ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЧВЫ

^{1,2}Т.А. Садохина, кандидат сельскохозяйственных наук

¹В.П. Данилов, кандидат сельскохозяйственных наук

²А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Е.А. Матенькова, кандидат биологических наук, доцент

²Т.В. Гаврилец, кандидат биологических наук, доцент

²К.Н. Рыбакова, кандидат биологических наук, доцент

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
РАН, Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет,
Новосибирск, Россия

E-mail: sadohina78@yandex.ru

Ключевые слова: помёт,
органическое удобрение,
овес, соя, микрофлора
почвы

Реферат. Ведущая роль в повышении эффективности земледелия принадлежит созданию оптимального уровня питания растений. Удобрения являются одним из быстродействующих средств интенсификации технологии возделывания всех культур. Внесение органических удобрений, полученных на основе куриного помёта, изменяет пищевой режим и нитрификационную способность почвы, ее биологическую активность, улучшает физические свойства. Цель исследований – дать сравнительную оценку органических удобрений на основе куриного помёта и установить их влияние на продуктивность кормовых культур (соя и овес) и биологическую активность почвы; определить эффективность использования птичьего помёта в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы. В процессе выполнения работы были испытаны новые органические удобрения на основе куриного помёта, полученные при использовании кавитационно-вихревого теплогенератора методом переработки полусухого помёта. Выявлено их влияние на рост, развитие и биометрические показатели растений овса и сои, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна. Определено влияние органических удобрений из куриного помёта на микробиологические показатели почвы. Прибавка урожайности зерна овса составила 0,4–0,63 т/га, или 17% к контролю. Достоверно увеличилась – на 0,18–0,22 т/га урожайность зерна сои, отмечено небольшое (на 1,2–2,6%) повышение содержания белка в семенах. Установлено, что удобрения улучшают структурные показатели растений овса и сои: у овса на 18–23% увеличивается масса зерна и на 13% количество зерен в метелке, у сои на 14–23% возрастает количество бобов на растении и на 16–19% – масса зерен с одного растения, на 5–7% повышается сохранность растений к уборке. Удобрения, полученные на основе куриного помёта, способствуют улучшению микробиологических характеристик почвы, что повышает доступность элементов питания для растений.

THE IMPACT OF ORGANIC FERTILISERS BASED ON POULTRY MANURE ON FODDER CROP PRODUCTIVITY AND SOIL MICROBIOLOGICAL PARAMETERS

^{1,2}**T.A. Sadokhina**, PhD in Agricultural Sciences

¹**V.P. Danilov**, PhD in Agricultural Sciences

²**A.F. Petrov**, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

²**E.A. Matenkova**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

²**T.V. Gavrillets**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

²**K.N. Rybakova**, PhD in Biological Sciences, Associate Professor

¹**Siberian Federal Research Centre for Agrobiotechnology RAS, Novosibirsk, Russia**

²**Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

Keywords: *manure, organic fertiliser, oats, soybeans, soil microflora.*

Abstract. *The creation of optimum plant nutrition plays a significant role in increasing farming efficiency. Fertilisers are one of the fastest ways to intensify the cultivation technology of all crops. The application of organic fertilisers derived from chicken manure changes the soil's nutrient regime and nitrification capacity, its biological activity and improves physical properties. The study aims to identify the comparative evaluation of organic fertilisers based on chicken manure and establish their effect on the productivity of fodder crops (soybean and oats) and soil biological activity. The authors also determined the effectiveness of using poultry manure as an organic fertiliser to preserve soil bioresources. New organic fertilisers based on chicken manure were tested in work, obtained using a cavitation-vortex heat generator by processing semi-dry manure. Their influence on growth, development and biometric indicators of oat and soybean plants, phytosanitary state of crops, yield and grain quality has been revealed. The effect of organic fertilisers from chicken manure on microbiological indicators of soil has been determined. The increase of the oat grain yield was from 0.4 to 0.63 tons/hectare, or 17% of the control. The output of soybean grain increased significantly by 0.18 to 0.22 t/ha. There was a slight increase in the protein content of seeds (by 1.2-2.6%). It was found that the fertilisers improved the structural indicators of oat and soybean plants. Thus, the weight of grains in oats increased by 18-23%; the number of grains in the panicle also increased by 13%. As for soybean, the number of beans on a plant grown by 14-23%; the weight of grains per plant increased by 16-19%; safety of plants for harvesting increased by 5-7%. Fertilisers based on chicken manure help improve the soil's microbiological characteristics, which grows the availability of nutrients to plants.*

