

ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОИ НА ВНЕСЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЕТА

¹Т.В. Гаврилец, кандидат биологических наук, доцент

²В.П. Данилов, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Е.А. Матенькова, кандидат биологических наук, доцент

¹А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук

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

²А.В. Кокорин, аспирант

¹ А.Н. Садохин, студент

¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

E-mail: gavrilez_t_08@mail.ru

Ключевые слова: органическое удобрение, соя, микрофлора почвы, урожайность, структура урожая.

Реферат. Органические удобрения на основе куриного помета имеют разнообразный состав основных элементов питания и микроэлементов, в этом их преимущество над минеральными удобрениями. Внесение органических удобрений, полученных на основе куриного помета, улучшает биологическую активность почвы. Цель исследований – определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы и повышения продуктивности сои. В процессе выполнения работы были испытаны новые органические удобрения на основе куриного помета, полученные при использовании кавитационно-вихревого теплогенератора методом переработки полусухого помета. Выявлено их влияние на микробиологические показатели почвы, рост, развитие и биометрические характеристики растений сои, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество продукции. Установлено, что удобрения, полученные на основе куриного помета, способствуют улучшению микробиологических характеристик почвы, что повышает доступность элементов питания для растений. Отмечено изменение численности микомицетов в начале вегетации: снижение на 68 % при использовании Препарата 1 и увеличение на 35,6 % при применении азотных удобрений. Предпосевное внесение препаратов в почву и обработка по вегетации активизируют вегетативное развитие растений и способствуют повышению урожайности зеленой массы и зерна. Наибольший эффект получен при внесении под сою Препарата 2. Прибавка урожайности зерна сои составила 0,2–0,3 т/га, или 8–14 % к контролю. Установлено, что обработка препаратами улучшает структурные показатели растений сои: на 6–8 % увеличивается количество бобов на растении и на 18–23 % – масса зерен с одного растения. На 2–4 % возрастает сохранность растений к уборке.

SOYBEAN RESPONSE TO ORGANIC FERTILIZER BASED ON BIRD MANURE

¹T.V. Gavrillets, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

²V.P. Danilov, Ph.D. in Agricultural Sciences

¹E.A. Matenkova, Ph.D. in Biological Sciences, Associate Professor

¹A.F. Petrov, Ph.D. in Agricultural Sciences

^{1,2}T.A. Sadokhina, Ph.D. in Agricultural Sciences

²A.V. Kokorin, Postgraduate Student

¹A.N. Sadokhin, Student

¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

²Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnologies, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

E-mail: gavrilez_t_08@mail.ru

Keywords: organic fertilizer, soybean, soil microflora, productivity, crop structure.

Abstract. Organic fertilizers based on chicken manure have a diverse composition of basic nutrients and microelements, which is their advantage over mineral fertilizers. The introduction of organic fertilizers obtained based on chicken manure improves the biological activity of the soil. The study aims to determine the effectiveness of using bird droppings as an organic fertilizer to conserve soil bioresources and increase soybean productivity. In the

course of the work, the authors tested new organic fertilizers based on chicken manure obtained using a cavitation-vortex heat generator by processing semi-dry manure. Their influence on soil microbiological indicators, growth, development, and biometric characteristics of soybean plants, phytosanitary condition of crops, productivity, and product quality was revealed. The authors also found that fertilizers based on chicken manure help to improve the microbiological characteristics of the soil, which increases the availability of nutrients for plants. The authors note a change in the number of mycomycetes at the beginning of the growing season: a decrease of 68% with the use of Preparation 1 and an increase of 35.6% with the use of nitrogen fertilizers. Pre-sowing introduction of preparations into the soil and processing during the growing season activate the vegetative development of plants and contribute to an increase in the yield of green mass and grain. The greatest effect was obtained when preparation 2 was applied under soybean. The increase in soybean grain yield was 0.2–0.3 t/ha or 8–14% of the control. The authors also found that treatment with drugs improves the structural parameters of soybean plants: the number of beans per plant increases by 6–8%; by 18–23% - the mass of grains from one plant; the safety of plants for harvesting increases by 2–4%.

