

**ДЕЙСТВИЕ СОЛОМЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ
 И ПРЕПАРАТОВ «МИКОТОП» И NATURAGRO ECOGROW
 НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН СОИ**

**EFFECT OF SPRING WHEAT STRAW, MIKOTOP AND NATURAGRO ECOGROW PRODUCTS
 ON SOIL BIOLOGICAL PROPERTIES, YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN SEEDS**

Ключевые слова: солома пшеницы, эмиссия углерода, лабильный гумус, микробиологическая активность почвы, коэффициент минерализации, коэффициент иммобилизации, коэффициент трансформации органического вещества, урожайность сои.

Почвенные процессы прямо или косвенно связаны с органическим веществом, которое активнее образуется и накапливается в почве при использовании соломы. Приемом, ускоряющим разложение соломы уже в 1-й год, многие исследователи считают применение биологических деструкторов на основе различных микроорганизмов. Целью исследований, проведенных на черноземных почвах Центральной почвенно-экономической зоны, являлось изучение особенностей эмиссии C-CO₂, образования лабильного гумуса и биологической активности почв при внесении разных доз одной соломы яровой пшеницы и обработанной препаратами «Микотоп» и NaturAgro EcoGrow в производственном посеве сои. Вносили солому пшеницы в дозе 0,85 и 1,9 т/га как отдельно, так и с обработкой препаратами. Определение численности микроорганизмов, направленность и активность микробиологических процессов, содержание лабильного гумуса провели согласно стандартным методам, принятым в научном сообществе. Установлено, что при обработке двойной дозы соломы NaturAgro EcoGrow кумулятивная эмиссия C-CO₂ за 74 дня возрастает до 103,82 г/м², при внесении соломы в чистом виде в дозе 1,9 т/га – до 128,08 г/м², а инокулированной Микотопом – до 116,78 г/м². Интенсивность потерь C-CO₂ находится в прямой зависимости от количества осадков и гидротермического коэффициента (ГТК) – $r=0,78$, коэффициента минерализации органики, коэффициента олиготрофности и активности целлюлазы ($r=0,63-0,68$). Увеличение общей численности микроорганизмов и снижение коэффициента иммобилизации приводят к изменению эмиссии C-CO₂ и снижению количества лабильного гумуса в почве, что свидетельствует о преобладании процессов гумификации, особенно при внесении соломы, обработанной биопрепаратами «Микотоп» и NaturAgro EcoGrow. Трансформация органического вещества соломы под влиянием биопрепаратов «Микотоп» и NaturAgro EcoGrow повышает урожайность зерна сои с 2,67 до 2,74-3,0 т/га, или на 6,7-12,0%. При этом содержание белка возрастает с 33,1 до 36,5-39,6%, а масса 1000 зерен – с 175,26 до

178,3-206,6 г с более высокой эффективностью при использовании двойной дозы соломы, обработанной Микотопом.

Keywords: wheat straw, carbon emission, labile humus, soil microbiological activity, mineralization coefficient, immobilization coefficient, organic matter transformation coefficient, soybean yield.

Soil processes are directly or indirectly related to organic matter which is more actively formed and accumulated in the soil when straw is applied. Many researchers consider the use of biological destructors based on various microorganisms to be a technique that accelerates straw decomposition on the first year. The goal of the research conducted on chernozem soils of the Central soil-economic zone was to study the features of C-CO₂ emission, the formation of labile humus and soil biological activity when applying different rates of spring wheat straw only and straw treated with Mikotop and NaturAgro EcoGrow products in commercial soybean crops. Wheat straw was applied at a rate of 0.85 and 1.9 t ha, both untreated and treated with the biological products. The microorganism counting, the direction and activity of microbiological processes, and the content of labile humus were carried out according to standard methods adopted in the scientific community. It was found that when treating a double straw rate with NaturAgro EcoGrow, the accumulated C-CO₂ emission increased to 103.82 g m² in 74 days; when straw only was applied at a rate of 1.9 t ha - 128.08 g m²; and when inoculated with Mikotop - to 116.78 g m². The intensity of C-CO₂ losses is directly dependent on the amount of precipitation and the hydrothermal coefficient - $r = 0.78$, the coefficient of organic matter mineralization, coefficients of oligotrophy and cellulase activity ($r = 0.63-0.68$). The increase of the total microbial count and decreased immobilization coefficient lead to the change of C-CO₂ emission and decreasing amount of labile humus in the soil which indicates the predominance of soil humification processes especially when applying straw treated with Mikotop and NaturAgro EcoGrow biological products. The transformation of the organic matter of straw under the influence of the biological products Mikotop and NaturAgro EcoGrow increases the yield of soybean grain from 2.67 t ha to 2.74-3.0 t ha, or by 6.7-12.0%. At the same time, the protein

content increases from 33.1% to 36.5-39.6%, and thousand-grain weight - from 175.26 to 178.3-206.6 g with

higher efficiency when applying a double rate of straw treated with Mikotop.

Антонова Ольга Ивановна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: niihim1@mail.ru.

Курсакова Валентина Сергеевна, д.с.-х.н., профессор, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

Ступина Лилия Александровна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: stupina-liliya@mail.ru.

Комякова Евгения Михайловна, к.с.-х.н., зав. лабораторией, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: komyakova75@mail.ru.

Акулинин Николай Викторович, аспирант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: akulinin_nikolay@mail.ru.

Antonova Olga Ivanovna, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: niihim1@mail.ru.

Kursakova Valentina Sergeevna, Dr. Agr. Sci., Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: kursakova-v@mail.ru.

Stupina Liliya Aleksandrovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: stupina-liliya@mail.ru.

