

На правах рукописи

Яшин Александр Евгеньевич

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ
ПРИМЕНЕНИИ СОЛОМЫ, СИДЕРАТА И
БИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА НА ЧЕРНОЗЕМЕ
ТИПИЧНОМ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

Специальность 06.01.04 – агрохимия

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Ульяновск – 2019

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: **Артемьев Андрей Александрович**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
Мордовский научно-исследовательский инсти-
тут сельского хозяйства – филиал федерального
государственного бюджетного научного учре-
ждения «Федеральный аграрный научный
центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницко-
го», ведущий научный сотрудник, заведующий
лабораторией координатного земледелия

Васильев Олег Александрович
доктор биологических наук, доцент, федераль-
ное государственное бюджетное образователь-
ное учреждение высшего образования «Чуваш-
ская государственная сельскохозяйственная
академия», профессор кафедры землеустройст-
ва, кадастров и экологии

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарёва»

Защита состоится «25» октября 2019 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», 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 ФГБОУ ВО «Самарский ГАУ», с авторефератом – на сайте <http://www.ssaa.ru/> и на электронном сайте ВАК РФ <http://vak.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2019 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Важнейшей проблемой сельскохозяйственного производства России остается поиск путей повышения продуктивности земледелия. Успешное решение этой по сути глобальной задачи в одном из крупных зернопроизводящих регионов России – в Поволжье – неразрывно связано с необходимостью обеспечить воспроизводство плодородия почв или поддержание его на достигнутом уровне.

Наиболее эффективным приемом воспроизводства почвенного плодородия считается внесение в почву органических удобрений, классическим из которых является навоз. Однако ограниченность его запасов и затратность внесения в почву предполагают более широкое применение таких приемов, как использование сидератов и соломы зерновых культур в качестве удобрения. Возврат растительных остатков в почву наиболее экономически целесообразно, малозатратно и экологически безопасный способ воспроизводства почвенного плодородия.

Однако применение их, особенно соломы, имеет свои особенности. Положительное действие соломы проявляется не сразу. Более того, в первый год ее внесения из-за резкого усиления активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов почвы происходит иммобилизация питательных веществ, прежде всего азота, что часто сопровождается снижением урожайности непосредственно удобренных культур (Колсанов Г.В., 2005). Одним из перспективных подходов комплексного решения данных проблем является использование в органоминеральной системе удобрения сельскохозяйственных культур биологических препаратов.

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).

Степень разработанности проблемы. Вопросы использования сидератов и соломы в качестве удобрения зерновых культур в разных почвенно-климатических условиях неоднократно рассматривались отечественными и зарубежными исследователями (Алексеев Е.К., 1948; Довбан К.И., 1996; Волошин Е.И., 2008; Колсанов Г.В., Куликова А.Х., Хвостов Н.В., 2010; Debruck, J., 1980; Morris R.A., Tuross R.E., Diros M.A., 1986; Ghaffar S.H., 2013).

Тем не менее, в условиях Среднего Поволжья приемы повышения эффективности соломы и зеленого удобрения в технологии возделывания озимой пшеницы на черноземе типичном практически не изучены. В связи с этим совершенствование систем удобрения озимой пшеницы с целью повы-

шения её продуктивности с использованием соломы и сидерата в условиях Ульяновской области представляется актуальным.

Цель и задачи исследования. Целью исследования являлось совершенствование приемов повышения продуктивности озимой пшеницы с использованием соломы, сидерата и биологического препарата при применении как в чистом виде, так и совместно с минеральными удобрениями.

Основные задачи при этом следующие:

- выявить влияние соломы, сидерата, минеральных удобрений, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и их сочетаний на агрофизические и водно-физические свойства, агрохимические показатели, гумусное состояние, микробиологическую и ферментативную активность чернозёма типичного;

- установить влияние систем удобрения с использованием соломы, сидерата, минеральных удобрений, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и их сочетаний на урожайность зерна озимой пшеницы; оценить качественные показатели и экологическую безопасность продукции;

- определить баланс элементов питания в чернозёме типичном за ротацию севооборота с использованием соломы, сидерата, минеральных удобрений и биопрепарата при возделывании озимой пшеницы;

- дать экономическую и биоэнергетическую оценку технологиям возделывания озимой пшеницы с использованием соломы, сидерата, минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1.

Научная новизна. На черноземе типичном в условиях лесостепи Среднего Поволжья проведены комплексные исследования по изучению возможности повышения продуктивности озимой пшеницы за счет использования соломы, сидерата, азотной добавки к соломе, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и их сочетаний с минеральными удобрениями в технологии её возделывания. Установлено, что внесение азотной минеральной добавки N10/t, биопрепарата Байкал ЭМ-1 совместно с соломой и сидератом способствует улучшению агрофизических и водно-физических показателей, усилению активности почвенной микрофлоры и улучшению питательного режима почвы, и, следовательно, повышению урожайности озимой пшеницы. На фоне минеральных удобрений (N₆₄P₃₂K₅₄) данные показатели значительно улучшались. Проведена экономическая и энергетическая оценка эффективности технологий возделывания озимой пшеницы с использованием соломы, сидерата, минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1.

Защищаемые положения:

- использование зернобобового сидерата, соломы, минеральных

удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1 при возделывании озимой пшеницы способствует улучшению агрофизических показателей чернозема типичного, его водного и питательного режимов, сохранению плодородия почвы. Наиболее оптимально внесение соломы в сочетании с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и азотной добавкой N10/т как отдельно, так и на минеральном фоне;

- в среднем за ротацию севооборота наиболее высокую урожайность зерна озимый пшеницы (более 4 т/га) на черноземе типичном с лучшими качественными показателями обеспечивает внесение в почву соломы совместно с азотной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне NPK.

- использование соломы в качестве удобрения является экологически безопасным приемом, способствующим снижению содержания тяжелых металлов в основной продукции (цинка на 7 %, меди на 14 %, свинца на 39 %, кадмия на 34 % по сравнению с контрольным вариантом);

- внесение в почву растительной массы зернобобового сидерата и соломы как с азотной минеральной компенсационной добавкой N10/т, так и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 повышает интенсивность баланса элементов питания (NPK), в большей степени на фоне минеральных удобрений: по азоту до 122 %, фосфору до 147 %, калию до 125 %;

- применение соломы как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и азотной минеральной добавкой N10/т экономически и энергетически эффективно. Наиболее высокий уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы (71 %) возможен при применении соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1.