Соя – это важная культура, которая отзывчива на внесение удобрений. С агрономической точки зрения она является азотфиксатором, обогащает почву азотом, улучшает ее структуру. При благоприятных условиях соя может оставлять в почве до 50–80 кг/га азота [1].

Органические удобрения на основе куриного помета имеют разнообразный состав основных элементов питания и микроэлементов, в этом их преимущество над минеральными удобрениями [2]. Кроме того, переработанный птичий помет может улучшать физические, химические и биологические свойства почвы [3–5]. Органические удобрения не только обеспечивают питание культуры текущего сезона, но и оказывают существенное влияние на последующие культуры севооборота [6, 7]. Куриный помет как органическое удобрение применяется на разных культурах, обеспечивая их элементами питания [8]. Однако следует учитывать, что применение птичьего помета может приводить к загрязнению окружающей среды [9, 10].

В этой связи перспективным направлением использования птичьего помета в качестве удобрений становится его переработка, обеспечивающая доведение качественных показателей удобрений до необходимых технологических, удобрительных и санитарно-гигиенических параметров [11, 12].

Цель исследований – определить эффективность использования птичьего помета в качестве органического удобрения для сохранения биоресурсов почвы и повышения продуктивности сои.

Задачи исследований:

- выявить действие органических удобрений на основе куриного помета на микрофлору почвы;
- оценить рост и развитие растений сои в течение периода вегетации;

– определить урожайность сои на фоне применения органических удобрений, полученных из куриного помета.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в 2020–2021 гг. в полевых опытах в северной лесостепи Приобья Новосибирской области. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, содержание органического углерода в почве 3,48 %, рН 5,3. Сумма поглощенных оснований – 58–61 мг-экв/100 г почвы.

По климатическим ресурсам это умеренно теплый, недостаточно увлажненный агроклиматический район. Среднегодовое количество осадков составляет 350–450 мм, из них 254 мм в теплый период года (апрель – сентябрь), за июнь – август выпадает 113–130 мм. Гидротермический коэффициент (по Селянинову) в период с температурой воздуха выше 10° С – 1,0–1,2. Сумма положительных температур выше + 10° С в среднем составляет 1880° С с отклонениями по годам от 1500 до 2250° С.

Вегетационный период 2020 г. по количеству осадков характеризовался (по обобщенному показателю – ГТК май–сентябрь – 1,29) как близкий к климатической норме, но с переменным по месяцам количеством осадков и недостатком влаги в июне (ГТК – 0,4) и во второй декаде июля (ГТК – 0,6). За вегетационный период 2021 г. сумма выпавших осадков составила 202 мм (ГТК – 0,9). За период с мая по август сумма температур выше 10° С равнялась 2090° С. В летние месяцы вегетации растений температура воздуха была на уровне среднемноголетнего значения и только в мае выше на 1,7–3,5° С. Осадки распределялись неравномерно.

Исследования проводились под культурой сои по паровому предшественнику. Схема опыта: контроль, куриный помет (без переработки), Препарат 1, Препарат 2 с добавками, азотные удобрения N_{60} . Изучались варианты органических удобрений на основе птичьего помета. Удобрения получены методом перегонки полусухого помета в виде 10 %-го раствора в воде с использованием кавитационно-вихревого теплогенератора. Помет обрабатывали при разных тепловых режимах (от 60 до 75° С), с использованием озона или без него.

Опыты закладывали в трехкратной повторности, расположение вариантов систематическое. Посевная и учетная площадь делянок 60 м² (4×15 м). Посев проводили в третьей декаде мая. Удобрения вносили в два срока: весной в почву под предпосевную культивацию и по вегетации, в период формирования зерна сои.

В лабораторных условиях было проведено определение химического состава переработанного куриного помета, контролем служили исходные образцы помета.

Почву для анализа отбирали в пахотном слое (0–20 см) в 10 точках делянки по диагонали. Таким образом получали смешанный образец для микробиологического анализа.

