

На правах рукописи

Антонова Светлана Александровна

**ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УДОБРЕНИЯ ПРОСА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛОМЫ НА ЧЕРНОЗЁМЕ
ТИПИЧНОМ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ
СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Усть-Кинельский – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина»

Научный руководитель **Куликова Алевтина Христофоровна**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные
оппоненты: **Назаров Виктор Алексеевич**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия» ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»

Чекаев Николай Петрович
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
заведующий кафедрой «Почвоведение, агрохимия и химия» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Защита состоится «17» апреля 2018 года в 14⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел. 8-(846-63)-46-1-31.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарская государственная сельскохозяйственная академия» и на сайте: www.ssaa.ru

Автореферат разослан «__» _____ 2018 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Просо по вкусовым качествам и пищевым достоинствам занимает одно из первых мест среди крупяных культур и, не случайно, площади его посевов составляют в нашей стране 1 млн. га, в том числе Ульяновской области более 2 тыс. га и продолжают расширяться. Однако урожайность культуры далека от своих потенциальных возможностей и в среднем не превышает 1,0 т/га, в связи с чем, её повышение и получение продукции высокого качества в условиях снижающегося плодородия почв возможно только на основе применения научно-обоснованной системы удобрения в конкретных почвенно-климатических условиях. При этом особую актуальность приобретает изучение эффективности применения соломы в технологии возделывания проса, которое хорошо отзывается на внесение органических удобрений.

Солома на 85 % состоит из органического вещества, ценного для повышения плодородия почвы. Целлюлоза, пентозаны, гемицеллюлоза и лигнин (до 80 %) являются углеродистым энергетическим материалом для почвенных микроорганизмов. Кроме того, длительное разложение соломы в почве не загрязняет её высокими концентрациями нитратного азота, что целесообразно с экологической точки зрения. В отличие от других органических удобрений, солома своё положительное действие проявляет не сразу. Одним из способов ускорить разложение её в почве и увеличить высвобождение элементов питания в доступной для растений форме является использование совместно с соломой препаратов, активизирующих деятельность почвенных микроорганизмов. Однако любое перспективное направление требует научного обоснования. В связи с этим представленная диссертационная работа посвящена изучению влияния соломы, биопрепарата и минеральных удобрений (NPK) на плодородие чернозёма типичного и продуктивность проса в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Исследования являются составной частью плана научной работы ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина» (рег. № АААА–А16–116.041.110.183–9).

Цель и задачи исследования. Целью исследования являлось изучение эффективности систем удобрения проса с использованием соломы на чернозёме типичном в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Основные задачи при этом следующие:

- установить влияние соломы, минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1 и их сочетаний на свойства чернозёма типичного (плотность почвы, содержание продуктивной влаги, агрохимические показатели, микробиологическая и ферментативная активность);
- изучить влияние соломы, биопрепарата, минеральных удобрений и их сочетаний на формирование посевов проса;
- оценить влияние соломы, элементов питания (в том числе дополнительной дозы азота к соломе) и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на формирование урожайности и качества продукции проса;
- определить баланс элементов питания в чернозёме типичном при использовании в технологии возделывания проса соломы, биопрепарата и минеральных удобрений;
- дать экологическую и экономическую оценку технологии возделывания проса с использованием соломы, дополнительной дозы азота, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений.

Научная новизна. Впервые в условиях лесостепи Среднего Поволжья проведены комплексные исследования по изучению эффективности применения соломы совместно с дополнительной дозой азота, биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и их сочетаний с минеральными удобрениями в технологии возделывания проса. Установлено, что использование соломы совместно с азотной добавкой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 способствует активизации жизнедеятельности почвенной микрофлоры и улучшению обеспеченности растений элементами питания. Внесение их на фоне минеральных удобрений ($N_{129}P_{34}K_{54}$) положительно отражается на урожайности и качестве зерна проса. Экономически обоснована эффективность их применения в технологии возделывания проса.

Защищаемые положения:

- применение соломы в качестве удобрения, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и азотной добавки к соломе (10 кг/т соломы) способствует улучшению агрофизического состояния почвы, её водного и питательного режимов. При этом содержание доступных форм элементов питания ко времени посева культуры увеличивалось: азота до 14 мг/кг, фосфора до 30 мг/кг, калия до 54 мг/кг;
- при поступлении в почву соломы, азотной добавки, биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений происходит интенсивный

прирост надземной биомассы проса, которая была выше контроля на 1,8 т/га, продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) в 1,6 раз;

– урожайность проса при использовании соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и дополнительным азотом (10 кг N на 1 т соломы озимой пшеницы) в среднем за 3 года составила 2,97 т/га превысив контроль на 12 %, на фоне минеральных удобрений – 3,87 т/га (на 46 %);

– применение соломы предшественника, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и азотной добавки в дозе 10 кг N/т соломы в технологии возделывания проса экономически эффективно.

Достоверность полученных результатов подтверждается большим количеством экспериментального материала, проведением полевых опытов и лабораторных анализов в строгом соответствии с методическими требованиями и ГОСТами, математической обработкой данных и положительными результатами при использовании данной системы удобрения в хозяйствах Ульяновской области.

Практическая значимость и реализация результатов исследований. Полученные результаты исследований позволяют рекомендовать использование соломы зерновых культур совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 в технологии возделывания проса на чернозёме типичном лесостепи Среднего Поволжья.

Применение соломы в сочетании с биопрепаратом способствует увеличению урожайности проса на 9 %, на фоне $N_{120}P_{34}K_{54}$ – 41 % при более низких экономических затратах.

Результаты исследований применяются в ООО «Приволжское» Старомайнского района на площади 180 га и рекомендованы для использования в хозяйствах Ульяновской области и других регионах Среднего Поволжья, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ им. П.А. Столыпина при преподавании дисциплин: агрохимия, использование нетрадиционных ресурсов в качестве удобрения сельскохозяйственных культур, системы удобрения.