Komyakova Evgeniya Mikhaylovna, Cand. Agr. Sci., Head of Laboratory, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: komyakova75@mail.ru.

Akulinin Nikolay Viktorovich, post-graduate student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: akulinin_nikolay@mail.ru.

Введение

Производство сельскохозяйственной продукции в России длительный период времени осуществляется в основном за счет мобилизации естественного плодородия почв минерализации органического вещества, что привело к снижению запасов гумуса и биологической активности почв [1]. Снижение поголовья животных существенно сократило объемы внесения навоза. Основным органическим удобрением в настоящее время является солома. Из-за широкого соотношения в соломе между углеродом и содержанием азота, составляющим более 90% для злаковых культур, она разлагается длительный период времени и в первые годы после внесения в почву ухудшает питание сельскохозяйственных культур, что требует внесения азотных удобрений.

Приемом, ускоряющим разложение соломы уже в первый год, многие исследователи считают применение биологических деструкторов на основе различных микроорганизмов. В литературе приведено достаточно много результатов как российских, так и зарубежных исследований по эффективности применения соломы как в чистом виде, так и при использовании различных деструкторов, в том числе и биологических [2-7].

В опытах Н.П. Масютенко с соавторами при обработке 2 т/га соломы ячменя и подсолнечника биопрепаратами «Грибофит» и «Имуназол» в благоприятные по гидротермическим условиям годы при их внесении отмечалось увеличение соотношения углерода подвижных гуминовых кислот к углероду подвижных фульвокислот в

подвижных гумусовых веществах почвы, а в экстремальные – только тенденция к их увеличению [8].

В.Б. Петров с соавторами в Волгоградской области и В.К. Чеботарь с соавторами в Ленинградской области, применяя биопрепарат «Экстрасол» для обработки соломы с внесением мочевины, установили, что солома активно подвергается гумификации [9, 10].

Исследованиями И.В. Русаковой и В.В. Московкина в полевом опыте с внесением 5 т/га соломы ячменя и использования препаратов «Баркон», «Экстрасол», «Экстрасол ЦС» установлены изменения в эмиссии C-CO₂, содержания лабильного гумуса через 63 дня после заделки соломы. Препарат «Экстрасол» более интенсивно влиял на минерализацию и потери CO₂, чем Баркон. Разложение соломы в почве происходило с минерализацией лабильных фракций органического вещества до CO₂ с увеличением размеров микробной биомассы, увеличением протеолитических бактерий в 1,71 и 1,39 раза и амилитических бактерий – в 1,62 и 1,64 раза [11, 12].

В полевом опыте И.В. Русаковой и В.В. Московкина с внесением 4 т/га соломы озимой пшеницы, обработанной биопрепаратом «Багс» с N₄₀, численность аммонифицирующих микроорганизмов повысилась в 1,28-1,49 раза, амилитических – в 1,31 и 1,89, микромицетов – в 1,62 и 1,65 раза, чем при внесении соломы с Багсом и одной соломы. Получена прибавка урожайности ярового тритикале от применения Багс – 1,7 ц/га по сравнению одной соломой [13].

Анализируя имеющуюся научную литературу, нами было отмечено, что отсутствуют данные эффективности использования биопрепаратов на трансформацию соломы в пахотных почвах Алтайского края и изменение активности микробного сообщества. В связи с этим целью исследований явилось изучение особенностей эмиссии C-CO₂, образования лабильного гумуса и биологической активности почв (численность микроорганизмов, направленность микробиологических процессов) при внесении разных доз одной соломы яровой пшеницы и обработанной препаратами «Микотоп» и NaturAgro EcoGrow в производственном посеве сои.

Методика проведения исследования

Изучение по влиянию биопрепаратов «Микотоп» и NaturAgro EcoGrow на трансформацию соломы в производственном посеве сои сорта Черемшанка проводили в 2024 г. в КФХ «Иванов А.Н.», расположенном в Центральной почвенно-экономической зоне.

Опыт заложен по фону минеральных удобрений N₇₈P₂₆K₂₆ по схеме: 1) контроль (без соломы, остатки стерни); 2) солома, 0,85 т/га; 3) солома, 1,9 т/га; 4) солома, 0,85 т/га + NaturAgro EcoGrow, 20 л/га; 5) солома, 1,9 т/га + NaturAgro EcoGrow, 20 л/га; 6) солома, 0,85 т/га + Микотоп, 1 л/га; 7) солома, 1,9 т/га + Микотоп, 1 л/га.

Препараты выбраны с учетом возможного применения без заделки в почву. Измельченная солома обрабатывалась препаратами 30 сентября 2023 г. и 1 октября заделывалась агрегатом KUNN PERFORMER на глубину 18-20 см. Основная масса соломы перемешивалась с почвой на глубине 5 см. Площадь деланки 50 м², повторность 4-кратная.

Микотоп – биологический деструктор органических остатков содержит грибы *Trichoderma viride* и сопутствующие бактерии рода *Bacillus*. NaturAgro EcoGrow (далее EcoGrow) – органическое удобрение, восстановитель плодородия почв, содержащее широкий спектр низкомолекулярных органических веществ, гуминовые, фульвовые кислоты, макро-, микроэлементы и активный кремний.

Эмиссию C-CO₂ определяли абсорбционным методом в модификации И.П. Шаркова [14], лабильный гумус в слоях 0-10 и 10-20 см – с предварительным недельным компостированием с использованием перманганата калия [15, 16].

Оценивали направленность микробиологических процессов по численности физиологических групп микроорганизмов, бактерий, утилизирующих органические соединения азота, потребляющих минеральный азот, почвенные грибы, олиготрофилы, олигокарбофилы. Биологическую активность почвы устанавливали по протеазной и каталазной активности. Степень минерализации соломы определяли аппликационным методом по Б.Н. Мишустину [17].