Численность основных групп микроорганизмов определяли общепринятым методом высева на плотные питательные среды: аммонификаторы – на МПА (мясо-пептонный агар); микроорганизмы, усваивающие минеральные формы азота, – на КАА (крахмало-аммиачный агар); аэробные азотфиксаторы – на среде Эшби по обрастанию комочков в процентах;

Целлюлозоразрушающие микроорганизмы на среде Гетчинсона по обрастанию комочков в процентах; биохимическую активность грибов – на среде Чапека.

Микроорганизмы высевали методом предельных разведений, инкубировали при температуре 28° С в течение 3–14 дней. Число выросших колоний с учетом содержания почвенной влаги, объема капли и разведения пересчитывали на численность микроорганизмов в 1 г абсолютно сухой почвы [13].

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая и урожайность зерна сои оценивали путем отбора растений с учетной площади и прямого комбайнирования.

Результаты исследований статистически обработаны методом дисперсионного анализа с использованием программы SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате определения химического состава куриного помета установлено, что массовая доля сухого вещества переработанного куриного помета составляет 76,7 %, переработанного – 3,6; доля органического вещества в пересчете на сухое у исходного образца – 77,2, у переработанного – 81,6 %; рН исходных образцов 8,6, переработанных – 7,0. Содержание общего азота, фосфора и калия в пересчете на сухое 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.

При выращивании бобовых культур на черноземных почвах активизируется микрофлора, что способствует увеличению микробной биомассы. В таких условиях возрастает значение запасов питательных веществ в почве для формирования урожая [14]. В наших исследованиях при внесении птичьего помета в начале вегетационного периода наиболее значительно увеличивалась численность аммонифицирующих микроорганизмов в опытных вариантах (табл. 1). В сентябре численность аммонификаторов выше в варианте с внесением азотных удобрений в сравнении с контролем. Возможной причиной роста численности аммонификаторов является большее количество листового и корневого опада, растительных остатков в связи с повышением урожайности сои при внесении минеральных удобрений.

В начале вегетации сои при применении Препарата 1 и азотных удобрений возрастало количество бактерий, усваивающих минеральный азот (амилолитической микрофлоры на КАА). Препарат 2 снижал численность микроорганизмов этой группы. К концу вегетационного периода действие препаратов на бактерии, усваивающие минеральный азот, уменьшалось, и их количество приближалось к контролю.

Таблица 1

Численность микрофлоры чернозема выщелоченного под культурой сои, млн КОЕ в 1 г абсолютно сухой почвы (среднее за 2020–2021 гг.)
The number of the microflora of chernozem leached under soybean culture, million CFU per 1 g of absolutely dry soil (average for 2020–2021)

Вариант	Бактерии, усваивающие органический азот (МПА)		Бактерии, усваивающие минеральный азот (КАА)	
	июнь	сентябрь	июнь	сентябрь
Контроль	83,0	15,5	359,6	33,0
Куриный помет	229,6*	14,7	376,5	32,1
Препарат 1	350,0*	15,8	973,0*	29,5
Препарат 2 с добавками	373,1*	13,3	196,5	28,6
Азотные удобрения N ₆₀	373,3*	30,9*	590,0*	45,6
НСР _{0,5}	143,6	8,2	367,08	18,3

*Здесь и далее: достоверно на 95 %-м уровне.

Интенсивность микробиологических процессов трансформации азотсодержащих соединений в почве оценивали по коэффициенту минерализации. Установлено, что во всех вариантах опыта наблюдались активные процессы минерализации азотсодержащих соединений ($K_{\text{мин}} > 1$), при этом наиболее интенсивно данные процессы протекали в кон-

трольном варианте в июне. Внесение органических удобрений в варианте Препарат 2 с добавками снижало коэффициент минерализации в 8,6 раза по сравнению с контролем и в 3,2 раза по сравнению с внесением куриного помета. В сентябре значения коэффициентов минерализации опытных и контрольных образцов почвы были на одном уровне (табл. 2).