Личный вклад соискателя. Соискателем совместно с научным руководителем разработана программа исследований, лично проведены полевые и лабораторные эксперименты, сделаны анализ и обобщение полученных результатов, а так же выводы и рекомендации производству. Вклад соискателя в диссертационную работу составляет более 85 %.

Апробация работы. Основные результаты исследований по теме диссертации докладывались и обсуждались на внутривузовских научных

конференциях Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина, на Международной научно-практической конференции «Микроэлементы и регуляторы роста в питании растений: теоретические и практические аспекты» (Ульяновск, 2014 г.); на IV Международной научно-практической конференции «Молодежь и наука XXI века» (Ульяновск, 2014 г.); на молодежной межрегиональной научно-практической конференции «Экологические проблемы и пути их решения: естественнонаучные и социокультурные аспекты» (Нижний Новгород, 2014 г.); на Международной научно-практической конференции «Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность» (Нижний Новгород, 2015 г.); на Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного агронома РФ К.И. Карповича (Ульяновск, 2016 г.); на Международной научно-практической конференции «Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения» (Нижний Новгород, 2017 г.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 167 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 7 глав, выводов и предложений производству, включает 20 таблиц, 23 рисунка, 11 таблиц в приложении. Библиографический список включает 261 источник использованной литературы, в том числе 22 – иностранных авторов.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность научному руководителю, доктору с.-х. наук, профессору Куликовой Алевтине Христофоровне за всестороннюю поддержку и помощь при выполнении работы; кандидату с.-х. наук, доценту Яшину Е.А. и всему коллективу кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Солома в системе удобрения культур (обзор литературных сведений)

Проведен аналитический обзор научной литературы по изучаемой проблеме. Рассмотрена роль соломы при использовании её в качестве удобрения и влияния на плодородие почвы. Показана возможность использования соломы в качестве эффективного энерго- и ресурсосберегающего органического удобрения, способствующего сохранению пло-

родия почвы. Приведены данные о совместном применении соломы с минеральными удобрениями и биопрепаратами.

Глава 2. Условия и методика проведения исследований

Диссертационная работа выполнена на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2014–2016 гг. в 5-польном зерновом севообороте с сидеральным паром: пар сидеральный – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – ячмень.

Полевой опыт заложен в 4-кратной повторности. Посевная площадь делянки 120 м² (6×20), учетная – 72 м² (4×18), расположение делянок рендомизированное. Опыт внесен в Государственный реестр длительных опытов России (аттестат № 122). Схемой опыта предусматривалось 12 вариантов систем удобрения в посевах проса: 1. Без удобрений (контроль) (фактор А); 2. Солома предшественника (фактор В); 3. Солома + 10 кг N/ т соломы; 4. Солома + биопрепарат (Байкал ЭМ-1); 5. Солома + 10 кг N/т соломы + биопрепарат; 6. Биопрепарат (фактор С); 7. N₁₂₉P₃₄K₅₄ (фон); 8. N₁₂₉P₃₄K₅₄ + солома; 9. N₁₂₉P₃₄K₅₄ + солома + 10 кг N/т соломы; 10. N₁₂₉P₃₄K₅₄ + солома + биопрепарат; 11. N₁₂₉P₃₄K₅₄ + солома + 10 кг N/т соломы + биопрепарат; 12. N₁₂₉P₃₄K₅₄ + биопрепарат.

В качестве минеральных удобрений использовали азофоску (по калию, потребность в котором наименьшая), для восполнения недостатка азота и фосфора вносили мочевину, двойной суперфосфат. В качестве органического удобрения в почву заделывалась солома предшествующей культуры севооборота (озимая пшеница). С целью повышения скорости разложения солому осенью обрабатывали биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Для улучшения деятельности микроорганизмов в почву вносили дополнительный азот в дозе 10 кг/га в виде мочевины.

Почва опытного поля – чернозём типичный среднемощный среднегумусный среднесуглинистый. Агрохимическая характеристика пахотного слоя следующая: содержание гумуса 4,7 % (на момент закладки опыта), обеспеченность подвижным фосфором высокая (196 мг/кг), калием очень высокая (206 мг/кг), реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (рН_{KCl} 6,3–6,7).

Объектом исследования являлся сорт проса Орловское-82.

Вегетационный период 2014 года характеризовался повышенным температурным режимом и недостаточным количеством осадков. В 2015 году условия увлажнения и температурный режим сложились благоприятно.

ятно для роста и развития проса. Вегетационный период 2016 г. отличался большим количеством осадков и повышенной облачностью.

Технология возделывания проса основывалась на общепринятых в Ульяновской области агротехнических приемах. Учет урожая проводили с площади учетной делянки. Урожайность соломы рассчитывали на основе соотношения зерна к незерновой части урожая, определенного по сноповому анализу.

Химические анализы проб выполнены в испытательной лаборатории «Ульяновская «ГСХА» (№ РОСС. RU.0001.513748) и аккредитованной лаборатории ФГБУ «САС «Ульяновская» (№ RA.RU.510251).

Экономическая эффективность технологии возделывания проса с использованием соломы отдельно и совместно с минеральными удобрениями и биопрепаратом определялась по системе натуральных и стоимостных показателей с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина (2016 г.). Результаты исследований подвергались математической обработке следующими методами: дисперсионный анализ трёхфакторного опыта по изучению двух градаций фактора А (без удобрений и фон НРК), 3 градаций фактора В (без соломы; с применением соломы; с применением соломы совместно с N₁₀) и 2 градаций фактора С (без биопрепарата; с применением биопрепарата) (Доспехов Б.А., 2011) и корреляционно-регрессионный анализ с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010.