Направленность микробиологических процессов оценивали по коэффициентам минерализации и иммобилизации по Е.Н. Мишустину [17], индексу олиготрофности по Т.В. Аристовской, коэффициенту трансформации органического вещества [18]. Степень взаимосвязи изучаемых показателей устанавливали в программе Excel и дисперсионным анализом по Б.А. Доспехову.

Вегетационный период 2024 г. в Центральной зоне Алтайского края был благоприятным для сои по температурному режиму, распределению и количеству осадков. Всего за май-август выпало 283 мм против 237 мм по норме, а сумма температур составляла 2262⁰С против 1967⁰С по норме. ГТК в целом за вегетацию составил 1,25, что выше нормы 1,04. Осадки распределялись по месяцам равномерно: в мае – 79,4 мм, июне – 47,4, июле – 75,9 и августе – 75,8 мм. При этом гидротермический коэффициент (ГТК) составил, соответственно: 2,05; 0,78; 1,13 и 1,28, что характеризовало только июнь как среднезадушливый.

Результаты исследований

Оценивая данные по кумулятивной эмиссии CO₂ и C-CO₂ (табл. 1, рис. 1), можно отметить, что она различалась по вариантам опыта. Общие потери CO₂ за 74 дня на контроле составили 443,63 г/м², или 121,11 г/м² C-CO₂. По вариантам внесения одной соломы они ниже по дозе соломы 0,85 т/га – 407,55 и 111,34 г/м². При этом по ее дозе 1,9 т/га они превышали контроль на 25,53 и 6,97 г/м². Обработка меньшей дозы соломы NaturAgro EcoGrow незначительно повысила кумулятивную эмиссию CO₂ до 447,14 г/м² или 122,06 г/м² с превышением по одной соломе на 39,59 и 12,22 г/м². По дозе 1,9 т/га отмечалось снижение этих показателей до 380,3 и 103,82 г/м². По сравнению с вариантом внесения одной соломы снижение было более значительным: на 88,86 или C-CO₂ на 24,26 г/м².

Инокуляция соломы микробиологическим препаратом «Микотоп» по обеим дозам способствовала снижению эмиссии CO₂, как по сравнению с контролем, так и по сравнению с внесени-

ем одной соломы: по дозе 0,85 т/га с 407,55 и 111,34 г/м² до 384,34 (на 23,21) и 104,87 (на 6,47) г/м², по дозе 1,9 т/га – до 427,80 и 116,78 г/м² или снижению на 41,36 и 11,30 г/м².

Таблица 1

Эмиссия C-CO₂ в полевом опыте с соломой пшеницы, г/м² в сутки

Вариант	Показатель	Даты проведения замеров								Потери углерода, г/м ²	
		11.06	4.07	11.07	18.07	28.07	1.08	13.08	23.08	за 74 дня	в среднем за сутки
Контроль	CO ₂	2,08	6,64	10,79	11,48	5,68	5,68	7,47	0,97	443,63	5,995
	C-CO ₂	0,57	1,81	2,95	3,13	1,55	1,55	2,04	0,26	121,11	1,636
Солома, 0,85 т/га	CO ₂	4,87	8,58	3,32	10,18	1,8	4,00	2,77	2,00	407,55	5,507
	C-CO ₂	1,33	2,34	0,90	2,95	0,49	1,09	0,76	0,55	111,34	1,504
Солома, 1,9 т/га	CO ₂	6,92	1,53	8,58	15,15	5,25	3,87	11,62	1,98	469,16	6,340
	C-CO ₂	1,89	0,42	2,34	4,13	1,43	1,06	3,17	0,54	128,08	1,730
Солома, 0,85 т/га + NaturAgro EcoGrow	CO ₂	5,53	1,80	11,62	10,79	1,66	5,97	9,54	2,62	447,14	6,042
	C-CO ₂	1,51	0,49	3,17	2,95	0,45	1,63	2,0	0,72	122,06	1,649
Солома, 1,9 т/га + NaturAgro EcoGrow	CO ₂	6,92	3,60	6,67	11,48	1,24	2,49	7,46	2,69	380,30	5,140
	C-CO ₂	1,89	0,98	1,82	3,13	0,34	0,68	2,04	0,73	103,82	1,402
Солома, 0,85 т/га + Микотоп	CO ₂	7,61	2,35	3,32	10,85	4,15	3,4	7,54	0,76	384,34	5,193
	C-CO ₂	2,08	0,64	0,90	2,96	1,13	0,83	2,06	0,21	104,87	1,417
Солома, 1,9 т/га + Микотоп	CO ₂	6,23	3,60	6,92	11,07	5,97	3,32	8,58	1,52	427,80	5,781
	C-CO ₂	1,70	0,98	1,89	3,02	1,63	0,90	2,34	0,42	116,78	1,578

О характере изменения эмиссии по вариантам опыта за период измерения можно судить по потере C-CO₂ в среднем за сутки. Согласно представленным в таблице 1 результатам, можно отметить, при потере C-CO₂ на контроле в среднем за сутки составляли 1,636 г/м², по вариантам с внесением соломы в меньшей дозе – 1,504 г/м², а по дозе 1,9 т/га – 1,73 г/м². При этом по вариантам с инокулированной Микотопом соломой они снизились, соответственно, до 1,417 и 1,578 г/м², а при обработке соломы NaturAgro EcoGrow заметное снижение отмечалось по большей дозе соломы – до 1,402 г/м², что ниже, чем по препарату «Микотоп».

В таблице 1 приведены данные эмиссии CO₂ и C-CO₂ по датам определения интенсивности дыхания почвы за сутки.