Таблица 2

Влияние применения удобрений на направленность почвенно-микробиологических процессов (среднее за 2020–2021 гг.)
Influence of fertilizer application on the direction of soil microbiological processes (average for 2020–2021)

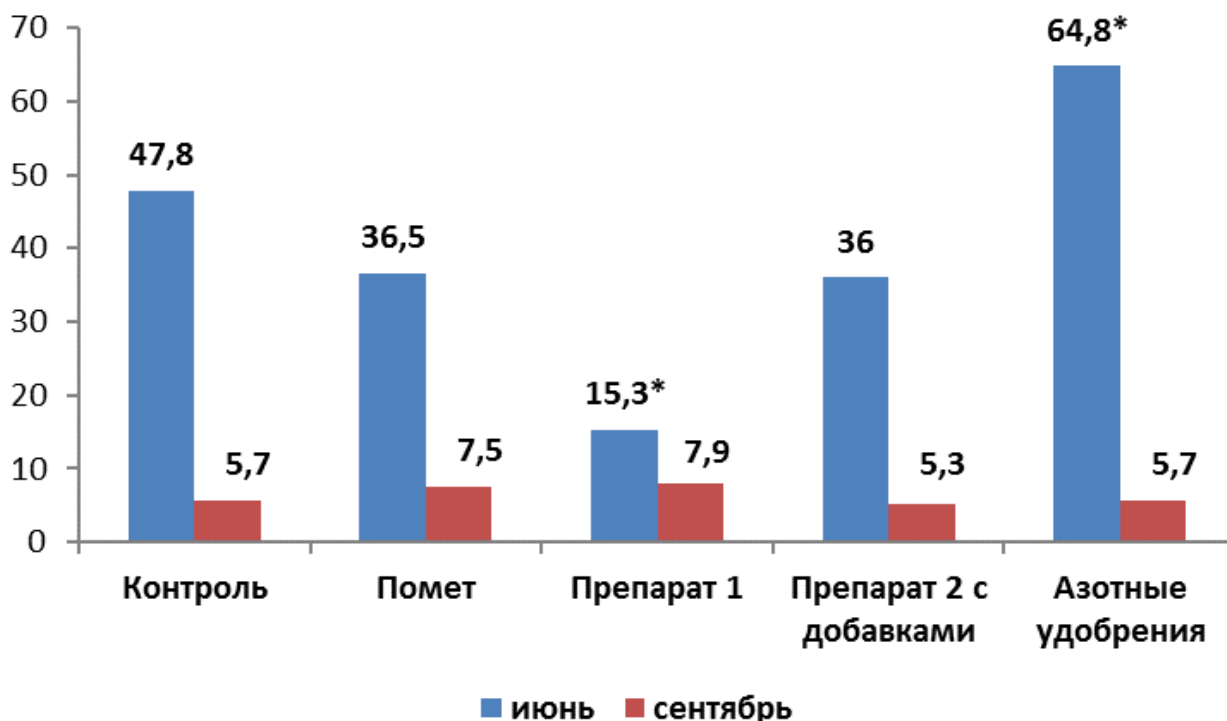
Вариант	Коэффициент минерализации КАА/МПА	
	июнь	сентябрь
Контроль	4,3	2,1
Куриный помет	1,6*	2,2
Препарат 1	2,8	1,9
Препарат 2 с добавками	0,5*	2,2
Азотные удобрения N ₆₀	1,6*	1,5
НСР _{0,5}	2,5	2,2

Численность микроскопических грибов в июне во всех вариантах опыта, кроме варианта с азотными удобрениями, была ниже уровня контроля. Снижение численности микроскопических грибов является положительной стороной применения удобрений, т.к. среди них имеется немало патогенных (рисунок).