Достоверность полученных результатов подтверждается проведением полевых опытов и лабораторных анализов почвенных и растительных образцов в строгом соответствии с методическими требованиями и ГОСТами, большим количеством экспериментальных математически обработанных данных и положительными результатами при использовании разработанных систем удобрения в хозяйствах Ульяновской области.

Практическая значимость и реализация результатов исследований. Результаты исследования позволяют рекомендовать для ускорения процесса разложения и повышения эффективности соломы и сидерата, используемых в качестве органического удобрения, внесение их совместно с дополнительным минеральным азотом в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы и обработкой биологическим препаратом Байкал ЭМ-1 в дозе 2 л/га, что обеспечивает повышение урожайности озимой пшеницы на 14 %. Более высокую продуктивность озимой пшеницы можно

достигнуть при использовании их на фоне расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность озимой пшеницы.

Результаты исследования применяются в ООО «Заволжье 40» Чердаклинского района на площади 270 га, в ООО «Ульяновская Нива» Чердаклинского района на площади 350 га и рекомендованы для использования в хозяйствах Ульяновской области и других регионах Среднего Поволжья, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ при преподавании дисциплин: агрохимия, системы удобрения, использование нетрадиционных ресурсов в качестве удобрения сельскохозяйственных культур.

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 заключение и рекомендации производству. Вклад соискателя в диссертационную работу составляет более 85 %.

Апробация работы и публикации. Результаты исследования и основные положения диссертации докладывались и обсуждались на V съезде Белорусского общества почвоведов и агрохимиков «Воспроизводство плодородия почв и охрана в условиях современного земледелия» (Минск, 2015), VI и IX Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения» (Ульяновск, 2015, 2018), V Всероссийской студенческой научной конференции «В мире научных открытий» (с международным участием) (Ульяновск, 2016), научно-практической конференции «Биологическая интенсификация систем земледелия: опыт и перспективы освоения в современных условиях развития» (Ульяновск, 2016), Международной молодежной научной конференции «Почва и бобовые – симбиоз для жизни» (Москва, 2016), Всероссийской научно-практической конференции «Роль аграрной науки в решении проблем современного земледелия» (Казань, 2017), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства» (Ульяновск, 2017), Международной научной конференции «Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах» (Москва, 2018).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 152 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 6 глав, заключения и предложений производству, включает 22 таблицы, 20 рисунков, 20 таблиц в приложении. Библиографический список включает 268 источников использованной научной литературы, в том числе 21 – 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, а также всему коллективу кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Солома и сидераты в системе удобрения сельскохозяйственных культур

Проведен аналитический обзор литературных сведений по изучаемой проблеме. Рассмотрена роль соломы при использовании её в качестве удобрения и влияния на плодородие почвы. Рассматривается удобрительная ценность соломы и сидеральных культур, особенности их применения в качестве органического удобрения. Проведен анализ удобрения озимой пшеницы и показано, что в условиях Ульяновской области вопросы применения сидерата, соломы и биопрепаратов в технологии возделывания культур и внедрения их в производство мало изучены.

2. Условия и методы исследования

Исследования по теме диссертационной работы выполнены на опытном поле кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2013–2017 гг. в пятипольном зерновом севообороте с сидеральным паром: пар сидеральный (вико-овсяная смесь) – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – ячмень, внесенном в Государственный реестр длительных опытов РФ (№122).

Схема двухфакторного опыта включала 12 вариантов с использованием в системе удобрения озимой пшеницы сидерата, соломы, минеральных удобрений, биопрепарата и их сочетаний: 1. Без удобрений – (контроль); 2. Солома предшественника; 3. Солома + 10 кг N/т соломы (N10/т); 4. Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1; 5. Солома + N10/т + биопрепарат; 6. Биопрепарат; 7. N64P32K54 (фон, NPK); 8. NPK + Солома; 9. NPK + Солома + N10/т; 10. NPK + Солома + биопрепарат; 11. NPK + Солома + N10/т + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат.

Опыт проводили в четырехкратной повторности с рендомизиро-

ванным размещением делянок. Посевная площадь делянки 120 м² (6x20), учетная – 72 м² (4x18). В качестве минеральных удобрений использовали мочевины, двойной суперфосфат, хлористый калий. Солома предшественника (ячмень) разбрасывалась по поверхности поля измельчителем, оборудованным на комбайне (TERRION SP 2010), вносили минеральные удобрения, азотную минеральную добавку N10/т соломы, биопрепарат Байкал ЭМ-1 в дозе 2 л/га (ранцевым опрыскивателем) и заделывали БДМ 3x4 на глубину 8–10 см. Во второй декаде сентября проводили основную обработку ПЛН-4-35 на 22–25 см.

Почва опытного поля – чернозём типичный среднесиловый среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,7 %, подвижных фосфора и калия (по Чирикову) 185 и 196 мг/кг соответственно, рН_{ксл} – 6,9 единиц.

Экспериментальная культура – озимая пшеница сорта Саратовская 17. В качестве сидерата возделывали вико-овсяную смесь (овес сорта Скакун – 2,5 млн. всхожих семян/га и вика сорта Льговская 28 – 0,5 млн. семян/га).

Климатические условия за время проведения исследований значительно отличались как по периодам развития культур, так и по годам наблюдений. Наиболее благоприятно они складывались в 2017 году: температурный и водный режимы были максимально приближены к оптимальным значениям, что позволило формировать урожайность зерна озимой пшеницы в среднем по всем вариантам 4,90 т на одном гектаре.

Технология возделывания озимой пшеницы – общепринятая в Ульяновской области. Учет урожая зерна проводили с площади всей делянки (72 м²), соломы – по сноповому анализу.

Химические анализы почвенных и растительных образцов выполняли в испытательной лаборатории «Ульяновская «ГСХА»» (№ РОСС. RU. 0001.513.748) и аккредитованной лаборатории ФГБУ «САС «Ульяновская»» (№ RA.RU.510251) по соответствующим ГОСТ-ам и методикам.