Глава 3. Влияние систем удобрения на свойства чернозёма типичного и состояние посевов проса

3.1, 3.2. Плотность почвы и водный режим. Оптимальная плотность пахотного слоя черноземов лесостепи Среднего Поволжья (0–30 см) для зерновых культур находится в интервале 1,1 – 1,4 г/см³. Результаты проведенных исследований показали, что в зависимости от системы удобрения почва под посевами проса приобретала различное по плотности строение пахотного слоя. Разуплотнение пахотного горизонта до посева проса отмечалось как на фоне отдельного применения соломы озимой пшеницы, где плотность составила 1,18 г/см³, так и на вариантах совместного внесения соломы с биопрепаратом и азотной добавкой – 1,14 и 1,17 г/см³ соответственно. На варианте отдельного применения биопрепарата плотность почвы также отличалась от контрольного вари-

анта и составила $1,18 \text{ г/см}^3$. Использование минеральных удобрений в чистом виде не повлияло на данный показатель. Таким образом, использование соломы (отдельно и в различном сочетании с минеральными удобрениями, биопрепаратом и азотной добавкой) позволило снизить плотность почвы до $1,09\text{--}1,18 \text{ г/см}^3$, в то время как на контрольном варианте данный показатель был выше ($1,23 \text{ г/см}^3$).

Запасы продуктивной влаги в почве опытного поля перед посевом проса в течение трех лет исследований на всех вариантах опыта были значительно выше контроля и составили в слое 0–30 см 25 – 39 мм. К сроку уборки культуры данный показатель снижался до 16 – 27 мм. Использование соломы в сочетании с азотной добавкой и биопрепаратом увеличило ее количество в среднем на 4 – 14 мм.

3.3. Микробиологическая активность почвы. Изучение влияния соломы, биопрепарата и минеральных удобрений на деятельность почвенных микроорганизмов проводилось методом льняных полотен. В среднем за годы исследований на контроле процент разложения льняного полотна составил 26 %, применение соломы увеличило его до 28 %, на варианте, где солому обрабатывали биопрепаратом и дополнительной дозой азота – до 30 %. Наибольший процент разложения льняного полотна был достигнут на вариантах совместного использования соломы, биопрепарата и азотной добавки на фоне минеральных удобрений – 53 %. Последнее, свидетельствует, что на данных вариантах сложились благоприятные условия для активной деятельности микроорганизмов (рисунок 1).

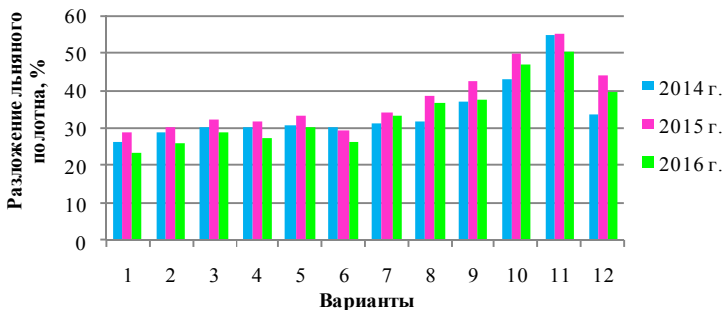


Рисунок 1 – Влияние системы удобрения на разложение льняного полотна под посевами проса, % (2014 – 2016 гг.)

3.4. Ферментативная активность почвы. В течение вегетационного периода всех годов исследования под посевами проса определялась активность уреазы, фосфатазы и инвертазы. Отбор почвенных образцов осуществляли 6 раз (перед посевом, кущение, вымётывание метелки, цветение, налив зерна и уборка).

Изучение ферментативной активности чернозёма типичного в зависимости от систем удобрения при возделывании проса показало, что применение соломы, минеральных удобрений и биологического препарата Байкал ЭМ-1 оказывает значительное влияние на состояние ферментных систем в почве. При этом наиболее высокая активность всех изученных ферментов наблюдалась на варианте с применением соломы с дополнительным азотом в дозе 10 кг на 1 тонну соломы и биопрепарата.

В среднем за три года исследований активность уреазы по отношению к контролю повышалась от 1,9 до 2,4, фосфатазы – от 1,8 до 2,3 и инвертазы – от 2,3 до 3,0 раз. Последнее, несомненно, обусловлено и свидетельствует о том, что для активизации процессов разложения соломы при внесении ее в качестве удобрения и улучшения питательного режима почвы необходимо использовать дополнительные источники азота не менее 10 кг на 1 тонну соломы и биологический препарат Байкал ЭМ-1, имеющий многокомпонентный состав полезных микроорганизмов.

3.5. Агрохимические показатели

3.5.1. Динамика нитратных и аммонийных соединений азота в почве. В результате проведенных исследований установлено, что в посевах проса максимальное содержание минерального азота в почве за период вегетации культуры приходилось на фазу всходов (рисунок 2 и 3).

Минимальные показатели отмечались на контроле – 16,5 мг/кг почвы. При использовании соломы показатель увеличился на 1,5 мг/кг почвы, с дополнительной дозой азота – на 5,1 мг/кг почвы, в сочетании с биопрепаратом – на 4,4 мг/кг почвы. Однако более высокий результат был достигнут на варианте с использованием соломы в комплексе с азотным удобрением в дозе 10 кг N/т и препаратом Байкал ЭМ-1, что составило 23,2 мг/кг почвы и превысило контроль на 6,7 мг/кг почвы.

Положительная динамика содержания минерального азота в почве прослеживалась на фоне внесения NPK как отдельно, так и в сочетании с соломой озимой пшеницы – 24,7 и 25,4 мг/кг почвы соответственно.