Достоверные отличия выявлены при использовании Препарата 1. Статистически доказано увеличение микомицетов на фоне азотных удобрений, что, по мнению Е.Н. Мишустина [15], связано с поступлением в почву большого количества энергетического материала в виде листового опада, корнепоживных

остатков растений на удобренных делянках. К сентябрю существенных различий в численности микроскопических грибов не наблюдалось. Таким образом, отличия в почвенной

микрофлоре, осуществляющей деструкцию легкоразлагаемых органических остатков и дальнейшее превращение азота, нивелировались к концу вегетационного периода [16].



Численность микомицетов, тыс. в 1 г абсолютно сухой почвы.

Примечание: НСР_{0,5} (июнь)=15,9; НСР_{0,5} (сентябрь)=4,8

The number of mycomycetes, thousand per 1 g of absolutely dry soil. (CZA)10³ Note: SAD_{0,5} (Smallest Average Difference) (June)=15.9; SAD_{0,5} (September)=4.8

Запасы почвенного азота в значительной мере восполняются за счет биологического связывания его из атмосферы, которое осуществляется свободноживущими микроорганизмами и в процессе ассоциативной и симбиотической азотфиксации [17, 18].

Внесение куриного помета под сою приводило к увеличению численности бактерий рода *Azotobacter* по сравнению с контролем на 14,4 % (*Azotobacter* усиленно размножает-

ся в почвах, удобренных навозом, а также в разнообразных компостах, содержащих целлюлозу, т.к. хорошо ассимилирует вещества, образующиеся при распаде целлюлозы). На фоне применения азотных удобрений развития микроорганизмов этой группы в июне не отмечено. В сентябре численность азотфиксирующих микроорганизмов по всем вариантам увеличилась в 2–4 раза по сравнению с началом вегетационного периода (табл. 3).

Таблица 3

Численность бактерий рода *Azotobacter* на среде Эшби (среднее за 2020–2021 гг.), %
The number of bacteria of the genus *Azotobacter* on Ashby medium (average for 2020–2021), %

Вариант	Июнь	Сентябрь
Контроль	24,3	97,3
Куриный помет	38,7*	70,7*
Препарат 1	29,3	60,0
Препарат 2 с добавками	24,7	57,4*
Азотные удобрения N ₆₀	0	18,0*
НСР _{0,5}	10,5	16,2

Следовательно, внесение азотных удобрений вызывает кратковременное снижение численности *Azotobacter*, которая далее постепенно восстанавливается. В сентябре по сравнению с июнем количество азотфиксирующих бактерий в черноземе выщелоченном под действием куриного помета увеличивалось, но поступление азота от биологической фиксации в опытных вариантах меньше, чем в контроле.

В наших исследованиях определялось влияние препаратов на основе куриного помета не только на почвенную микрофлору, но и на рост и развитие растений сои. На основании полевого эксперимента установлено положительное влияние органических удобрений на формирование основных элементов структуры урожая сои: массу и высоту растений, количество ветвей, бобов, семян и массу семян с растения. При этом степень воздействия препаратов на формирование элементов

структуры урожая зависела от вида препарата.

Отмечено положительное влияние Препарата 1 и Препарата 2 на высоту растений сои, которое различалось в зависимости от фенологической фазы. В фазу ветвления высота в контроле составила 25,1 см, в вариантах с применением препаратов на основе куриного помета – на 2,8–3,2 см больше. Аналогичная тенденция прослеживалась и в фазу цветения. В фазу созревания высота в контрольном варианте составила 68,7 см, применение Препарата 1 и Препарата 2 оказало ростостимулирующее влияние – отмечено увеличение высоты растений на 4,1–5,0%.

Применение изучаемых препаратов на основе куриного помета способствовало более активному накоплению зеленой массы и сухого вещества в фазу цветения сои, которая достоверно увеличивалась на 3,0–3,5 и 0,5–0,8 т/га соответственно по сравнению с контролем (табл. 4).

