Государственный центр агрохимической службы «Чувашский». При анализе почвенных проб на содержание доступных растениям форм фосфора и калия использовался метод Кирсанова (ГОСТ Р 54650–2011), гумуса — метод Тюрина (ГОСТ 262130–91). Содержание нитратов в почве контролировалось с помощью потенциометрического метода с нитратным ион-селективным электродом (ГОСТ 26951–86). Значения рН обменной кислотности определялись потенциометрическим методом в почвенной суспензии по ГОСТ 26483–85.

Диагностика обеспеченности растений азотом проводилась по методу Церлинг (индикатор — 1%-ный раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте).

25 мая 2021 г. для изучения последствия органических удобрений на этих же делянках была посеяна твердая яровая пшеница сорта Безенчукская Нива. После уборки яровой пшеницы поле не обрабатывалось.

В мае 2022 г. сразу после обработки поля мотоблоком на этих же участках был посеян среднеспелый прямостоячий горох сорта Дударь.

Вегетационный период 2020 г. был в целом относительно слабозасушливым: теплый и очень влажный месяц май сменился прохладным июнем, с редкими дождями; в июле наступил засушливый период с высокими температурами в дневное время суток. Осень наступила теплая, с частыми дождями.

Вегетационный период 2021 г. был более засушливым, чем в 2020 г., однако влаги в почве оказалось достаточно для формирования среднего по величине урожая. Климатические условия вегетационного периода 2022 г. во многом повторили 2020 г.: влажный месяц май сменился в июле-августе сухой жаркой погодой, продолжавшейся до начала сентября месяца.

Математическая обработка результатов анализа выполнялась по Доспехову в программе Excell [20, 21].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

По результатам химических анализов испытательного лабораторного центра Чувашского государственного аграрного университета, используемые в опытах органические удобрения соответствуют техническим условиям, предъявляемым к ним по ГОСТ Р 53117–2008.

В Чувашской Республике основными лимитирующими урожайность сельскохозяйственных культур факторами являются недостаток почвенной влаги в летние месяцы и дефицит азотного питания растений. Поэтому содержание азота в органическом удобрении является главным фактором, определяющим его ценность.

Все используемые в опытах органические удобрения содержат в своем составе азот; минимальные количе-

Таблица 1. Прямое действие органических удобрений на урожайность и качество клубней картофеля

Table 1. Direct effect of organic fertilizers on productivity and quality of potato tubers

Варианты	Урожайность, т/га	Крахмал в сухом веществе, %	Нитраты в сыром веществе, мг/кг
Контрольный вариант	8,10	48,7	20
Сапропель — 15 т/га	13,05	53,4	49
Сапропель — 30 т/га	17,10	50,9	84
Сапропель — 50 т/га	22,05	49,2	75
Торф — 15 т/га	12,60	44,5	54
Торф — 30 т/га	13,05	46,4	46
Торф — 50 т/га	16,20	44,5	36
Куриный помет — 15 т/га	18,00	51,5	161
Куриный помет — 30 т/га	23,85	47,1	273
Куриный помет — 50 т/га	35,55	49,3	300
Куриный помет — 100 т/га	28,13	47,4	328
Компост — 15 т/га	18,07	50,9	154
Компост — 30 т/га	23,30	48,0	256
Компост — 50 т/га	27,8	47,3	285
НСР ₀₅	1,33		

Таблица 2. Последствие 1-го года органических удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы

Table 2. Aftereffect of 1 year of organic fertilizers on yield and grain quality of spring wheat

Варианты	Урожайность, т/га	Крахмал в сухом веществе, %	Нитраты в сыром веществе, мг/кг
Контрольный вариант	1,37	11,81	32
Сапропель — 15 т/га	1,63	10,94	36
Сапропель — 30 т/га	2,12	11,81	35
Сапропель — 50 т/га	1,74	12,25	38
Торф — 15 т/га	1,34	11,56	34
Торф — 30 т/га	1,56	10,94	34
Торф — 50 т/га	1,65	10,98	36
Куриный помет — 15 т/га	1,82	12,16	43
Куриный помет — 30 т/га	2,23	12,38	48
Куриный помет — 50 т/га	2,18	12,10	52
Куриный помет — 100 т/га	1,68	11,81	86
Компост — 15 т/га	1,80	12,20	40
Компост — 30 т/га	2,25	12,95	45
Компост — 50 т/га	2,21	12,47	82
НСР ₀₅	0,21		