В сложившихся условиях сельское хозяйство Западной Сибири производит миллионы тонн ценных органических удобрений, среди которых значительная доля приходится на птичий помет [1–3]. Однако по ряду причин это удобрение не стало пока существенным фактором воспроизводства плодородия сельскохозяйственных угодий [4]. В числе таких причин высокая концентрация поголовья птицы на малой земельной территории, а также использование промышленных технологий, не нацеленных на получение качественного, экологически безопасного удобрения [5, 1].

Высокая влажность и биологическая активность птичьего помета создают угрозу

загрязнения почвы [6, 7], поверхностных и грунтовых вод соединениями биогенных элементов [8, 9], а атмосферы – газообразными соединениями углерода, водорода, азота и др. Как следствие, приказом Министерства природных ресурсов №786 от 02.12.2002 отдельные виды помета отнесены к отходам III – IV классов опасности.

На фоне ограниченности собственных земельных ресурсов, дороговизны техники и горюче-смазочных материалов птицеводческие хозяйства вынуждены значительно превышать оптимальные дозы внесения помета естественной влажности, поскольку при плече перевозки более 7–10 км его исполь-

зование становится нерентабельным. С учетом перечисленных обстоятельств, наиболее перспективным направлением использования птичьего помета в качестве удобрения становится направление его на предварительную промышленную переработку, обеспечивающую доведение качественных показателей удобрения до необходимых технологических, удобрительных и санитарно-гигиенических параметров [10–14].

Одним из продуктов такой переработки птичьего помета является и объект нашего изучения – концентрированное органическое удобрение. Как и любое новое удобрение, оно нуждается в комплексной агроэкономической и экологической оценке применительно к конкретным почвенно-экологическим условиям, а также в поиске наиболее эффективных способов применения. Такая оценка и стала целью нашего исследования. Учитывая остроту проблемы утилизации птичьего помета в сельском хозяйстве Западной Сибири, равно как и предотвращения деградации почвенного плодородия, а также отсутствие данных о составе и свойствах нового органического удобрения, есть основание полагать об актуальности представленного исследования.

Цель исследования – дать сравнительную оценку органическим удобрениям на основе куриного помета и установить их влияние на продуктивность кормовых культур (соя и овес) и биологическую активность почвы; определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях применяли куриный помет, переработанный с использованием кавитационно-вихревого теплогенератора мето-

дом перегонки полусухого помета, в виде 10%-го раствора в воде и получения различных проб удобрений, в дальнейшем применяемых в опыте. Обработка помета проводилась при тепловых режимах от 60 до 75°C с использованием озона или без него. Партии полученного органического удобрения различались режимами переработки куриного помета.

Исследования проводились в 2020 г. на полевом стационаре СибНИИ кормов СФНЦА, расположенном в северной лесостепи Приобья Новосибирской области. Для проведения исследований взяты две культуры – соя и овес, на них изучали два варианта органических удобрений на основе куриного помета, полученных при разных режимах (препарат № 1 и препарат № 2), за контроль взяты варианты без внесения удобрений, с внесением куриного помета без обработки и азотные минеральные удобрения в норме N_{60} , эквивалентной органическим. Посев проведен 29 мая. Повторность опытов трехкратная. Расположение вариантов систематическое, в два яруса. Посевная и учетная площадь делянок 60 м² (4 x 15 м). Внесение удобрений проведено в два срока: весной под предпосевную культивацию и по вегетации, в период формирования зерна. При изучении микрофлоры почвы численность основных групп микроорганизмов определяли общепринятым методом высева на плотные питательные среды.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый с хорошими физико-химическими показателями. Содержание гумуса в слое 0–20 см – около 6%.