Таблица 4

Влияние органических и минеральных удобрений на урожайность зеленой массы сои (среднее за 2020–2021 гг.), т/га

Effect of organic and mineral fertilizers on the yield of soybean green mass (average for 2020–2021), t/ha

Вариант	Зеленая масса, т/га	Содержание сухого вещества, %	Сбор сухого вещества, т/га
Контроль	19,5	20,2	4,4
Куриный помет	21,0	19,6	4,1
Препарат 1	22,9	22,3	5,2
Препарат 2 с добавками	23,0	20,2	4,6
Азотные удобрения N ₆₀	20,5	20,6	3,8
НСР _{0,5}	2,1		

Основными элементами структуры урожая растений сои считаются: число стеблей на единицу площади, число боковых веточек, число продуктивных узлов, число бобов и семян на растении, масса 1000 семян и масса урожая с одного растения. В наших исследованиях ветвление стеблей было слабое – в основном было по 2 ветви, большинство из них с бобами. Но бобов было мало – 1–2 шт., поэтому ветвление не вносило существенного вклада в общую урожайность посевов сои. Стебли имели по 10 узлов, в том числе 8 узлов с бобами. Для изучаемого сорта сои такое количество узлов на стебле можно считать оптимальным, тем более что почти 70 % узлов – плодоносящие, имеющие бобы со зрелыми семенами.

Высота прикрепления нижнего боба должна быть не менее 10 см от корневой шейки. Максимальную высоту прикрепления нижне-

го боба – 12 см имели варианты с применением Препарата 1 и Препарата 2. В данных вариантах опыта преобладали двухсемянные и трёхсемянные бобы, малопродуктивных односемянных бобов в урожае было 7–18 %. На одном растении насчитывалось от 12 до 16 бобов, и их количество практически не зависело от вносимых удобрений. На количество бобов и завязываемость семян существенное влияние оказала воздушная и почвенная засуха периода цветения–образования бобов в 2021 г. (за вторую–третью декады июля выпало 4,4 мм осадков).

На одном растении в контрольном варианте насчитывалось 18 шт. семян. На фоне применения Препарата 1 и Препарата 2 этот показатель увеличился до 20 и 22 шт. с растения соответственно. Несмотря на то, что количество семян с одного растения по вариантам опыта изменялось незначительно, четко про-

слеживалась тенденция к увеличению массы семян с одного растения. Наибольшая масса семян с одного растения – 3,4–3,7 г получена в вариантах с использованием Препарата 1 и Препарата 2. Данный показатель на 8 % выше

контроля. Применение органических удобрений не отразилось на массе 1000 семян, во всех вариантах опыта этот показатель составлял 162–166 ±1,4 г (табл. 5).

Таблица 5

Влияние препаратов на основе куриного помета на формирование элементов структуры урожая сои (среднее за 2020–2021 гг.)

The influence of preparations based on chicken manure on the formation of soybean crop structure elements, the average for 2020–2021

Вариант	Высота перед уборкой, см	Количество бобов, шт.	Семян с 1 растения, шт.	Семян с 1 растения, г	Количество ветвей	Масса 1000 семян, г
Контроль	68,7	12	18	3,0	1,5	163
Куриный помет	72,1	13	21	3,2	1,4	155
Препарат 1	71,4	13,5	22	3,7	1,25	166
Препарат 2 с добавками	71,2	13	20	3,4	1,25	164
Азотные удобрения N ₆₀	70,4	12	20	3,2	1,5	163

Статистическая обработка результатов исследований показала наличие зависимости урожайности сои от массы семян с одного растения ($r = 0,79$).

В условиях лесостепной зоны Западной Сибири выявлено положительное влияние применения препаратов на основе куриного помета на урожайность сои (табл. 6).

Установлено, что предпосевное внесение препаратов в почву активизирует вегетативное развитие растений и способствует повышению урожайности зерна сои. Наибольший эффект получен при внесении Препарата 2, прибавка урожайности зерна сои составила 0,3 т/га, или 14 % к контролю.

Таблица 6

Урожайность и показатели качества зерна сои (среднее за 2020–2021 гг.)