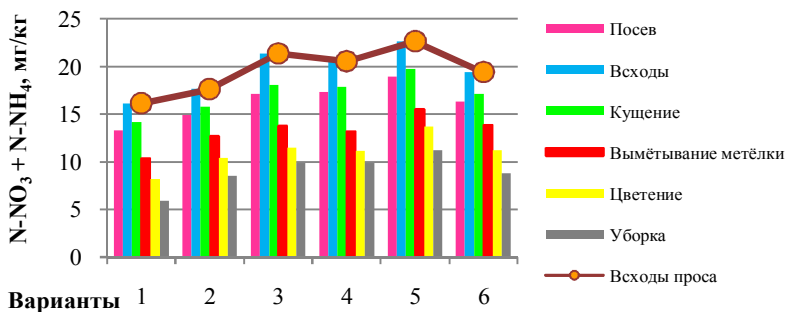


Рисунок 2 – Содержание $N-NO_3 + N-NH_4$ в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития проса (без NPK), мг/кг (2014–2016 гг.)

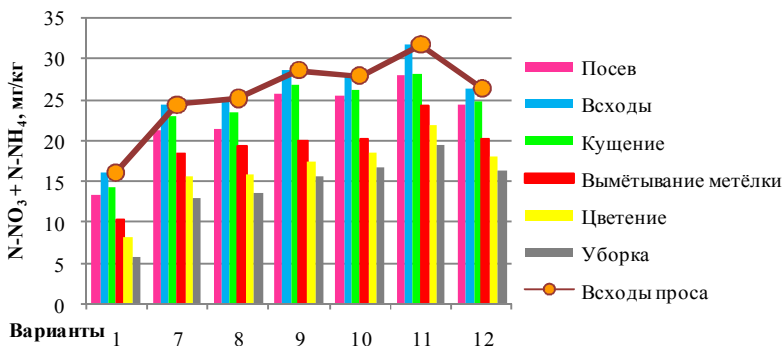


Рисунок 3 – Содержание $N-NO_3 + N-NH_4$ в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития проса (на фоне NPK), мг/кг (2014–2016 гг.)

Варианты с внесением азотно-фосфорно-калийных удобрений в сочетании с соломой как с дополнительной дозой азота, так и с биопрепаратом Байкал в отдельности, были практически равноценными, что подтверждается полученными показателями – 28,5 и 27,8 мг/кг почвы соответственно.

Следует отметить, что наиболее высокое содержание доступных форм азота в пахотном слое наблюдалось при внесении соломы с азотной добавкой и биопрепарата на фоне минеральных удобрений (31,6 мг/кг почвы).

3.5.2. Динамика подвижных соединений фосфора. Как указывалось выше, почва опытного поля (чернозем типичный) имеет высокую обеспеченность подвижными соединениями фосфора, тем не менее изменение их содержания в течение вегетации проса зависело от применения соломы, биопрепарата и минеральных удобрений. Анализ почвы, отобранной до посева проса, показал, что на вариантах с внесением соломы и биопрепарата Байкал ЭМ-1 прослеживается динамика увеличения доступного фосфора по сравнению с контролем на 1,5 и 9,0 мг/кг соответственно. При добавлении N в количестве 10 кг на 1 т соломы количество доступного фосфора возросло на 5 мг/кг по сравнению с контролем. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению содержания доступного фосфора на 13,0 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом и составило 155 мг/кг. Оптимальным является использование соломы совместно с биопрепаратом и азотной добавкой на фоне минеральных удобрений, что обеспечило повышение доступных фосфорных соединений на 29,8 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом. Аналогичная закономерность содержания доступного P_2O_5 в пахотном слое сохранялась до конца вегетации. В целом, следует отметить, что, несмотря на усиленное питание растениями, вносимые солома и биопрепарат способствовали поддержанию высокого уровня содержания доступных фосфора в пахотном слое почвы. Последнее усиливалось при совместном применении их с минеральными удобрениями.

3.5.3. Динамика подвижных соединений калия. В среднем за 3 года заделка в почву соломы предшественника увеличивало содержание в ней обменного калия по сравнению с контролем на 2,3 мг/кг. В результате обработки соломы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 содержание доступного калия повысилось на 9,9 мг/кг. Внесение дополнительной дозы азота способствовало его повышению на 6,2 мг/кг. Наиболее высокий показатель по содержанию в почве обменного калия наблюдался на варианте с внесением соломы, биопрепарата и азота 10 кг/т. Применение соломы на фоне минеральных удобрений позволило увеличить содержание обменного калия на 26,7 мг/кг почвы по сравнению с контролем. Использование минеральных удобрений совместно с соломой, азотной добавкой и биопрепаратом позволило получить наиболее эффективный вариант по сравнению с другими (179 мг/кг почвы). Такая же тенденция сохранялась до конца вегетации культуры по всем вариантам опыта.

Глава 4. Влияние соломы на фотосинтетическую деятельность посевов проса

4.1. Ассимиляционная поверхность листьев. В среднем за 2014–2016 гг. площадь листьев проса в фазу кущения изменялась в пределах 5,8–7,7 тыс. м²/га. При использовании соломы совместно с биопрепаратом наблюдался интенсивный прирост листовой поверхности: данный вариант превышал контроль на 1,7 %, на фоне NPK – на 22,4 %.

Более интенсивный прирост листовой поверхности отмечен на варианте совместного применения Байкал ЭМ-1, азотной добавки и соломы на фоне NPK – 7,7 м²/га.

Наибольшей величины площадь листьев достигала в середине вегетации культуры – в фазу выметывания метёлки. При этом значения площади листьев варьировали от 48,2 тыс. м²/га на контрольном варианте до 49 тыс. м²/га на варианте с применением Байкал ЭМ-1 и N₁₀ совместно с соломой, а так же при внесении их на фоне NPK (51,2 тыс. м²/га).

4.2. Динамика накопления сухого вещества. При совместном использовании соломы, азота и биопрепарата накопление сухого вещества проса было выше в течение всего периода наблюдений. Стимулирующее влияние изучаемых факторов на накопление сухого вещества сохранялось до конца вегетации.