В начале проведения замеров выделения C-CO₂ 11 июня по вариантам внесения разных доз соломы и применения биопрепаратов уровень CO₂ превышал контроль, составляя 6,23-7,61 г/м² против 2,08 на контроле. Через 23 дня (4 июля) он заметно снизился по вариантам с соломой до 1,53-3,62 г/м² против 6,64 г/м² на

контроле. 11 июля относительно предыдущего замера потери CO₂ на контроле повысились до 10,79 и до 3,32-11,62 г/м² по вариантам с соломой. К 18.07 на контроле потери CO₂ продолжились, а по всем вариантам с соломой возросли, особенно с большей дозой соломы, внесенной без препаратов. К концу месяца (28.07) и началу августа эмиссия CO₂ снизилась по всем вариантам, что можно объяснить увеличением осадков в этот период. Наибольшее снижение дыхания почвы отмечалось по вариантам с меньшей дозой соломы, за исключением варианта с NaturAgro EcoGrow. К середине августа (13.08) потери CO₂ на контроле увеличились до 7,47 г/м², на варианте с 1,9 т/га соломы до 11,62 и до 7,54-9,54 г/м² по вариантам с применением препаратов. К концу августа (23.08) резко снизилась эмиссия CO₂ на контроле (до 0,97 г/м²), в то время как по вариантам с соломой она в основном находилась на уровне 1,52-2,69 г/м² или была выше в 1,56-2,77 раза.

Биопрепарат «Микотоп» по сравнению с NaturAgro EcoGrow снизил в большей степени потери C-CO₂ по меньшей дозе соломы, в то

время как по дозе 1,9 т/га они были выше, но по отношению к одной соломе потери С-СО₂ за счет дыхания. Учет суточного количества осадков и температуры позволил сопоставить раз-

меры потерь С-СО₂ по периодам измерений (рис. 1, 2) и установить зависимость интенсивности дыхания от гидротермических условий.

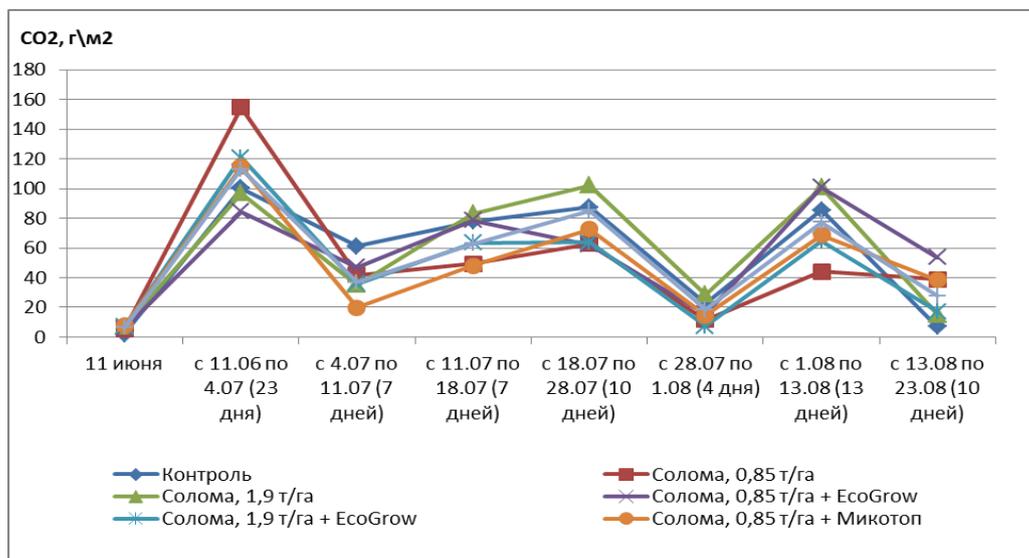


Рис. 1. Кумулятивная эмиссия CO₂ за период наблюдений, г/м² в сутки

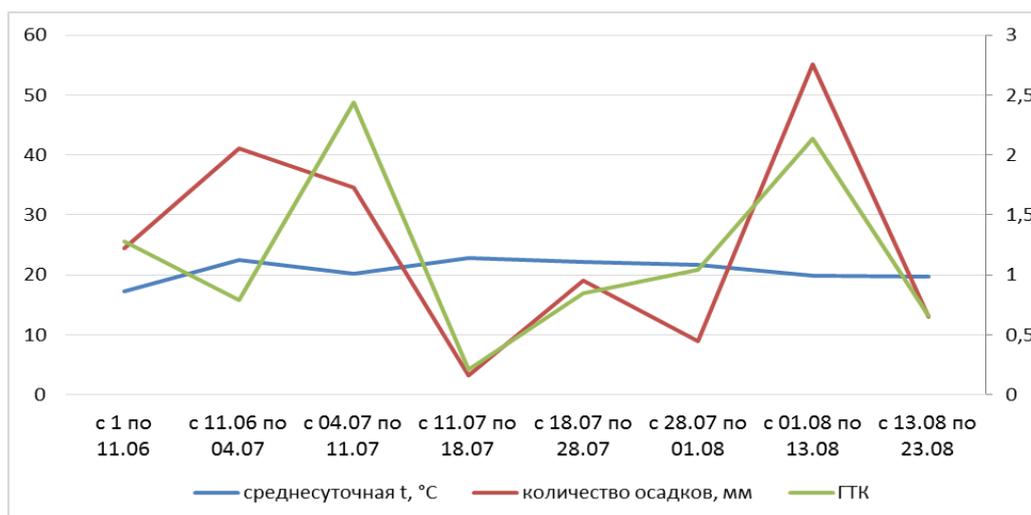


Рис. 2. Изменение среднесуточной температуры, количества осадков и ГТК, 2024 г.

