

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования «Ульяновский государственный аграрный университет
имени П.А. Столыпина»

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

диссертация на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Куликова А.Х.

Ульяновск – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Солома и сидераты в системе удобрения сельскохозяйственных культур.....	10
1.1 Удобрительная ценность.....	10
1.2 Удобрение озимой пшеницы.....	22
2. Условия и методы исследования.....	31
2.1 Почвенно-климатические условия.....	31
2.2 Схема опыта и технология возделывания озимой пшеницы.....	38
2.3 Методология, методы и методики.....	41
3. Влияние систем удобрения на свойства чернозема типичного.....	43
3.1 Агрофизические и водно-физические свойства.....	43
3.1.1 Плотность пахотного слоя.....	43
3.1.2 Содержание агрономически ценных агрегатов.....	47
3.1.3 Водный режим.....	9
3.2 Гумусное состояние.....	52
3.3 Микробиологическая и ферментативная активность.....	57
3.3.1 Микробиологическая активность.....	57
3.3.2 Ферментативная активность.....	64
3.4 Агрохимические показатели.....	66
4. Урожайность и качество продукции озимой пшеницы.....	84
4.1 Урожайность и ее структура.....	84
4.1.1 Урожайность вико-овсяной смеси.....	84
4.1.2 Урожайность озимой пшеницы.....	86
4.1.3 Структура урожая озимой пшеницы.....	89
4.2 Качество и экологическая оценка зерна.....	91
4.2.1 Качество зерна.....	91
4.2.2 Экологическая оценка зерна.....	93

5. Баланс элементов питания в почве при возделывании озимой пшеницы за ротацию севооборота	99
6. Экономическая и биоэнергетическая эффективность технологий возделывания озимой пшеницы с использованием соломы и сидерата в системе удобрения.....	111
6.1 Экономическая эффективность.....	110
6.2 Биоэнергетическая оценка.....	116
Заключение.....	121
Список цитированной литературы.....	124
Приложения.....	152

Введение

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 органо-минеральной 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 исследо-

вателями (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., Turos 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 повышения 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 по-

вышения 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/т, 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 ($N_{64}P_{32}K_{54}$) 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 озимой 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. Биб-

лиографический 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.

1. Солома и сидераты в системе удобрения сельскохозяйственных культур

1.1 Удобрительная ценность

Классическая органоминеральная система удобрения основывается на применении в сфере сельскохозяйственного производства агрохимикатов и органических удобрений, главным образом навоза. Однако большинство сельхозтоваропроизводителей не занимаются животноводством, а транспортировка навоза с крупных современных животноводческих комплексов не рентабельна. Поэтому в результате снижения объемов внесения минеральных и органических удобрений в пахотных почвах Ульяновской области наблюдается нарушение баланса основных питательных элементов в сторону их дефицита (Черкасов Е.А., Куликова А.Х., 2016; Чекмарев П.А., Черкасов Е.А., 2017).

Для решения данной проблемы необходим максимальный возврат в почву свежего органического вещества. На современном этапе развития сельскохозяйственного производства сидерат и солома зерновых и зернобобовых культур, не востребованные в животноводстве, служат основным органическим удобрением. При внесении в почву сидерата и соломы улучшаются не только гумусное состояние, но и агрофизические, биологические и агрохимические свойства почвы (Куликова А.Х., Яшин Е.А., Хисамова К. Ч., 2016).

Основу органоминеральной системы удобрения составляет понятие о плодородии как способности почвенно-растительного комплекса поддерживать и восполнять запасы органического вещества в почве. При правильно разработанной органоминеральной системе удобрения даже при отторжении половины органического вещества с хозяйственной частью урожая количество углерода не только сохраняется, но и увеличивается (Рижия Е.Я., 2002).

Сидераты. Зеленое удобрение (сидерация) – это запашка в пахотный слой почвы функционирующих зеленых растений, богатых азотом и их корней (Кант Г., 1982).

Кроме того, почва с растительной массой сидерата получает до 40–50 т свежего органического вещества, которое заменяет 20–35 т подстилочного навоза или 35–45 т бесподстилочного навоза КРС (Хуснидинова Ш.К., 1991).

Большой вклад в разработку теории и практики в внедрение зеленого удобрения внес Д.Н. Прянишников. Он в свое время писал: «И там, где для улучшения почв необходимо обогащение их органическим веществом, а навоза по той или иной причине не хватает, зеленое удобрение приобретает особенно большое значение, в сочетании с навозом и другими органическими удобрениями, а также с минеральными. Зеленое удобрение должно стать весьма мощным средством поднятия урожаев и плодородия почв» (Прянишников Д.Н., 1962). В качестве сидерального удобрения Д.Н. Прянишников предлагал широко использовать люпин.

В России люпин сеяли для повышения почвенного плодородия в основном на песчаных и супесчаных почвах (Барбацкий С.Н., 1959; Алексеев Е.К., 1959; Юхимчук Ф.Ф., 1963, 1969; Майсурян Н.А., 1974; Гуренев М.Н., 1974, 1980; Бузмаков В.В., Леонтьев Ф.С., 1984; Довбан К.И., 1986, 1990, 1996; Яговенко, Г.Л., Белоус Н.М., Яговенко Л.Л., 2011). Исследований по изучению эффективности использования сидерата на других почвах проведено недостаточно. Длительная эксплуатация черноземов привела к ухудшению их физических, физико-химических и биологических свойств (Сатаров Г.А., 1999).

Н.И. Зезюков (1996) в своих исследованиях показал, что на выщелоченном черноземе в различных севооборотах ежегодные потери гумуса без внесения органических удобрений доходят – до 0,70–0,97 т/га, а при внесении только минеральных удобрений до 0,70–1,05 т/га. При внесении N60P60K60 обыкновенный чернозем ежегодно теряет 1,9 т/га гумуса. Замена в севообороте чистого пара занятым (горох) способствует снижению потерь до 0,98 т/га (Кауричев И.С., Лыков А.М., 1979).

Результаты опытов Л.А. Наумкина (1997) показывают, что из пожнивных сидеральных культур лучше возделывать редьку масличную, горчицу белую, рапс, а в качестве озимых сидератов – рожь и сурепицу.

В опытах учеными ТСХА установлено, что если озимые промежуточные

пожнивные культуры занимают 50 % площади пашни в севообороте, то поступление ПКО в пахотный слой почвы за ротацию севооборота увеличивается на 48 % (Тужилин В.М., 1995; Лошаков В.Г., Иванов Ю.Д., Синих Ю.Н., 1997). Перспективной культурой, используемой на зеленое удобрение, является донник, который в первый год вегетации целесообразней убирать на корм, а заделывать в качестве сидерата на второй год, когда сформируется наибольшая урожайность вегетативной массы (Ошарова И.И., 1985).

В некоторых районах Волго-Вятской экономической зоны возделывают донник в качестве самостоятельной сидеральной культуры (Кормилицын Р.Ф., 1999). В Татарстане в сидеральных парах широко используют донник желтый (Шакиров Р.С., 1999). В Ульяновской области рекомендуют использовать в качестве сидерата вико-овсяную смесь (Куликова А.Х., Дозоров А.В., Захаров Н.Г., Маркова Н.В., Полняков М.А., 2012).

В настоящее время широко пропагандируется высокоурожайная, ценная кормовая культура – амарант, которая может найти и другое применение – в качестве сидерата (Хахаева З.К., 2016).

В промежуточных посевах большой интерес вызывают культуры семейства капустных (Шапкина Г.С., 1990). Учеными ТСХА (С.А. Воробьев 1979; В.Г. Лошаков, 1980, 1982, 1995, 2007, 2015), проведены научные исследования по изучению эффективности горчицы белой, возделываемой на сидерат. Имеются рекомендации, которыми предусмотрено кроме горчицы белой для сидеральных посевов использовать другие крестоцветные культуры (Тужилин В.М., 1995; Казанцев В.П., 1998; Румянцев Ф.П., 2000). Н.И. Картамышев (1999) рекомендовал возделывать в качестве сидератов рапс, сурепицу, горчицу белую, редьку масличную. К.И. Довбан (1990) на основании обобщения результатов многолетних опытов опубликовал рекомендации по возделыванию сидератов в конкретных природно-климатических зонах РФ.

Зеленому удобрению большое внимание уделяют в государствах ЕЭС. Например, в ФРГ в качестве сидерата возделывают: вику, люпин, клевер, сераделлу, кормовые бобы, райграс, пелюшку, рапс, редьку масличную, горчицу, сурепицу,

фацелию и др. (Buchner W., 1986; Debruck J., 1980; Elern B., 1997; Slendergerger N., 1998). В Великобритании широко используют сидеральные пары, занятые рапсом, горчицей белой, зернобобовыми смесями, итальянским райграсом и другими культурами, накапливающими большую вегетативную массу (Morris R.A., Turos R.E., Diros M.A., 1986). В сельском хозяйстве Франции возделывают на зеленое удобрение горчицу белую, редис кормовой, китайскую редьку, зернобобовые смеси, райграс, рапс (Anon A., 1986; Tine W.W., Blevins R.J., 1999).

Во многих зарубежных странах введение в севообороты сидеральных паров рекомендуют на бедных, отдаленных от животноводческих комплексов, почвах. Кроме того, зеленое удобрение используют для рекультивации земель, имеющих низкое содержание гумуса (Morris R.A., 1996).

Использование сидератов оказывает положительное влияние на агрофизические, агрохимические и биологические показатели почвы (Шапкина Г.С., 1990).

Так, в Белоруссии внесение растительной массы сидерата на дерново-подзолистых почвах способствовало увеличению количества водопрочных агрегатов на 40–45 %. Улучшение структуры почвы происходило за счет возрастания в ее составе агрономически ценных агрегатов, которые обеспечивают устойчивость поверхностного почвенного горизонта против воздействия талых и дождевых вод (Довбан К.И., 1990). В опытах, проведенных в Нечерноземной зоне, на дерново-подзолистых почвах установлено, что возделывание горчицы в качестве сидерата обеспечивало увеличение содержания водопрочных агрегатов на 6–7 % (Лошаков В.Г., Николаев В.А., 1999). Аналогичные результаты получены в опытах Нижегородской ГСХА, где при возделывании люпина на зеленое удобрение количество водопрочных агрегатов увеличилось на 15–20 % (Заикин В.П., Ивенин В.В., Румянцев Ф.П., 2004).

Кроме положительного влияния на агрофизические показатели почвы растительная масса сидерата служит преградой миграции подвижных форм элементов питания в глубокие почвенные горизонты. Так, при запашке горчицы улучшалось азотное минеральное питание озимой пшеницы за счет повышения (на 30–50 %) коэффициента использования азота из минерального удобрения (Лошаков В.Г.,

2007). Кроме того, повышение ресурса дополнительных форм азота уменьшает загрязнение растениеводческой продукции нитратами и другими токсичными веществами, поступающими в почву с минеральными удобрениями (Верзилин В.В., Королев Н.Н., Коржов С.И., 2005). В.Ф. Кормилицын (1995) установил, что при запашке сидерата значительно усиливалась активизация процессов гидролиза органических веществ. Кроме того, возрастала обеспеченность почвы подвижными фосфатами.

Отечественными и зарубежными исследователями установлено, что систематическая запашка сидерата существенно влияет на сохранение и увеличение содержания гумуса в пахотном слое почвы (Науметов Р.В., 1993; Кормилицын В.Ф., 1995; Fujikake H., 2002; Дедов А.В., Придворев Н.И., Верзилин В.В., Кузнецова Л.П., 2003; Доманов Н.М., Солнцев П.И., 2003; Gondek K., 2004; Jablonska-Ceglarek R., 2004; Никончик П.И., 2007).

Е.К. Алексеевым (1970) установлено, что после двукратного использования на зеленое удобрение люпина на песчаной почве содержание гумуса в пахотном слое повысилось с 0,50 до 0,61 %. Данные закономерности подтверждаются исследованиями зарубежными учеными. Опыты, проведенные в Германии, показали, что при систематической запашке бобового сидерата на лессовых почвах, в среднем за 5 лет исследований, содержание гумуса увеличилось на 0,18 %, (Korschens M., 1983).

Следует отметить, что на почвах с низким плодородием возделывать промежуточные культуры на зеленое удобрение для повышения содержания гумуса не целесообразно вследствие быстрой минерализации растительной массы. Поэтому на этих почвах для повышения содержания гумуса наиболее эффективно заделывать в пахотный слой сидерат совместно с соломой (Благовещенская Э.К., Тришина Т.Л., 1987).

Более высокая эффективность бобовых культур, возделываемых в качестве сидерата, связана с обогащением почвы азотом за счет его синтеза из атмосферного воздуха клубеньковыми бактериями, которое идет при минимальных затратах (Алексеев Е.К., 1957, 1959; Астабов Р.Ю., 1985).

Накопленные научные данные показывают, что использование в севооборо-

тах сидератов обеспечивает поступление в почву от 170 до 400 кг/га азота, от 40 до 90 кг/га фосфора, 110 до 310 кг/га калия, что эквивалентно внесению 40–90 т/га подстилочного навоза по азоту, 25–45 т/га по фосфору и 25–55 т/га по калию (Довбан К.И., 1990; Надежкин С.М., Корячина Н.В., 1997).

Кроме того, внесение зеленого удобрения способствует восполнению пулов азота и углерода в почве и оказывает фитосанитарное действие (Бердников А.М., 1992). Некоторые исследователи: Н.А. Сапожников (1980), R.M. Pankhaniya R.M., M.G. Jetwa V.D. Khanapara (1997) отмечают, что азот сидерата не всегда проявляет полное действие. Поэтому наиболее целесообразно вносить растительную массу сидерата совместно с минеральными удобрениями, что значительно повышает продуктивность возделываемых культур и позволяет снизить дозы последних.

При рациональном использовании зеленого удобрения происходит положительное воздействие на почвенную биоту, создавая благоприятные условия для микроорганизмов (азотфиксаторов, нитрификаторов, аммонификаторов и др. (Сорокин И.Б., 2010; Батудаев А.П., Батуева М.Б., Хакаева З.К., 2015; Батуева М.Б., Хакаева З.К., Батудаев А.П., 2015). Внесение растительной массы сидерата оказывает положительное влияние на ферментативную и нитрификационную активность почвы. Так, при заправке вико-овсяной смеси активность уреазы увеличивалась на 51 %, инвертазы – на 12 %, протеазы – на 43 %, каталазы – на 14 % (Яговенко Г.Л., Яговенко Л.Л., 2004).

Зеленое удобрение может использоваться как способ подавления сорняков. На суглинистых почвах сидераты заметно снижали (на 32–60 %) численность сорных растений на полях севооборота. Кроме того, пораженность озимой пшеницы корневыми гнилями снизилась на 20–25 % (Яговенко Л.Л., Яговенко Г.Л., 2004; Сорокин И.Б., Калиниченко М.С., 2005).

Таким образом, приведенные результаты исследований отечественных и зарубежных ученых показали, что использование зеленого удобрения в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур способствует окультуриванию почвы и повышению продуктивности севооборотов. Однако в условиях Ульяновской области приемы повышения эффективности сидерата при совместном использо-

вании с соломой практически не изучены.

Солома в современных условиях ведения сельского хозяйства остается наиболее доступным и дешевым источником органического вещества растительного происхождения (Чекмарев П.А., Обущенко С.В., Троц Н.М., 2013).

Использование соломы в качестве удобрения позволяет дополнительно внести в пахотный слой почвы до 25 % в пересчете на подстилочный навоз органического вещества (Куликова А.Х., Яшин Е.А., Антонова С.А., 2017).

Органическое вещество соломы становится участником процесса гумификации и служит материальной основой при формировании гумусовых веществ (Русакова И.В., Воробьев Н.И., 2011).

Систематическое внесение в почву соломы оказывает положительное действие на увеличение в пахотном слое содержания гумуса и других показателей плодородия, а также повышение продуктивности культур (Башков А.С., Бортник Т.Ю., 2012).

Химический состав соломы не имеет постоянных значений. Он зависит в первую очередь от вида культуры, ее продуктивности. Так, солома ячменя содержит целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин, немного белка, сахаров, солей и золы. Среднее содержание в соломе азота 0,55 %, фосфора 0,24 %, калия 0,75 %. Углерода в соломе содержится от 35 до 40 %. В состав соломы входят необходимые элементы: сера, кальций, магний, цинк молибден, и д.р., необходимые для минерального питания (Мудрых Н.М., Самофалова И.А., 2017).

При применении минеральных удобрений происходит изменение химического состава соломы. В ней происходит увеличение содержания калия и азота, и в меньшей степени – фосфора (Трубников, Ю.Н., 2011)

В соломе бобовых культур содержится в 2 раза больше азота, чем в соломе злаковых, что оказывает благоприятное влияние на питание в почве микроорганизмов (Дедов А.В., Кузнецова Т.А., Несмеянова М.А., 2014).