Наиболее интенсивный прирост надземной биомассы проса происходил в межфазный период выметывание метёлки– цветение, когда посевы синтезировали около 80 % от общего количества органического вещества, продуцируемого за период вегетации.

При внесении соломы в чистом виде превышение над контрольным вариантом составило – 0,11 т/га, совместно с азотной добавкой – 0,43 т/га, совместно с биопрепаратом – 0,45 т/га, при совместном внесении соломы, азотной добавки и Байкал ЭМ-1 – 0,59 т/га. Отдельное применение NPK способствовало повышению данного показателя на 0,96 т/га.

Наиболее интенсивный прирост надземной биомассы проса происходил при внесении соломы, азотной добавки, биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений, где разница с контролем составила 1,8 т/га.

4.3 Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ). За период вегетации в среднем за 2014–2016 гг. более высокая ЧПФ отмечалась на варианте с применением соломы совместно с азотной добавкой и биопрепара-

том Байкал ЭМ-1 – 13,0 г/м²×сутки, что выше контрольного показателя на 1,2 г/м²×сутки.

Максимальные показатели ЧПФ достигались в межфазный период вымётывание метёлки – цветение и варьировали по вариантам опыта от 11,8 до 18,7 г/м²×сутки. При применении соломы с азотно-фосфорно-калийными удобрениями в данный период разница с контролем составила 5,5 г/м²×сутки, с NPK – 0,5 г/м²×сутки.

При поступлении в почву соломы совместно с азотной добавкой на фоне минеральных удобрений разница с контролем составила 6 г/м²×сутки, с NPK – 1 г/м²×сутки. При обработке соломы биопрепаратом Байкал ЭМ-1 она находилась на уровне 5,9 г/м²×сутки, с NPK – 0,9 г/м²×сутки.

Следовательно, использование соломы способствовало увеличению площади питания и кустистости растений, а также более интенсивному нарастанию биомассы, что приводило к повышению показателей ЧПФ.

Глава 5. Урожайность и качество продукции проса при использовании соломы на удобрение

5.1. Урожайность. Результаты исследований по изучению влияния соломы, биологического препарата и минеральных удобрений на урожайность проса представлены в таблице 1.

Использование соломы озимой пшеницы в качестве органического удобрения под посевами проса способствовало увеличению урожайности зерна на 0,02 т/га (1 %), при совместном применении с азотный удобрением – на 0,18 т/га (8 %), с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – 0,24 т/га (9 %).

Совместное применение соломы и минеральных удобрений обеспечили прибавку урожайности 0,93 т/га или она повысилась на 35 %, в сочетании с азотной добавкой прибавка урожайности зерна составила 1,14 т/га (43 %), в сочетании с биопрепаратом – 1,08 т/га (41 %).

Внесение NPK совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 дало прибавку зерна в 0,98 т/га (37 %).

Следовательно, применение соломы совместно с азотной добавкой, биопрепаратом как в чистом виде, так и на фоне минеральных удобрений способствует более полному удовлетворению потребностей растений в необходимых элементах питания для формирования планируемой урожайности проса.

Таблица 1 – Влияние системы удобрений на урожайность проса, т/га

Вариант	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014- 2016 г.	Отклонение от контроля		
					т/га	%	
1. Без удобрений (контроль) (фактор А)	2,58	2,92	2,50	2,66	–	–	
2. Солома предшественника (фактор В)	2,64	2,89	2,52	2,68	0,02	0,8	
3. Солома +10 кг N/ т соломы	2,82	3,12	2,63	2,86	0,18	7,5	
4. Солома + биопрепарат	2,95	3,06	2,68	2,90	0,24	9,0	
5. Солома + 10 кг N/ т соломы + биопрепарат	2,98	3,21	2,73	2,97	0,31	11,7	
6. Биопрепарат (фактор С)	2,85	2,99	2,60	2,81	0,15	5,6	
7. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ (фон)	3,56	3,85	3,08	3,50	0,84	31,6	
8. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома	3,64	3,93	3,21	3,59	0,93	34,9	
9. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома + 10 кг N/ т соломы	3,90	4,05	3,44	3,80	1,14	42,9	
10. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома + Биопрепарат	3,97	3,87	3,38	3,74	1,08	40,6	
11. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома + 10 кг N/ т соломы + Биопрепарат	4,01	4,16	3,45	3,87	1,21	45,5	
12. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + биопрепарат	3,60	4,11	3,20	3,64	0,98	36,8	
НСР ₀₅	Фактор А	0,05	0,03	0,03	–	–	–
	Фактор В	0,06	0,03	0,04	–	–	–
	Фактор С	0,05	0,03	0,03	–	–	–
	Фактор АВ	0,08	0,05	0,05	–	–	–
	Фактор ВС	0,07	0,04	0,06	–	–	–
	Фактор АС	0,08	0,05	0,05	–	–	–
	Фактор АВС	0,12	0,07	0,07	–	–	–

5.3. Вынос азота, фосфора, калия. Применение соломы как отдельно, так и в комплексе с азотной добавкой или биопрепаратом Байкал ЭМ-1 оказывало положительное влияние на вынос основных питательных элементов. Общий вынос азота на контрольном варианте составил 56 кг/га. При применении соломы вынос N увеличился в среднем за три года на 3,6 кг/га. Дополнительная доза азота оказала более эффективное влияние по сравнению с биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Так, общий вынос азота при использовании соломы с азотным удобрением как отдельно, так и в сочетании с биопрепаратом увеличивался практически одинаково, соответственно составив 63,2 и 63,9 кг/га. Внесение минеральных удобрений способствовало увеличению выноса азота на 13,3 кг/га (69,3 кг/га). При внесении совместно соломы, азотной добавки, препарата

Байкал ЭМ-1 и азотно-фосфорно-калийных удобрений вынос азота с урожаем проса составил 78,5 кг/га. Причем, основная доля выноса N приходилась на зерно.