Климат лесостепной зоны Новосибирской области отличается ярко выраженной континентальностью – продолжительной зимой и коротким, но жарким, нередко засушливым летом. Вегетационный период 2020 г. можно охарактеризовать (по обобщенному показателю ГТК май – сентябрь – 1,29) как близкий

к климатической норме для места проведения исследований, но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в июне (ГТК – 0,4) и во второй декаде июля (ГТК – 0,6).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

До проведения лабораторных исследований и закладки полевого опыта был определен химический состав переработанного куриного помета, контролем служили исходные образцы помета. В результате исследований установлено, что массовая доля сухого вещества переработанного куриного помета – 76,7%, переработанного – 3,6%. Доля органического вещества в пересчете на сухое составляла у исходного образца 77,2%, у переработанного – 81,6%. При этом рН составлял 8,6 и 7,0 соответственно. Содержание общего азота, фосфора и калия в пересчете на сухое вещество в исходных образцах куриного помета было 4,04; 2,48 и 1,56%. Под воздействием обработки их содержание в конечном продукте несколько повысилось (за исключением фосфора) и составило 5,56; 2,78 и 12,78% соответственно. Таким образом, лабораторные исследования химического состава птичьего помета выявили повышение содержания основных элементов питания в переработанном курином помете по сравнению с переработанным.

На основании результатов, полученных в полевом эксперименте, установлено положительное влияние органических удобрений на основе куриного помета на формирование основных элементов структуры урожая сои и овса: количество побегов, массу побегов, высоту растений, количество ветвей, бобов, семян и массу семян с растения. При этом степень воздействия удобрений препаратов на

формирование элементов структуры урожая зависела от их вида.

Интенсивность роста растений сои и овса, сопровождаемая изменением длины (высоты), площади, массы, зависела в первую очередь от генетических факторов, но вместе с тем реализация обусловленных генетической природой возможностей растений во многом обусловлена условиями внешней среды, в которой осуществляется их развитие. И это четко проявляется при внесении и проведении внекорневых подкормок испытуемыми удобрениями в основные фазы роста растений в соответствии со схемой опыта.

В наших исследованиях количество взшедших растений овса в контрольном варианте составило 360 шт/м², использование органических удобрений способствовало увеличению полевой всхожести на 2,7%. У сои всхожесть в контрольном варианте была 36,5 шт./м² с увеличением этого показателя на 5,4–8,2% в вариантах с препаратом № 1 и препаратом № 2. Эти препараты увеличили комплексную сохранность растений к уборке на 2,6–2,8%.

Общая продолжительность вегетационного периода в вариантах с применением органических удобрений и препарата № 1 под сою увеличилась на 2 дня и составила 102–105 суток. Для овса характерны аналогичные изменения в длительности межфазных периодов, до фазы выхода в трубку не отмечалось значительных изменений в длине межфазных периодов, далее наблюдалось незначительное затягивание вегетации в вариантах с применением испытуемых препаратов, а также минеральных удобрений. Продолжительность фаз развития овса при различных условиях неоднородная, ее значения варьируют в пределах от 79 до 83 дней.

В результате исследований также установлено положительное влияние органических удобрений из куриного помета на вы-

соту растений сои и овса, которое различалось в зависимости от фенологической фазы. Применение препаратов № 1 и № 2 увеличивало высоту растений овса и сои. Высота овса в фазу кущения в контроле составила 30,0 см, в вариантах с применением препаратов № 1 и № 2 она была на 1,2–4,6 см больше контроля (на 4–15%). Аналогичная тенденция прослеживалась и в фазу цветения. В фазу созревания высота растений овса в контрольном варианте составила 88,0 см, применение препаратов № 1 и № 2 оказало ростостимулирующее влияние, увеличение высоты рас-

посея способствовало более активному накоплению зеленой массы и сухого вещества в фазу цветения овса и начала образования бобов у сои, которая достоверно увеличивалась у овса на 1,16–1,39 т/га, у сои – на 0,29 т/га при применении препарата № 1 по сравнению с контролем (табл. 1).