Доказано, что при запашке тонны на гектар соломы совместно с азотным удобрением по своему действию равноценно внесению 3–4 т/га подстилочного навоза в пахотный слой почвы (Lou Y, Yang Y., 1994; Максименко О.Д., 2006).

Использование соломы в качестве органического удобрения сокращает материальные и энергетические затраты за счет исключения работ по транспортировке ее с поля на животноводческие комплексы и перевозку подстилочного навоза на место внесения. Солома от 3 до 4 раз содержит больше органического вещества, чем навоз (Колсанов Г.В., Куликова А.Х., Хвостов Н.В., 2010).

Удобрительное действие внесенной в почву соломы зависит от многих факторов. Трансформация соломы в пахотном слое зависит от активности микроорганизмов, которые иммобилизуют питательные вещества, особенно азот, что отрицательно сказывается на питании возделываемых культур и соответственно сопровождается снижением их урожайности (Верниченко Л.Ю., Мишустин Е.И., 1980).

Кроме того, по мнению некоторых исследователей, применение агрохимикатов в сельском хозяйстве часто приводит к исчезновению отдельных видов микроорганизмов, а их место постепенно занимает микроорганизмами, которые не принимают участие в почвообразовательных процессах и не оказывают положительное действие на питательный режим возделываемых растений. Результат такого явления – медленное разложение пожнивных-корневых растительных остатков, в том числе и соломы зерновых культур (Колсанов Г.В., Васильев Д.А., Корнеев Е.А., 2006; Русакова И.В., 2015).

При заделке в пахотный слой почвы тонны ячменной соломы в нее поступает 800 кг органического вещества, до 15 кг, азота, до 2,5 кг фосфора и до 18 кг калия, а также до 10 кг кальция и до 3,5 кг магния на один гектар (Колсанов Г.В., 2006).

В лесостепной зоне использование соломы в качестве мульчи из-за периодических засух, которые иссушают почву, выводят ее на первостепенное значение. При использовании в качестве мульчирующего материала соломы значительно снижаются потери почвенной влаги и предохранение пахотного слоя почвы от перегрева (Колсанов Г. В., Куликова А. Х., Хвостов И. В., 2010).

Мульчирование почвы соломой способствует улучшению водного режима и микробиологической активности почвы, а также улучшению питательного режи-

ма, особенно азотного. При удалении соломы с поля или ее сжигании происходит снижение запасов продуктивной влаги в почве на 1,7–2,6 мм (Лазарев Б.И., Булгакова Е.А., Скипин В.А., 2008).

Исследованиями А.Н. Ильина, О.А. Васильева, Т.А.Ильиной (2015) установлено, что заделка соломы в почву способствовала увеличению запасов продуктивной влаги, увеличению содержания азота, доступных фосфора и калия. Солома, внесенная в почву, положительно влияла на микробиологическую активность и, следовательно, на продуктивность возделываемых культур. Использование соломы в системе удобрения зерновых культур оказывало положительное влияние на увеличение количества продуктивной влаги в почве на 6,5–7,5 мм.

Исследования по применению в органоминеральной системе удобрения соломы показывают положительное ее влияние на водно-физические свойства почвы и развитие сельскохозяйственных культур (Девятова Т.А., Свиридов А.К., Шумилова Я.В., 2010). Например, отмечено, что внесение соломы в почву совместно с микробиологическими препаратами способствует повышению водопрочности агрегатов и изменению соотношения структурных отдельностей в пользу агрономически ценных фракций. Это улучшает микробиологическую активность почвы, а, следовательно, и скорость разложения органических остатков (Тарасов С.А., Шершнева О.М., 2014).

В исследованиях по изучению агрофизических показателей почвы показано, что комплексное применение соломы и минерального удобрения увеличивало содержание агрегатов агрономически ценной фракции до 75–80 % (Чуян Н.А., Чуян О.Г., Брескина Г.М., 2013).

Внесение в почву соломы в качестве удобрения способствовало увеличению в ней водопрочных агрегатов, коэффициента структурности и повышению микробиологической активности (Брескина Г.М., Чуян Н.А., Еремина Р.Ф., 2009).

Солома, как и навоз, в процессе разложения, способствует улучшению тепловых свойств пахотного слоя за счет обогащения приземного слоя воздуха углекислым газом, усиливая тем самым процесс фотосинтеза (Зеленев А.В., Семинченко Е.В., Тупицина В.В., 2016).

Основная часть органического вещества соломы представлена клетчаткой, которая не растворима в почвенных кислотах (Привалова Е.А., 2010; Ghaffar S.H., Fan M., 2013).

В исследованиях Р.М. Нуртдинова и др. (2011) установлено, что трудное разложение соломы в первую очередь связано со строением клетчатки – много-членного полимера глюкозы, скрученного в фибриллу, покрытую воском и пектином.

Разложение соломы связано в большей степени с активностью биотических и абиотических факторов, которые характеризуют взаимодействие продуктов трансформации органического вещества (Тарасов С.А., Шершнева О.М., 2014). Поэтому скорость разложения соломы зависит от видового состава и активности микроорганизмов, а также от типа почв, их окультуренности, влажности, температуры, аэрации и обеспеченности ее питательными элементами (Верниченко И.В., 1980).

Проведенные в Самарской области исследования показали, что после внесения соломы в пахотный слой в течение 60 дней наблюдается интенсивное ее разложение. С понижением температуры воздуха заметно снижается скорость разложения соломы (Обущенко С.В., Гнеденко В.В., 2013).

Органическое вещество внесенной в пахотный слой соломы минерализуется до углекислого газа и воды. Исследованиями Е.И. Волошина (2008) доказано, что только от 9 до 19 % соломы преобразуется в гумус, что видимо и оказывает влияние на замедление процесса его накопления.

Ванилиновая, бензойная и кумаровая кислоты, образующиеся при разложении соломы, оказывают достаточно мощный фитотоксичный эффект, который нарушает обмен веществ в растениях и задерживает рост корней. При анаэробном разложении соломы происходит образование муравьиной, масляной, уксусной, молочной, янтарной, щавелевой, валериановой и д.р. кислот, оказывающих вредное действие на развитие корневой системы. В почвах с высокой биологической активностью в аэробных условиях токсичные соединения разлагаются быстрее (Пегова Н.А., 2013).

Разложение соломы зависит от содержания в почве минеральных ве-

ществ, так как микроорганизмы требуют для питания минеральные вещества (Лазарев В.И., Булгакова Е.А., Скрипин В.А., 2008).

При применении соломы в качестве органического удобрения в первый год после внесения у культурных растений ухудшается пищевой режим, что связано с биологическим закреплением минерального азота в плазме размножающихся микроорганизмов (Колсанов Г.В., 2005).

Заделка соломы в пахотный слой почвы должна производиться за 6–7 месяцев до посева культуры. За этот период разложение соломы в среднем составляет 30–45 % и доступные формы элементов питания могут использоваться растениями (Лебедева Т.Б., Арефьева М.В., Арефьев А.И., 2008).

Для ускорения процесса разложения соломы многие авторы рекомендуют использовать азотную минеральную добавку в дозах 10–20 кг на 1 тонну соломы. Внесение минерального азота способствует усилению микробиологической активности пахотного слоя (Привало К.И., 2012; Зеленев А.В., Семинченко Е.В., Тупицина В.В., 2016).

Другие авторы предлагают заменять азотную добавку микробиологическими препаратами, влияющими на степень разложения соломы. Исследования С.А. Тарасова, О.М. Шершневой (2014) показали, что целлюлозоразлагающая активность при достаточной влагообеспеченности при применении биопрепарата Гуапсин заметно повышалась.

В исследованиях А.Б. Тиранова, Л.В. Тирановой (2011) подтверждаются данные о положительном влиянии температурного режима и влагообеспеченности на микробиологическую активность почвы.

Внесение в почву совместно с соломой микробиологического препарата Азотовит повышало на 10 % активность почвенной биоты (Лазарева В.И., Булгакова Е.А., Скрипин В.А., 2008).

В исследованиях Е.А. Нарушевой (2012), было установлено, что при запашке соломы предшественника, обработанной биопрепаратом Акрам, растения были в большей степени обеспечены в течение вегетации азотом и фосфором. Кроме того, автором показано, что высокие показатели микробиологической активности чернозема типичного наблюдали при внесении соломы с азотной добавкой.

Обработка биологическим биопрепаратом Баркон соломы, участвующем в трансформационных процессах почвы, при этом образуя трофические цепи, обеспечивала ввод растительных остатков в гумусообразовательные процессы (Русаква И.В., Воробьев Н.И., 2011).

Результаты, полученные при проведении опытов с использованием биологического препарата Байкал ЭМ-1, показывают, что обработанная биопрепаратом солома способствует увеличению в почве элементов питания, и, следовательно, урожайности возделываемых культур (Коряковский А.В., 2011).

Следует отметить, что заделка в почву соломы, которая обрабатывалась биопрепаратом, оказывала положительное влияние на развитие озимой пшеницы (Кумскова Н.Д., Гаращук Д.Ю., 2011).

Внесение совместно с соломой биопрепарата Байкал ЭМ-1 оказывало влияние на увеличение листовой поверхности растений ячменя в 1,3 раза, что оказало положительное действие на продуктивность культуры (Хисамова К.Ч., Яшин Е.А., Куликова А.Х., 2016).

При изучении влияния биопрепарата Байкал ЭМ-1 на посадках картофеля в зоне Центрального Черноземья В.А. Семькин, Э.В. Засорина, М.В. Стародубцева (2012) установили высокую эффективность биологических средств в повышении урожайности.

Использование биопрепарата Байкал ЭМ-1, по данным В.И. Голова, Я.О. Тимофеевой (2005), кроме ускорения процесса минерализации соломы в 1,5–2 раза по сравнению с естественным процессом, устраняло дискомфортное явление, такое, как неприятный гнилостный запах.

Таким образом, использование сидерата и соломы зерновых культур в органо-минеральной системе удобрения представляет большой интерес для аграрных ученых и сельхозтоваропроизводителей. Широкое внедрение сидерата и соломы будет снижать интенсивность минерализации органического вещества, изменять скорость биохимических процессов и трансформацию его в сторону гумусообразования, что будет обеспечивать повышение плодородия почвенного покрова и урожайности культур. Однако эффективность совместного использования соломы и сидерата в условиях Ульяновской области не изучена.

1.2 Удобрение озимой пшеницы

В Ульяновской области под посевами озимой пшеницы находится 25 % площади, отведенной под зерновые культуры. Площади ее посева превышают 250 тыс. га. При этом за 16-летний период (2001–2016 гг.) наблюдается положительная динамика увеличения посевных площадей озимой пшеницы (Захарова Н.Н., Захаров Н.Г., Гаранин М.Н., 2017).

Урожайность зерна озимой пшеницы, как правило, на 0,8–1 т/га выше, чем яровой пшеницы. Современные сорта озимой пшеницы имеют высокую потенциальную (до 18–20 т/га) и реальную (8–11 т/га) продуктивность (Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В., 2013).

Однако уровень продуктивности озимой пшеницы в Ульяновской области значительно ниже потенциала возделываемых сортов из-за недостаточного уровня агротехники, применения удобрений и средств защиты. Анализ данных урожайности озимой пшеницы в регионе за 2001–2016 гг. показал ее значительную вариабельность – от 0,98 т/га в 2011 г. до 3,04 т/га в 2016 г. (коэффициент вариации 24 %) при средней урожайности 2,09 т/га (Захарова Н.Н., Захаров Н.Г., Грошева Т.Д., 2018).

Продуктивность озимой пшеницы зависит от количества растений на единице площади, числа колосоносных стеблей на одном растении, массы 1000 зёрен и количества в колосе зёрен (Нещадим Н.Н., 1997; Малюга Н.Г., 2012; Баршадская С.И., Квашин А.А., Горпинченко К.Н., Дерка Ф.И., 2016; Квашин А.А., 2016).

Научно-обоснованное использование органических и минеральных удобрений в технологиях возделывании озимой пшеницы является самым быстрым способом повышения её урожайности и получения высококачественного зерна, что имеет исключительно важное значение в условиях рыночной экономики (Казарцева А.Т., Шеуджен А.Х., Нещадим Н.Н., 2004).

Озимая пшеница отличается от яровой пшеницы более продолжительным периодом потребления элементов питания. Вегетацию озимая пшеница начинает в сентябре и заканчивает в июле следующего года. Азот и калий пшеница усваи-

вает до цветения. В этот период вегетации растениями усваивается 77–91 % азота, 84–87 % калия. Интенсивное потребление пшеницей фосфора (74–87 %) происходит до фазы молочной спелости зерна. Озимая пшеница с единицей (1 т) основной продукции с учетом побочной выносит до 25 кг азота, 12 кг фосфора и до 26 кг калия. Основой системы удобрения озимой пшеницы являются особенности ее питания (Горпинченко К.Н., 2007).

Озимая мягкая пшеница более требовательна к почвенному плодородию, чем, например, озимая рожь. Для возделывания озимой пшеницы более пригодны средне- и тяжелосуглинистые почвы с реакцией почвенного раствора pH_{KCl} – 6,5 и содержанием в почве гумуса более 2 %, доступных соединений фосфора и калия – не менее 150 мг/кг. Песчаные с низким плодородием почвы считаются мало пригодными для возделывания озимой пшеницы из-за низкой влагоемкости, что отрицательно влияет на развитие растений в засушливые периоды (Подколзин А.И., 2000).

Озимая пшеница очень отзывчива на изменение агрофона. Поэтому при ее возделывании особенно остро стоит вопрос по повышению эффективности применения органических и минеральных удобрений (Горпинченко К.Н., 2007; Нещадим Н.Н., Онищенко Л.М., Есипенко С.В., 2012; Квашин А.А., Каргин В.И. и др., 2016; Нещадим Н.Н., Горпинченко К.Н., 2016, 2017)

В питании озимой пшеницы выделяют два критических периода. Озимая пшеница от всходов до ухода посевов в зиму требует обеспеченности почвы фосфором и калием, что положительно влияет на развитие мощной корневой системы и накоплению в вегетативных органах сахаров, что обеспечивает хорошую перезимовку. В этот период исключается интенсивное азотное питание. При возобновлении вегетации весной у растений повышается потребность в азотном питании, из-за того, что минеральный азот почвы растениям малодоступен. Однако, при избытке азота в данный период развития растений происходит интенсивное кущение, которое приводит к развитию вегетативной массы и репродуктивные органы слабо развиваются. Поэтому такие посевы чаще полегают и поражаются

болезнями (Никитишен В.И., 1977; Пилыщикова Н.В., 1998; Агеев В.В., 2005; Шенджен А.Х., Бондарева Т.Н., Кизинек С.В., 2013).

Кроме того, важным условием получения высоких урожаев зерна озимой пшеницы является формирование оптимальной густоты ее продуктивного стеблестоя (Лабынцев А.В., 2012). Последнее обеспечивается регулированием нормы высева семян, а также уровня минерального питания растений, способствующего усилению энергии кущения зерновых злаков. Решающее влияние на величину продуктивного стеблестоя и урожайность озимой пшеницы на типичном черноземе при высеве 5 млн. всхожих семян на 1 га оказывает степень обеспеченности растений азотом. В исследованиях В.И. Никитишена (1978) при размещении ее после занятого вико-овсяной смесью пара, внесение азотного удобрения значительно увеличивало густоту продуктивного стеблестоя, количество зерен в колосе и сбор зерна с гектара. При этом абсолютная масса зерна при использовании высоких доз азота несколько снижалась. Для получения урожая зерна в 5–6 т/га необходимо путем внесения азота добиться такой густоты растений, при которой образуется от 628 до 680 колосоносных стеблей на 1 м².

В полевых опытах на дерново-подзолистых почвах Белоруссии при густоте 400–450 продуктивных стеблей на 1 м² на фоне удобрений формировался урожай озимой пшеницы не более 4,1 т/га, а для получения более высоких сборов зерна необходимо было увеличить густоту до 600–700 стеблей на 1 м² (Винников В.Ф., 1971).

О возможностях повышения урожая зерна озимой пшеницы путем регулирования густоты стояния растений свидетельствуют данные работы К.Н. Годунова (1964). На черноземах ЦЧО при малой, средней и повышенной нормах высева семян урожай зерна озимой пшеницы на низком фоне внесения удобрений составил соответственно 2,1; 2,4; и 2,3 т/га, на высоком фоне – 2,5; 2,6; и 2,7 т/га. В исследованиях А.В. Лабынцева и М.А. Щепетьева (2012) внесенные минеральные удобрения в дозе N₁₂₀P₃₀ положительно повлияли на густоту стеблестоя озимой пшеницы и накопление растениями сухого вещества.