Приведенные показатели изменений позволяют заключить, что интенсивность потерь CO₂ находится в сильной зависимости от количества осадков и ГТК ($r=0,78$).

При длительном сельскохозяйственном использовании почв органическое вещество теряет наиболее легко доступные для растений активные компоненты [11, 12].

Е.В. Надежкина пришла к выводу, что под влиянием органических удобрений повышается содержание стабильной части гумуса [19], а по данным Е.Н. Богатыревой с соавторами, на дерново-подзолистых почвах легкого мехсостава

при соотношении сумм гуминовых и фульвокислот на уровне контроля фракция гуминовых ГК₁ увеличивалась в 1,2-1,4 раза, ГК₂ – в 5,5-5,8 раза и расширилось соотношение Сгк:Сфк с 0,87 до 0,99 [6].

В опытах Алексеевой Ж.Л. при внесении свиного навоза в чернозем в составе гумуса 46% от общего содержания приходится на ГК, в том числе на долю ГК₁ – 7,93-10,8% [20].

В наших исследованиях был определен химически подвижный (лабильный) гумус органического вещества почвы перед посевом сои, в период бутонизации и после уборки (табл. 2).

Содержание лабильного гумуса по слоям, мг/кг

Варианты	14.05	10.06			12.09		
	0-20	0-10	10-20	0-20	0-10	10-20	0-20
Контроль	10,68	8,60	10,90	9,75	8,52	8,93	8,72
Солома, 0,85 т/га	13,92	10,50	13,67	12,08	11,50	10,07	10,69
Солома, 1,9 т/га	10,79	10,81	14,63	12,74	10,70	8,58	9,64
Солома, 0,85 т/га + EcoGrow	11,39	8,10	10,50	9,30	8,80	7,78	8,29
Солома, 1,9 т/га + EcoGrow	12,68	6,80	8,60	7,70	6,61	8,14	7,34
Солома, 0,85 т/га + Микотоп	12,69	12,66	7,75	16,25	7,40	6,68	7,04
Солома, 1,9 т/га + Микотоп	14,89	6,15	8,48	7,31	7,45	7,45	7,45
НСР ₀₅	0,108	0,102	0,120		0,103	0,120	

Как следует из данных, приведенных в таблице 2, в слое 0-20 см количество лабильного гумуса варьировало по срокам и вариантам опыта. Весной оно было выше и находилось в пределах 10,68-14,89 мг/кг при наименьшем значении на контроле. Применение биопрепарата «Микотоп» наиболее активно повышало содержание лабильного гумуса до 12,69-14,89 мг/кг. Через месяц количество подвижного гумуса почти по всем вариантам снижалось, кроме внесения большей дозы соломы и дозы соломы 0,85 т/га, обработанной Микотоп. Здесь оно увеличивалось на 1,95 и 3,59 мг/кг соответственно. Резкое снижение отмечалось по вариантам внесения двойной дозы соломы с применением биопрепаратов. К концу вегетации сои уровень лабильного гумуса еще снизился и наименьшим был по вариантам внесения соломы с препаратами, особенно при обработке соломы биопрепаратом «Микотоп» по дозе 0,85 т/га – 7,04 мг/кг. При использовании NaturAgro EcoGrow количество подвижного гумуса более значительно снижалось по двойной дозе соломы до 7,34 мг/кг. При использовании одной соломы уровень лабильного гумуса снижался незначительно (табл. 2).

Рассматривая содержание лабильного гумуса по слоям, можно отметить, что в оба срока исследований в большинстве случаев оно было выше в слое 0-10 см, за исключением контроля и варианта 1,9 т/га соломы с NaturAgro EcoGrow. Это может быть связано с лучшей аэрацией почвы.

Уменьшение выделения CO₂ под влиянием инокуляции соломы биопрепаратами, по данным И.В. Русяковой и Н.И. Воробьева, свидетельствует о меньших минерализационных потерях органического углерода и активизации его вклю-

чения в микробную биомассу и гумусовые вещества [21].

Характер изменения наиболее подвижной части органического вещества в наших исследованиях также связан с активным проявлением процесса гумификации, что подтверждается такими показателями биологической активности, как активность каталазы ($r=0,58$), активность целлюлазы ($r=0,36$), дыхание почвы ($r=0,38$), коэффициент иммобилизации ($r=0,27$). Связь лабильного гумуса с общей численностью микроорганизмов и коэффициентом трансформации органического вещества носит тесный отрицательный характер, что свидетельствует об активном использовании гумуса микробами и накоплении углерода в их биомассе (табл. 3).

Отмечается тесная связь дыхания почвы с коэффициентом минерализации, коэффициентом олиготрофности и активностью целлюлазы ($r=0,63-0,68$).

Применение соломы в изучаемых дозах с ее обработкой биопрепаратом «Микотоп» и органическим удобрением NaturAgro EcoGrow способствует проявлению в почве гумификации и достоверному повышению урожайности сои (табл. 4).

При внесении одной соломы получен самый низкий прирост урожайности зерна сои – 0,07-0,11 т/га, или 2,6-4,1%. По вариантам обработки меньшей дозы соломы он составил 0,18-0,20 т/га, или 6,7-7,5% к контролю, а относительно одной соломы повышение урожайности произошло на 0,11-0,13 т/га. Самые высокие прибавки получены по большей дозе соломы – 0,28-0,33 т/га, или прирост составил 10,5-12,3%, и выше он был при инокуляции соломы биопрепаратом «Микотоп».