Овес – очень пластичная культура и положительно отзывается на внесение дополнительных питательных веществ в почву. У сои, как культуры более стабильной, не выявлено значительной реакции на внесение органических препаратов, проявляющейся в увеличе-

Таблица 1

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы овса и сои, т/га
Effect of organic and mineral fertilisers on oat and soybean green matter yields, t/ha

Вариант	Овес			Соя		
	зеленая масса, т/га	сухое вещество		зеленая масса, т/га	сухое вещество	
		содержание, %	сбор, т/га		содержание, %	сбор, т/га
Контроль	14,90	18,50	2,77	15,73	20,00	4,00
Куриный помет	18,30	18,80	3,45	16,26	19,80	3,26
Препарат №1	21,20	18,35	3,93	17,06	23,22	4,29
Препарат № 2 (с добавками)	20,30	20,39	4,16	17,46	20,80	3,86
Азотные удобрения N ₆₀	19,7 0	19,15	3,74	16,00	20,50	3,11
НСР _{0,5}	2,45			2,18		

тений составило 4,5–7,0%. На сое прослеживалась та же тенденция, что и на овсе – в фазы цветения и полной спелости с применением органических препаратов в сочетании с подкормкой высота растений увеличивалась до 49,2–51,3 и 57,8–61,4 см (выше контроля на 1,5–5,0 см), что является достоверным превышением по сравнению с контролем.

Наблюдениями за накоплением зеленой и сухой массы растениями овса и сои в 2020 г. установлено, что интенсивность этого процесса в значительной мере зависит от применения органических удобрений. Внесение препаратов № 1 и № 2 на основе куриного

помета способствовало более активному накоплению зеленой массы, сбора абсолютно сухого вещества, они были в пределах ошибки опыта.

В результате анализа показателей структуры урожая овса и сои в 2020 г. установлено, что применение органических удобрений увеличивает сохранность растений к уборке на 1,7–4,8 шт/м², что является достоверным по отношению к контролю. При формировании урожая основным из базовых компонентов является оптимальное количество продуктивных стеблей на единицу площади. Коэффициент корреляционной связи урожайности овса с данным показателем составляет

0,64. В зависимости от вида удобрений количество продуктивных стеблей изменялось в пределах от 325 до 360 шт. Наибольшее количество продуктивных стеблей на 1 м² (360 шт.) отмечено в варианте с препаратом № 2. Наибольшее количество зерен в метелке отмечено в вариантах с применением препаратов № 1 и № 2 – 29 шт. при 25 шт. в контрольном варианте (табл. 2).

Масса 1000 семян колебалась в интервале

связано преимущественно с увеличением количества продуктивных стеблей на единицу площади ($r = 0,54$) и массой зерен в метелке ($r = 0,71$). Установлено достоверное увеличение количества продуктивных стеблей в вариантах с применением препаратов № 1 и № 2.

Высота растений сои увеличивалась во всех изучаемых вариантах по сравнению с контролем. Максимальное ее увеличение (до 5 см) отмечено в вариантах с применением

Таблица 2

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая овса

(2020 г.)

Effect of poultry manure-based fertilisers on the formation of oat yield structure elements (2020)

Вариант	Количество растений перед уборкой, шт/м ²	Масса зерна в метелке, г	Число зерен в метелке, шт.	Масса 1000 зерен, г	Урожайность биологическая, т/га
Контроль	325	0,96	25	37,9	3,75
Куриный помет	341	1,08	28	39,3	4,17
Препарат № 1	353	1,25	29	38,5	4,36
Препарат № 2 (с добавками)	360	1,26	29	38,9	4,49
Азотные удобрения N ₆₀	342	1,1	28	39,5	4,2
НСР _{0,5}					0,48

37,9–40,0. Анализ элементов структуры урожая показал, что повышение продуктивности

препаратов № 1 и № 2. Показатель количества бобов на одном растении изменялся незначи-

Таблица 3

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая сои

(2020 г.)