Эффективность удобрений, вносимых под озимую пшеницу, зависит от последствий предшественника. Опытами Воронежского СХИ установлено, что при внесении под озимую пшеницу 40 и 70 кг/га азота, которую разместили по чистому и занятому пару, урожайность ее составила 4,4 и 3,5 т/га и 4,4 и 4,5 т/га соответственно (Пресняков Н.А., 1986). На черноземах обыкновенных карбонатных Приазовской зоны Ростовской области лучшим предшественником был горох. Для получения урожайности зерна озимой пшеницы в 5,83 т/га вносили осенью аммофос в дозе $N_{15}P_{40}$, весной в начале возобновления вегетации гранулированный карбамид в дозе N_{65} , и в фазу колошения раствор аммиачной селитры в дозе N_{25} (Щепетьев М.А., 2013).

На черноземных почвах Лесостепи Украины продуктивность озимой пшеницы при посеве ее по занятому пару (вико-овсяная смесь) была выше на варианте с внесением $N_{90}P_{60}K_{60}$ (Глянце А.Ф., 1985). Вариант с увеличенной дозой азота $N_{120}P_{60}K_{60}$ ожидаемого результата не дал. При размещении озимой пшеницы по чистому пару максимальная урожайность была получена при внесении $P_{60}K_{90}$ (Бондаренко В.И., 1987).

Полученные результаты опытов, проведенных в Краснодарском крае, показали, что возделывание на черноземе выщелоченном озимой пшеницы после кукурузы на силос и подсолнечника на зеленый корм на фоне $P_{70}K_{50}$, больший эффект был получен, при внесении азота в дозе 130 кг/га (Казанкова В.И., 1977). На черноземе выщелоченном Молдовы при внесении под озимую пшеницу $N_{100}P_{50}K_{50}$ происходило увеличение в зерне содержания белка на 1,9–3,2 %, клейковины – на 5–6 % (Туртуряну Н.А., 1979).

Доза внесения азота под озимую пшеницу зависит от гидротермического коэффициента: в засушливую погоду оптимальной была 60 кг/га, а при достаточной обеспеченности влагой – 120 кг/га (Герасим В.Е., 1986).

На эффективность системы удобрения озимой пшеницы большое влияние оказывает срок внесения азотного удобрения. Так при внесении КАС в дозе N_{150} в период возобновления вегетации и в конце фазы выхода в трубку – наибольшая прибавка урожайности была получена при внесении удобрения ранней весной

(Hera C., Mihaila V., 1981). Кроме жидких удобрений для подкормки можно применять аммиачную селитру или карбамид. Подкормку рекомендуют проводить весной по талой почве при возобновлении вегетации. В этот период посевы озимой пшеницы требуют повышенной обеспеченности азотом. Однако при активной вегетации растений азот, внесенный в форме КАС (карбамидно-аммиачная смесь), усваивается растениями быстрее (Лапа В.В., 2006).

Эффективность азотной весенней подкормки возрастает при внесении комплексных удобрений до посева озимой пшеницы. Более высокий эффект можно получить при проведении двух весенних подкормок в общей дозе N_{60} , при осеннем внесении разных марок нитроаммофосок. Урожайность зерна при таких приемах повышалась на 41,3–44,9 % по сравнению с контролем (Куйдан А.П., Полоус Г.П., 2001).

По данным И.С. Шатилова и А.Г. Замаева (2005) при достаточном увлажнении почвы дробное внесение азота удобрений в начале возобновления вегетации и в середине выхода в трубку значительно снижало полегание озимой пшеницы и повышало урожайность и белковость зерна.

Данные Баварского института земледелия, показали, что больший эффект можно получить от дробного внесения азота: в кушение – N_{55} , в выход в трубку – N_{30} и в начале фазы колошения – N_{40} . При этом была получена максимальная прибавка урожайности зерна с увеличением в нем содержания белка (Fischer D., 1984).

Эффект от фосфорных и калийных удобрений зависит от количества P_2O_5 и K_2O в почве. При высокой обеспеченности почвы доступными фосфором и калием прибавки урожая озимой пшеницы от внесения фосфорных удобрений были в 3 раза, а от калийных – в 5 раз ниже, чем от азотных удобрений (Стулин А.Ф., Жемела Г.П., Саввина М.С., 1982).

Для оптимизации питания озимой пшеницы кроме азота, фосфора и калия необходимы медь, молибден, цинк, бор, марганец и другие микроэлементы, которые входят в состав ферментов, гормонов, витаминов. Микроэлементы оказывают поло-

жительное влияние на поглощение растениями макроэлементов (Минеев В. Г., 2004; Васильев О.А., 2005; Гайсин И.А., Хисамеева Ф.А., 2007; Гуреев И.И., 2009; Муравин Э.А. Титова В.И., 2010).

В исследованиях, проведенных А.Х. Шеуджен и др. (2014), установлено, что под влиянием микроэлементов растения озимой пшеницы поглощают больше азота, фосфора и калия во все фазы вегетации. Наиболее высокую прибавку урожайности зерна озимой пшеницы (0,58 т/га) обеспечивала некорневая подкормка растений медью. При проведении некорневой подкормки цинком прибавка урожайности была на уровне 0,5 т/га. Другие микроэлементы, по полученным прибавкам урожайности, несколько уступали меди и цинку.

Применение в системе удобрения озимой пшеницы микроэлементсодержащего удобрения оказывало положительное действие на урожайность и качество зерна. Предпосевная обработка семян комплексным микроудобрением Микромак оказывала влияние на продуктивность озимой пшеницы. Прибавка урожайности зерна составила 0,25 т/га. При применении Микромак для обработки семян на фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$ повысило ее на 0,37 т/га, на фоне навоза 20 т/га – на 0,56 т/га (на контроле 3,81 т/га). Обработка семян комплексным микроудобрением Микромак способствовала повышению содержания в зерне азота с 2,44 % на контрольном варианте до 2,77 % и до 2,95 % на минеральном фоне $N_{30}P_{30}K_{30}$. На содержание фосфора комплексные микроэлементсодержащие удобрения влияния не оказывали; содержание калия повышалось в соломе на 0,1–0,49 %. Кроме того, применение Микромак не увеличивало поступление в продукцию Zn, Mn и Cu (Куликова А.Х., Черкасов Е.А., 2014).

В перспективе для получения органической продукции большой интерес представляют нетрадиционные ресурсы, используемые в качестве удобрения сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой пшеницы. Так, в исследованиях Е.В. Даниловой (2007) внесение в почву диатомита в дозе 3 и 5 т/га в качестве основного удобрения повышало урожайность озимой пшеницы на 21 и 35 %, соответственно в сравнении с контролем и не уступало варианту с применением средних доз

($N_{40}P_{40}K_{40}$) минерального удобрения. Полученные результаты трехлетних полевых опытов в Ульяновском НИИСХ показали, что внесение в почву диатомита в норме 5 т/га позволило получить прибавку урожайности зерна озимой пшеницы 0,62 т/га (Никитин С.Н., 2017).

Наибольшая эффективность диатомита в технологии возделывания озимой пшеницы была достигнута при внесении его в норме 3 т/га с добавлением мочевины в дозе N_{40} . При этом, урожайность зерна в 1,5 раза превышала контрольный вариант с улучшением качества продукции: содержание клейковины увеличивалось на 0,9–2 % (Куликова А.Х., Яшин Е.А., Данилова Е.В., 2007).

Одним из важнейших приемов в органоминеральной системе удобрения озимой пшеницы считается внесение в паровое поле подстилочного навоза, норма внесения которого зависит от количества вносимой соломы после уборки предшественника и применения минеральных удобрений (Сдобников С.С., 1991). Например, в условиях Самарской области длительное внесение 30 т/га подстилочного навоза способствовало повышению продуктивности озимой пшеницы. Прибавка урожайности составила от 0,35 до 0,42 т/га. Более высокий эффект был установлен от совместного внесения 30 т/га подстилочного навоза и $N_{60}P_{60}K_{30}$ (Корчагин В.А., 2002).

При отсутствии навоза в хозяйстве в качестве органического удобрения озимой пшеницы можно использовать солому зерновых и зернобобовых культур, которая кроме органического вещества содержит в своем составе питательные элементы. Так, внесение соломы и азотной добавки в дозе 20 кг/т соломы способствовало получению прибавки урожайности зерна, в среднем за пять лет, до 0,3 т/га (Никитин С.Н., Захаров А.И., 2016).

В современных условиях ведения сельского хозяйства наряду с применением минеральных и органических удобрений, важное значение при возделывании озимой пшеницы имеет применение биопрепаратов, которые активно воздействуют на почву и растения (Базилинская М.В., 1989; Боровая В.П., 2001; Назаров В.А., Леонтьев Ю.Г., 2012).

В последние годы ученые установили, что азотфиксирующие бактерии, живущие на корневой системе злаковых культур, могут фиксировать атмосферный азот (Минеев В.Г., 2004; Завалин А.А., 2005; Чекмарев П.А., Лукманов А.А., Нуриев С.Ш., 2011).

Использование в технологии возделывания озимой пшеницы биопрепаратов, которые обладают азотфиксирующей активностью, позволяет увеличить урожайность зерна и снизить нормы внесения минеральных удобрений (Ибрагимов Д.С., 2004; Каримов Х.З., Зарипов Н.В., 2007; Шакиров Р.И., Гилязов М.Ю., 2010).

При применении на серых лесных почвах Зеленодольского района Республики Татарстан, биоудобрения Азотовит в технологии возделывания озимой пшеницы происходило увеличение содержания в почве минеральных форм азота, доступных соединений фосфора и калия. Совместное применение данных бактериальных удобрений обеспечило прибавку урожайности зерна в 0,62 т/га (Карначева Н.С., Карначева Н.В., Полевова Г.И., 2000).

Изучение влияния биопрепарата ГУМИ на продуктивность озимой пшеницы показало, что биопрепарат обладает высокой эффективностью. Прибавка урожая зерна составила 0,82 т/га при урожайности на контроле 1,21 т/га (Громов А.А., Щукин В.Б., Варавва В.Н., 2005).

В исследованиях С.Н. Никитина (2017) обработка посевного материала озимой пшеницы препаратом Флавобактерин обеспечила получение прибавки урожайности зерна в среднем за пять лет в 0,75 т/га.

В последние годы для улучшения режима минерального питания озимой пшеницы используют регуляторы роста растений (Исайчев В.А., Андреев Н.Н., 2003; Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Каспировский А.В., 2013, 2014; Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Плечов Д.В., 2015). Проведенные в Ульяновском ГАУ исследования по изучению эффективности регуляторов роста (Альбит, Энергия, ЦеЦеЦе) показали, что более высокая прибавка урожайности озимой пшеницы была установлена при использовании препаратов ЦеЦеЦе и Террафлекс на фоне с NPK+S (Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Плечов Д.В., 2016).

Результаты полевого опыта, заложенного на полях ООО «Луньга» Ардатовского района Республики Мордовия показали, что под влиянием препаратов Лигногумат, Гумат калия, Альбит, Планриз урожайность зерна озимой пшеницы увеличивалась от 3,3 до 34,7 % относительно контроля (Осичкин А.Ю., Камалихин В.Е., Каргин В.И., 2016).

Таким образом, озимая пшеница достаточно требовательна к плодородию почвы. При этом применение органических и минеральных удобрений, а также биологических препаратов в технологии ее возделывания способствует увеличению урожайности и улучшению качественных показателей зерна.

Анализ литературных научных сведений, представленный выше, показывает, что приемы повышения эффективности сидерата и соломы в системе удобрения озимой пшеницы остаются актуальными, имея при этом народно-хозяйственное значение.

В хозяйствах Ульяновской области приемы повышения эффективности сидерата, соломы за счет использования биопрепаратов и минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы и внедрения их в сельскохозяйственное производство мало изучены, что и послужило в выборе направления проводимых исследований.

2. Условия и методы исследования

2.1 Почвенно-климатические условия

Система удобрения сельскохозяйственных культур разрабатывается применительно к конкретным почвенно-климатическим условиям, с которыми связаны условия роста и развития растений. Н.И. Вавилов признавал, что климат в нашем государстве сильнее экономики (1967).

Ульяновская область расположена на юго-востоке Европейской части России, в Среднем Поволжье. На севере граничит с Татарстаном, северо-западе – с Мордовией, на западе – с Пензенской, на юге – с Саратовской и Самарской областями. Волга делит область на возвышенное правобережье (высота до 363 м) с выходящими к реке Ундорскими, Кремёнскими и Сенгилеевскими горами и низменное левобережье – полого-увалистая равнина. Основная река – Волга с притоками Сура, Свияга, Большой Черемшан и др.

Динамика температурных показателей Ульяновской области в течение зимы выражают континентальность климата. Температурные перепады возрастают в восточном, южном и юго-восточном направлениях. Поэтому в бесснежные зимы именно в Южной природно-экономической зоне чаще наблюдается гибель озимых (Кислов А.В., Евстегнеев В.М., Малхазова С.М., 2008).

В летний период эта закономерность выражается слабее. В целом же происходит рост среднегодовой температуры каждые 10 лет на 0,3 °С (Захаров А.И. Шарипова Р.Б., 2017). Известно, что весной озимые культуры и многолетние травы возобновляют свою вегетацию при среднесуточной температуре воздуха +5 °С, а биологический минимум температуры прорастания семян у ранних яровых, зернобобовых культур составляет 2–5 градусов тепла. По наблюдениям А.Г. Галиакберова (1996), ранней весной на прогревание одного сантиметра слоя почвы до средней температуры воздуха минимум уходит два дня.

В Ульяновской области последние весенние заморозки в среднем наблюдаются в Центральной – 16, Южной – 11 Западной – 19, Заволжской зоне – 14

мая. Но вероятность их не исключается и в более поздние сроки (Салахова Р.Х., Функ Г.В., Шарипова Р.Б., 2013).

Метеорологические условия при проведении полевых исследований значительно отличались как по температурному режиму, так и по количеству осадков и их распределения по фазам развития растений.

Для анализа климатических показателей использовались данные метеостанции аэропорта «Ульяновск-Восточный», расположенного на удалении 15 км от опытного поля (рисунок 1, приложение 1, 2, 3, 4, 5).

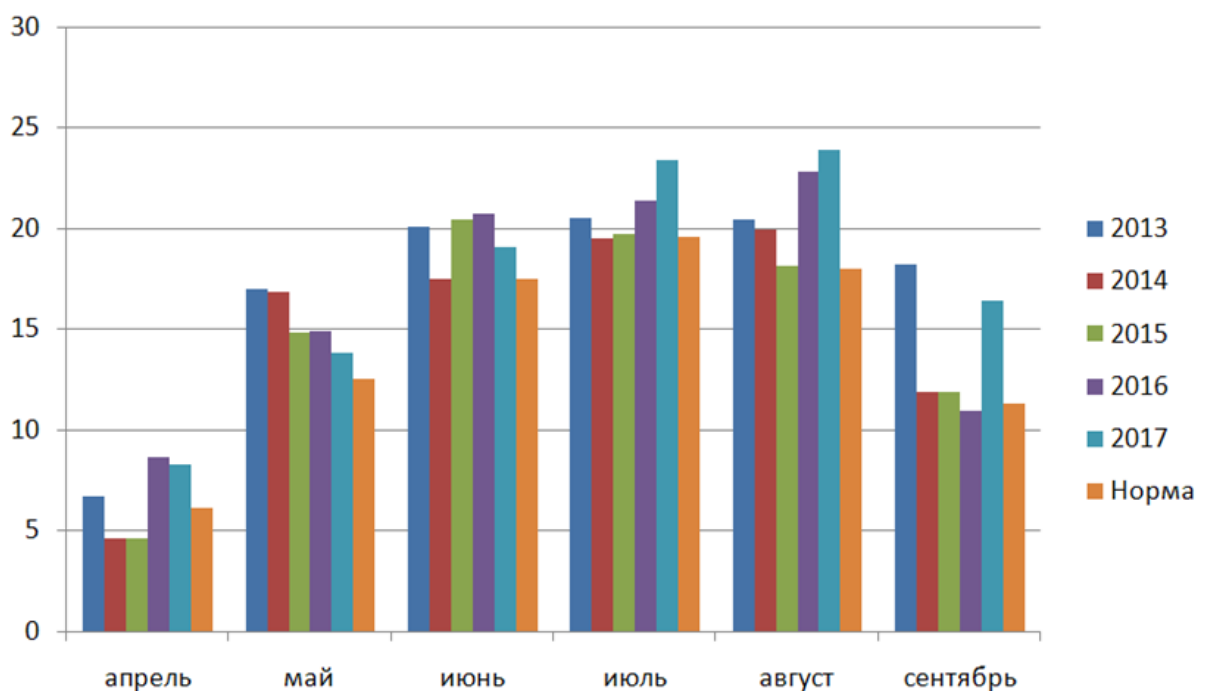


Рисунок 1 – Среднемесячная температура воздуха за время проведения исследований

Климатические условия за время проведения исследований значительно отличались как по периодам развития культур, так и по годам наблюдений. Так, температурный режим вегетационного периода 2013 года отличался повышенной температурой воздуха в мае, среднее значение которой было на 4,5 °С выше нормы. В июне температура воздуха также была выше нормы, особенно во втором квартале. При этом количество осадков составило лишь 4 % от многолетнего

уровня (рисунок 2), что соответственно оказало негативное влияние на развитие растений как вико-овсяной смеси, так и озимой пшеницы.