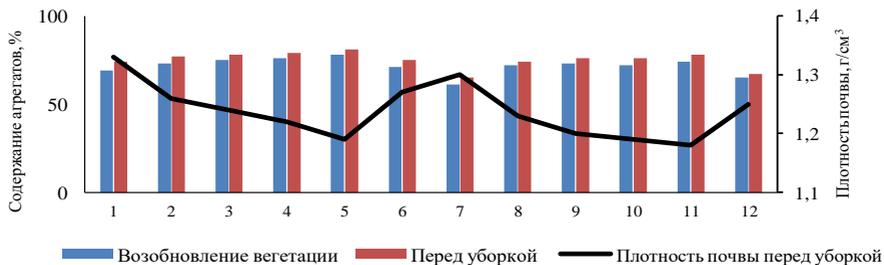
Экономическую оценку технологий возделывания озимой пшеницы с применением минеральных удобрений, соломы сидерата и биопрепарата Байкал ЭМ-1 осуществляли с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий ООО «Заволжье 40» Чердаклинского района Ульяновской области; биоэнергетическую – по совокупным затратам энергоресурсов на возделывание культуры и накоплению потенциальной энергии в урожае основной и побочной продукции.

Статистическую обработку материалов исследований осуществляли по Б.А. Доспехову (2011) с применением следующих методов: дисперсионный анализ двухфакторного опыта (фактор А – без удобрений, фактор В – фон NPK) и корреляционно-регрессионный анализ с использованием программ MS Excel 2007 и Statistik C-1.

3. Влияние систем удобрения на свойства чернозема типичного

3.1 Агрофизические и водо-физические свойства

3.1.1, 3.1.2 Плотность пахотного слоя и содержание агрономически ценных агрегатов. Основные показатели агрофизического состояния пахотного слоя почвы приведены на рисунке 1.



1. Без удобрений (контроль); 2. Солома предшественника; 3. Солома + N10/т соломы; 4. Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1; 5. Солома + N10/т + биопрепарат; 6. Биопрепарат; 7. N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK); 8. NPK + солома; 9. NPK + солома + N10/т; 10. NPK + солома + биопрепарат; 11. NPK + солома + N10/т + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат

Рисунок 1 – Агрегатный состав и плотность пахотного слоя чернозема типичного под посевами озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения, 2015–2017 гг.

Результаты исследований показали несомненное оструктурирующее и разуплотняющее действие соломы на состояние почвы при применении как в чистом виде и, особенно, совместном внесении её с минеральной азотной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Содержание агрономически ценных агрегатов на указанном варианте составило 81 %, плотность пахотного слоя почвы 1,15 г/см³. Положительное влияние соломы на агрофизическое состояние почвы сохранялось на удобренном минеральном фоне.

3.1.3 Водный режим. Запасы продуктивной влаги в почве под посевами озимой пшеницы находились в прямой зависимости от применяемых систем удобрения (рис. 2).



Рисунок 2 – Запасы продуктивной влаги в черноземе типичном перед уборкой озимой пшеницы, мм (2015–2017 гг.)

Разница от контроля по годам исследований (2015, 2016, 2017) в пахотном слое составила на варианте с внесением соломы – 6, 5 и 7 мм; при применении соломы с N10/т – 10, 12 и 11; при совместном внесении её с биопрепаратом – 11, 12 и 13 мм; при совмещении соломы с N10/т и Байкалом ЭМ-1 – 16, 20 и 23 мм. На минеральном фоне наибольшие запасы доступной влаги оказались также на одноименном варианте (солома + N10/т + биопрепарат). Таким образом, применение соломы и сидерата в системе удобрения культур способствовало улучшению водного режима почвы.

3.2. Гумусное состояние. При возделывании озимой пшеницы по сидеральному пару с оставлением соломы предшественника в почву поступает значительное количество органического вещества, что обеспечивает бездефицитный баланс гумуса в почве (табл. 1).

Таблица 1 – Динамика содержания гумуса в пахотном слое чернозема типичного за ротацию севооборота в зависимости от систем удобрения озимой пшеницы, %

Вариант	Поступило в почву органического вещества, т/га	Исходное, 2013 г.	Фактическое, 2018 г.	Изменение, +/-
Без удобрений (контроль)	0,89	4,24	4,32	+0,08
Солома предшественника	3,11	4,42	4,65	+0,23
Солома + N10/ т соломы	3,30	4,29	4,47	+0,18
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	3,32	4,42	4,58	+0,16
Солома + N10/т + биопрепарат	3,41	4,35	4,65	+0,30
Биопрепарат	0,96	4,18	4,32	+0,13
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	1,05	4,32	4,27	-0,05
NPK + солома	3,87	4,31	4,58	+0,27
NPK + солома + N10/т	4,04	4,39	4,65	+0,26
NPK + солома + биопрепарат	4,05	4,22	4,49	+0,27
NPK + солома + N10/т + биопрепарат	3,92	4,37	4,57	+0,20
NPK + биопрепарат	4,03	4,28	4,43	+0,15
НСР ₀₅	Фактор А	-	0,02	-
	Фактор В	-	0,04	-

Возделывание озимой пшеницы по сидеральному пару (контроль) способствовало сохранению гумуса на исходном уровне. При запашке соломы предшественника и сидеральной массы содержание гумуса в пахотном слое за ротацию севооборота повысилось на 0,23 % и на 0,30 % на варианте с совместным применением соломы, биопрепарата и N10/т. Последнее, по-видимому, обусловлено более высокой урожайностью ячменя (следовательно, и соломы) и вико-овсяной смеси, сопровождающееся при этом бóльшим поступлением в почву органического вещества. На варианте с внесением минеральных удобрений количество гумуса в пахотном слое чернозема типичного снизилось на 0,05 %.

3.3 Микробиологическая и ферментативная активность

3.3.1 Микробиологическая активность. Микробиологическую активность почвы определяли аппликационным методом (общая биологическая активность) и прямым подсчетом численности отдельных физиологических групп микроорганизмов (табл. 2).