Масса 1000 зерен достоверно повысилась по вариантам применения соломы с 175,26 г до

178,3-206,6 г с преимуществом применения Микотопа по двойной дозе соломы. Содержание белка, от которого зависят закупочные цены на семена сои, также достоверно увеличилось с

33,1% на контроле до 36,5-39,7% при заметно более высоких значениях по вариантам внесения большей дозы соломы как одной, так и обработанной биопрепаратами.

Таблица 3

Связь содержания лабильного гумуса, эмиссии CO₂ в слое 0-20 см на 12.09.2024 г. с показателями микробиологической активности почвы

Вариант	Лабильный гумус, мг/кг	C-CO ₂ , г/м ² , за период 74 дня	Общая численность микроорганизмов, млн КОЕ/г	Коэффициент минерализации КАА/МПА	Коэффициент иммобилизации МПА/КАА	Коэффициент олиготрофности (Колиг.)	Коэффициент трансформации органического вещества (Пм)	Разложение льняного полотна, %	Каталаза, мл КМпО ₄ /1 г сухой почвы за 20 мин.	Протеаза, %
Контроль	8,72	121,11	23,77	0,28	3,62	0,54	51,32	32,53	1,49	9,92
Солома, 0,85 т/га	10,69	111,39	29,47	0,28	3,63	0,90	51,99	59,82	1,57	18,11
Солома, 1,9 т/га	9,64	128,08	45,23	0,53	1,87	1,93	33,03	94,16	1,49	18,34
Солома, 0,85 т/га + EсоGrow	8,29	122,06	55,16	0,55	1,81	1,63	42,38	97,58	1,61	19,11
Солома, 1,9 т/га + EсоGrow	0,737	103,82	53,35	0,34	2,94	0,85	81,94	37,75	1,41	25,06
Солома, 0,85 т/га + Микотоп	7,04	104,82	50,99	0,36	2,81	0,58	88,12	48,82	1,41	23,84
Солома, 1,9 т/га + Микотоп	7,45	116,78	47,90	0,48	2,09	0,76	54,45	52,19	1,15	25,70
г – коэффициент корреляции лабильного гумуса с показателями	-	0,38	-0,63	-0,14	0,27	0,38	-0,66	0,36	0,58	-0,58
г – коэффициент корреляции C-CO ₂ с показателями	-	-	-0,15	0,63	-0,52	0,68	-0,91	0,66	0,20	-0,52

Таблица 4

Урожайность семян сои и показатели качества

Варианты	Урожайность, т/га	Прибавка		Масса 1000 зерен, г	Белок, %
		т/га	%		
Контроль	2,67	-	-	175,26	33,1
Солома, 0,85 т/га	2,74	0,07	2,6	186,96	37,2
Солома, 1,9 т/га	2,78	0,11	4,1	178,30	39,3
Солома, 0,85 т/га + EсоGrow	2,85	0,18	6,7	188,70	37,5
Солома, 1,9 т/га + EсоGrow	2,95	0,28	10,5	181,00	39,7
Солома, 0,85 т/га + Микотоп	2,87	0,20	7,5	186,66	36,5
Солома, 1,9 т/га + Микотоп	3,00	0,33	12,3	206,60	39,6
НСР ₀₅	0,029	-	-	8,24	0,77

Выводы

1. При использовании разных доз измельченной соломы как самостоятельно, так при обработке биопрепаратами в почве происходит её трансформация. При этом за 74 дня наблюдений увеличивается кумулятивная эмиссия C-CO₂ с 121,11 г/м² контрольного до 122,06 г/м² при обработке двойной дозы соломы NaturAgro EcoGrow и до 128,08 г/м² при внесении соломы в дозе 1,9 т/га. Инокуляция соломы биопрепаратом «Микотоп» по обеим дозам снизила потери C-CO₂ до 104,87 и 116,78 г/м² соответственно. Интенсивность потерь C-CO₂ находится в прямой зависимости от количества осадков и ГТК ($r=0,78$), коэффициента минерализации органики, коэффициента олиготрофности и активности целлюлазы ($r=0,63-0,68$).

2. Содержание подвижных органических веществ (лабильный гумус) снижается от начала вегетационного периода к уборке сои. В большей степени это происходит при использовании изучаемых препаратов, особенно по дозе соломы 1,9 т/га.

3. Изменение эмиссии C-CO₂ и лабильного гумуса в почве свидетельствует о преобладании процессов гумификации, особенно при внесении соломы, обработанной биопрепаратами «Микотоп» и «NaturAgro EcoGrow», что подтверждается увеличением общей численности микроорганизмов, снижением коэффициента иммобилизации.

4. Трансформация органического вещества соломы, особенно при использовании биопрепаратов «Микотоп» и «NaturAgro EcoGrow» повышает урожайность зерна сои с 2,67 до 2,74-3,0 т/га, или на 6,7-12,0%, с более высокой эффективностью при использовании двойной дозы соломы, обработанной Микотопом. При этом увеличивается масса 1000 зерен с 175,26 до 206,60 г, а содержание белка – с 33,1 на 34,6,5%.

Библиографический список

1. Щербаков, А. П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ / А. П. Щербаков, И. Д. Рудай. – Москва: Колос, 1983. – 189 с. – Текст: непосредственный.

2. Нарушева, Е. А. Использование органоминеральной и биоорганической систем удобрения при выращивании гречихи в Среднем Поволжье / Е. А. Нарушева, В. Б. Нарушев. – Текст: электронный // АгроЭкоИнфо. – 2014. – № 2. – URL: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal>.

3. Кандыба, Е. В. Биологические препараты и почвенное плодородие / Е. В. Кандыба, А. М. Фатеев. – Текст: непосредственный // Химия в сельском хозяйстве. – 1997. – № 2. – С. 7-9.