Период вегетации растений в 2014 году также характеризовался повышенными температурами и низким уровнем выпадения осадков. Например, в конце мая в фазу выхода в трубку озимой пшеницы выпало 1,1 мм, что составляет 8 % от многолетней нормы. Среднемесячная температура воздуха в мае была выше нормы на 4,3 °С. В фазу цветения количество осадков было на уровне среднегодового значения. Однако период налива зерна выдался засушливым, так как в этот период сумма осадков составила всего 3,9 мм, что на 86 % ниже средних многолетних значений. К концу вегетации температурный режим находился в пределах нормы.

В 2015 году в весенний период температурный режим и условия увлажнения складывались относительно благоприятно для роста и развития озимой пшеницы. Однако в фазу цветения количество осадков снизилось и составило 7,3 мм, в период налива зерна их выпало 115,5 мм, что почти в 3 раза выше средних многолетних значений. Превышение температуры воздуха в мае составило 2,3 °С, в июне – 2,9 °С. В июле температурный режим соответствовал многолетним данным.

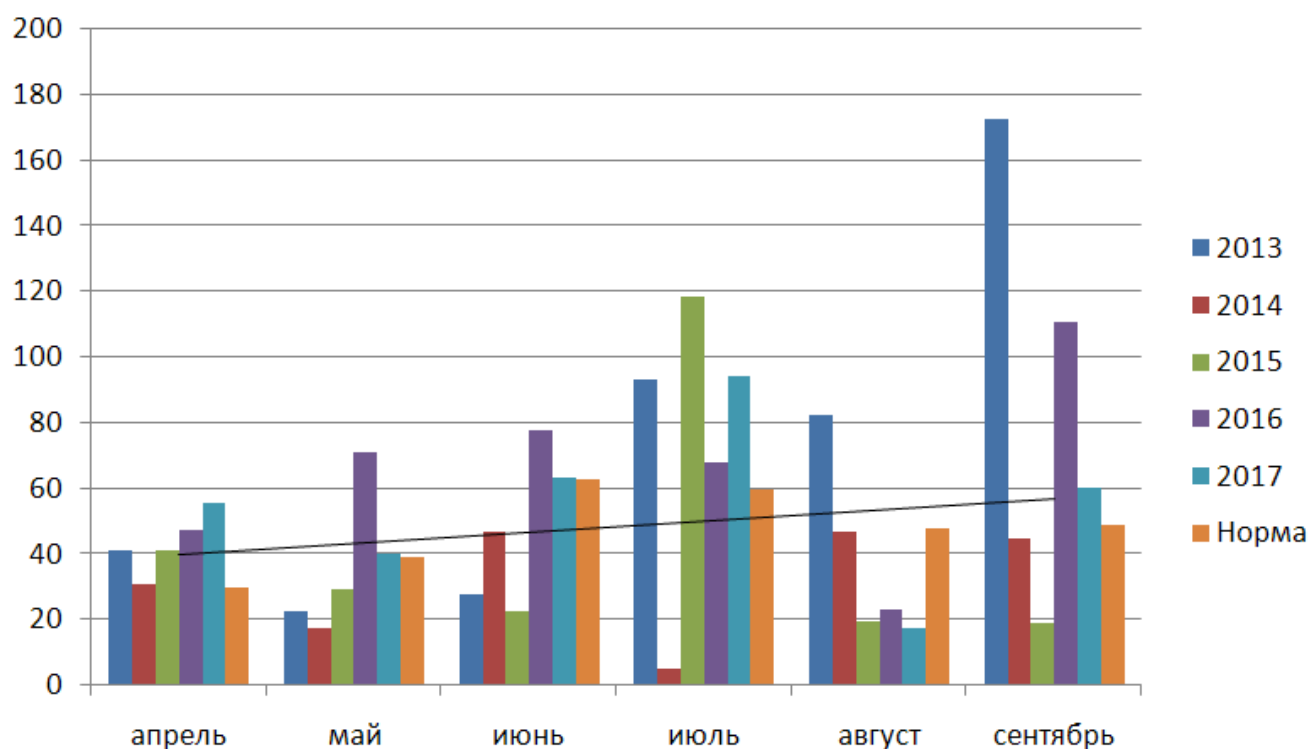


Рисунок 2 – Среднемесячная сумма осадков за время проведения исследований

В вегетационный период 2016 г. количество осадков было значительно больше по сравнению с предыдущими периодами проведенных исследований. Так, за апрель и май сумма осадков составила 118,6 мм, что на 49,6 мм выше многолетнего значения. В фазу колошения количество осадков значительно снизилось, но запасов влаги в почве было достаточно для получения хорошего урожая зерна озимой пшеницы. При этом температура воздуха в течение всего вегетационного периода была выше на 1,8–3,2 °С среднемноголетних значений.

В 2017 году погодные условия вегетационного периода складывались наиболее благоприятно из всех лет проведения опытов. Так, температура воздуха в апреле–июне была максимально приближена к оптимальным значениям. Температура в июле была выше нормы на 3,8 °С. В апреле количество выпавших осадков в два раза превышало среднемноголетнее значение и составило 55,8 мм. В первую и вторую декады мая осадков выпало ниже нормы, но учитывая большое поступление их в апреле и не высокую температуру воздуха, запасов влаги в почве было достаточно для создания благоприятных условий для питания растений. В фазу выхода в трубку озимой пшеницы выпало 30 мм осадков, что выше нормы на 17 мм. В фазы колошения и цветения количество осадков было на уровне многолетних данных, а к фазе молочной спелости их количество в 3,5 раза было выше нормы и составило 70,4 мм.

Указанные особенности климатических условий, складывающиеся за время проведения исследований, несомненно, оказывали влияние на питание культур и скорость разложения сидерата и соломы, а, следовательно, на ускорение процессов высвобождения элементов питания. Кроме того, эффективность биопрепарата Байкал ЭМ-1 во многом зависит от почвенно-климатических условий.

Таким образом, разнообразие метеорологических условий за годы исследований позволило более достоверно выявить влияние соломы, сидерата, минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на агрофизические, агрохимические и биологические свойства пахотного слоя чернозема типичного при различных погодных условиях в период вегетации культур. Анализ результатов метеороло-

гических показателей показал, что более благоприятными для возделывания культур они были в 2016 и 2017 годах.

В зависимости от особенностей природных условий Ульяновской области, которые являются факторами почвообразования, почвенный покров характеризуется большим разнообразием. Он представлен сложным сочетанием разнообразных черноземов, серых лесостепных, перегнойно-карбонатных, пойменных почв, солонцов и слабо развитых почвенных образований. Каждый из вышеуказанных типов почв представлен в виде подтипов, разновидностей, отличающихся мощностью гумусовых горизонтов, содержанием гумуса, гранулометрическим составом и иными признаками (Копосов И.П., 1948).

Первые научные исследования и описание почвенного покрова, который занимает ныне Ульяновская область, связано с именем Рупрехта, посетившего в 1865 году меловые выработки и указавшего на наличие чернозема (цит. по Копосову И.П., 1948).

Дальнейшее изучение почвенного покрова бывшей Симбирской губернии связано с именем выдающегося почвоведом XIX века В.В. Докучаева, который в своем классическом труде «Русский чернозем» (1954), изданном в 1883 году, описывает почвы по линии Саранск – Карсун – Симбирск. При этом В.В. Докучаев отмечает, что в черноземе симбирском содержится больше органического вещества по сравнению с черноземами центральной и юго-западной частью России и назвал его идеалом естественно-исторической почвы: «Если сделать анализы симбирского чернозема, то органического вещества в нем найдется до 15 %, тогда как в Полтавском количество его редко достигает 10 %. Ясно, что симбирский чернозем, этот идеал естественно-исторической почвы, образовался из мела рядом постепенных изменений, под влиянием известных причин, о которых будет сказано в последующих лекциях».

В Ульяновской области выделяются пять почвенных районов: I. Юго-Западный район, занимает возвышенную и наиболее расчлененную территорию Правобережья региона. Основной почвенный покров представлен серыми лесными оподзоленными, преимущественно супесчаными почвами. II. Юго-Восточный

расположен в междуречье Свияги и Волги. Распространены выщелоченные и оподзоленные черноземы, серые и темно-серые лесные почвы. III. Северный район, охватывает равнинную часть правобережья и представлен преимущественно черноземами. IV. Южный район находится в крайней южной части Правобережья области. Преобладающие почвы – обыкновенные и карбонатные черноземы, а также и перегнойно-карбонатные почвы. V. Восточный район расположен в левобережной части области представлен черноземами (Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Поволжья, 1966).

В целом, почвенный покров Ульяновской области представлен различными подтипами черноземов (69,1 %) и серыми лесными почвами (23 %). Таким образом, основная часть почв обладает благоприятными агрофизическими, водно-физическими свойствами и высоким потенциальным плодородием (Докучаев В.В., 1954; Копосов И.П., 1948, 1950; Нолль И.Ф. 1964; Колоскова А.В. и др., 1968; Селютин А.Ф., 1973; Почвы Поволжья, 1974).

Исследования проведены на опытном поле, расположенном в Чердаклинском районе Ульяновской области на территории землепользования Ульяновского ГАУ. По рельефу опытное поле представляет слабоволнистую равнину с высотой 45–50 м над уровнем моря. Характерной особенностью данного агроландшафта, это наличие линейных блюдцеобразных понижений. Расчлененность поля оврагами, балками отсутствует.

Почва опытного поля – чернозём типичный среднесуглинистый. Морфологическое строение чернозёма типичного выражается следующими горизонтами:

Апах 0–28 см. Среднесуглинистый, темно-серый, влажный, имеет равномерную окраску. Зернисто-пороховидный, непрочный. Сильно пронизан корнями, поры редкие. Переход заметный.

А₁ 28–75 см. Среднесуглинистый, свежий, темно-серый со слабым коричневым оттенком, с равномерной окраской. Пороховидно-комковатый с вертикальной трещиноватостью, комочки удлинены. Структура непрочная. Сложение

уплотненное. Встречаются капролиты. Корнями пронизан средне, переход постепенный.

AB 73–124 см. Среднесуглинистый, слабовлажный, с неравномерной окраской из-за чередования коричневато-серых гумусированных и желтовато-серо-коричневых пятен. Ореховато-глыбистый, со слабым глянцем по граням, уплотненный. Порами пронизан средне, встречаются ходы землероев. Переход заметный.

BC 124–163 см. Среднесуглинистый, влажный с неравномерной окраской из-за обилия гумусированных ходов землероев; серо-коричневый, белесоватый из-за наличия прожилок карбонатов в верхней половине горизонта и крупных пятен карбонатов – в нижней. Глыбистый, непрочный, пористый, сильно пронизан корнями. Переход заметный.

C > 163 см. Супесчаный, влажный, серо-желтый, равномерной окраски. Изредка встречаются тонкие прожилки карбонатов. Бесструктурный во влажном и непрочно-глыбистый в подсушенном состоянии. Порами пронизан слабо. Вокруг отдельных пор по ходам корней имеются осветленные пятна и полосы шириной 2–3 мм.

Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: содержание гумуса на момент закладки опыта 4,7 %, обеспеченность P_2O_5 высокая (185 мг/кг), K_2O очень высокая (196 мг/кг), реакция почвенного раствора близкая к нейтральной (pH_{kcl} 6,9).

В среднем по годам исследований физическая спелость почвы наступала к 20 апреля. Грунтовые воды находятся на глубине 12–15 метров, водоносный слой – на глубине 35–55 метров, поэтому они не оказывают влияние на формирование урожайности сельскохозяйственных культур.

В целом агрохимические свойства чернозёма типичного опытного поля ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ позволяют получать достаточно высокую урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе и озимой пшеницы.

2.2 Схема опыта и технология возделывания озимой пшеницы

Экспериментальные исследования диссертационной работы выполнены на опытном поле кафедры почвоведения, агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2013–2017 гг. Изучение влияния зеленого удобрения, соломы как отдельно, так и совместно с минеральными удобрениями и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на свойства почвы, урожайность и качество зерна озимой пшеницы проводилось в пятипольном зерновом сидеральном севообороте: пар сидеральный – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – ячмень.

Схема двухфакторного опыта включала 12 вариантов с использованием сидерата, соломы, минеральных удобрений и биопрепарата:

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.

Полевой опыт заложен в четырехкратной повторности. Посевная площадь делянки 120 м² (6х20), учетная – 72 м² (4х18), расположение делянок рендомизированное. В качестве органического удобрения в почву вносили сидерат (вико-овсяная смесь) и солому ячменя. Опыт внесён в Государственный реестр длительных опытов РФ (№122).

Включение сидерального пара в структуру посевов дает возможность частично удовлетворять потребность культур севооборота, в первую очередь, в азоте

и других питательных элементах, а также получать высокую и стабильную урожайность сельскохозяйственных культур.

Из вышеприведенных данных научных исследований следует, что сидеральный пар может оказывать значительное влияние на питательный режим чернозема типичного, хотя есть противоречивые мнения о роли зеленого удобрения в накоплении доступных питательных веществ в первый год. Это объясняется большим разнообразием почвенно-климатических условий, выбором сидеральной культуры, а также технологией заделки в почву сидерата (Алексеев Е.К., 1948).

При возделывании сидератов необходимо обращать внимание на особенности обработки почвы. Обработку почвы, даже в условиях достаточного увлажнения, необходимо проводить в сжатые сроки. А.И. Кузнецов и Ю.Г. Семенов (2000) считают, что вспашка на глубину 12–22 см является самой оптимальной основной обработкой почвы под сидерат. Преимущество вспашки по сравнению с другими обработками отмечал в своих исследованиях В.Г. Лошаков (1999), проведенных в Нечерноземной зоне на дерново-подзолистых почвах. Преимущество вспашки подтверждается результатами экспериментальных исследований Нижегородской ГСХА (Заикин В.П., 1996).

Эффективность зеленого удобрения зависит от способа заделки сидеральной культуры в почву. Например, М.Н. Новиков (1993) установил, что заделка растительной массы в зону расположения семян недопустима из-за близости ее к семенам возделываемой культуры. Таким образом, среди исследователей нет единого мнения по оптимальной глубине заделки сидерата в почву. Одни ученые считают, что при глубокой заделке сидерата и соломы органическое вещество медленнее разлагается, создавая тем самым более благоприятные условия для гумусообразования (Сидоров М.И., Зезюков Н.И., 1988; Зезюков Н.И., 1992;). По мнению других исследователей (Мамченков И.П., 1966; Бараев А.И., 1978, 1981; Чуданов И.А., Лигастаева Л.Ф., 1992) растительную массу сидератов и солому наиболее целесообразно заделывать в поверхностный слой почвы, где создаются благоприятные условия для разложения органического вещества, вносимых удобрений и процессы образования гумусовых веществ протекают быстрее.

Во все годы исследований предшественником сидерата (вико-овсяная смесь) был ячмень. При уборке ячменя комбайном «TERRION SP 2010», оборудованном измельчителем, солома разбрасывалась по поверхности поля. Равномерное распределение измельченной соломы по поверхности делянок, а также удаление ее с вариантов, где внесение ее не предусмотрено, проводили вручную садовыми граблями. После распределения соломы по вариантам опыта вносили азотную минеральную добавку (N10/т) в виде мочевины и биоудобрения Байкал ЭМ-1 из расчета 2 литра на гектар на соответствующие варианты. Затем незамедлительно солому заделывали дискатором БДМ-3×4 на глубину 8–10 см. Во второй декаде сентября проводили зяблевую вспашку на 22–25 см, используя плуг ПЛН-4-35.

Весной после боронования зяби (третья декада апреля) проводили предпосевную культивацию и посев вико-овсяной смеси (овес сорта Скакун – 2,5 млн. всхожих семян/га и вика сорта Льговская 28 – 0,5 млн. семян/га) сеялкой СЗ-3,6 рядовым способом на глубину 5–6 см. Для прикатывания посевов использовали кольчато-шпоровые катки ЗККШ-6А. Сидерат (вико-овсяную смесь) заделывали в почву в фазе образования зеленых лопаток у вики (третья декада июня–первая декада июля) дискатором БДМ-3×4 на глубину 10–12 см.