Общий выноса фосфора был аналогичен. На контрольном варианте он составил 16,4 кг/га. При использовании соломы вынос P_2O_5 увеличился в среднем на 2,5 кг/га. На других вариантах с соломой увеличение выноса составило от 4,4 до 6,1 кг/га. Наиболее благоприятным вариантом на фоне применения соломы оказалось комплексное действие соломы, азотного удобрения и биопрепарата, что обеспечил вынос элементов в 22,5 кг/га. Внесение минеральных удобрений способствовало повышению выноса фосфора на 7,1 кг/га. Наиболее положительное действие на вынос фосфора с урожаем проса оказало комплексное внесение NPK, соломы с азотной добавкой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – 26,3 кг/га, что превысило контроль на 9,9 кг/га. Основная доля выноса фосфора также приходилась на зерно.

Все системы удобрения увеличивали вынос калия. При этом на контрольном варианте общий вынос калия соответствовал 57,8 кг/га. При внесении соломы озимой пшеницы показатель превысил контроль всего на 0,8 кг/га. Наиболее благоприятным оказался вариант с совместным использованием соломы, дополнительной дозы азота, биопрепарата и минеральных удобрений, где вынос калия составил 80,3 кг/га, что выше контроля на 22,5 кг/га. В целом использование соломы отдельно и на фоне минеральных удобрений способствовало снижению общего выноса азота и соответственно, большему выносу калия. Влияние используемой соломы без минерального фона проявилось в значительном снижении выноса элементов питания.

5.4. Экологическая оценка зерна проса. В таблице 2 приведены данные по содержанию тяжелых металлов в зерне проса.

Результаты исследований за 2014–2015 гг. показали, что количество цинка в продукции проса ниже ПДК в зерне 3,8–4,9, меди от 5,6 до 8,8, свинца – в 2–5,6, кадмия – в 1,2–4,3; никеля от 5 до 5,4 раз.

При поступлении в почву соломы как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и азотной добавкой прослеживалась тенденция к уменьшению накопления тяжелых металлов в зерне.

Следовательно, применение соломы как отдельно, так и в сочетании с биопрепаратом способствует получению экологически более безопасной продукции.

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в зерне проса
(2014 – 2015 гг.)

Вариант	Содержание тяжелых металлов, мг/кг					
	Zn	Cu	Pb	Cd	Ni	
1. Без удобрений (контроль) (фактор А)	13,2	5,3	0,25	0,023	1,24	
2. Солома предшественника (фактор В)	12,2	5,2	0,22	0,014	1,18	
3. Солома + 10 кг N/ т соломы	12,1	5,1	0,21	0,012	1,19	
4. Солома + биопрепарат (Байкал ЭМ-1)	11,8	5,1	0,19	0,09	1,17	
5. Солома + 10 кг N + Биопрепарат	11,7	4,9	0,17	0,05	1,13	
6. Биопрепарат (фактор С)	12,5	5,1	0,20	0,010	1,19	
7. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ (НРК, фон)	11,1	4,6	0,16	0,095	1,11	
8. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома	10,8	4,2	0,14	0,092	0,96	
9. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома+ 10 кг N/ т соломы	10,8	4,2	0,14	0,093	0,97	
10. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома + Биопрепарат	10,6	4,0	0,13	0,090	0,94	
11. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + солома+10 кг N + биопрепарат	10,3	3,4	0,11	0,083	0,92	
12. N ₁₂₉ P ₃₄ K ₅₄ + биопрепарат	11,2	4,1	0,09	0,094	0,97	
ПДК в продукции						
50 30 0,5 0,1 5,0						
НСР ₀₅	Фактор А	0,9	0,3	0,01	0,01	0,01
	Фактор В	0,5	0,4	0,01	0,01	0,01
	Фактор С	0,7	0,5	0,02	0,01	0,02

Глава 6. Баланс элементов питания при возделывании проса в чернозёме типичном

6.1. Баланс азота. Баланс азота на фоне соломы был отрицательным и составил от -40,9 кг/га до -49 кг/га. На контроле отрицательный баланс составил -51 кг/га.

На вариантах с внесением минеральных удобрений как отдельно, так и совместно с соломой, N₁₀ и биопрепарата Байкал ЭМ-1, наблюдался положительный баланс азота, значение которого варьировало от 56,8 до 72,6 кг/га. Возросший уровень азотного питания проса, обусловленный действием минеральных удобрений, соломы, азотной добавки в дозе N₁₀ кг/соломы и биопрепарата Байкал ЭМ-1, оказал существенное положительное влияние на продуктивность культуры, что свидетельствует об активном использовании потребляемого им азота в процессах метаболит-

ма и о его достаточном количестве для формирования высокого урожая посевов.

6.2. Баланс фосфора. В наших исследованиях источником фосфора явились минеральные удобрения в дозе 34 кг д.в./га и солома озимой пшеницы. При внесении соломы баланс фосфора был отрицательным (-6,9 кг/га), при этом он становился меньше по сравнению с контрольным вариантом (-16,4 кг/га). Удобрение соломой обеспечило возврат фосфора в биологический круговорот в объеме +9,5 кг/га. При использовании соломы совместно с азотной добавкой и биопрепаратом как отдельно, так и совместно отмечалось превышение контроля на +6,2, +7,6 и +6,9 кг/га соответственно. На фоне минеральных удобрений баланс фосфора складывался на бездефицитном уровне и составил +13,5 кг/га. При добавлении соломы величина положительного баланса увеличивалась и составила +28,5 кг/га.