Effect of poultry manure-based products on the formation of soybean yield structure elements (2020)

Вариант	Высота, см	Количество бобов на растении, шт.	Семян на растении, шт.	Семян с растения, г	Высота прикрепления нижнего боба, см	Ветвей на растении, шт.	Масса 1000 семян, г
Контроль	56,3	10	14,1	2,19	14,5	1	161,1
Куриный помет	59,5	10,6	16,0	2,55	14,7	1	151,0
Препарат № 1	61,4	12,8	20,7	3,22	14,1	1	156,9
Препарат № 2 (с добавками)	57,8	10,7	17,1	2,58	14,6	1	158,9
Азотные удобрения N ₆₀	59,0	8,25	13,6	2,15	15,2	1	160,2

тельно, существенных различий по вариантам опыта не отмечено (табл. 3).

Установлено, что значимое влияние на увеличение количества семян сои оказал препарат № 1, их количество на одном растении повышалось на 3-4 шт., что является достоверной прибавкой. Масса 1000 семян нахо-

Зафиксировано, что наибольшая урожайность овса (4,29 т/га) получена при предпосевном внесении и проведении внекорневой подкормки препаратом № 2, прибавка достоверна по отношению к контролю и составляет 21%. Применение препарата № 1 и минеральных удобрений также положительно отраз-

Таблица 4

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность зерна овса и сои, т/га
Effect of organic and mineral fertilisers on grain yield of oats and soybeans, t/ha

Вариант	Овес	Соя
Контроль	3,53	1,92
Куриный помет	3,97	2,12
Препарат № 1	4,16	2,14
Препарат № 2 (с добавками)	4,29	2,18
Азотные удобрения N ₆₀	4,00	2,02
НСР _{0,5}	0,44	0,217

дилась в пределах 156,9 – 161,1 г, препараты существенного влияния на этот показатель не оказали.

илось на урожайности овса, прибавка составила 0,43 – 0,63 т/га (табл. 4).

На сое, культуре менее отзывчивой на применение органических удобрений, полу-

Таблица 5

Микологический анализ семян овса и сои (2020 г.)
Mycological analysis of oat and soybean seeds (2020)

Вариант	Зараженность, %						
	<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Mucor</i>
<i>Овес</i>							
Контроль	92	0	24	-	-	-	-
Куриный помет	88	0	24	-	-	-	-
Препарат № 1	96	0	14	-	-	-	-
Препарат № 2 (с добавками)	88	0	18	-	-	-	-
Азотные удобрения N ₆₀	90	0	12	-	-	-	-
<i>Соя</i>							
Контроль	4	0	2	36	0	10	0
Куриный помет	4	2	8	12	0	46	0
Препарат № 1		4	8	4	0	0	0
Препарат № 2 (с добавками)	4	0	4	0	6	69	2
Азотные удобрения N ₆₀	8	4	8	4	4	2	0

чена достоверная прибавка урожайности от внесения препаратов на основе органических удобрений – 0,24 ц/га. От применения минеральных удобрений достоверной прибавки не получено, хотя отмечена положительная тенденция к ее увеличению.

Микологический анализ полученных семян показал, что на зерне овса выделены *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium*. *Alternaria* присутствовала во всех вариантах опыта с распространением от 88 до 96%. *Fusarium* зафиксирован с распространением от 12 до 24 % (табл. 5). Наблюдается достоверное снижение данного заболевания на 6–10% в вариантах с использованием препаратов на основе куриного помета.

На семенах сои выделены следующие патогены: *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* и *Mucor*. В 2020 г. соя созревала в прохладных и влажных условиях, благоприятных для развития и распространения инфекций, поэтому по результатам микологического анализа отмечено такое видовое разнообразие. Распространение *Alternaria*, *Cladosporium* и *Fusarium* не зависело от используемого препарата, при этом прослеживается достоверное снижение количества *Penicillium* и увеличение – *Rhizopus*

в изучаемых вариантах опыта. Проведенный анализ показал, что применение органических удобрений на основе куриного помета не способствовало повышению зараженности семян и не ухудшило фитосанитарную ситуацию в посевах.