В третьей декаде августа под озимую пшеницу, согласно схеме опыта, вносили основную часть ($N_{34}P_{32}K_{54}$) расчетной дозы минеральных удобрений, которые заделывали в почву дискатором БДМ-3×4 на глубину 10–12 см. Посев озимой пшеницы (сорт Саратовская-17) проводили в первой декаде сентября после предпосевной культивации. Посевы прикатывали кольчато-шпоровыми катками ЗККШ-6А.

Весной в начале возобновления вегетации проводилась азотная подкормка в дозе N_{30} , в фазу весеннего кущения – боронование посевов. При достижении полной спелости зерна (третья декада июля) урожай озимой пшеницы убирали комбайном «TERRION SP 2010», оборудованным измельчителем. Урожайность зерна озимой пшеницы определяли весовым методом с площади учетной делянки (72 м²). Урожайность соломы определяли расчетом по соотношению урожайности зерна к побочной продукции, определенного сноповым анализом.

2.3 Методы и методики

Закладка полевого опыта, проведение наблюдений и лабораторных анализов осуществляли по методикам Б.А. Доспехова (2011).

Программа научных исследований включала следующие учеты, наблюдения и анализы:

- фенологические наблюдения по методике государственного сортоиспытания;
- густоту стояния посевов определяли в фазу трех листьев;
- почвенные образцы для агрохимической характеристики отбирали буром Малькова в пахотном слое каждого варианта I и III повторностей в пяти точках по двум диагоналям делянок. В этих образцах определяли: обменную кислотность pH_{KCl} – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), нитраты – потенциометрическим методом (ГОСТ 26951-86), обменный аммоний – фотометрическим методом (ГОСТ 26489-85), подвижные формы фосфора и калия – по методу Ф.В. Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91);
- общую микробиологическую активность почвы определяли методом льняных полотен;
- численность аммонифицирующих микроорганизмов, участвующих в минерализации азотсодержащих органических веществ, учитывали чашечным методом посева на мясо-пептонный агар (МПА);
- численность фосфатредуцирующих органотрофных бактерий, отвечающих за разложение фосфорорганических компонентов почвы, определяли на агаре Муромцева (АМУР) и Менкиной (АМЕН);
- численность группы олигокарбофильных микроорганизмов – автохтонных бактерий, которые трансформируют сложные высокомолекулярные гетероциклические органические вещества – гумусовые матрицы, определяли чашечным методом посева на нитритный агар Теппера (НАТ);
- влажность почвы – термостатно-весовым методом согласно ГОСТ 27548-97;

- структурно-агрегатный состав почвы определялся по методу Н.И. Савинова, фракционированием почвы в воздушно-сухом состоянии (сухое просеивание);
- плотность сложения почвы – с использованием бура Качинского для отбора образца почвы с ненарушенным сложением (Федоровский Д.В., 1985);
- отбор почвенных образцов для определения агрохимических показателей осуществляли в 5 этапов: перед посевом, весной при возобновлении вегетации, выход в трубку, колошение и полная спелость;
- в растительных образцах определяли: содержание общего азота – по Кьельдалю (ГОСТ 13496.4-93), содержание общего фосфора – фотометрическим методом (ГОСТ 26657-97), содержание общего калия – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 30504-97), содержание тяжелых металлов атомно-абсорбционным методом (ГОСТ 30692-2000);
- учет фактической урожайности культур проводили с площади всей делянки в пересчете на 100 % чистоту и 14 % влажность (ГОСТ 27548-97).

Химические анализы проб выполнены в испытательной лаборатории «Ульяновская «ГСХА» (№ РОСС. RU. 0001.513.748) и аккредитованной лаборатории ФГБУ «САС «Ульяновская» (№ RA.RU.510251).

Экономическую оценку технологий возделывания озимой пшеницы с использованием сидерата, соломы и совместно их с минеральными удобрениями и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 определяли по системе натуральных и стоимостных показателей с использованием нормативов и расценок, принятых для производственных условий ООО «Заволжье 40» Чердаклинского района Ульяновской области (2017 г.).

Биоэнергетическую эффективность изучаемых систем удобрения озимой пшеницы оценивали по совокупным затратам энергоресурсов на возделывание культуры и накоплению потенциальной энергии в урожае основной и побочной продукции (Базаров Е.И. и др., 1983).

Результаты исследований статистически обрабатывали методами дисперсионного (Доспехов Б.А., 2011) и корреляционно-регрессионного анализов с использованием программ M S Excel 2007 и Statistik C-1.

3. Влияние систем удобрения на свойства чернозема типичного

3.1 Агрофизические и водно-физические свойства

3.1.1 Плотность пахотного слоя

Одним из важнейших показателей плодородия почвы является плотность ее сложения, от которой зависят режимы почвы и интенсивность физико-химических и микробиологических процессов, что оказывает влияние на мобилизацию и доступность питательных веществ растениям.

Одной из причин снижения урожайности культур при повышенной плотности почвы является ухудшение условий для развития мощной корневой системы. В уплотненной почве нарушены процессы воздухообмена, что оказывает влияние на увеличение в ней количества недоступной влаги (Найденов А.С., Бурбель А.Ф., 2014).

В многочисленных исследованиях показано, что как рыхлая, так и сильно уплотненная почва оказывает отрицательное влияние на питание растений. Так, при увеличении плотности сложения выше $1,25 \text{ г/см}^3$ наблюдается снижение урожайности сельскохозяйственных культур (Лошаков В.Г., 1999; Кузина Е.В., 2008; Борисова Е.Е., 2013).

Оптимальное значение плотности сложения почвы зависит от ее минералогического состава, увлажненности и содержания органического вещества. Оптимальная плотность сложения пахотного слоя для большинства сельскохозяйственных культур имеет следующие значения: для суглинистых и глинистых почв – $1,0\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$, легкосуглинистых – $1,1\text{--}1,4 \text{ г/см}^3$. Для гороха и кукурузы необходима плотность почвы в $0,9\text{--}1,1 \text{ г/см}^3$, озимых зерновых – $1,2\text{--}1,3 \text{ г/см}^3$, яровых – $1,0\text{--}1,2 \text{ г/см}^3$ (Щитов С.В., Тихончук П.В., Спириданчук Н.В., 2012).

Наименьшее уплотнение почвы наблюдается после проведения основной её обработки. При возделывании агрокультур, в течение периода вегетации, плотность сложения пахотного слоя почвы заметно увеличивается и достигает макси-

мального значения, что связано с её уплотнением под действием собственной массы, влиянием атмосферных осадков и в результате давления сельскохозяйственной техники (Ульянова О.А., Кураченко Н.Л., Борцов В.С., 2009).

Использование в системе удобрения культур сидерата и соломы способствовало не только снижению плотности почвы, но и увеличению её пористости, коэффициента структурности и количества водопрочных агрегатов (Берднико А.М., 1992; Волошин Е.И., 2008).

В наших исследованиях изучалось влияние соломы, биологического препарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений на изменения в плотности сложения пахотного слоя чернозема типичного под посевами озимой пшеницы.

Полученные результаты исследований показали, что применение различных систем удобрения оказывало определенное влияние на состояние плотности пахотного слоя (таблица 1).

Внесение соломы оказывало положительное действие на разрыхление пахотного слоя и, соответственно, снижению плотности сложения. Показатель плотности почвы на данных вариантах составлял от 1,15 до 1,26 г/см³.

Плотность пахотного слоя (0–30 см) на варианте с внесением соломы в период возобновления вегетации озимой пшеницы в среднем за 3 года исследований составляла 1,22 г/см³. При этом на контроле она была выше и показатель составил 1,27 г/см³, что доказывает положительное действие соломы на разуплотнение почвы.

Совместное применение соломы с азотной минеральной добавкой N10/т и совместное внесение соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 приводило к снижению плотности сложения почвы до 1,21 г/см³ и до 1,18 г/см³ соответственно. Полученные данные подтверждаются исследованиями, проведенными С.Н. Немцевым, С.Н. Никитиным, Г.В. Сайдяшевой (2011), в которых установлено снижение плотности сложения пахотного слоя при использовании соломы отдельно и на фоне биопрепарата. Так же следует отметить, что совместное внесение соломы с азотной минеральной добавкой N10/т и биопрепаратом оказывало большее разуплотняющее действие.

Таблица 1 – Плотность почвы под посевами озимой пшеницы в зависимости от систем удобрений, г/см³ (2015–2017 гг.)

№ п/п	Вариант	Возобновление вегетации				Перед уборкой			
		Слой почвы, см							
		0–10	10-20	20-30	0–30	0–10	10-20	20-30	0-30
1	Без удобрений (контроль)	1,22	1,28	1,31	1,27	1,26	1,33	1,39	1,33
2	Солома предшественника	1,16	1,19	1,31	1,22	1,20	1,26	1,32	1,26
3	Солома + N10/ т соломы	1,15	1,18	1,30	1,21	1,18	1,23	1,31	1,24
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	1,12	1,16	1,27	1,18	1,16	1,21	1,30	1,22
5	Солома + N10/т + биопрепарат	1,08	1,12	1,24	1,15	1,13	1,17	1,27	1,19
6	Биопрепарат	1,17	1,23	1,31	1,24	1,22	1,26	1,33	1,27
7	N ₆₄ P ₃₂ K ₅₄ (фон, NPK)	1,20	1,25	1,30	1,25	1,24	1,31	1,36	1,30
8	NPK + солома	1,15	1,18	1,26	1,20	1,18	1,23	1,29	1,23
9	NPK + солома + N10/т	1,11	1,15	1,24	1,17	1,16	1,19	1,26	1,20
10	NPK + солома +биопрепарат	1,10	1,14	1,23	1,17	1,14	1,17	1,26	1,19
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	1,08	1,13	1,21	1,14	1,13	1,16	1,24	1,18
12	NPK + биопрепарат	1,18	1,20	1,24	1,21	1,21	1,24	1,30	1,25
НСР ₀₅		В приложениях							

В работах многих исследователей отмечено положительное влияние целлюлозоразлагающих микроорганизмов, которые в процессе жизнедеятельности выделяют слизь, способствуют лучшему оструктуриванию, а, следовательно, снижению плотности почвы. При этом внесенная измельченная солома обеспечивает накопление большего объема влаги, снижение эрозионных процессов (Зеленев А.В., 2011; Коряковский А.В., Бакиров Ф.Г., 2011; Борисова Е.Е., 2013).

При возобновлении вегетации озимой пшеницы минеральные удобрения оказывали незначительное влияние на изменение плотности сложения пахотного слоя почвы. На данном варианте показатель плотности сложения почвы составлял 1,25 г/см³. Это объясняется тем, что минеральные удобрения, внесенные после заделки сидерата, оказали положительное влияние на усиление микробиологиче-

ской активности, и, следовательно, уменьшению плотности почвы.

Бóльшее влияние на снижение плотности оказывало совместное применение минеральных удобрений с соломой, при этом данный показатель, в среднем за годы исследований, составил $1,20 \text{ г/см}^3$. Внесение минеральных удобрений с соломой и минеральной азотной добавкой $N_{10/\text{т}}$, совместно с соломой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 способствовало уменьшению плотности сложения до $1,17 \text{ г/см}^3$. При комплексном внесении соломы, компенсационной добавки $N_{10/\text{т}}$ и биологического препарата Байкал ЭМ-1 на минеральном фоне плотность почвы снижалась до $1,14 \text{ г/см}^3$, что показывает преимущество данного варианта.

Внесение биологического препарата Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений в среднем за годы исследований обеспечивало плотность почвы до $1,21 \text{ г/см}^3$, что соответствует средним рекомендованным значениям данного показателя при возделывании озимой пшеницы.

Перед уборкой озимой пшеницы в среднем за 2015–2017 годы наиболее уплотненным был слой почвы 20–30 см. На вариантах без внесения соломы и минеральных удобрений плотность сложения составляла $1,39 \text{ г/см}^3$. Однако при внесении соломы плотность снижалась до $1,32\text{--}1,27 \text{ г/см}^3$.

На фоне минеральных удобрений (NPK) данная закономерность сохранялась. Так, если на варианте с внесением минеральных удобрений перед уборкой озимой пшеницы в слое (0–30 см) плотность сложения составляла $1,30 \text{ г/см}^3$, то на вариантах с внесением соломы на фоне NPK – $1,23 \text{ г/см}^3$.

Увеличение плотности почвы к уборке урожая объясняется, прежде всего, усадкой ее под действием собственной массы и под влиянием атмосферных осадков.

Таким образом, в системе удобрения озимой пшеницы наиболее оптимальным оказалось внесение соломы в совместно с биопрепаратом и компенсационной добавкой $N_{10/\text{т}}$ как на минеральном фоне, так и без внесения NPK. При этом показатели плотности сложения пахотного слоя в среднем за годы исследований находились на уровне $1,14$ и $1,15 \text{ г/см}^3$ соответственно.

3.1.2 Содержание агрономически ценных агрегатов

Одним из главных условий улучшения физических свойств почвы считается создание благоприятной структуры пахотного слоя. При одинаковых условиях продуктивность сельскохозяйственных культур выше на оструктуренной почве по сравнению с бесструктурной. Нерациональное использование почвы сопровождается разрушением ее структуры и образованием пыли, что приводит к снижению количества водопрочных агрегатов.

Авторы приводят различные факторы структурообразования почвы – физико-химические, химические и биологические. Скрепинский А.И. (1961) выделил три типа структурообразования: корневой, ризосферный и кишечный. В своей работе он отмечает, что при корневом структурообразовании размер агрегатов определяется ходом корней, при ризосферном структурообразовании – зоной распределения корневых волосков. Во всех типах первопричиной структурообразования является микробиологическая активность почвы, которая активизирует процессы синтеза полифенолоксидазы и гумусовых кислот. Солома и сидерат являются биологическим фактором воздействия на почву.

Некоторые авторы отмечают, что при длительном интенсивном использовании черноземов возникает опасность распыления их структуры (Борин А.А., Коровина О.А., Лощина А.Э., 2011).

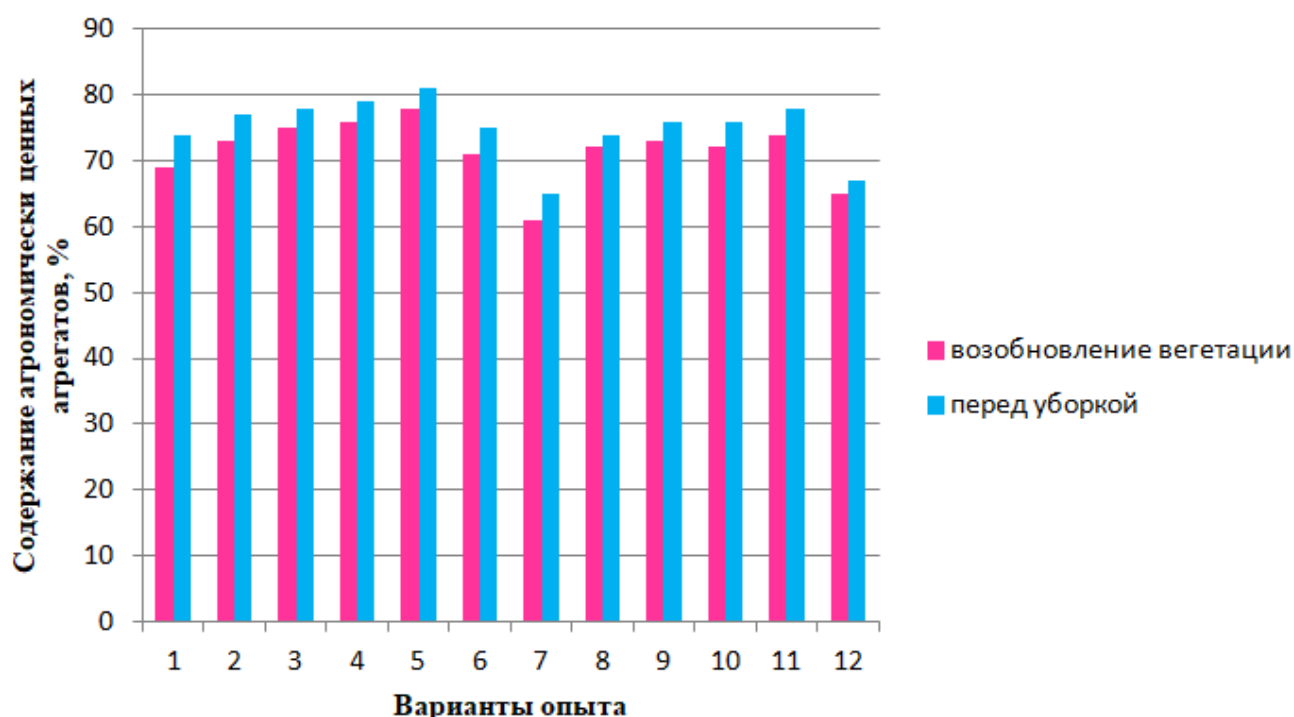
Кроме того, на структуру почвы оказывают влияние такие факторы, как система обработки, возделывание многолетних трав, внесение органических удобрений (солома, пожнивно-корневые остатки, сидераты). Поэтому структура почвы является функцией содержания в ней активного органического вещества, которое способно удерживать вместе почвенные структурные агрегаты (Голдштейн В., Боинчан Б., 2000).