Из вышеизложенного следует, что вынос фосфора компенсируется внесением минеральных удобрений и за счет поступления его в почву с соломой. Последнее доказывает, что использование соломы в качестве удобрения на черноземе типичном в полной мере восполняет потребности растений в данном элементе, затраченного на формирование урожайности культуры.

6.3. Баланс калия. Расчет баланса элементов питания показал, что выращивание проса без удобрений приводит к дефициту калия в чернозёме типичном, составившего -57,8 кг/га. Применение соломы способствовало его снижению до -39,6 кг/га. Минеральные удобрения в опыте обеспечили восполнение калия, но баланс оставался отрицательным (-15,9 кг/га). Следует отметить, что наиболее благоприятно калийный баланс сложился при совместном использовании минеральных удобрений и соломы озимой пшеницы, что обеспечило положительный его баланс в +5,2 кг/га. Таким образом, проведенными исследованиями показано, что использование в качестве удобрения соломы обеспечивает повторное вовлечение в биохимический круговорот K_2O в 54 кг/га, что способствовало оптимизации калийного питания проса.

Глава 7. Экономическая оценка технологии возделывания проса при использовании соломы, биопрепарата и минеральных удобрений

Расчеты показали, что применение соломы и биологического препарата является более рентабельным по сравнению с совместным исполь-

зованием минеральными удобрениями. Уровень рентабельности на данном варианте превысил контроль на 5 %. Использование биопрепарата в чистом виде снижало уровень рентабельности на 42 % по сравнению с контрольным вариантом. Внесение тех же компонентов на фоне минеральных удобрений менее эффективно. На фоне NPK лучший экономический эффект был достигнут при совместном применении соломы, азотной добавки и биопрепарата на фоне NPK, где показатель составил 108 %, условный чистый доход – 18058,72 руб./га, что выше контроля на 2844,62 руб./га.

Следовательно, использование соломы совместно с биологическим препаратом Байкал ЭМ-1 при возделывании проса является экономически целесообразным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Использование соломы в качестве удобрения способствовало созданию оптимального строения пахотного слоя чернозёма типичного при возделывании проса. Разуплотнение пахотного горизонта до посева проса отмечалось как на варианте отдельного применения соломы озимой пшеницы, где плотность составила 1,24 г/см³ (на контроле 1,28 г/см³), так и на варианте совместного внесения соломы с азотной добавкой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – 1,17 г/см³. Аналогичная тенденция сохранялась до уборки проса: на контрольном варианте плотность почвы составила 1,33 г/см³, с внесением соломы 1,28 г/см³, с применением соломы с азотной добавкой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – 1,21 г/см³. Увеличение запасов продуктивной влаги на 2 – 5 мм в метровом слое почвы под посевами проса отмечалось при внесении соломы в чистом виде на 8 – 15 мм – совместно с азотной добавкой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1.

2. Применение системы удобрения с использованием соломы способствовало увеличению активности почвенных микроорганизмов. Внесение соломы позволило увеличить её на 2 % по сравнению с контролем. Более высокая активность микроорганизмов наблюдалась на варианте с использованием соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и N₁₀, где превышение показателей относительно контроля составило 5 %, на аналогичном варианте на фоне минеральных удобрений – в 2 раза.

3. Применение соломы, минеральных удобрений и биологического препарата Байкал ЭМ-1 при возделывании проса оказало значительное

влияние на состояние ферментных систем в почве. Наиболее высокая активность всех изученных ферментов наблюдалась на варианте с применением соломы с дополнительным азотом в дозе 10 кг на 1 тонну соломы и биопрепаратом. В среднем за три года исследований активность уреазы по отношению к контролю повышалась от 1,9 до 2,4, фосфатазы – от 1,8 до 2,3 и инвертазы – от 2,3 до 3,0 раз.

4. Внесение соломы в сочетании с азотной добавкой и биопрепаратом как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений способствовало улучшению агрохимических показателей почвы. В среднем за вегетацию проса в пахотном слое поддерживался более высокий уровень содержания минерального азота (15 – 28 мг/кг), подвижного фосфора (156 – 185 мг/кг) и калия (127 – 179 кг/га) при активном потреблении элементов питания растениями на формирование урожая.

5. При использовании соломы совместно с биологическим препаратом Байкал ЭМ-1 и азотной добавкой как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений наблюдалось увеличение площади листьев растений проса на 1,7 % (49 тыс. м²/га) и 6,2 % (51,2 тыс. м²/га) относительно контроля. Максимальные значения листовая поверхность достигала в фазу вымётывания метёлки. Накопление сухого вещества увеличивалось на 0,1 – 0,6 т/га (2 – 10 %) в вариантах с применением соломы и на 0,7 – 1,8 (16 – 19 %) с внесением минеральных удобрений. Применение соломы совместно с азотной добавкой и биопрепаратом на фоне NPK в среднем за вегетацию позволило повысить продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) в 1,6 раз.

6. Применение соломы озимой пшеницы в качестве удобрения под просо способствовало увеличению урожайности зерна на 0,02 т/га, при совместном использовании с азотным удобрением – на 0,18 т/га, с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – на 0,24 т/га. Использование соломы на фоне NPK обеспечило прибавку урожайности в 0,93 т/га. Более высокая урожайность сформировалась на варианте с совместным применением соломы, азотной добавки и биопрепарата на фоне NPK и в среднем за 3 года составила 3,87 т/га.