Таблица 2 – Численность эколого-физиологических групп микроорганизмов в почве при внесении в почву соломы, биопрепарата, минеральных удобрений и их сочетаний

Вариант	КОЕ / 1 г абс.-сух. почвы					
	МПА, ×10 ⁷	АГК, ×10 ⁴	ЭШБИ, ×10 ⁴	АМЕН, ×10 ⁶	АМУР, ×10 ⁶	НАТ, ×10 ⁸
Без удобрений	26,01	6,72	1,36	12,91	90,40	32,01
Солома	24,39	7,29	1,49	12,88	89,91	46,04
Биопрепарат Байкал ЭМ-1	27,91	6,80	1,51	13,05	91,36	33,68
N ₆₄ P ₃₂ K ₅₄ (NPK)	26,67	7,03	1,24	12,96	91,16	33,19
NPK + солома	28,12	7,96	1,53	12,91	90,92	38,14
NPK + биопрепарат	29,30	7,51	1,57	13,17	92,01	35,09

Данные таблицы 2 показывают, что численность аммонифицирующих бактерий (МПА) при внесении в почву соломы в чистом виде несколько снизилась (на 6 %), увеличилась на 7 % при применении биопрепарата и на 13 % – от его совместного внесения с NPK. Численность целлюлозоразлагающих микроорганизмов (АГК) повышалась на 9 % и на 18 % при добавлении к соломе минеральных удобрений, что свидетельствует о необходимости наличия в почве доступного азота для микробиологической деструкции клетчатки. Количество несимбиотических азотфиксаторов (ЭШБИ) повышалось до 11–15 % на варианте с биопрепаратом и его совмещением с NPK. Численность литотрофных (АМУР) и органотрофных фосфатредуцирующих микроорганизмов по вариантам опыта практически оставалось неизменным. Учет количества микроорганизмов, участвующих в трансформации сложных органических веществ (НАТ), показал существенное (до 44 %) увеличение их относительно контроля при внесении в почву соломы.

3.3.2 Ферментативная активность. Изменение численности физиологических групп микроорганизмов сопровождалось вариабельностью ферментов гидролазной и оксидоредуктазной ферментных систем. Так, протеазная активность почвы повышалась в наибольшей мере (в 1,7 раз) от внесения полного минерального удобрения и почти в 2 раза – при его сочетаний с биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Ферментативная активность почвы увеличивалась на 23 % от внесения соломы и на 29 % от биопрепарата, использованных в качестве удобрения. Минеральные удобрения способствовали повышению активности протеаз почвы почти в 1,5 раза и примерно в такой же мере ферменты-протеазы были активизированы на вариантах «NPK + солома» и «NPK + биопрепарат».

Из всех рассматриваемых вариантов опыта установлено снижение полифенолоксидазной активности на вариантах с использованием соломы в качестве удобрения (на 18 % и на 14 %), а также существенное повышение активности пероксидаз – на 54 % и на 60 %. По-видимому, такие изменения обусловлены с наличием в почве безазотистого органического вещества, труднодоступного к разложению. По этой причине активность разложения специфического вещества почвы – гумуса – может быть активизирована.

3.4 Агрохимические показатели

Изучение влияния соломы, биопрепарата, минеральных удобрений и их сочетаний на агрохимические показатели чернозема типичного показало (рис. 3, 4, 5), что наиболее высокое содержание минерального азота в пахотном слое чернозема типичного наблюдалось при внесении соломы с минеральной азотной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений, которое составляло в среднем за вегетацию озимой пшеницы 20,3 мг/кг.

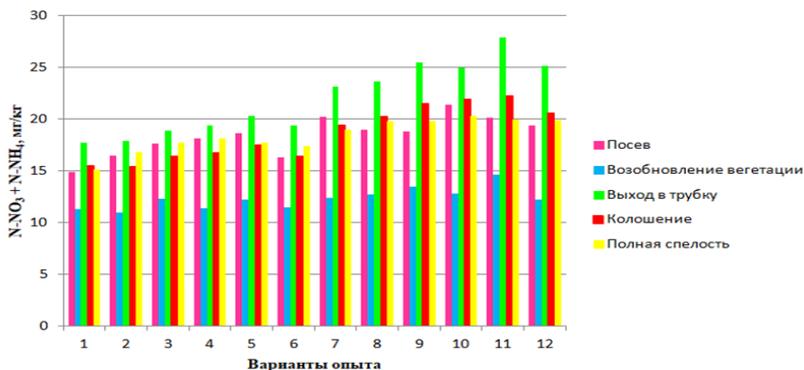


Рисунок 3 – Содержание $N-NO_3 + N-NH_4$ в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития озимой пшеницы, мг/кг (2013–2017 гг.)

В динамике минерального азота в почве под посевами озимой пшеницы максимум накопления $N-NO_3 + N-NH_4$ установлен в фазу колошения: от 17,5 до 25,9 мг/кг почвы. Между урожайностью озимой пшеницы и содержанием минерального азота в пахотном слое установлена тесная прямая связь ($R^2 = 0,809$), выражаемая соответствующими уравнениями регрессии, что позволяет прогнозировать уровень урожайности заблаговременно до уборки.

Что касается содержания доступного фосфора, минимальное его количество находилось на контроле. На варианте с применением соломы оно увеличивалось на 6 мг/кг. Солому на удобрение целесообразно использо-

вать с азотной добавкой, при этом содержание доступного фосфора в пахотном слое повысилось на 8 мг/кг.

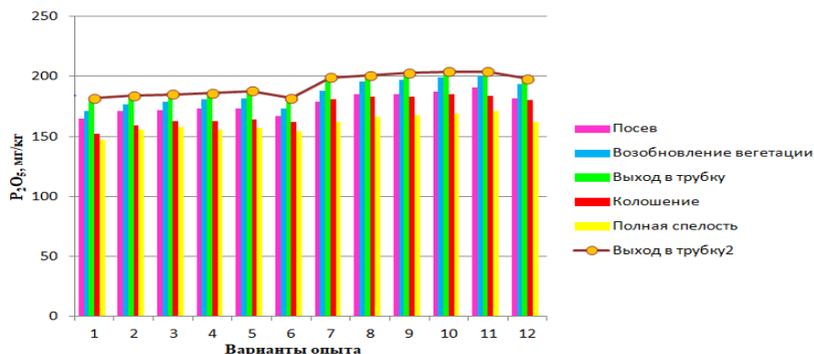


Рисунок 4 – Содержание подвижного фосфора в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития озимой пшеницы, мг/кг (2013–2017 гг.)