Soybean grain yield and quality indicators (2020–2021 average)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Показатель			Сбор, ц/га	
		влажность зерна	протеин, %	маслич - ность, %	протеин	жир
Контроль	2,1	8,3	38,3	19,9	8,8	4,5
Куриный помет	2,2	7,9	39,2	19,7	9,5	4,7
Препарат 1	2,3	7,8	37,6	20,3	9,7	5,3
Препарат 2	2,4	7,9	38,8	20,0	10,0	5,2
Азотные удобрения N ₆₀	2,2	7,7	40,7	19,2	10,2	4,8
НСР _{0,5}	1,6					

ВЫВОДЫ

1. Внесение органических препаратов стимулирует рост микрофлоры почвы, снижает количество условно-фитопатогенных грибов, не оказывая при этом фитотоксического действия.

2. При использовании препаратов из куриного помета наблюдается тенденция к увеличению урожайности зерна сои (до 0,3 т/га к контролю), улучшаются структурные показатели растений, увеличивается количество бобов на растении на 6–8% и на 18–23 г масса зерен с одного растения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M. The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms // FEMS Microbiol Rev. – 2013. – Vol. 37(5). – P. 634–663. – DOI: 10.1111/1574-6976.12028.
2. Лысенко В.П. Птичий помет – отход или побочная продукция // Птицеводство. – 2015. – № 6. – С. 55–56.
3. How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer?: A Review / M. Kyakuwaire, G. Olupot, A. Amoding [et al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2019. – Vol. 16 (19). – P. 3521. – DOI: 10.3390/ijerph16193521.
4. 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.] // Sci Rep. – 2017. – Vol. 7(1). – P. 17020. – DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y; PMID: 29209063; PMCID: PMC5717230.
5. Седых В.А. Карауш П.Ю. Перспективы создания органических удобрений с заданными свойствами на основе птичьего помета (обзор) // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 14–15.
6. Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution / Yuhui Geng, Guojun Cao, Lichun Wang, Shuhua Wang // PLoS ONE. – 2019. – Vol. 14(7). – e0219512. – DOI:10.1371/journal.pone.0219512.
7. Griffiths N., Best practice guidelines for using poultry litter on pastures // Agnote DPI-212 / State of New South Wales (NSW) Department of Primary Industries. – Sydney, Australia, 2007. – С. 1–33.
8. 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. – Vol. 9(5). – P. 885. – DOI: 11.3390/microorganisms9050885; PMID: 33919134.
9. Антонова О.И., Калпокас В.В. Удобрительная, токсикологическая и ветеринарно-санитарная характеристика органического удобрения на основе куриного помета // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (188). – С. 58–63.
10. 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.
11. Звездин В. В. Ускоренная утилизация куриного помета и получение на его основе высококачественных удобрений методом биологической обработки // Достижения ЭМ-технологии в России: сб. науч. тр. – М.: ЭМ-корпорация, 2004. – С. 224–226.
12. Hochmuth G., Hochmuth R., Mylavarapu R. Using Composted Poultry Manure (Litter) in Mulched Vegetable Production, revised ed. / University of Florida (UF) IFAS Extension SL 293. – Gainesville, FL, USA, 2016. – P. 1–8.
13. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии / пер. с венг. И.Ф. Куренного. – М.: Колос, 1983. – 296 с.
14. Влияние органических удобрений на основе птичьего помёта на продуктивность кормовых культур и микробиологические показатели почвы / Т. А. Садохина, В. П. Данилов, А. Ф. Петров, Е.А. Матенькова, Т.В. Гаврилец, К.Н. Рыбакова // Вестник НГАУ. – 2021. – № 4(61). – С. 62–72.
15. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Наука, 1972. – 344 с.
16. Ферাপонтова С.А., Коробова Л.Н. Экологическое последствие для микрофлоры почвы интенсивного выращивания лука в однолетней культуре // Вестник НГАУ. – 2015. – № 2 – С. 70–76.
17. Биопрепараты и регуляторы роста в ресурсосберегающем земледелии: учебное пособие / сост. В.А. Гущина, А.А. Володькин. – Пенза: ПГАУ, 2016. – 206 с.
18. Влияние комплексного применения удобрений и биопрепаратов на эффективное плодородие чернозема выщелоченного и продуктивность ячменя / Н.Н. Шулико, О.Ф. Хамова, Н.А. Воронкова, Е.В. Тукмачева, В.Д. Дороненко // Агрохимия. – 2019. – № 2. – С. 13–20.