ства его, вносимые в почву в варианте «сапропель — 15 т/га», составляют 195 кг/га, «торф 15 т/га» — 180 кг/га; «куриный помет — 15 т/га» — 305 кг/га; «компост «Юрма-Био» — 15 т/га» — 267 кг/га, что достаточно для получения высокого урожая сельскохозяйственных культур при благоприятных климатических условиях вегетационного периода. Все органические удобрения, за исключением свежего куриного помета, имели рассыпчатую структуру, слабый запах и хорошо разбрасывались по поверхности.

Растения картофеля в вариантах опыта развивались неравномерно, что визуально отмечалось как по цвету листьев (от светло-зеленого до темно-зеленого), их размеру, так и по высоте стеблей. Это объясняется не только разным содержанием азота в органических удобрениях, но и различной степенью его доступности корневой системе. Листовая азотная диагностика молодых растений картофеля, проведенная 7 июля по методу Церлинг, показала, что максимальный балл обеспеченности азотом соответствует вариантам «куриный помет — 50 т/га», «куриный помет — 100 т/га» и «компост — 50 т/га», а минимальный — контрольному варианту. К моменту уборки масса ботвы картофеля в вариантах с внесением куриного помета и компоста была более чем в два раза выше, чем в других вариантах; ботва оставалась зеленой, что указывает на избыточное азотное питание.

Таким образом, все использованные в опыте органические удобрения положительно повлияли на азотное питание, рост и развитие растений картофеля, и, как следствие, на урожайность клубней (табл. 1).

Данные табл. 1 свидетельствуют, что прибавки урожайности клубней картофеля во всех вариантах значительные; однако между вариантами с одинаковыми дозами внесения органических удобрений данная закономерность наблюдается не всегда. Например, вариант с внесением сапропеля в дозе 15 т/га примерно равноценен варианту с использованием торфа в дозе 15 т/га, а действие куриного помета во всех вариантах с одинаковыми дозами внесения равноценно действию компоста «Юрма-Био».

Содержание крахмала в клубнях картофеля повысилось во всех вариантах с использованием сапропеля, а также в вариантах с минимальными дозами куриного помета и компоста «Юрма-Био». Высокие дозы куриного помета и компоста «Юрма-Био» (30, 50 и 100 т/га) понизили содержание крахмала в клубнях картофеля.

Во всех вариантах опыта с применением торфа содержание крахмала в клубнях оказалось несколько ниже, чем в контрольном варианте.

Применение куриного помета и компоста «Юрма-Био» в дозах 30 т/га, 50 т/га и 100 т/га вызвало резкое повышение содержания нитратов в клубнях картофеля, превысившее ПДК (250 мг/кг).

В 2021 г. в вариантах опыта без дополнительного внесения удобрений была посеяна яровая пшеница

Безенчукская Нива. Растения яровой пшеницы более требовательны к плодородию почв, чем другие яровые зерновые культуры, и хорошо реагируют на применение удобрений.

Яровая пшеница Безенчукская Нива была посеяна 25 мая 2021 г. Во время роста и развития яровой пшеницы в вариантах опыта сразу после появления всходов появились резкие различия по высоте и цвету. Более обеспеченные питательными веществами участки обгоняли в росте менее обеспеченные и имели более насыщенный зеленый цвет.

Азотная листовая диагностика растений яровой пшеницы, проведенная по методу Церлинг, дала ожидаемые результаты — в вариантах с последствием куриного помета и компоста «Юрма-Био» баллы обеспеченности азотом были максимальными и достигали 7–8 баллов, в вариантах с последствием сапропеля — 3–3,5 баллов, торфа — 2,5–3 баллов. Однако уже в середине августа яровая пшеница в вариантах с высокими дозами куриного помета и компоста полегла, что понизило урожайность в данных вариантах.

Уборка яровой пшеницы произведена в начале сентября 2021 г. Урожайность показана в табл. 2.