Наиболее высокое содержание доступных форм фосфора наблюдали на варианте с использованием соломы, дополнительной дозы азота, био-препарата Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений, которое составило 190 мг/кг. Между урожайностью озимой пшеницы и содержанием доступного фосфора в почве установлена положительная зависимость, выражаемая уравнениями регрессии $Y = 0,052x - 5,886$ ($R^2 = 0,953$) ($R^2 = 0,953$) (перед посевом), $Y = 0,041x - 4,404$ ($R^2 = 0,963$) (кущение), $Y = 0,048x - 6,011$ ($R^2 = 0,976$) (выход в трубку), $Y = 0,036x - 2,920$ ($R^2 = 0,954$) (колошение).

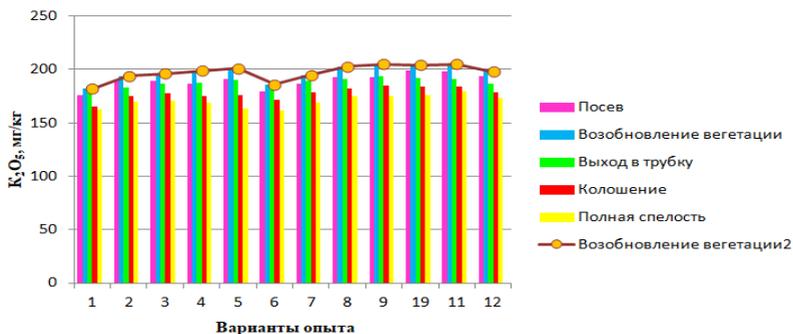


Рисунок 5 – Содержание K₂O в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного под посевами озимой пшеницы, мг/кг (2013–2017 гг.)

Содержание обменного калия в пахотном слое на всех вариантах опыта было очень высоким (по Чирикову) и в среднем за вегетацию варьировало в пределах 173–192 мг/кг, что указывает на стабильность содержания его в почве в возобновлении запасов за счет необменных форм. Внесение соломы как отдельно, так и совместно её с азотной минеральной добавкой N10/т, биопрепаратом Байкал ЭМ-1, в том числе на фоне расчетных доз минеральных удобрений способствовало увеличению содержания обменного калия в почве, в среднем за вегетацию по сравнению с контролем до 19 мг/кг, что доказывает эффективность соломы и сидерата в органоминеральной системе удобрения озимой пшеницы. Между урожайностью озимой пшеницы и содержанием обменного калия в почве установлена положительная зависимость, выражаемая уравнениями регрессии $Y = 0,052x - 6,545$ ($R^2 = 0,659$) (перед посевом), $Y = 0,006x - 1,958$ ($R^2 = 0,192$) (возобновление вегетации), $Y = 0,076x - 10,98$ ($R^2 = 0,649$) (выход в трубку), $Y = 0,068x - 8,870$ ($R^2 = 0,771$) (колошение).

4. Урожайность и качество продукции озимой пшеницы

4.1.1 Урожайность вико-овсяной смеси. При возделывании сидерата в качестве зеленого удобрения важно учитывать его урожайность. Использование соломы предшественника в чистом виде обеспечило прибавку урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси в среднем за ротацию севооборота на 0,4 т/га (2 %). Применение ячменной соломы на удобрение совместно с азотной минеральной добавкой N10 и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 повысило урожайность сидерата на 1,9 т/га, или на 11 % по сравнению с контрольным вариантом.

Применение соломы на фоне последствия минеральных удобрений, внесенных под ячмень, было более эффективно и способствовало увеличению урожайности вико-овсяной смеси на 3,5 т/га (20 %). Использование соломы на минеральном фоне с азотной добавкой N10 повысило растительную массу сидерата на 23 %, а с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – на 28 %.

Таким образом, при возделывании ячменя с внесением расчетных доз минеральных удобрений и без внесения последних, наиболее эффективно при уборке использовать его солому в качестве удобрения вико-овсяной смеси совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1.

4.1.2 Урожайность озимой пшеницы. Внесение удобрений, в том числе сидерата, как уже было отмечено выше, оказывало положительное влияние на питательный режим почвы. Соответственно, увеличение растительной массы вико-овсяной смеси на экспериментальных вариантах способствовало изменению урожайности озимой пшеницы. Кроме того, на питательный режим, а следовательно, и на урожайность зерна оказывало влияние не только количество растительной массы сидерата, заделанной в почву, но и скорость ее разложения.

В среднем за пять лет исследований более высокая урожайность зерна озимой пшеницы на вариантах без минерального фона сформировалась при внесении в почву соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне N10 кг/т соломы и составила 3,17 т/га, превысив контрольный вариант на 14 % (табл. 3). Следует отметить, что запашка соломы в среднем за ротацию севооборота не оказала отрицательного влияния на урожайность зерна озимой пшеницы и лишь в 2016 году урожайность несколько снизилась.

Таблица 3 – Урожайность озимой пшеницы, т/га

Вариант	Годы исследований					Средняя за 2013 – 2017гг.	
	2013	2014	2015	2016	2017		
Без удобрений (контроль)	2,49	2,21	2,14	3,29	3,82	2,79	
Солома предшественника	2,45	2,42	2,18	3,26	3,93	2,85	
Солома + N10/ т соломы	2,64	2,51	2,25	3,41	4,25	3,01	
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	2,60	2,58	2,30	3,48	4,23	3,04	
Солома + N10/т + биопрепарат	2,76	2,81	2,41	3,57	4,31	3,17	
Биопрепарат	2,55	2,46	2,22	3,4	4,03	2,93	
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	3,17	2,98	2,64	3,75	5,45	3,60	
NPK + солома	3,27	3,19	2,68	3,86	5,51	3,70	
NPK + солома + N10/т	3,34	3,28	2,82	3,96	5,66	3,81	
NPK + солома + биопрепарат	3,41	3,30	2,78	4,12	5,73	3,89	
NPK + солома + N10/т + биопрепарат	3,54	3,41	3,04	4,34	5,84	4,03	
NPK + биопрепарат	3,30	3,14	2,7	3,78	5,57	3,70	
НСР ₀₅	Фактор А	0,06	0,03	0,03	0,05	0,04	-
	Фактор В	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05	-

На минеральном фоне данная закономерность сохранялась: урожайность зерна пшеницы на одноименном варианте составляла в среднем за ротацию севооборота 4,03 т/га, что выше контроля на 1,24 т/га или на 44 %. Доля соломы в повышении урожайности на минеральном фоне NPK составила 0,10 т/га или 22 %. Использование соломы на фоне минеральных удобрений совместно с минеральной азотной добавкой N10/т позволило повысить урожайность зерна озимой пшеницы на 1,02 т/га (37 %) по сравнению с контролем, а внесение с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – на 1,1 т/га (39 %).