Большое влияние применяемые органические и минеральные удобрения могут оказывать на микробиологические показатели почвы. Связано это с тем, что микроорганизмы хорошо приживаются в зоне корневой системы растений, усиливая свою активность. В результате значительно возрастает интенсивность микробиологических, биохимических и иных процессов в ризосфере, повышается растворимость труднодоступных элементов питания, накапливается биологический азот.

Значительную долю в микробной биомассе пахотного чернозема занимают аммонифицирующие и нитрифицирующие бактерии. В полевом опыте применение органических и минеральных удобрений на овсе подавляло численность бактерий-аммонификаторов, кроме варианта с препаратом № 2 с добавками. Сильнее всего угнетались бактерии, усваивающие органический азот, в варианте с куриным пометом.

Таблица 6

Микрофлора почвы под кормовыми культурами при внесении органических и минеральных удобрений, млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы

Soil microflora under fodder crops at the application of organic and mineral fertilisers, mln CFU in 1 g of arid soil

Вариант	Бактерии, усваивающие органический азот (МПА)		Бактерии, усваивающие минеральный азот (КАА)	
	Овес	Соя	Овес	Соя
Контроль	493,3	120,0	230,0	433,3
Куриный помет	246,7*	353,3*	230,0	520,0
Препарат № 1	266,7	640,0*	210,0	1593,0*
Препарат № 2 с добавками	686,7	653,3*	140,0	273,0
Азотные удобрения N ₆₀	393,3	540,7*	20,0*	840,0*
НСР ₀₅	301,4	186,5	201,7	399,1

*Достоверно на 95-% уровне.

На группу бактерий, усваивающих минеральный азот, препараты и органические удобрения не оказали влияния. Только в варианте с азотными удобрениями наблюдалось угнетающее действие: численность бактерий, усваивающих минеральный азот, снизилась в 11,5 раза по сравнению с контролем (табл. 6).

На сое при внесении удобрений численность аммонификаторов была существенно выше контроля – от 353,3 до 640,0 млн КОЕ во всех вариантах. Применение удобрений оказало благоприятное воздействие на развитие данной группы микроорганизмов.

Иммобилизацию минерального азота осуществляют микроорганизмы, способные усваивать аммиачный, аммонийный и нитратный азот. От степени иммобилизации зависит содержание доступных форм азота в почве для растений. Численность бактерий – иммобилизаторов азота в контроле и в варианте с куриным пометом была одинаковой и составила 433,4–529,0 млн КОЕ/1 г почвы. В вариантах с препаратом № 1 и азотными удобрениями отмечено достоверное увеличение численности иммобилизирующих бактерий – в 3,6 и 1,9 раза соответственно по сравнению с контролем. Препарат № 2 с добавками угнетал микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота, численность которых была на 63% меньше, чем в контроле.

Функциональная структура и активность микробного ценоза отслеживались по изменению коэффициентов минерализации. При выращивании овса коэффициент минерализации во всех вариантах был меньше единицы, следовательно, минерализация шла медленно. На фоне препарата № 1 минерализация была на уровне контроля. В варианте с куриным пометом коэффициент минерализации увеличивался до 0,93, а при применении азотных удобрений уменьшался до 0,05.

Расчеты показали, что коэффициент минерализации в пахотном слое чернозема вы-

щелоченного среднесуглинистого при возделывании сои варьировал от 0,41 до 3,6. Это указывает на процесс микробиологического поглощения минерального азота, что приводит к ухудшению азотного режима. При внесении удобрений коэффициент минерализации во всех вариантах уменьшился по сравнению с контролем, что связано с особенностями возделывания бобовых культур.