Установлено, что ухудшение структуры почвы происходит в первый год после распашки целинных земель, в последующем разрушение структуры почвы замедляется (Кузнецов А.И., Семенов Ю.Г., 2000). В работе С.Н. Никитина (2017) отмечено, что внесение соломы способствует повышению поглотительной и во-

доудерживающей способности почвы и устойчивости почвенной структуры к механической обработке.

Следовательно, структура почвы определяется генетическими и хозяйственными факторами.

Разуплотнение почвы при использовании сидерата и соломы в системе удобрения обязано улучшению при этом структурного состояния почвы. На рисунке 3 приведены данные содержания агрономически ценных агрегатов в пахотном слое в зависимости от применяемых систем удобрения.



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. $N_{64}P_{32}K_{54}$ (фон, NPK); 8. NPK + солома; 9. NPK + солома + N10/т; 10. NPK + солома + биопрепарат; 11. NPK+ солома + N10/т + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат

Рисунок 3 – Агрегатный состав чернозема типичного под посевами озимой пшеницы в зависимости от систем удобрения, 2015–2017 гг.

Полученные результаты показывают, что количество агрономически ценных агрегатов по всем вариантам опыта увеличивалось к концу вегетации озимой пшеницы. В период возобновления вегетации на варианте с внесением соломы количество агрономически ценных агрегатов составляло 73 %, на контроле их

было 69 %. Наиболее эффективной была система удобрения с совместным внесением соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и минеральной азотной добавкой N10/т. Содержание на указанном варианте агрономически ценных агрегатов, в среднем за 3 года исследований, составляло 81 %. Использование в системе удобрения биопрепарата Байкал ЭМ-1 способствовало незначительному повышению (2 %) содержания агрегатов размером 0,25–10 мм.

Внесение соломы на удобренном минеральном фоне также оказывало положительное влияние на улучшение структуры пахотного горизонта чернозема типичного. При этом содержание агрономически ценных агрегатов увеличивалось до 72 %. Внесение соломы с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом на фоне удобрений (NPK) позволило повысить данный показатель до 78 %.

Улучшение структурно-агрегатного состояния почвы на данных вариантах происходило, как было отмечено выше, за счет поступления органического вещества внесенной соломы и повышения микробиологической активности чернозема типичного.

Таким образом, наиболее эффективно для улучшения агрегатного состава чернозема типичного под посевами озимой пшеницы внесение соломы с компенсационной минеральной азотной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1. При этом содержание агрономически ценных агрегатов увеличивалось до 81 %.

3.1.3 Водный режим

Содержание влаги в почве необходимо в первую очередь для обеспечения жизненной потребности растений в воде и элементах минерального питания. Поэтому создание благоприятного водного режима почв является первоочередной задачей, так как от него зависит продуктивность культур (Кураченко Н.Л., Картавых А.А., Ржевская Н.И., 2014).

Вода, являясь источником жизни растений, передвигаясь в почве, переносит растворимые и взвешенные вещества. На создание одной тонны сухого вещества растениям необходимо использовать от 300 до 900 т воды. Поэтому за вегетаци-

онный период почвенная влага из корнеобитаемого слоя, теряющееся на транспирацию и испарение, обычно не компенсируется выпадающими осадками. Запасы влаги в течение вегетации постепенно убывают и доходят до минимума в третьей декаде июля (Крымская О.В., Лебедева М.Г., 2011).

Поэтому влагоемкость почвы имеет огромное значение для создания хорошего водного режима сельскохозяйственным культурам. При хорошей влагоемкости почвы, удерживается большее количество влаги для создания оптимальных условий питания растений (Tian S.Z., Ning T.Y., Wang Y., 2010).

В условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья, влага является лимитирующим фактором в создании урожая сельскохозяйственных культур. От количества влаги в почве зависит интенсивность биологических, химических и физико-химических процессов.

Проведенные исследования показали, что запасы продуктивной влаги находились в зависимости от применяемых систем удобрения (таблица 2).

В 2015 году запасы продуктивной влаги в метровом слое в период возобновления вегетации озимой пшеницы изменялись от 152 мм (контроль) до 163 мм на варианте, где была внесена солома совместно с азотной добавкой и биологическим препаратом на фоне расчетных доз минерального удобрения. В 2016 году на этих вариантах наблюдалось колебание запасов продуктивной влаги от 166 мм до 182 мм, в 2017 – от 176 мм до 192 мм. Из 3-х лет исследований запасы продуктивной влаги в черноземе типичном при возобновлении вегетации озимой пшеницы были максимальными в 2017 году.

Значительное влияние на запасы продуктивной влаги в слое почвы (0–30 см) оказывали применяемые системы удобрения. При внесении в почву соломы было отмечено увеличение запасов продуктивной влаги по сравнению с контрольным вариантом. Разница по годам исследований (2015 г., 2016 г., 2017 г.) составляла: на варианте с использованием соломы – на 7 мм, 6 мм, 8 мм; при применении соломы с компенсационной добавкой N10/т – на 11 мм, 13 мм и 12 мм; при внесении соломы с биопрепаратом – на 12 мм, 13 мм и 14 мм; при совместном

применении соломы, компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом – на 17 мм, 21 мм и 24 мм.

Таблица 2 – Запасы продуктивной влаги в черноземе типичном под посевами озимой пшеницы, мм

№ п/п	Вариант	Слой почвы, см	2015 г.		2016 г.		2017 г.	
			возобновление вегетации	перед уборкой	возобновление вегетации	перед уборкой	возобновление вегетации	перед уборкой
1	Без удобрений (контроль)	0–30	43	16	57	20	63	18
		0–100	151	42	165	51	175	44
2	Солома предшественника	0–30	49	19	62	23	70	20
		0–100	156	47	168	55	177	46
3	Солома + N10/ т соломы	0–30	54	22	69	25	76	21
		0–100	157	46	170	57	179	48
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	0–30	56	25	70	27	74	22
		0–100	153	47	173	59	182	48
5	Солома + N10/т + биопрепарат	0–30	59	27	75	33	76	26
		0–100	155	52	175	62	183	52
6	Биопрепарат	0–30	57	21	67	24	60	18
		0–100	159	47	162	52	176	44
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	0–30	60	21	67	29	70	21
		0–100	158	46	136	52	177	44
8	NPK + солома	0–30	33	25	69	32	75	24
		0–100	150	49	169	54	179	48
9	NPK + солома + N10/т	0–30	56	25	69	29	76	26
		0–100	153	48	170	55	183	47
10	NPK + солома + биопрепарат	0–30	57	26	71	33	78	27
		0–100	156	52	179	65	190	56
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	0–30	58	27	73	35	80	29
		0–100	162	58	181	66	191	55
12	NPK + биопрепарат	0–30	54	22	67	31	77	25
		0–100	130	47	153	51	178	45
НСР ₀₅	Фактор А	0–30	3	3	2	3	3	4
		0–100	4	6	5	4	5	3
	Фактор В	0–30	2	4	4	2	3	4
		0–100	5	3	3	5	4	3

Приведенные данные показывают положительное влияние внесенной соломы, которая способствовала повышению влагоёмкости и улучшению структуры почвы.

На минеральном фоне наибольшие запасы продуктивной влаги от (58 до 80 мм) оказались в слое 0–30 см на варианте с применением соломы, компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом – на 17 мм, 21 мм и 24 мм.

сационной добавки N10/т и биопрепаратом.

За годы проведения исследований установлено, что к концу вегетации озимой пшеницы внесенная солома способствовала большему сохранению продуктивной влаги в слое 0–30 см по сравнению с контрольным вариантом (20–24 мм). Запасы доступной влаги повышались также на вариантах: соломы с компенсационной добавкой до 22–26 мм; с применением соломы и биопрепарата до 23–28 мм; соломы, компенсационной добавки N10/т и биопрепарата до 27–34 мм. Данная закономерность прослеживалась и на минеральном фоне.

Таким образом, внесение соломы в почву обеспечивало большее накопление продуктивной влаги и способствовало повышению водоудерживающей способности пахотного слоя.

Из полученных результатов вытекают следующие выводы:

- внесение в пахотный слой почвы соломы совместно с биопрепаратом и компенсационной добавкой N10/т, а также на одноименном варианте с применением минеральных удобрений способствовало разуплотнению пахотного слоя почвы. При этом плотность сложения почвы составила в период возобновления вегетации 1,15 и 1,14 г/см³ соответственно;

- совместное применение соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и компенсационной азотной добавкой N10/т обеспечивало улучшение структуры почвы. Так, содержание агрономически ценных агрегатов увеличивалось к уборке озимой пшеницы до 81 %;

- применение соломы в чистом виде оказывало положительное влияние на увеличение продуктивной влаги в пахотном слое почвы на 6–8 мм, в метровом слое на 3–6 мм.

3.2. Гумусное состояние

Почвенное плодородие признано национальным богатством, от него во многом зависят качество получаемой сельскохозяйственной продукции и здоровье нации. Значимость почвенного плодородия признана на государственном уровне.

Проблему плодородия почвы связывают с содержанием в ней органического вещества, так как оно регулирует физико-химические и биологические свойства почвы, сохраняет ее энергетический потенциал, является источником элементов питания для растений.

В науке сформировалось представление, что в формировании почвы органическое вещество и процессы его трансформации играют решающую роль. Запасы органического вещества играют основную роль в экологической устойчивости почв как компонента биосферы (Добровольский Г.В., 1999; Назаров В.А., Назаров И.А., 2008; Немцев С.Н., 2009; Лукин С.В., 2011; Кирюшин В.И., 2012; Добровольский Г.В., Чумаков А.Н., Гринин Л.Е., 2014; Кравченко Ю.С., 2015; Чекмарев П.А., Обущенко С.В., 2016).

Поступившее в почву органическое вещество подвергается сложным изменениям, включающим процессы его разложения и гумификации (Кирюшин В.И., 2000).

Проведенными исследованиями по изучению динамики содержания гумуса в почвах лесостепи Поволжья и Ульяновской области, в частности учеными Ульяновской ГСХА, показано, что в период 1976-1996 гг. некомпенсированные ежегодные потери составляли от 1,5 до 3,0 т/га (Морозов В.И., 1996). Данная проблема остается не решенной и сегодня (Черкасов Е.А., 2016).

Мониторинг за состоянием почвенного плодородия Ульяновской области показал, что с 1965 г. происходит снижение запасов гумуса в почве и в 2010 году его среднее содержание составило 4,65 %. Учитывая, что полученные В.В. Докучаевым данные при проведении экспедиции в 1877–1878 гг., показали среднее содержание гумуса 11,6 % по Заволжью. Поэтому наши почвы за 130 лет потеряли больше половины исходного запаса гумуса (Куликова А.Х., 2012). Основной причиной считается возрастающая антропогенная нагрузка на почву.

В Самарской области так же происходит сокращение площади среднегумусных чернозёмов и увеличение на 10 % малогумусных и слабогумусированных.

При этом ежегодные потери гумуса составляют 0,7 т/га, а в отдельных районах – более 1 т/га (Чекмарев П.А., Обущенко С.В., 2016).

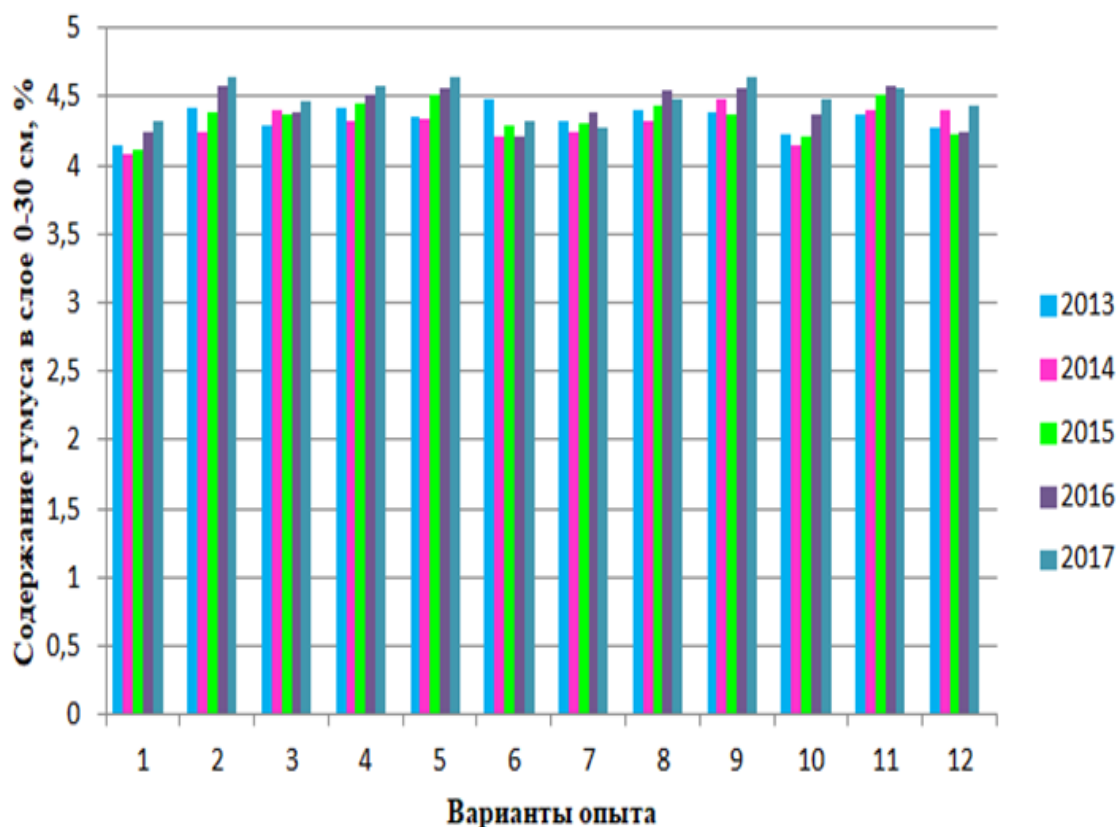
Исследованиями Семеновой Н.В. (2004) установлено, что в черноземах республики Татарстан за период 1956–2003 гг. общие ежегодные потери гумуса составили от 0,7 до 2,4 т/га. При этом в пахотном слое черноземов установлено снижение содержания гуминовых кислот на 5–20 %,

Снижение содержания гумуса в почвах связано в первую очередь с сокращением объемов применения органических удобрений и формирование урожая агрокультур происходит в большей степени за счет почвенного плодородия. Кроме того, при уборке культур с урожаем отчуждается большая часть органического вещества, что приводит к нарушению почвообразовательного процесса (Морозов В.И., Подсевалов М.И., Петухов Е.А., 2000; Немцев С.Н., 2004).

При отсутствии мероприятий по сохранению гумуса в почве происходит не только его снижение, но и потери элементов питания. В последние десятилетия учеными Ульяновской области разработана концепция воспроизводства почвенного плодородия. Их основой является накопление биогенных ресурсов в агроценозах, что в большей степени определяется увеличением площади под многолетними травами, зернобобовыми культурами, сидератами и максимальным использованием пожнивно-корневых остатков и излишек соломы (Кирюшин В.И. 2000; Куликова А.Х., 2007; Морозов В.И., 2012).

В проведенных нами исследованиях установлено, что использование сидерального пара в звене севооборота и внесение соломы оказывало положительное влияние на содержание гумуса в пахотном слое чернозема типичного (рисунок 4).

За ротацию севооборота содержание гумуса на контрольном варианте варьировало в пределах 4,14–4,32 %. Наиболее высокое значение 4,32 % было установлено в 2017 году, наименьшее – 4,14 % в 2014 году. На экспериментальных вариантах с внесением соломы содержание гумуса в течение пяти лет исследований находилось в пределах 4,29–4,65 %.



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. $N_{64}P_{32}K_{54}$ (фон, NPK); 8. NPK + солома; 9. NPK + солома + N10/т; 10. NPK + солома + биопрепарат; 11. NPK+ солома + N10/т + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат

Рисунок 4 – Динамика содержания гумуса в пахотном слое чернозема типичного, % (2013–2017 гг.)

Минеральные удобрения, вносимые в почву, не оказали существенного влияния на содержание гумуса в почве. Внесение соломы на минеральном фоне и в комплексе с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом повлияло на изменение значений содержания гумуса в пахотном слое чернозема типичного. На этих вариантах содержание гумуса за годы исследований варьировало от 4,22 до 4,65 %.