Как видно из данных, представленных в табл. 2, максимальная урожайность зерна яровой пшеницы получена в вариантах с последствием куриного помета и компоста «Юрма-Био», внесенных в дозе 30 т/га. Очевидно, что внесенные в почву еще в 2020 г. куриный помет и компост продолжают минерализоваться и обогащать пахотный слой азотом и питательными веществами.

Микроорганизмы почвы, постепенно разрушая органическое вещество удобрения, высвобождают элементы питания растений, обогащая ими почвенно-поглощающий комплекс и почвенный раствор, что улучшает условия питания сельскохозяйственных культур в течение всего вегетационного периода.

Последствие органических удобрений на агрохимические свойства почвы через 18 месяцев после внесения их в почву показано в табл. 3.

Из данных табл. 3 обращает на себя внимание резко возросшее в вариантах с использованием органических удобрений содержание в пахотном слое основных факторов плодородия почвы — гумуса и доступных растением соединений фосфора, калия и азота.

Особенно сильно содержание нитратов, подвижного фосфора и обменного калия повысились при внесении куриного помета и компоста «Юрма-Био» в дозах от 30 до 50 и 100 т/га.

Содержание нитратов в пахотном слое — важный показатель биологической активности почв и обеспе-

Таблица 3. Последствие органических и минеральных удобрений на агрохимические свойства почвы (октябрь, 2021 г.)

Table 3. Aftereffect of organic and mineral fertilizers on the agrochemical properties of the soil (October, 2021)

Варианты	Гумус, %	pH обменная	Подвижный фосфор, мг/кг	Обменный калий, мг/кг	Нитраты, мг/кг
Контрольный вариант	2,91	6,02	153	145	3,0
Сапропель — 15 т/га	3,14	6,14	180	146	3,3
Сапропель — 30 т/га	3,29	6,23	195	149	4,1
Сапропель — 50 т/га	3,42	6,45	201	155	4,8
Торф — 15 т/га	3,07	6,20	179	142	2,6
Торф — 30 т/га	3,15	6,30	188	138	3,1
Торф — 50 т/га	3,36	6,35	196	144	4,2
Куриный помет — 15 т/га	3,16	6,08	216	171	5,6
Куриный помет — 30 т/га	3,20	6,17	261	220	8,4
Куриный помет — 50 т/га	3,48	6,35	314	285	12,8
Куриный помет — 100 т/га	3,62	6,50	450	390	22,0
Компост — 15 т/га	3,18	6,08	225	188	5,2
Компост — 30 т/га	3,24	6,19	270	235	8,4
Компост — 50 т/га	3,53	6,55	329	300	11,6

Таблица 4. Динамика содержания нитратов (мг/кг) в профиле почвы в вариантах с высокими дозами органических удобрений

Table 4. Dynamics of nitrate content (mg/kg) in the soil profile in variants with high doses of organic fertilizers

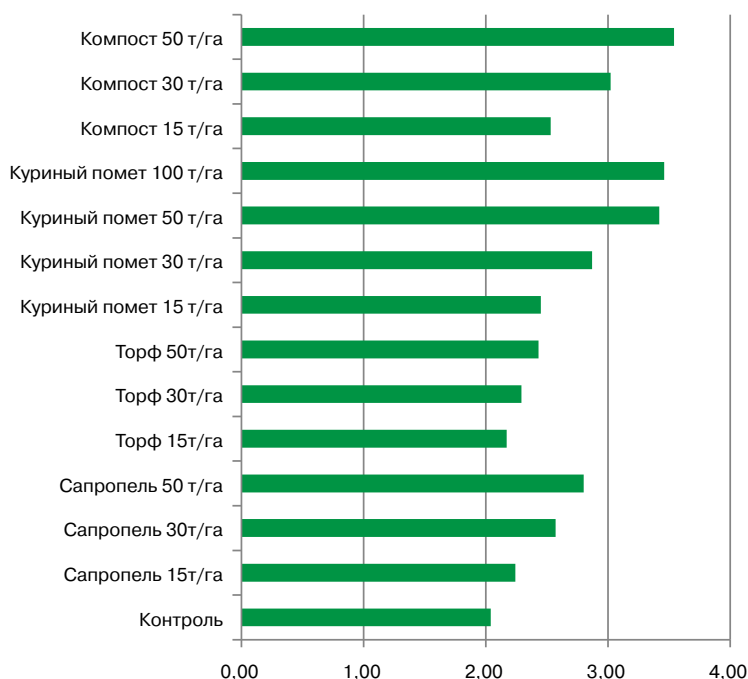
Варианты	2020 г.		2021 г.	
	0–20 см	40–60 см	0–20 см	40–60 см
Контрольный вариант	14,0	0,9	3,0	1,2
Сапропель — 50 т/га	18,6	1,6	4,8	1,9
Торф — 50 т/га	15,3	1,4	4,2	1,6
Куриный помет — 30 т/га	16,3	1,6	8,4	2,8
Куриный помет — 50 т/га	70,9	2,3	12,8	4,6
Куриный помет — 100 т/га	187,0	3,4	22,0	6,5
Компост — 30 т/га	14,9	1,5	8,2	3,1
Компост — 50 т/га	64,2	3,2	11,6	4,8