ВЫВОДЫ

1. В условиях лесостепной зоны Западной Сибири от применения на овсе и сое удобрений на основе куриного помета наибольший эффект получен при внесении их в почву перед посевом и при обработке посевов по вегетации в фазе плодообразования. Прибавка урожайности зерна овса составила 0,43 – 0,63 т/га, или 17% к контролю. Также получено достоверное увеличение урожайности зерна сои – на 0,18 – 0,22 т/га и некоторое повышение (на 1,2–2,6 %) содержания белка в семенах.

2. Обработка препаратами улучшает структурные показатели растений овса и сои: у овса на 18–23% увеличивается масса зерна и на 13% количество зерен в метелке, у сои на 14–23% повышается количество бобов на растении и на 16–19% – масса зерен с одного растения. На 5–7% возрастает сохранность растений к уборке.

3. Анализ микробиологического состава почв при внесении разных форм органических и минеральных удобрений показал, что применение птичьего помета не оказывает положительного влияния на численность полезной микрофлоры почвы под овсом и соей. Внесение опытных удобрений способствует улучшению микробиологических характеристик почвы, что повышает доступность элементов питания для растений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Брюханов А.Ю. Методы проектирования и критерии оценки технологий утилизации навоза, помета, обеспечивающие экологическую безопасность: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. – СПб., 2017. – 49 с.
2. Иванов А.И. Насущные вопросы научно-практического обеспечения применения навоза в Ленинградской области // Система использования органических удобрений и возобновляемых ресурсов в ландшафтном земледелии. – Владимир: Изд-во ВНИИОУ, 2013. – С. 172–176.
3. Запечалов М.В., Запечалов С.М. Технология приготовления органо-минерального удобрения на основе птичьего помета // Вестник Алтайского государственного университета. – 2011. – №5 (79). – С. 84–90.
4. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review / M. Kyakuwaire, G. Olupot, A. Amoding [et al.] // Int J Environ Res Public Health. – 2019. – Sep 20, N 16 (19). – P. 3521. – DOI: 10.3390/ijerph16193521.PMID:31547196.
5. Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field / S. Li, J. Li, B. Zhang [et al.] // Rep. – 2017. – Dec 5, N 7(1). – P. 17020. – DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y.PMID:29209063.
6. Попов В.Д., Максимов Д.А., Брюханов А.Ю. Экологические проблемы сельскохозяйственного производства и их решение в Северо-Западном федеральном округе РФ // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 4. – С. 4–7.
7. Effects of Composting Different Types of Organic Fertilizer on the Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes / Z. Zhou, H. Yao // Microorganisms. – 2020. – Feb 17, N 8(2). – P. 268. – DOI: 10.3390/microorganisms8020268.PMID:32079314.
8. Агроэкологические последствия неравномерного внесения удобрений / А.И. Иванов, Ж.А. Иванова, А.А. Конашенков, В.С. Спиридонов // Проблемы агрохимии и агроэкологии. – 2009. – №1. – С. 37–41.
9. Использование куриного помета как удобрения на агрочерноземе Южного Предуралья / И.М. Габбасова, Т.Т. Гаринов, Л.В. Сидорова, Р.Р. Сулейманов // Агрохимия. – 2016. – №8. – С. 30–35.
10. Обоснование экологически безопасных технологий утилизации навоза и помета в сельскохозяйственных предприятиях Северо-Западного федерального округа Российской Федерации / А.В. Афанасьев, Д.А. Максимов, В.Н. Афанасьев, А.Ю. Брюханов // Агроэкологический журнал. – 2012. – № 2. – С. 32–35.
11. Брюханов А.Ю., Васильев Э.В., Шалавина Е.В. Проблемы обеспечения экологической безопасности животноводства и наилучшие доступные методы их решения // Региональная экология. – 2017. – № 1 (47). – С. 37–43.
12. Влияние продуктов биоконверсии органического сырья на продуктивность зернотравяного звена севооборота в различных ландшафтных условиях / Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалев, В.А. Тюлин, М.В. Рублюк, О.В. Карасева, В.А. Абрамов // Вестник Тверского государственного университета. Серия: География и геоэкология. – 2015. – № 1. – С. 37–43.
13. Rethinking Manure Application: Increase in Multidrug-Resistant Enterococcus spp. in Agricultural Soil Following Chicken Litter Application / D.O. Fatoba, A.L.K. Abia, D.G. Amoako, S.Y. Essack // Microorganisms. – 2021. – Apr 21, N 9(5). – P. 885. – DOI: 10.3390/microorganisms9050885.PMID: 33919134.
14. Сложный компост и его влияние на свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур: монография / Д.А. Антоненко [и др.]; под. ред. И.С. Белюченко. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – 181 с.