4.1.3 Структура урожая озимой пшеницы. На продуктивность озимой пшеницы оказывали положительное влияние как органические, так и минеральные удобрения. Однако совместное их действие было более эффективно. Наиболее благоприятные показатели структуры урожая озимой пшеницы отмечали на варианте внесения соломы, минеральной азотной добавки N10/т и биопрепарата Байкал ЭМ-1 совместно с NPK. При этом количество зерен в колосе составляло 21,8 штук с массой 1000

зёрен 47,9 г., количество продуктивных стеблей 410 шт./м².

4.2 Качество и экологическая оценка зерна

4.2.1 Качество зерна. Внесение соломы и сидерата не оказало существенного влияния на содержание в зерне белка и клейковины. Однако при внесении их с азотной добавкой и биопрепаратом содержание белка увеличилось на 0,5 %, а клейковины на 1,1 % по сравнению с контрольным вариантом, что обусловлено усилением микробиологической активности почвы, и, следовательно, повышением доступности элементов питания, в первую очередь азота. Кроме того, на данном варианте в зерне повысилось содержание фосфора и калия с 0,73 до 0,79 и с 0,50 до 0,60 % соответственно.

Таблица 4 – Качество зерна озимой пшеницы, (2015–2017 гг.)

Вариант	Содержание					ед.	
	%						
	азот	фосфор	калий	белок	клейковина		
Без удобрений (контроль)	1,74	0,73	0,50	9,9	24,6	88	
Солома предшественика	1,77	0,74	0,52	10,1	24,8	86	
Солома + N10/ т соломы	1,79	0,76	0,59	10,2	25,2	82	
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	1,82	0,78	0,60	10,4	25,4	80	
Солома + N10/т + биопрепарат	1,82	0,79	0,60	10,4	25,6	78	
Биопрепарат	1,80	0,78	0,52	10,3	24,8	81	
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	1,86	0,83	0,63	10,6	26,0	77	
NPK + солома	1,95	0,85	0,64	11,1	26,2	78	
NPK + солома + N10/т	2,01	0,85	0,64	11,5	26,6	75	
NPK + солома + биопрепарат	2,02	0,85	0,64	11,5	26,4	76	
NPK + солома + N10/т + биопрепарат	2,03	0,83	0,66	11,6	26,5	75	
NPK + биопрепарат	1,97	0,81	0,61	11,2	26,0	78	
НСР ₀₅	Фактор А	0,03	0,04	0,02	-	0,3	2
	Фактор В	0,04	0,03	0,05	-	0,5	4

Не менее эффективно было внесение расчетных доз минерального удобрения (N₆₄P₃₂K₅₄) на фоне сидерата, при этом происходило увеличение содержания белка с 9,9 до 10,6 %, клейковины с 24,6 до 26 % относительно контроля.

Наиболее благоприятным для улучшения качества зерна озимой пшеницы на минеральном фоне оказалось совместное применение соломы, азотного удобрения и биопрепарата, что обеспечило повышение содержания белка до 11,6 %, клейковины до 26,5 % .

Таким образом, применение соломы совместно с азотной добавкой и биопрепаратом оказало существенное положительное влияние на качественные показатели зерна. При внесении минеральных удобрений эффективность соломы и биопрепарата значительно повышалась.

4.2.2 Экологическая оценка зерна. При использовании в системе удобрения сидерата и соломы опасность загрязнения почвы тяжелыми ме-

таллами полностью исключается. Однако в наших исследованиях изучались различные системы удобрения озимой пшеницы, в том числе с минеральными удобрениями. Поэтому была проведена экологическая оценка продукции по определению в ней тяжелых металлов (таблица 5).

Таблица 5 – Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы, (2015–2017 гг.)

Вариант	мг/кг				
	Zn	Cu	Pb	Cd	
Без удобрений (контроль)	9,9	3,7	0,18	0,032	
Солома предшественника	9,2	3,2	0,11	0,021	
Солома + N10/ т соломы	9,7	3,3	0,12	0,022	
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	9,4	3,4	0,10	0,021	
Солома + N10/т + биопрепарат	9,2	3,3	0,12	0,026	
Биопрепарат	9,7	3,2	0,14	0,024	
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	10,1	3,6	0,17	0,051	
NPK + солома	9,2	3,2	0,12	0,035	
NPK + солома + N10/т	9,1	3,1	0,13	0,036	
NPK + солома + биопрепарат	8,9	3,1	0,11	0,031	
NPK + солома + N10/т + биопрепарат	8,7	3,2	0,12	0,033	
NPK + биопрепарат	9,5	3,5	0,14	0,041	
ПДК в зерне		50	10	0,50	0,100
HCP ₀₅	Фактор А	0,2	0,1	0,03	0,005
	Фактор В	0,3	0,2	0,04	0,006

Данные таблицы свидетельствуют, что содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы было значительно ниже предельно допустимых концентраций (СанПиН 42-123-4089-86). Так, содержание цинка в продукции было ниже ПДК в 5–5,7 раз, меди от 2,7 до 3,2 раз, свинца – в 2,8–5 раз, кадмия – в 2,8–4,8 раз. Внесение в почву соломы и зернобобового сидерата как отдельно, так и одновременно с биопрепаратом и азотной добавкой способствовало уменьшению поступления ТМ: цинка на 7 %, меди на 14 %, свинца на 39 %, на 34 % кадмия. При внесении расчетных доз минеральных удобрений в зерне несколько увеличивалось содержание цинка и кадмия по сравнению с контрольным вариантом.

Таким образом, применение в системе удобрения озимой пшеницы зернобобового сидерата, соломы как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и минеральными удобрениями оказывало положительное влияние на экологические показатели безопасности зерна.