REFERENCES

1. Mendes R., Garbeva P., Raaijmakers J.M., The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms, *FEMS Microbiol Rev.*, 2013, Vol. 37 (5), pp. 634–663, DOI: 10.1111/1574-6976.12028.
2. Lysenko V.P., *Pticevodstvo*, 2015, No. 6, pp. 55–56 (In Russ.).
3. Kyakuwaire M., Olupot G., Amoding A. [et. al.], How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer?: A Review, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, Vol. 16 (19), pp. 3521, DOI:10.3390/ijerph16193521.
4. Li S., Li J., Zhang B., Li D., Li G., Li Y., Effect of different organic fertilizers application on growth and environmental risk of nitrate under a vegetable field, *Sci Rep.*, 2017, Vol. 7(1), pp. 17020, DOI: 10.1038/s41598-017-17219-y; PMID: 29209063; PMCID: PMC5717230.
5. Sedyh V.A., Karaush P.YU., *Plodorodie*, 2010, No. 6, pp. 14–15. (In Russ.)
6. Geng Yuhui, Cao Guojun, Wang Lichun, Wang Shuhua, Effects of equal chemical fertilizer substitutions with organic manure on yield, dry matter, and nitrogen uptake of spring maize and soil nitrogen distribution, *PLoS ONE*, 2019, Vol. 14 (7), e0219512, DOI:10.1371/journal.pone.0219512.
7. Griffiths N. Best practice guidelines for using poultry litter on pastures, *Agnote DPI-212; State of New South Wales (NSW) Department of Primary Industries*, Sydney, Australia, 2007, pp. 1–33.
8. 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 Chicken Litter Application, *Microorganisms*, 2021, Vol. 9 (5), pp. 885, DOI: 11.3390/microorganisms9050885.PMID: 33919134.
9. Antonova O.I., Kalpokas V.V., *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2020, No. 6 (188), pp. 58–63. (In Russ.)
10. Bryuhanov A.YU., Vasil'ev E.V., SHalavina E.V., Regional'naya ekologiya, 2017, No. 1 (47), pp. 37–43. (In Russ.)
11. Zvezdin, V.V., *Dostizheniya EM-tekhnologii v Rossii* (Achievements of EM technology in Russia), Proceedings of the Conference Title, Moscow: EM korporaciya, 2004, pp. 224–226. (In Russ.)
12. Hochmuth, G., Hochmuth, R., Mylavarapu R., Using Composted Poultry Manure (Litter) in Mulched Vegetable Production, revised ed., University of Florida (UF) IFAS Extension SL 293, Gainesville, FL, USA, 2016, pp. 1–8.
13. Segi J., *Metody pochvennoj mikrobiologii* (Soil microbiology methods), Moscow: Kolos, 1983, 296 p.
14. Sadohina T.A. [i dr.], *Vestnik NGAU*, 2021, No. 4 (61), pp. 62–72. (In Russ.)
15. Mishustin E.N., *Mikroorganizmy i produktivnost' zemledeliya* (Microorganisms and agricultural productivity), Moscow: Nauka, 1972, 344 p.
16. Ferapontova S.A., Korobova L.N., *Vestnik NGAU*, 2015, No. 2, pp. 70–76. (In Russ.)
17. *Biopreparaty i regulatory rosta v resursosberegayushchem zemledelii* (Biologicals and growth regulators in conservation agriculture), sostaviteli V.A. Gushchina, A.A. Volod'kin, Penza: PGAU, 2016, 206 p.
18. Shuliko N.N., Khamova O.F., Voronkova N.A., Tukmacheva E.V., Doronenko V.D., *Agrochemis-try*, 2019, No. 2, pp. 13–20. (In Russ.)