При использовании сельскохозяйственных земель наиболее существенным снижением гумуса считается уменьшение его количества на 15 % от исходного значения (Постановление Правительства Российской..., 2011). В результате определения содержания гумуса до введения севооборота и по окончании его ротации были выявлены его изменения (таблица 3).

Таблица 3 – Изменения содержания гумуса в пахотном слое чернозема типичного за ротацию севооборота в зависимости от систем удобрений озимой пшеницы, %

№ п/п	Вариант	Слой почвы	Исход- ное	Факти- ческое	Изме- нение +/-
1	Без удобрений (контроль)	0-30	4,24	4,32	+0,08
2	Солома предшественника	0-30	4,42	4,65	+0,23
3	Солома + N10/ т соломы	0-30	4,29	4,47	+0,18
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	0-30	4,42	4,58	+0,16
5	Солома + N10/т + биопрепарат	0-30	4,35	4,65	+0,30
6	Биопрепарат	0-30	4,18	4,32	+0,13
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	0-30	4,32	4,27	-0,05
8	NPK + солома	0-30	4,31	4,58	+0,27
9	NPK + солома + N10/т	0-30	4,39	4,65	+0,26
10	NPK + солома +биопрепарат	0-30	4,22	4,49	+0,27
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	0-30	4,37	4,57	+0,20
12	NPK + биопрепарат	0-30	4,28	4,43	+0,15
HCP ₀₅		В приложениях			

При использовании в системе удобрения озимой пшеницы только сидерата увеличение гумуса в почве было несущественным и составило 0,08 %. На варианте с внесением минеральных удобрений содержание гумуса в почве снизилось на 0,05 %. Учитывая критерии наиболее существенного снижения гумуса, равное 15 % от исходного, которое составляет в черноземе типичном 0,65 %, через 65 лет удаление соломы возделываемых культур может привести к существенному снижению данного показателя.

При запашке соломы и использования сидерата содержание гумуса в пахотном слое за ротацию севооборота повысилось на 0,23 %, что доказывает положительное влияние соломы предшественника и сидерата на увеличение содержания гумуса в почве.

В этом отношении более эффективным оказался вариант с внесением соломы совместно с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом. При этом содержание гумуса в пахотном слое увеличилось на 0,3 %, что, по-видимому, было

обусловлено более высокой урожайностью на данном варианте ячменя и вико-овсяной смеси, соответственно и бóльшим поступлением в почву органического вещества.

Однако при повторении данного варианта на минеральном фоне эффективность его снижалась по сравнению с вариантами, где минеральная азотная добавка и биопрепарат Байкал ЭМ-1 вносились в почву отдельно с соломой. Следовательно, при использовании минеральных удобрений солому достаточно обрабатывать биопрепаратом Байкал ЭМ-1.

Таким образом, использование в технологии возделывания озимой пшеницы на черноземе типичном сидерата, соломы предшественника, а также комплексного внесения соломы с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом способствовало сохранению и увеличению содержания гумуса в пахотном слое (в наших опытах на 0,16–0,3 %)

3.3 Микробиологическая и ферментативная активность

3.3.1 Микробиологическая активность

Биологическая активность почвы - это совокупность биологических процессов, на активность которых влияют корневые системы растений, почвенные животные и микроорганизмы. Особенно велика роль последних, так как именно они принимают активное участие в разложении растительных остатков, а, следовательно, изменении химических свойств почвы (Сабо Е.Д., Кормилицына О.В., 2001).

Кроме того, сообщество микроорганизмов является главным участником процессов биогеохимического круговорота веществ и энергии, обеспечивающего устойчивое функционирование агроэкосистем. Поэтому регулирование их деятельности необходимо при разработке систем удобрения сельскохозяйственных культур (Васильев О.А., 2006).

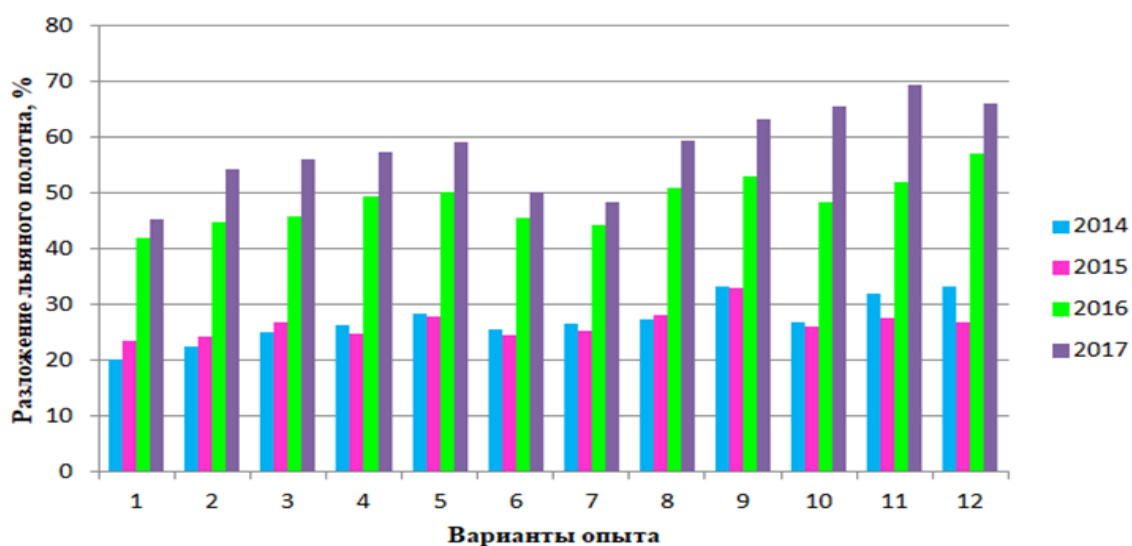
Обогащение пахотного слоя органическим веществом является одним из факторов, который успешно можно использовать для регулирования биологического состояния почвы. В качестве органического удобрения использование растительных остатков, соломы зерновых и зернобобовых культур – малозатратный, экологически безопасный и экономически целесообразный способ воспроизводства почвенного плодородия (Русанова И.В., 2015). По результатам исследования автора, использование соломы в качестве удобрения способствовало повышению азотфиксирующей активности и численности микроорганизмов в пахотном горизонте. Такое же положительное влияние на жизнедеятельность микроорганизмов оказывают сидеральные культуры. Так, в исследованиях И.Н. Зеленина и А.В. Чернышова (2011) установлено, что использование озимых сидеральных смесей увеличивало целлюлозолитическую активность почвы, которая повышалась до 49–53 %, что выше контрольного варианта на 11–15 %.

Среди почвенных микробиологических процессов первое место занимает разложение целлюлозы микрофлорой. Степень разложения целлюлозы определяет интенсивность круговорота элементов питания в почве. В результате такого разложения происходит образование соединений, которые входят в состав гумуса, что в свою очередь обуславливает увеличение содержания гумуса в почве (Смирнов Б.А., Котьяк П.А., Чебыкина Е.В., 2008).

Экспериментально доказано, что в почве существует прямая взаимосвязь между разложением клетчатки и биологической фиксацией азота. Целлюлозоразлагающие микроорганизмы разрушают клетчатку, а продукты её разложения легко усваивают азотфиксирующие микроорганизмы (Брескина Г.М., Чуян Н.А., Еремина Р.Ф., 2009). Благодаря такой взаимосвязи целлюлозоразлагающие бактерии ускоряют процесс разложения клетчатки, увеличивая при этом запас углеродистой пищи для азотфиксаторов.

В наших исследованиях микробиологическая активность почвы определялась аппликационным методом. Результаты показали, что активность микроорга-

низмов под посевами озимой пшеницы в значительной степени различается по годам исследований. В первую очередь, она зависит от количества выпадающих осадков и температурных условий в период вегетации растений (приложения 1, 2, 3, 4, 5).



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. $N_{64}P_{32}K_{54}$ (фон, NPK); 8. NPK + солома; 9. NPK + солома + N10/т; 10. NPK + солома + биопрепарат; 11. NPK+ солома + N10/т + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат

Рисунок 5 – Влияние системы удобрения на степень разложения льняной ткани под посевами озимой пшеницы, % (2014–2017 гг.)

В течение вегетации озимой пшеницы в 2014 году степень разложения льняного полотна на контроле составляла 20,3 % и увеличивалась при внесении соломы до 23,4 %. Аналогичная закономерность прослеживалась при внесении минеральных удобрений как отдельно (26,6 %), так и в комплексе с соломой (27,4 %) (приложение 6, рисунок 5).

Степень разложения целлюлозы значительно повышалась на вариантах, где совместно с соломой использовали компенсирующую минеральную добавку N10/т (25,1 %) и биопрепарат Байкал ЭМ-1 (26,1 %). Последнее объясняется тем, как было отмечено выше, что при внесении органического вещества совместно с минеральным азотом значительно усиливается процесс разложения клетчатки, а

обработка соломы биопрепаратом Байкал ЭМ-1, в состав которого входят микроорганизмы целлюлозолитики, является эффективным способом ускорения разложения соломы.

Внесение в почву соломы на минеральном фоне в значительной степени способствовало повышению степени разложения льняной ткани: при совместном применении NPK с соломой и компенсационной добавкой N10/т она составила 33,4 %, при совместном внесении NPK с соломой и биопрепаратом – 26,8 %. Данную закономерность можно объяснить положительным влиянием минеральных удобрений на скорость разложения соломы.

Более высокий показатель (28,4 %) был отмечен на варианте с одновременным применением соломы с азотной добавкой и биопрепаратом.

В течение вегетации 2015 года степень разложения льняного полотна по вариантам опыта была несколько выше по сравнению с предыдущим периодом исследований. Наиболее высокая активность микробов была на варианте с внесением минеральных удобрений, соломы и компенсационной добавки N10/т и составила 32,9 %.

Погодные условия вегетационного периода 2016 года были наиболее благоприятны для активности микроорганизмов. Количество осадков за май–июль составило 216,9 мм, что способствовало повышению степени разложения льняных полотен по вариантам опыта до 42–57,1 %.

Минеральная азотная добавка N10/т при внесении ее с соломой способствовала усилению интенсивности разложения льняной ткани до 45,8 % по сравнению с контрольным вариантом, где она была на уровне 43 % и вариантом с соломой – 44,8 %.

При проведении исследований в 2017 году сохранялась аналогичная закономерность по идентичным вариантам опыта, но на более высоком уровне. Так, при комплексном применении соломы и биопрепарата показатель соответствовал 57,5 %, с применением одной соломы – 54,2 %.

Использование минеральных удобрений, как и в предыдущие годы исследований, оказало положительное влияние на интенсивность разложения целлюлозы.

Внесение соломы в комплексе с компенсационной добавкой N10/т на минеральном фоне и биопрепарата на фоне NPK увеличило процент разложения ткани до 63,3 % и 69,5 % соответственно. Повышение общей микробиологической активности обусловлено достаточным запасом влаги и питательных веществ, поступивших в почву с соломой, сидератом и NPK.

В среднем за годы исследований на контроле степень разложения льняной ткани составляла 32,8 %. Внесение в почву соломы способствовало увеличению данного показателя до 36,6 %, тогда как применение соломы, биопрепарата и компенсационной добавки повысило его до 41,4 %, на минеральном фоне – до 45,9 %. Отдельное внесение биопрепарата позволило повысить целлюлозоразлагающую активность до 36,5 %, что подтверждает приведенные выше данные о необходимости органического вещества для плодотворной жизнедеятельности и активной работы почвенной биоты.

Таким образом, применение соломы и сидерата в системах удобрения озимой пшеницы приводило к повышению микробиологической активности почвы. Самая высокая активность микроорганизмов была на варианте совместного внесения соломы, биопрепарата и компенсационной добавки N10/т и на одноименном варианте на фоне расчетных доз удобрений: превышение относительно контроля составляло 8,6 % и 13,2 % соответственно. Таким образом, при использовании соломы с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом создается наиболее благоприятная среда для деятельности почвенной микрофлоры.

Во многих научных исследованиях уделяется много внимания изучению функциональных зависимостей между микробиологическим и биохимическим состоянием почвы, скоростью трансформации органических веществ в ней (Звягинцев Д.Г., 1978).

В связи с этим всегда остается актуальным изучение изменений в почвенно-биотическом комплексе, происходящие под воздействием агрохимических факторов, определяющих эффективное плодородие почв и качество получаемой растениеводческой продукции.

Солома является энергетически емким веществом, которое способно доста-

точно продолжительное время взаимодействовать с почвенно-биотическим комплексом с высвобождением различных элементов питания и участвовать в образовании сложных органических соединений – предгумусовых матриц.

В таблице 4 показана вариабельность численности основных эколого-физиологических групп микроорганизмов почвы при внесении соломы, биопрепарата и минеральных удобрений по отдельным вариантам опыта.

Таблица 4 – Численность эколого-физиологических групп микроорганизмов в пахотном слое чернозема типичного под посевами озимой пшеницы

Вариант	КОЕ / 1 г абс.-сух. почвы					
	МПА, $\times 10^7$	АГК, $\times 10^4$	ЭШБИ, $\times 10^4$	АМЕН, $\times 10^6$	АМУР, $\times 10^6$	НАТ, $\times 10^6$
Без удобрений	26,01	6,72	1,36	12,91	90,40	32,01
Солома предшественника	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

Результаты исследований показывают, что количество клеток аммонифицирующих бактерий, отвечающих за разложение азотсодержащих органических соединений в почве (МПА), в целом изменялось незначительно. На вариантах опыта с внесением в почву соломы предшественника их численность была несколько снижена (на 6 %), однако при совмещении с полным минеральным удобрением – активизирована (на 8 %), что, очевидно, связано с пополнением почвенного раствора доступными формами азота, который необходим для минерализации сложных углеводов соломы.

На вариантах с использованием биопрепарата Байкал ЭМ-1 численность аммонификаторов в почве повышалась относительно контрольного варианта на 7 % от внесения биопрепарата и на 13 % – от его совместного внесения с удоб-

рением в дозе N64P32K54.

При внесении соломы численность целлюлозоредуцирующих микроорганизмов в почве, участвующих в деградации сложных безазотистых органических веществ (АГК), повышалась на 9 %. Однако при добавлении к соломе минеральных веществ (NPK) количество клеток целлюлозолитиков повышалось уже на 18 % относительно контроля, что в 2 раза превышает увеличение их числа на варианте с соломой. Последнее объясняется необходимостью наличия в почве доступного азота для микробиологической деструкции клетчатки.

Использование в технологии возделывания озимой пшеницы биопрепарата способствовало увеличению численности целлюлозотрофов только при его совместном использовании с NPK (до 12 % относительно контрольного варианта).

В отношении несимбиотических азотфиксаторов, учитываемых на питательной среде Эшби, нужно сказать, что их количество повышалось примерно в одинаковой степени от внесения соломы (на 10 % и 13 %), что могло быть обусловлено активизацией их азотфиксирующих свойств, связанных с недостатком в почвенном растворе доступных форм макроэлементов, которые используются другими группами бактерий – аммонификаторами и целлюлозолитиками. Это подтверждается снижением численности несимбионтов на варианте с внесением в почву полного минерального удобрения.

На вариантах с использованием биопрепарата Байкал ЭМ-1 количество азотфиксирующих бактерий повышалось – до 11 % и до 15 % на варианте с биопрепаратом и его совмещением с NPK соответственно.

Численность литотрофных и органотрофных фосфатредуцирующих микроорганизмов, учитываемых соответственно на агаре Муромцева (АМУР) и Менкиной (АМЕН), оставалась практически неизменной по вариантам исследований. Несущественная их активизация (до 2 %) прослеживалась от внесения в почву минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1.

Учет количества микроорганизмов на нитритном агаре Теппер (НАТ), участвующих в трансформации специфических органических (гумусовых) веществ почвы, показал, что их существенное увеличение происходило от внесения в поч-

ву соломы – до 44 % относительно контроля. При совмещении соломы с минеральными удобрениями увеличение численности клеток автохтонных микроорганизмов происходило не столь сильно – на 19 %. По-видимому, это могло быть связано с большим недостатком в почве минеральных форм азота, которые необходимы для деструкции клетчатки. В результате чего автохтонные бактерии, способные к выделению ферментов-оксидоредуктаз, при разложении сложных углеводов использовали азот гумусовых компонентов почвы.

Использование минеральных удобрений ($N_{64}P_{32}K_{54}$) и биопрепарата Байкал ЭМ-1 не приводило к значительному увеличению количества рассматриваемых микроорганизмов в почве, однако при их сочетании численность увеличивалась на 10 % по отношению к контрольному варианту.