ченности растений азотом. В то же время необходимо отметить, что нитраты могут свободно мигрировать по профилю почвы с нисходящим током влаги, загрязняя грунтовые воды. ПДК нитратов в почве составляет 130 мг/кг. Исследования показали, что превышение ПДК нитратов наблюдалось в пахотном слое в варианте с внесением куриного помета 100 т/га (табл. 4).

Согласно данным табл. 4, нитраты заметно накапливаются в иллювиальном горизонте почвы в слое 40–60 см на второй год после внесения высоких доз органических удобрений.

По-видимому, передвижение нитратов в иллювиальный горизонт почвы происходит вместе со снеговыми водами в течение зимы и весны. Осенью мы фиксируем лишь остаточное количество нитратов, так как большую часть их усвоила корневая система растений.

Весной 2022 г. на опытном поле в пределах вариантов опыта после фрезерования пахотного слоя мотоблоком и без дополнительного применения удобрений был посеян горох Дударь. Так как весна затянулась, и

Рис. 1. Последствие органических удобрений на урожайность гороха в 2022 г.**Fig. 1.** Aftereffect of organic fertilizers on pea yield in 2022

почва была переувлажненной вплоть до середины мая, горох был посеян 25 мая.

Наблюдения за ростом и развитием всходов показали, что растения лучше развивались в вариантах с последствием органических удобрений: масса листьев и стеблей гороха в них были заметно больше.

Урожайность гороха Дударь в 2022 г. показана на рис. 1.

Как и в предыдущие годы, урожайность гороха в 2022 г. в полтора и более раз была выше в вариантах с внесением органических удобрений в 2020 г. за счет лучшего фосфорно-калийного питания растений. Кроме того, как показывают результаты исследований, использование органических удобрений повышает биологиче-

скую активность и агрофизические свойства пахотного слоя почвы.

В целом одноразовое использование органических удобрений повысило содержание основных химических элементов питания растений не только в год использования, но и в последующие годы.

Выводы / Conclusion

Научные исследования, проведенные в 2020–2022 гг., показали, что одноразовое внесение сапропеля, торфа, куриного помета производства ООО «Агрохолдинг «Юрма» и компоста «Юрма-Био» значительно повышает урожайность сельскохозяйственных культур в звене севооборота «картофель — яровая пшеница — горох» и способствует расширенному воспроизводству плодородия светло-серой лесной тяжелосуглинистой почвы.

Урожайность, полученная в вариантах опыта при использовании одинаковых доз куриного помета и компоста «Юрма-Био», примерно равная. Однако из полученных дан-

ных не следует, что затраты на приготовление компоста из куриного помета не оправдывают себя. Свежий куриный помет в производственных условиях равномерно внести в почву невозможно, так как он имеет липкую и вязкую консистенцию, обладающую к тому же крайне острым, сильным и неприятным запахом.

Нельзя рекомендовать к использованию в качестве удобрения сельскохозяйственных культур повышенных доз куриного помета и компоста «Юрма-Био» (30, 50 и 100 т/га), так как это повышает содержание нитратов в продукции и почве и может вызвать загрязнение грунтовых вод.