7. Применение соломы озимой пшеницы в качестве удобрения увеличило вынос азота, фосфора и калия как основной, так и побочной продукцией, что связано с ростом урожайности и повышением их содержания в продукции. При поступлении соломы в почву вынос N повысился в среднем за три года на 3,6 кг/га, на фоне NPK – на 13,3 кг/га (69,3 кг/га). При применении соломы в комплексе с дополнительной дозой азота и

биопрепаратом как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений вынос азота превышал контроль на 7,9 и 23,7 кг/га соответственно. При заделке в почву соломы вынос фосфора увеличился в среднем на 2,5 кг/га. Совместное применение соломы, азотной добавки и биопрепарата обеспечило вынос элемента в 22,5 кг/га. Внесение минеральных удобрений способствовало повышению его на 7,1 кг/га. Наиболее положительное влияние на вынос фосфора с урожаем проса оказало комплексное внесение NPK, соломы с азотной добавкой и биопрепарата Байкал ЭМ-1, который составил 26,3 кг/га. При применении соломы озимой пшеницы в чистом виде вынос калия увеличивался на 0,8 кг/га. Более высокий вынос калия на вариантах с совместным внесением соломы, дополнительной дозы азота, биопрепарата как отдельно, так и на фоне минеральных удобрений, где он увеличился на 7,7 кг/га и 22,5 кг/га соответственно.

8. При применении соломы, азотной добавки и биопрепарата баланс элементов питания находился в пределах: по азоту от -40,9 до -47,6 кг/га, фосфору – от -6,9 до -10,2 кг/га, калию – от -38,6 до -41,5 кг/га. Значительное снижение напряженности баланса наблюдалось при использовании минеральных удобрений.

9. Использование соломы озимой пшеницы в сочетании с азотной добавкой и биопрепаратом обеспечило получение экологически более безопасной продукции проса. При поступлении в пахотный слой соломы как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и азотной добавкой содержание цинка в зерне проса уменьшилось в 3,8–4,9 раз, меди от 5,6 до 8,8, свинца в 2–5,6, кадмия – в 1,2–4,3, никеля от 5 до 5,4 раз.

10. Использование соломы совместно биопрепаратом Байкал ЭМ-1 экономически эффективно. Уровень рентабельности возделывания проса при этом повышался на 5 % соответственно (на контроле 174 %). Применение соломы и биопрепарата без минеральных удобрений позволило получить продукцию со значительно меньшими производственными затратами и более высоким уровнем рентабельности.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При возделывании проса на чернозёме типичном в условиях лесостепи Среднего Поволжья с целью оптимизации системы удобрения и повышения урожайности зерна сельскохозяйственным товаропроизводителям рекомендуем использовать солому предшествующей зерновой культуры.

2. Для ускорения разложения и повышения эффективности соломы в качестве удобрения целесообразно применять её совместно с дополнительным азотом в дозе 10 кг д.в. на 1 т и обрабатывать биологическим препаратом Байкал ЭМ-1 в дозе 2 л/га. Более высокая продуктивность проса достигается при использовании их на фоне минеральных удобрений на планируемую урожайность.

3. Измельченную одновременно с уборкой солому обрабатывать биопрепаратом, вносить удобрения (дополнительный азот, НРК) и заделывать дискованием на 8–10 см. Через 10 – 15 дней провести вспашку почвы на глубину 22 – 25 см.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах и изданиях, рекомендованных ВАК для публикации результатов научных исследований:

1. Куликова, А.Х. Влияние соломы и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на агрохимические свойства чернозема типичного и урожайность проса / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, С.А. Антонова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1 (37). – С. 31-37.

2. Куликова А.Х. Ферментативная активность почвы в зависимости от системы удобрения / А.Х. Куликова, С.А. Антонова, А.В. Козлов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 4 (40). – С. 36-43.

Статьи в других изданиях:

3. Антонова С.А. Экологические аспекты применения удобрений в сельскохозяйственном производстве / С.А. Антонова, Т.В. Яшина, Н.А. Ухалкина, А.Е. Яшин // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, чл.-корр. МААО, академика РАЕН, Заслуженного работника высшей школы РФ Костина Владимира Ильича. – Ульяновск, ГСХА им. П.А.Столыпина, 2014. – С. 11-13.

4. Антонова С.А. Просо обыкновенное – перспективы на будущее / С.А. Антонова // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, чл.-корр. МААО, академика РАЕН, Заслуженного работника высшей школы РФ Костина Владимира Ильича. – Ульяновск, ГСХА им. П.А.Столыпина, 2014. – С. 9-11.

5. Антонова С.А. Использование соломы в системе удобрения проса / С.А. Антонова // Материалы IV Международной научно-практической конференции, в рамках Международного молодежного научного аграрного форума «Наука, инновации и международное сотрудничество молодых ученых». Ульяновск, ГСХА им. П.А.Столыпина, 2014. – С. 3-6.

6. **Антонова С.А.** Биологизация системы удобрения проса в Среднем Поволжье / **С.А. Антонова**, А.Х. Куликова // Молодежная Межрегиональная научно-практическая конференция «Экологические проблемы и пути их решения: естественнонаучные и социокультурные аспекты». – Нижний Новгород, 2014. – С. 70-71.

7. **Антонова, С.А.** Биологическая активность почвы под посевами проса в зависимости от систем удобрения / С.А. Антонова // Международная научно-практическая конференция «Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность». – Нижний Новгород, 2015. – С. 444-446.

8. **Антонова, С.А.** Влияние соломы озимой пшеницы на питательный режим чернозема типичного и урожайность проса / Куликова А.Х., Яшин Е.А., **Антонова С.А.** // Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 75-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного агронома РФ К.И. Карповича. – ФГБНУ «Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 2016. – С. 183-187.

9. Антонова С.А. Повышение эффективности соломы как удобрения при возделывании проса на черноземе типичном Среднего Поволжья / **С.А. Антонова**, А.Х. Куликова, Е.А. Яшин // Материалы международной научно-практической конференции. – Нижний Новгород, 2017. – С. 157-160.

Отпечатано в типографии

Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина

Подписано в печать 14.02.2018 г. Формат 60x84/16

Бумага офсетная. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 1,0 Заказ __. Тираж 100 экз.

432980, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1