4. Коряковский, А. В. Обработка соломенной мульчи биопрепаратом «Байкал ЭМ1» – эффективный способ повышения урожайности яровой пшеницы в засушливых условиях / А. А. Коряковский. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 4, № 32. – С. 47-48.

5. Куликова, А. Х. Повышение эффективности применения соломы как удобрения при возделывании ячменя / А. Х. Куликова, К. Ч. Хисамова. – Текст: непосредственный // Аграрный научный журнал. – 2015. – № 4. – С. 13-17.

6. Богатырева, Е. В. Использование соломо-разлагающих биопрепаратов в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е. В. Богатырева. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 2013. – № 8. – С. 14-16.

7. Abro, S.A., Tian, X., You, D.H., et al. (2011). Influence of microbial inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes. *African Journal of Microbiology Research*, 5, 3054-3061.

8. Влияние биопрепаратов на разложение растительных остатков сельскохозяйственных культур на черноземе типичном / Н. П. Масютенко, Т. И. Панкова, А. В. Кузнецов [и др.]. – Текст: непосредственный // Юг России. – Экология, развитие. – 2021. – Т. 16, № 2. – С. 108-117.

9. Петров, Н. Ю. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании проса в Волгоградской области / Н. Ю. Петров, Е. А. Захарова, И. С. Федоренко. – Текст: непосредственный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1 (53). – С. 67-72.

10. Чеботарь, В. К. Эффективность применения препарата Экстрасол / В. К. Чеботарь, А. А. Завалин, Е. Н. Кипрушкина. – Москва: Изд-во ВНИИА, 2007. – 216 с. – Текст: непосредственный.

11. Русакова, И. В. Эффективность микробных деструкторов послеуборочных остатков в лабораторных и полевых экспериментах / И. В. Русакова. – Текст: непосредственный // Владимирский земледелец. – 2021. – № 2 (96). – С. 34-40.

12. Русакова, И. В. Изучение эффективности инокуляции соломы ячменя микробиологическими препаратами / И. В. Русакова, В. В. Московкин. – Текст: непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – Ч. 2, № 6 (37). – С. 58-61.

13. Русакова, И. В. Микробная деградация соломы под влиянием биопрепарата Багс и приемы повышения эффективности его применения на разных типах почв / И. В. Русакова, В. В. Московкин. – Текст: непосредственный // Агрохимия. – 2016. – № 8. – С. 56-61.

14. Шарков, И. Н. Совершенствование абсорбционного метода определения выделения CO₂ из почвы в полевых условиях / И. Н. Шарков. – Текст: непосредственный // Почвоведение. – 1987. – Т. VI. – С. 127-133.

15. ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – Москва, 1991. – 8 с. – Текст: непосредственный.

16. Гамкало, З. Г. Лабильное органическое вещество почвы как индикатор ее экологического качества в разных условиях землепользования / З. Г. Гамкало, Т. Ю. Бедерничек. – Текст: непосредственный // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2014. – Вып. 10. – С. 193-200.

17. Теппер, Е. З. Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильникова, Г. И. Переверзева. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 238 с. – Текст: непосредственный.

18. Муха, В. Д. О показателях, отражающих интенсивность и направленность почвенных процессов / В. Д. Муха. – Текст: непосредственный // Сборник научных трудов Харьковского сельскохозяйственного института. – Харьков, 1980. – Т. 273. – С. 13-16.

19. Надежкина, Е. В. Превращение азотных удобрений и их эффективность на черноземе выщелоченном лесостепного Поволжья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Надежкина Елена Валентиновна. – Москва: ВИУА, 1994. – 17 с. – Текст: непосредственный.

20. Алексеева, Ж. Л. Влияние органического удобрения на основе свиного навоза на плодородие агрочерноземов Южной лесостепи Омского Прииртышья: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Алексеева Жанна Леонидовна. – Омск, 2024. – 23 с. – Текст: непосредственный.

21. Русакова, И. В. Использование биопрепарата Баркон для инокулирования соломы, применяемой в качестве удобрения / И. В. Русакова, Н. И. Воробьев. – Текст: непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 25-28.

References

1. Shcherbakov A.P. Plodorodie pochv, krugovorot i balans pitatelnykh veshchestv / A.P. Shcherbakov, I.D. Rudai. – Moskva: Kolos, 1983. – 189 s.

2. Narusheva E.A., Narushev V.B. Ispolzovanie organomineralnoi i bioorganicheskoi sistem udobreniia pri vyrashchivanii grechikki v Srednem Povolzhe / E.A. Narusheva, V.B. Narushev // AgroEkoInfo. 2014. No. 2. – URL: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal>.

3. Kandyba E.V. Biologicheskie preparaty i pochvennoe plodorodie / E.V. Kandyba, A.M. Fateev // Khimiia v selskom khoziaistve. 1997. No. 2. – S. 7-9.

4. Koriakovskii A.V. Obrabotka solomennoi mulchi biopreparatom «Baikal EM1» – effektivnyi sposob povysheniia urozhainosti iarovoi pshenitsy v zasushlivykh usloviakh / A.A. Koriakovskii // Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2011. T. 4. No. 32. – S. 47-48.

5. Kulikova A.Kh. Povyshenie effektivnosti primeneniia solomy kak udobreniia pri vzdelyvanii iachmenia / A.Kh. Kulikova, K.Ch. Khisamova // Agrarnyi nauchnyi zhurnal. 2015. No. 4. – S. 13-17.

6. Bogatyreva E.V. Ispolzovanie solomora-zlagaiushchikh biopreparatov v zone neustoiichivogo uvlazhneniia Stavropolskogo kraia / E.V. Bogatyreva // Zemledelie. 2013. No. 8. – S. 14-16.