Как показали результаты исследований, оптимальные дозы местных органических удобрений — 30 т/га, а куриного помета и компоста «Юрма-Био» — 15 т/га.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism. The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Васильев О.А., Васильев А.О., Нурсов И.Н. и др. Использование остатков молочной промышленности в качестве удобрения яровой пшеницы. *Перспективы развития аграрных наук: материалы Международной научно-практической конференции: тезисы докладов*. Чебоксары, 2020: 47-48. – EDN QQUNBS
2. Васильев О. А., Ильин А. Н., Нурсов И. Н., Зайцева Н. Н., Васильев А. О., Фадеева Н. А., Ложкин А. Г. Эффективность использования альтернативных удобрений в условиях Чувашской Республики IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020; 433 012050
3. Головачева Н. А., Пономарева Л. Ф., Кузнецова Е. В., Гордеев И. А. Опыт стран Европейского Союза в защите земель от воздействия сточных вод и безопасного применения осадка. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019; 7: 43-50
4. Демиденко Г. А. Агроэкологическая оценка осадков сточных вод на очистных сооружениях города Красноярска. *Вестник КрасГАУ*. 2018. 1 (139): 240-244

REFERENCES

1. Vasiliev O.A., Vasiliev A.O., Nursov I.N. and others. Using the remains of the dairy industry as a fertilizer for spring wheat. Prospects for the development of agricultural sciences: materials of the International scientific and practical conference: abstract. Cheboksary, 2020: 47-48. – EDNQQUNBS (In Russian)
2. Vasiliev O. A., Ilyin A. N., Nursov I. N., Zaitseva N. N., Vasiliev A. O., Fadeeva N. A., Lozhkin A. G. Efficiency of using alternative fertilizers in the conditions of the Chuvash Republic IOP Conf. Ser.: Earth Environ. sci. 2020; 433 012050 (In Russian)
3. Golovacheva N. A., Ponomareva L. F., Kuznetsova E. V., Gordeev I. A. Experience of the countries of the European Union in the protection of land from the effects of wastewater and the safe use of sludge. Bulletin of the Kursk State Agricultural Academy. 2019; 7:43-50
4. Demidenko G. A. Agroecological assessment of sewage sludge at treatment facilities of the city of Krasnoyarsk. Bulletin of KrasGAU. 2018. 1 (139): 240-244 (In Russian)