5. Баланс элементов питания в почве при возделывании озимой пшеницы за ротацией севооборота

Испытываемые системы удобрения по-разному влияли на баланс азота в черноземе типичном. Так, баланс азота на экспериментальных вариантах без внесения расчетных доз NPK находился на отрицательном уровне и его значения колебались от –8,9 до –53,1 кг/га. При внесении N10/т совместно как с соломой, так и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 баланс элемента приближался к положительному значению. Внесение сидерата и расчетных доз минеральных удобрений в почву с расчетом на планируемую

урожайность культур севооборота практически полностью компенсировало расход азота, и значение баланса составляло $-2,9$ кг/га. Заделка соломы в почву на фоне NPK как отдельно, так и совместно с минеральной азотной добавкой N10/т значительно повышала приход азота соответственно и увеличивало значения баланса до положительных $13-36,3$ кг/га.

Основным источником фосфора являлось поступление его в почву с минеральными фосфорными удобрениями, соломой и сидератом. На вариантах с внесением фосфорных удобрений баланс данного элемента имел положительные значения от $+8,3$ (NPK) до $16,4$ кг/га (NPK+ солома + биопрепарат). На вариантах без внесения NPK баланс фосфора составил от $-12,8$ до $-21,3$ кг/га. При использовании в качестве удобрения соломы дефицит фосфора, в среднем за ротацию севооборота, снизился на $7,8$ кг/га. Отдельное внесение соломы способствовало значительному снижению дефицита фосфора в почве, а внесение ее на фоне расчетных доз минеральных удобрений увеличило запасы подвижных форм фосфора в пахотном слое чернозема типичного на $2,8$ кг/га.

Внесение растительной массы зернобобового сидерата, соломы и минеральных удобрений оказало положительное влияние на баланс калия в черноземе типичном. На контрольном варианте общий вынос калия с урожаем культур в среднем за ротацию севооборота составил $63,3$ кг/га. Внесение в почву NPK способствовало увеличению его на $15,9$ кг/га, соломы – на $0,9$ кг/га по сравнению с контролем. Применение совместно с соломой биопрепарата Байкал ЭМ-1 увеличивало вынос калия на $4,6$ кг/га и на $19,9$ кг/га на фоне NPK. Последнее, по-видимому, обусловлено активизацией работы микроорганизмов, ускоривших процесс минерализации органических веществ, поступивших в почву с соломой.

Внесение в почву сидерата, соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений оказало положительное влияние на изменение интенсивности баланса элементов питания, под которой понимается отношение прихода элементов питания к их выносу, выраженное в процентах. Внесение в почву растительной массы зернобобового сидерата и соломы как с азотной добавкой N10/т, так и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 повышало интенсивность баланса элементов питания (NPK), в большей степени на фоне минеральных удобрений. При этом интенсивность баланса по азоту достигала 122 %; по фосфору – 147 %, по калию – 125 %.

6. Экономическая и биоэнергетическая эффективность технологий возделывания озимой пшеницы с использованием соломы и сидерата в системе удобрения

6.1 Экономическая эффективность. Расчеты экономической эффективности технологий возделывания озимой пшеницы показали, что уровень рентабельности производства зерна пшеницы выше на вариантах без

внесения полного минерального удобрения (NPK) и находился в пределах 49–71 %. Внесение соломы в почву как отдельно, так и совместно с минеральным удобрением способствовало повышению его до 67 и 54 % соответственно, что, в первую очередь, обусловлено исключением производственных затрат на уборку соломы с поля. Совместное внесение соломы с минеральной азотной добавкой N10/т повышало стоимость произведенной продукции, но при этом уровень рентабельности технологии снижался, прежде всего, из-за относительно высокой стоимости азотного минерального удобрения. Использование соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 в системе удобрения озимой пшеницы являлось наиболее эффективным с уровнем рентабельности 71 %. На фоне минеральных удобрений лучший экономический эффект достигнут при совместном использовании соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1, где рентабельность составила 58 %.

6.2 Биоэнергетическая оценка. Для более объективной оценки технологий возделывания озимой пшеницы необходимо знать структуру затрат энергии по видам работ и категориям затрат, что позволяет выявить наиболее энергоемкие технологические операции и долю той или иной категории ресурсов с целью проведения последующей их оптимизации (таблица 6).

Таблица 6 – Биоэнергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы с применением соломы, азотной добавки N10/т, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений (2013–2017 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Затраты технологической энергии на производство зерна, ГДж/га	Накоплено энергии в зерне, ГДж/га	Биоэнергетический коэффициент
Без удобрений (контроль)	2,79	20,77	45,92	2,21
Солома предшественника	2,85	18,87	46,91	2,49
Солома + N10/ т соломы	3,01	23,14	49,55	2,14
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	3,04	19,59	50,04	2,55
Солома + N10/т + биопрепарат	3,17	23,64	52,18	2,21
Биопрепарат	2,93	21,36	48,23	2,26
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	3,60	29,04	59,26	2,04
NPK + солома	3,70	28,62	60,90	2,13
NPK + солома + N10/т	3,81	32,61	62,71	1,92
NPK + солома + биопрепарат	3,89	29,33	64,03	2,18
NPK + солома + N10/т + биопрепарат	4,03	33,41	66,33	1,99
NPK + биопрепарат	3,70	30,87	60,90	1,97

Расчеты биоэнергетической оценки показали, что наиболее энергетически эффективными являются технологии с применением соломы и соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 (коэффициенты биоэнергетической эффективности – 2,49 и 2,55 соответственно). При внесе-

нии в почву соломы и соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений коэффициенты энергетической эффективности составили соответственно 2,13 и 2,18. Доля расходов на применение биопрепарата Байкал ЭМ-1 в системе удобрения озимой пшеницы не превышала 0,3 % от общих энергетических затрат.

Заключение

1. Использование зернобобового сидерата и соломы в системе удобрения озимой пшеницы способствовало разуплотнению пахотного слоя чернозема типичного. В начале возобновления вегетации на данном варианте плотность почвы составила $1,22 \text{ г/см}^3$ (на контроле $1,27 \text{ г/см}^3$), перед уборкой $1,26 \text{ г/см}^3$ (на контроле $1,33 \text{ г/см}^3$). На фоне минеральных удобрений (НРК) аналогичная закономерность сохранялась. Наиболее оптимальным является внесение в почву соломы в сочетании с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и минеральной азотной добавкой N10/т как на минеральном фоне, так и без внесения НРК с плотностью сложения пахотного слоя (0–30 см) $1,14$ и $1,15 \text{ г/см}^3$ соответственно.