7. Abro, S.A., Tian, X., You, D.H., et al. (2011). Influence of microbial inoculants on soil response to properties with and without straw under different temperature regimes. *African Journal of Microbiology Research*, 5, 3054-3061.

8. Masiutenko N.P. Vliianie biopreparatov na razlozhenie rastitelnykh ostatkov selskokhoziaistvennykh kultur na chernozeme tipichnom / N.P. Masiutenko, T.I. Pankova, A.V. Kuznetsov i dr. // Iug Rossii. – ekologiia, razvitie. – 2021. – T.16. – No. 2. – S. 108-117.

9. Petrov N.Iu., Zakharova E.A., Fedorenko I.S. Effektivnost primeneniia biopreparatov pri vyrashchivanii prosa v Volgogradskoi oblasti / N.Iu. Petrov, E.A. Zakharova, I.S. Fedorenko // Izvestiia Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa:

nauka i vysshee professionalnoe obrazovanie. 2019. No. 1 (53). – S. 67-72.

10. Chebotar V.K. Effektivnost primeneniia preparata Ekstrasol / V.K. Chebotar, A.A. Zavalin, E.N. Kiprushkina. – Moskva: Izdatelstvo VNIIA, 2007. – 216 s.

11. Rusakova I.V. Effektivnost mikrobykh destruktorykh posleuborochnykh ostatkov v laboratornykh i polevykh eksperimentakh / I.V. Rusakova // Vladimirskii zemledelets. 2021. No. 2 (96). – S. 34-40.

12. Rusakova I.V. Izuchenie effektivnosti inokulatsii solomy iachmenia mikrobiologicheskimi preparatami / I.V. Rusakova, V.V. Moskovkin // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2015. No. 6 (37). Ch. 2. – S. 58-61.

13. Rusakova I.V. Mikrobnaiia degradatsiia solomy pod vliianiem biopreparata Bags i priemy povysheniia effektivnosti ego primeneniia na raznykh tipakh pochv / I.V. Rusakova, V.V. Moskovkin // Agrokhemiiia. 2016. No. 8. – S. 56-61.

14. Sharkov I.N. Sovershenstvovanie absorbtionnogo metoda opredeleniia vydeleniia SO₂ iz pochvy v polevykh usloviiah // Pochvovedenie. – 1987, VI. – S. 127-133.

15. GOST 26213-91. Pochvy. Metody opredeleniia organicheskogo veshchestva.

16. Gamkalo Z.G. Labilnoe organicheskoe veshchestvo pochvy kak indikator ee ekologicheskogo kachestva v raznykh usloviiah zemlepolzovaniia / Z.G. Gamkalo, T.Iu. Beder-nichek // Ekosistemy, ikh optimizatsiia i okhrana. 2014. Vyp. 10. – S. 193-200.

17. Tepper E.Z. Praktikum po mikrobiologii / E.Z. Tepper, V.K. Shilnikova, G.I. Pereverzeva. – Moskva: Agropromizdat, 1987. – 238 s.

18. Mukha V.D. O pokazateliakh, otrazhaiushchikh intensivnost i napravlennost pochvennykh protsessov / V.D. Mukha // Sbornik nauchnykh trudov Kharkovskogo SKhI. – Kharkov, 1980. – T. 273. – S. 13-16.

19. Nadezhkina E.V. Prevrashchenie azotnykh udobrenii i ikh effektivnost na chernozeme vyshchelochennom lesostepnogo Povolzhia / Elena Valentinovna Nadezhkina: avtoreferat diss. kand biol. nauk. Moskva: VIUA, 1994. – 17 s.

20. Alekseeva Zh.L. Vliianie organicheskogo udobreniia na osnove svinogo navoza na plodorodie agrochernozemov luzhnoi lesostepi Omskogo Priirtyshia / Zhanna Leonidovna Alekseeva: avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata selskokhoziaistvennykh nauk. – Omsk, 2024. – 23 s.

21. Rusakova I.V. Ispolzovanie biopreparata Barkon dlia inokulirovaniia solomy, primeniaemoi v kachestve udobreniia / I.V. Rusakova, N.I. Vorobev // Dostizheniia nauki i tekhniki APK. 2011. No. 8. – S. 25-28.

Работа выполнена в рамках государственного задания МСХ России на НИР по теме «Изменение микробиома и управление углеродным циклом с помощью биологических методов в условиях почвозащитного ресурсосберегающего земледелия». СОГЛАШЕНИЕ № 082-03-2024-223 от 26.01.2024 г.



УДК 633.31:631.524.02 (571.64)

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-244-2-38-44

Е.П. Иванова, В.А. Чувилина

E.P. Ivanova, V.A. Chuvilina

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИСПЫТАНИЕ СОРТОВ ЛЮЦЕРНЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ ОСТРОВА САХАЛИН

AGROECOLOGICAL TESTING OF RUSSIAN ALFALFA VARIETIES UNDER THE SAKHALIN ISLAND CONDITIONS

Ключевые слова: люцерна, сорт, травостой, облиственность, высота растений, урожайность, питательная ценность.

Исследования проведены в 2021-2023 гг. на опытном участке Сахалинского НИИСХ – филиала ВИР на лугово-дерново-глеевой среднесуглинистой почве. Це-

лю работы явилось проведение агроэкологического исследования 10 сортов люцерны на Сахалине. Задачи: оценка урожайных и кормовых достоинств сортов люцерны, подбор адаптированных для муссонного климата Сахалина сортов, обеспечивающих высокую урожайность и качество фуражной массы. Схема опыта включала 9 сортов люцерны изменчивой и 1 сорт лю-