5. Жигарева Ю. В. Агроэкологическая оценка эффективности осадков сточных вод при возделывании картофеля. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология. 2018. 1: 194-20
6. Мерзлая Г. Е., Афанасьев Р. А. Решение проблемы утилизации осадков городских сточных вод. Химическая безопасность. 2017. 1 (1): 158-167
7. Нурсов И. Н. А. Васильев О. А., Васильев А. О. Использование остатков молочного производства в качестве удобрения яровой пшеницы. Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. 3 (14): 25-31. DOI 10.17022/6hya-qf97. EDN PYJWGV
8. Никитин С. Н., Сайдышева Г. В., Захаров С. А. Влияние осадков сточных вод на агрохимические свойства почвы. Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. 2017: 611-614
9. Шашкаров Л. Г., Елисеев И. П., Елисеева Л. В. Эффективность использования роговой копытной и цеолитсодержащего трепела для пропашных культур на светло-серых лесных почвах. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2017. 12 (2): 30-34
10. Arif M et al. Biochar improves phosphorus use efficiency of organic-inorganic fertilizers, maize-wheat productivity and soil quality in a low fertility alkaline soil. *Field Crop Res* 2017. 214 25 doi. org/10.1016/j.fcr.2017.08.018
11. Abou-Hussein, S.D. et al. Effect of cattle and chicken manure with or without mineral fertilizers on vegetative growth, chemical composition and yield of potato crops. *Acta Hort.* 2003. 608 73 doi. org/10.17660/ActaHortic.2003.608.9
12. Litoriya, N. et al. Nutritional Evaluation of Durum Wheat with Respect to Organic and Chemical Fertilizers. *Agricultural research* 2018. 7(2) 152. doi.org/10.1007/s40003-018-0301-2
13. Liu Z, Rong Q, Zhou W, Liang G. Effects of inorganic and organic amendment on soil chemical properties, enzyme activities, microbial community and soil quality in yellow clayey soil. *PLoS ONE*. 2017. 12(3). e0172767. doi.org/10.1371/journal.pone.0172767
14. Nosratabad, A. R. F., Etesami, H., & Shariati, S. Integrated use of organic fertilizer and bacterial inoculant improves phosphorus use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) fertilized with triple superphosphate. *Rhizosphere* 2017. 3 109. doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.03.001
15. Sileshi, G.W., Jama, B., Vanlauwe, B. et al. Nutrient use efficiency and crop yield response to the combined application of cattle manure and inorganic fertilizer in sub-Saharan Africa. *NutrCycl Agroecosyst* 2019. 113 181. doi.org/10.1007/s10705-019-09974-3
16. Subhan, A. et al. Effect of organic and inorganic fertilizer on the water use efficiency and yield attributes of wheat under heavy textured soil. *Sarhad Journal of Agriculture* 2017. 33(4):582. doi.org/10.17582/journal.sja/2017/33.4.582.590
17. Singh, V. et al. Yields, Soil Health and Farm Profits under a Rice-Wheat System: Long-Term Effect of Fertilizers and Organic Manures Applied Alone and in Combination. *Agronomy* 2019:91 doi. org/10.3390/agronomy 9010001
18. Иванова, Т. Н., Сергеев В. С. Динамика агрохимических показателей плодородия почвы по результатам локального мониторинга. Вестник Башкирского аграрного университета. 2017. 2 (42): 11-15
19. Лисицын С. В., Ахметшин Ш. М., Белов О. А. Состояние и динамика плодородия пахотных земель в Чувашской Республике. Достижения науки и техники агропромышленного комплекса. 2019. 33 (4): 31-34
20. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М. Альянс 2014:351 с.
21. Методические указания по проведению полевых и вегетационных опытов с коноплей. М. 1980:34
5. Zhigareva Yu. V. Agroecological assessment of the effectiveness of sewage sludge in the cultivation of potatoes. Bulletin of the Tver State University. Series: Biology and ecology. 2018. 1:194-20 (In Russian)
6. Merzlaya G. E., Afanasiev R. A. Solving the problem of utilization of urban sewage sludge. Chemical safety. 2017. 1(1):158-167 (In Russian)
7. Nursov I.N.A. Vasiliev O.A., Vasiliev A.O. Use of dairy production residues as fertilizer for spring wheat. Bulletin of the Chuvash State Agricultural Academy. 2020. 3 (14): 25-31. DOI 10.17022/6hya-qf97. EDN PYJWGV (In Russian)
8. Nikitin S. N., Saydyasheva G. V., Zakharov S. A. Influence of sewage sludge on the agrochemical properties of soil. Problems of reclamation of household waste, industrial and agricultural production. Collection of scientific papers based on materials of the V International Scientific Ecological Conference dedicated to the 95th anniversary of the Kuban State Agrarian University. 2017: 611-614 (In Russian)
9. Shashkarov L.G., Eliseev I.P., Eliseeva L.V. Efficiency of using horny ungulate and zeolite-containing tripoli for tilled crops on light gray forest soils. Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2017. 12 (2): 30-34 (In Russian)
10. Arif M et al. Biochar improves phosphorus use efficiency of organic-inorganic fertilizers, maize-wheat productivity and soil quality in a low fertility alkaline soil. *Field Crop Res* 2017. 214 25 doi. org/10.1016/j.fcr.2017.08.018
11. Abou-Hussein, S.D. et al. Effect of cattle and chicken manure with or without mineral fertilizers on vegetative growth, chemical composition and yield of potato crops. *Acta Hort.* 2003. 608 73 doi. org/10.17660/ActaHortic.2003.608.9
12. Litoriya, N. et al. Nutritional Evaluation of Durum Wheat with Respect to Organic and Chemical Fertilizers. *Agricultural research* 2018. 7(2) 152. doi.org/10.1007/s40003-018-0301-2
13. Liu Z, Rong Q, Zhou W, Liang G. Effects of inorganic and organic amendment on soil chemical properties, enzyme activities, microbial community and soil quality in yellow clayey soil. *PLOS ONE*. 2017. 12(3). e0172767. doi.org/10.1371/journal.pone.0172767
14. Nosratabad, A. R. F., Etesami, H., & Shariati, S. Integrated use of organic fertilizer and bacterial inoculant improves phosphorus use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) fertilized with triple superphosphate. *Rhizosphere* 2017. 3 109. doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.03.001
15. Sileshi, G.W., Jama, B., Vanlauwe, B. et al. Nutrient use efficiency and crop yield response to the combined application of cattle manure and inorganic fertilizer in sub-Saharan Africa. *NutrCycl Agroecosyst* 2019. 113 181. doi.org/10.1007/s10705-019-09974-3
16. Subhan, A. et al. Effect of organic and inorganic fertilizer on the water use efficiency and yield attributes of wheat under heavy textured soil. *Sarhad Journal of Agriculture* 2017. 33(4):582. doi. org/10.17582/journal.sja/2017/33.4.582.590
17. Singh, V. et al. Yields, Soil Health and Farm Profits under a Rice-Wheat System: Long-Term Effect of Fertilizers and Organic Manures Applied Alone and in Combination. *Agronomy* 2019:91 doi. org/10.3390/agronomy 9010001
18. Ivanova, T. N., Sergeev, V.S. Dynamics of agrochemical indicators of soil fertility based on the results of local monitoring. Bulletin of the Bashkir Agrarian University. 2017. 2 (42): 11-15 (In Russian)
19. Lisitsyn S.V., Akhmetshin Sh.M., Belov O.A. Condition and dynamics of fertility of arable lands in the Chuvash Republic. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2019. 33(4):31-34 (In Russian)
20. Dospekhov B. A. Methods of field experience with the basics of statistical processing of research results. M.: Alliance 2014:351 p. (In Russian)
21. Guidelines for conducting field and vegetation experiments with hemp. M.: 1980:34 (In Russian)