2. Совместное внесение соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и компенсационной азотной добавкой N10/т способствовало улучшению структуры почвы: содержание агрономически ценных агрегатов увеличилось к уборке озимой пшеницы до 81 %. При этом происходило увеличение запасов продуктивной влаги в пахотном слое почвы перед уборкой озимой пшеницы на 7–13 мм, в метровом слое на 8–11 мм.

3. Внесение в почву сидерата и соломы в качестве органического удобрения сопровождалось повышением активности почвенных микроорганизмов. Наиболее высокая активность микроорганизмов наблюдалась на варианте с внесением соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и компенсационной минеральной азотной добавкой N10/т и на аналогичном варианте на фоне расчетных доз минеральных удобрений, где превышение показателей относительно контроля составляло 8,6 % и 13,2 % соответственно.

4. Сидерат и солома, внесенные в почву совместно с азотной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 как отдельно, так и на минеральном фоне способствовали увеличению содержания в ней доступных форм основных элементов минерального питания. В среднем за ротацию севооборота в пахотном слое под посевами озимой пшеницы минерального азота содержалось 17–21 мг/кг, подвижного фосфора 173–190 мг/кг и обменного калия 184–192 мг/га.

5. Внесение соломы на фоне последствия минеральных удобрений более эффективно с азотной добавкой N10 и биопрепаратом Байкал ЭМ-1, что способствовало увеличению урожайности зеленой массы сидерата (вико-овсяная смесь) на 23 и 28 % соответственно. Наиболее высокая урожайность зерна озимой пшеницы в 4,03 т/га в среднем за ротацию севооборота сформировалась на варианте с внесением соломы, минеральной азотной добавки N10/т

и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне NPK. При этом наблюдали лучшие показатели качества зерна: содержание белка 11,6 %, клейковины 26,5 %.

6. Использование соломы в качестве удобрения является экологически безопасным приемом, способствующим снижению содержания тяжелых металлов в основной продукции (цинка на 7 %, меди на 14 %, свинца на 39 %, кадмия на 34 % по сравнению с контрольным вариантом).

7. Применение в системе удобрения озимой пшеницы растительной массы зернобобового сидерата и соломы как с азотной минеральной добавкой N10/т, так и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 повышало интенсивность баланса элементов питания (NPK), в большей степени на фоне минеральных удобрений. При этом интенсивность баланса по азоту достигала 122 %; по фосфору – 147 %, по калию – 125 %.

8. Использование соломы как отдельно, так и совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и азотной минеральной добавкой N10/т экономически эффективно. Наиболее высокий уровень рентабельности производства зерна озимой пшеницы в 71 % получен при использовании соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1.

9. Наиболее энергетически эффективными являлись технологии с применением соломы и соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 (коэффициенты биоэнергетической эффективности – 2,49 и 2,55 соответственно).

Предложение производству

1. С целью повышения урожайности зерна и качества продукции озимой пшеницы, а также сохранения плодородия почвы при возделывании её на черноземе типичном лесостепи Среднего Поволжья рекомендуем сельскохозяйственным товаропроизводителям вносить солому предшественника (ячмень) под сидеральную культуру (вико-овсяная смесь).

2. Для ускорения процесса разложения и повышения эффективности соломы и сидерата в качестве органического удобрения целесообразно применять их совместно с дополнительным минеральным азотом (карбамид) в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы и обрабатывать биологическим препаратом Байкал ЭМ-1 в дозе 2 л/га. Более высокую продуктивность озимой пшеницы можно достигнуть при использовании их на фоне расчетных доз минеральных удобрений (NPK) на планируемую урожайность.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах и изданиях, рекомендованных ВАК

для публикации результатов научных исследований:

1. Яшин, А.Е. Повышение эффективности соломы и сидерата в системе удобрения озимой пшеницы / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, А.Е. Яшин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 3 (35). – С. 65-73.

2. Яшин, А.Е. Влияние гуминовых продуктов на физические, химические и биологические свойства чернозема типичного в органоминеральной системе удобрения проса / **А.Е. Яшин**, Е.А. Яшин // *Агрохимический вестник*. Приложение к № 1. – 2018 – С. 94-101.

3. Яшин, А.Е. Влияние соломы и сидерата на баланс элементов питания в черноземе типичном Среднего Поволжья / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, **А.Е. Яшин** // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2019. – № 2 (46). – С. 79-85.

Статьи в других изданиях:

1. Яшин, Е.А. Влияние соломы и минеральных удобрений на агрохимические показатели почвы в технологии возделывания озимой пшеницы / Е.А. Яшин, **А.Е. Яшин**, Е.В. Николаева // В сборнике: *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения*. Материалы VI Международной научно-практической конференции. Ульяновск, 2015. – С.36–37.

2. Яшин, А.Е. Влияние бобово-злакового сидерата на микробиологическую активность чернозема типичного в условиях Среднего Поволжья / **А.Е. Яшин** // В сборнике: *Почва и бобовые – симбиоз для жизни*. Материалы Международной молодежной научной конференции. М.: 2016. – С.126-129.

3. Яшин, А.Е. Влияние органоминеральной системы удобрения озимой пшеницы на интенсивность баланса элементов питания в черноземе типичном / **А.Е. Яшин**, К.Р. Петаева // В сборнике: *Роль аграрной науки в решении проблем современного земледелия* Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Казань, 2017. – С.185-189.

4. Яшин, А.Е. Влияние соломы на запасы продуктивной влаги в посевах озимой пшеницы/ **А.Е. Яшин**, Л.Я. Гарипова, Т.М. Сараев // В сборнике: *Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства* Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Ульяновск, 2017 – . С. 417-420.

5. Яшин, А.Е. Баланс элементов питания в почве при использовании соломы в системе удобрения культур на черноземах лесостепи Поволжья / / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, **А.Е. Яшин**, Л.Я. Гарипова // В сборнике: *Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах* Материалы Международной научной конференции. Под ред. В.Г. Сычева. – М.: 2018. – С. 174-184.

Отпечатано в типографии
Ульяновского ГАУ им. П.А. Столыпина
Подписано в печать 20.08.2019 г. Формат 60x841/16
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,0 Заказ __. Тираж 100 экз.
432980, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1