REFERENCES

1. Bryukhanov A.Yu., *Metody proektirovaniya i kriterii otsenki tekhnologiy utilizatsii navoza, pometa, obespechivayushchie ekologicheskuyu bezopasnost'* (Design methods and evaluation criteria for manure and

- manure disposal technologies that ensure environmental safety), Extended abstract of Doctor's thesis, Sankt Petersburg, 2017, 49 p.
2. Ivanov A.I., *Sistema ispol'zovaniya organicheskikh udobreniy i vozobnovlyaemykh resursov v landshaftnom zemledelii*, Vladimir: VNIIOU Publishing House, 2013, pp. 172–176. (In Russ.)
3. Zapevalov M.V., Zapevalov S.M., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2011, No. 5 (79), pp. 84–90. (In Russ.)
4. Kyakuwaire M., Olupot G., Amoding A., Nkedi-Kizza P., Basamba T.A., How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer? A Review, *Int J Environ Res Public Health*, 2019, Sep 20, No. 16(19), pp. 3521, DOI: 10.3390/ijerph16193521.PMID: 31547196.
5. Li S., Li J., Zhang B. [et al.], Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field, *Rep.*, 2017, Dec 5, No. 7(1), pp. 17020, DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y.PMID: 29209063.
6. Popov V.D., Maksimov D.A., Bryukhanov A.Yu., *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*, 2013, No. 4, pp. 4–7. (In Russ.)
7. Zhou Z., Yao H., Effects of Composting Different Types of Organic Fertilizer on the Microbial Community Structure and Antibiotic Resistance Genes, *Microorganisms*, 2020, Feb 17, No. 8(2), pp. 268, DOI: 10.3390/microorganisms8020268.PMID: 32079314.
8. Ivanov A.I., Ivanova Zh.A., Konashenkov A.A., Spiridonov V.S., *Problemy agrokhimii i agroekologii*, 2009, No. 1, pp. 37–41. (In Russ.)
9. Gabbasova I.M., Garinov T.T., Sidorova L.V., Suleymanov R.R., *Agrokhimia*, 2016, No. 8, pp. 30–35. (In Russ.)
10. Afanas'ev A.V., Maximov D.A., Afanasiev V.N., Bryukhanov A.Y., *Agroekologichnyi zhurnal*, 2012, No. 2, pp. 32–35.
11. Bryukhanov A.Yu., Vasiliev E.V., Shalavina E.V., *Regional'naya ekologiya*, 2017, No. 1(47), pp. 37–43. (In Russ.)
12. Ivanov D.A., Kovalev N.G., Tyulin V.A., Rubruk M.V., Karasev O.V., Abramov V.A., *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya i geoekologiya*, 2015, No. 1, pp. 37–43. (In Russ.)
13. Fatoba D.O., Abia A.L.K., Amoako D.G., Essack S.Y., Rethinking Manure Application: Increase in Multidrug-Resistant Enterococcus spp. in Agricultural Soil Following Application of Chicken Litter, *Microorganisms*, 2021, Apr 21, No. 9(5), pp. 885, DOI: 10.3390/microorganisms9050885.PMID: 33919134.
14. Antonenko D.A. [et al.], *Slozhnyy kompost i ego vliyanie na svoystva pochvy i produktivnost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Complicated compost and its effect on soil properties and crop productivity), Krasnodar: KubGAU, 2015, 181 p.