ОБ АВТОРАХ:

Олег Александрович Васильев, доктор биологических наук, профессор кафедры землеустройства, кадастров и экологии. Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса 29. Чебоксары, Чувашская Республика, 428032, Российская Федерация.
E-mail: vasiloleg@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4757-6173>

ABOUT THE AUTHORS:

Oleg Alexandrovich Vasiliev, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Land Management, Cadastre and Ecology. Chuvash State Agrarian University, st. Karl Marx 29, Cheboksary, Chuvash Republic, 428032, Russian Federation/
E-mail: vasiloleg@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4757-6173>

ОБ АВТОРАХ:

Ольга Евгеньевна Андреева, аспирантка 3 года обучения, ассистент кафедры землеустройства, кадастров и экологии. Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса 29.

Чебоксары, Чувашская Республика, 428032, Российская Федерация.

E-mail: kafedra_bpshp@mail.ru

Андрей Николаевич Ильин, старший преподаватель кафедры землеустройства, кадастров и экологии.

Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса 29.

Чебоксары, Чувашская Республика, 428032, Российская Федерация.

E-mail: rus21andrey@yandex.ru

Александр Олегович Васильев, кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса,

Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса 29, Чебоксары, Чувашская Республика, 428032, Российская Федерация

E-mail: e-mail: 3777222@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9965-9953>

Александр Геннадьевич Ложкин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры земледелия, растениеводства, селекции и семеноводства

Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса 29,

Чебоксары, Чувашская Республика, 428032, Российская Федерация

E-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1859-3794>

ABOUT THE AUTHORS:

Olga Evgenievna Andreeva, postgraduate student of 3 years of study, assistant of the Department of Land Management, Cadastre and Ecology.

Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса 29,

Чебоксары, Чувашская Республика, 428032, Российская Федерация

Andrey Nikolaevich Ilyin, Senior lecturer of the Department of Land Management, Cadastre and Ecology.

Чувашский государственный аграрный университет, ул. Карла Маркса 29.

Чебоксары, Чувашская Республика, 428032, Российская Федерация.

E-mail: rus21andrey@yandex.ru

Alexander Olegovich Vasiliev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service,

Chuvash State Agrarian University, st. Karl Marx 29, Cheboksary, Chuvash Republic, 428032,

Russian Federation

E-mail: e-mail: 3777222@bk.ru

<https://orcid.org/0000-0001-9965-9953>

Alexander Gennadievich Lozhkin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the departments of agriculture, crop production, selection and seed production

Chuvash State Agrarian University, st. Karl Marx 29, Cheboksary, Chuvash Republic, 428032, Russian Federation

E-mail: lozhkin_tmvl@mail.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1859-3794>