3.3.2. Ферментативная активность

Изменение численности экологических групп микроорганизмов в почве сопровождалось вариабельностью ферментов гидролазной (табл. 5) и оксидоредуктазной (табл. 6) систем.

Таблица 5 – Гидролазная ферментативная активность почв при использовании различных систем удобрения озимой пшеницы

Вариант	Протеазная активность, мг глицина/ 1 г почвы/24 ч.	Целлюлазная активность, мкг глюкозы/ 10 г почвы/48 ч.	Фосфатазная активность, мг P_2O_5 / 1 г почвы/30 мин.
Без удобрений	9,14	5,27	2,90
Солома предшественника	8,61	6,46	2,99
Биопрепарат Байкал ЭМ-1	9,52	6,79	3,29
$N_{64}P_{32}K_{54}$ (NPK)	9,42	7,55	2,94
NPK + солома	15,23	7,78	2,95
NPK + биопрепарат	17,58	7,27	3,01

Так, протеазная активность почвы повышалась в наибольшей мере в 1,7 раз от внесения полного минерального удобрения и почти в 2 раза – при его сочетании с биопрепаратом.

Целлюлазная ферментативная активность пахотного слоя увеличивалась на 23 % от внесения соломы и на 29 % от биопрепарата, использованных в качестве удобрений. 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».

В отношении фосфатазной активности почвы нужно отметить, что ее заметное увеличение (на 13 %) прослеживалось только на варианте с использованием биопрепарата Байкал ЭМ-1.

Изменения в системе оксидоредуктазных ферментов в почве при использовании различных систем удобрения озимой пшеницы показано в таблице 6.

Таблица 6 – Оксидоредуктазная ферментативная активность почв при использовании различных систем удобрения озимой пшеницы

Вариант	Полифенолоксидазная активность, мл 0,01 Н р-ра I ₂ / 1 г почвы/2 мин.	Пероксидазная активность, мл 0,01 Н р-ра I ₂ / 1 г почвы/2 мин.	Каталазная активность, см ³ O ₂ / 1 г почвы/2 мин.
Без удобрений	8,53	4,03	12,68
Солома	7,01	6,19	11,73
предшественника			
Биопрепарат	8,61	4,18	12,05
Байкал ЭМ-1			
N ₆₄ P ₃₂ K ₅₄ (NPK)	8,66	4,16	12,35
NPK + солома	7,38	6,44	12,22
NPK + биопрепарат	8,71	4,22	12,76

Из всех рассматриваемых вариантов опыта установлено снижение полифенолоксидазной активности на вариантах с внесением соломы (на 19 % и на 14 %), а также существенное повышение активности пероксидаз – на 54 % и на 60 %. По-видимому, такие изменения могут быть связаны с наличием в почве безазотистого органического вещества, труднодоступного к разложению. По этой причине ак-

тивность разложения специфического вещества почвы – гумуса может быть активизирована.

Активность каталазы почвы по всем экспериментальным вариантам была несколько снижена относительно контроля и в целом оставалась на одном уровне.

В проведенных исследованиях выявлено, что из всех рассматриваемых ферментативных активностей несущественные тенденции в их изменении от влияния рассматриваемых факторов прослеживались только в отношении активности полифенолоксидаз почвы.

3.4 Агрохимические показатели

Применение удобрений при возделывании культур приводит к изменению содержания, подвижности и доступности элементов питания в почве, что оказывает сильное влияние на продуктивность растений. Питание растений связано не только с количеством необходимых элементов в почве, внесенных с удобрениями, но и биологическими, физико-химическими и химическими процессами, которые происходят между почвой, удобрениями и сельскохозяйственными культурами (Листопадов И.Н., Шапошникова И.М., 1984; Veremeenko S.I., Furmanets O.A., 2014).

Длительное систематическое внесение физиологически кислых минеральных удобрений способствует повышению кислотности почвенного раствора (Небытов В.Г., Кузнецова Е.А., 2012).

Органическое удобрение, внесенное в почву, создает резерв необходимых растениям питательных элементов, которые поступая в почву, переходят в доступные формы в течение вегетационного периода, обеспечивая ими растения. Кроме того, оно способствует сохранению и повышению содержания гумуса, увеличивает численность и активность микроорганизмов в почве (Назырова Ф.И., Гарипов Т.Т., 2012).

Применение сидератов в качестве органического удобрения приводит к увеличению поступления лабильных органических соединений в пахотный слой, улучшает агрофизические, агрохимические и биологические свойства почвы, что способствует повышению урожайности культур (Берзин А.М., Шпедт А.А., 2001).

Солома, представляя собой легкодоступный источник углерода, при внесении в почву стимулирует развитие почвенной микрофлоры. Кроме того, после разложения соломы образуется активный гумус (Смирнов Б.А., Котьяк П.А., Чебыкина Е.В., 2008).

Совместное применение сидерата с соломой способствует устранению отрицательного влияния зерновой специализации севооборота на почвенное плодородие, повышая при этом урожайность культур (Лошаков В.Г., 2016).

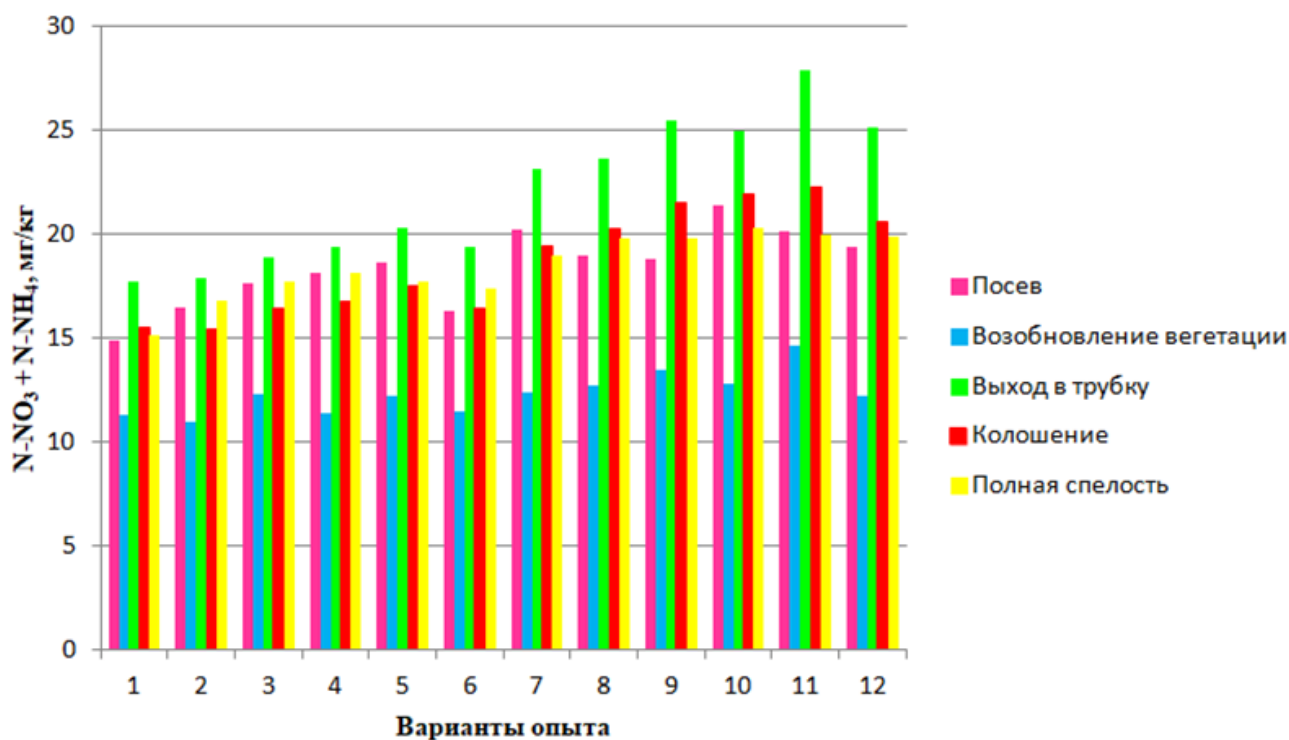
Следует отметить, что эффективность сидерата и соломы значительно возрастает при использовании их в органоминеральной системе удобрения. При этом создается оптимальный режим питания растений не нарушается баланс питательных элементов и сохраняется плодородие почвы (Небытов В.Г., Кузнецова Е.А., 2012).

Таким образом, в технологии возделывания озимой пшеницы система удобрения должна обязательно предусматривать обеспеченность растений элементами питания для получения планируемой урожайности и создания условий для повышения коэффициента использования питательных веществ из почвы, органических и минеральных удобрений (Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф., 2013).

Изучение влияния сидерата, соломы, биопрепарата и минеральных удобрений на содержание основных элементов питания в пахотном слое чернозема типичного проводилось в течение 2013–2017 гг. Нами установлено, что содержание нитратного и аммонийного азота в почве зависело не только от применяемых систем удобрения, но и погодных условий вегетационных периодов, а также влажности почвы. Почвенные образцы отбирались по фазам развития озимой пшеницы: всходы, возобновление вегетации (весеннее кущение), выход в трубку, колошение, полная спелость (рисунок 6).

Полученные данные лабораторного анализа показали, что содержание минерального азота в черноземе типичном в слое 0–30 см во время посева озимой пшеницы на контроле составляло 14,8 мг/кг почвы. Внесенная в почву солома способствовала повышению содержания доступного азота на 1,8 мг/кг по сравнению с контролем. При этом на вариантах с применением соломы как совместно с компенсационной добавкой N10/т, так и с использованием биопрепарата увеличение дан-

ного показателя в сравнении с контролем составляло 2,7 и 3,2 мг/кг соответственно. На вариантах без минерального удобрения (NPK) более высокое содержание минерального азота (18,6 мг/кг), отмечалось при совместном применении соломы с минеральной азотной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-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. $N_{64}P_{32}K_{54}$ (фон, NPK); 8. NPK + солома; 9. NPK + солома + N10/т; 10. NPK + солома + биопрепарат; 11. NPK+ солома + N10/т + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат

Рисунок 6 – Содержание минерального азота ($N-NO_3 + N-NH_4$) в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития озимой пшеницы, мг/кг (2013–2017 гг.)

Повышение количества минерального азота в почве, как было отмечено выше, связано с повышением степени разложения соломы за счет усиления микробиологической активности почвы и высвобождения питательных элементов. Дополнительная доза минерального азота N10/т способствовала оптимизации азотного питания и компенсации иммобилизованного азота.

На вариантах с внесением расчетных доз минеральных удобрений (NPK) происходило существенное увеличение концентрации минерального азота в пахотном слое на 3,8–6,6 мг/кг по сравнению с контролем. Максимальное содержание минерального азота перед посевом озимой пшеницы было отмечено на варианте совместного применения соломы с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом на фоне NPK и составило 24,5 мг/кг почвы. На протяжении всего вегетационного периода озимой пшеницы данная закономерность сохранялась.

Проведенными исследованиями установили, что под посевами озимой пшеницы максимальное содержание минерального азота в почве приходится на фазу трубкования. Минимальные показатели были отмечены на контрольном варианте – 17,6 мг/кг почвы. На варианте с внесением соломы содержание азота было на уровне контрольного варианта. При заделке соломы с компенсирующей дозой азота данный показатель составлял 18,9 мг/кг почвы, а с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 – 19,4 мг/кг почвы; следует отметить преимущество второго варианта, на котором количество азота в пахотном слое было выше контроля на 1,8 мг/кг почвы. Более эффективно было внесение соломы в комплексе с минеральной азотной добавкой N10/т и препаратом Байкал ЭМ-1, при этом количество доступного азота составляло 20,4 мг/кг почвы.

Положительная динамика содержания минерального азота в пахотном слое почвы прослеживалась на фоне NPK как отдельно, так и в сочетании с соломой – 23,2 и 23,7 мг/кг почвы соответственно. Вариант с внесением расчетных доз минеральных удобрений совместно с соломой, минеральной азотной добавкой N10/т имел наиболее высокое в данных опытах содержание минерального азота (25,9 мг/кг почвы). В последующие фазы развития озимой пшеницы наблюдалось некоторое снижение в пахотном слое почвы минерального азота с достижением минимального значения к фазе полной спелости зерна от 15,2 до 20,4 мг/кг почвы. Это обусловлено увеличением выноса азота в периоды максимального потребления элемента.

Таким образом, увеличение содержания азота под посевами озимой пшеницы на удобренных вариантах свидетельствует об улучшении питательного режи-

ма растений под влиянием вносимых соломы, биопрепарата и минерального удобрения.

Нами установлена тесная зависимость между содержанием минерального азота в пахотном слое по фазам развития и урожайностью озимой пшеницы. Уравнение регрессии первой степени имеет следующий вид (рисунок 7, 8, 9, 10, таблица 10).

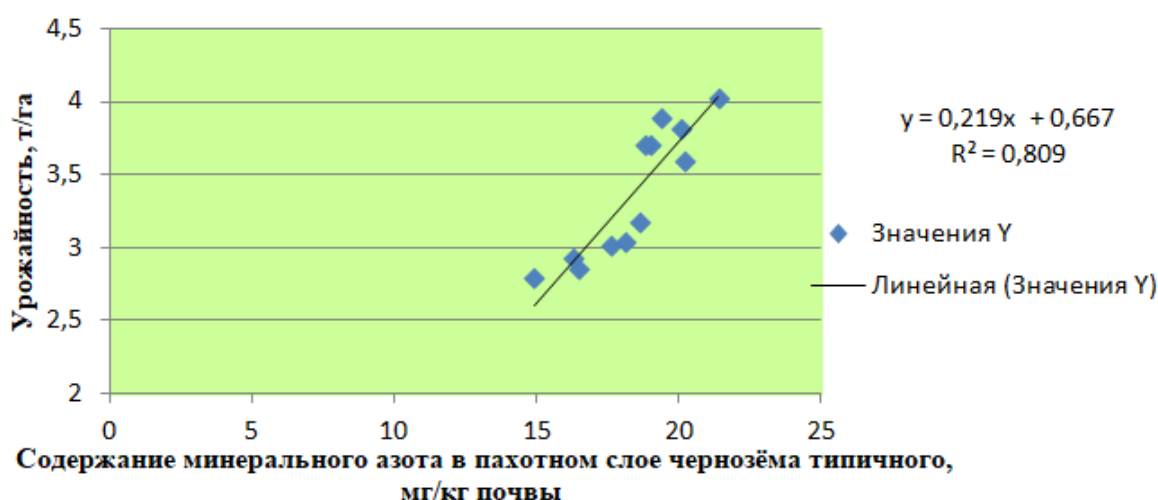


Рисунок 7 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (у) от содержания в чернозёме типичном минерального азота перед посевом (х)

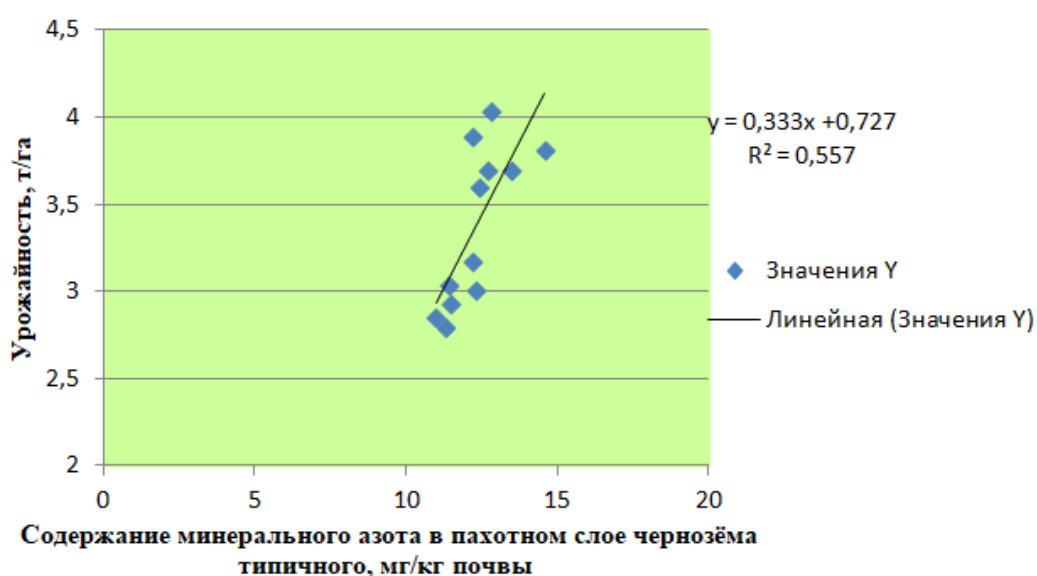


Рисунок 8 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (у) от содержания в чернозёме типичном минерального азота в период возобновления вегетации (х)

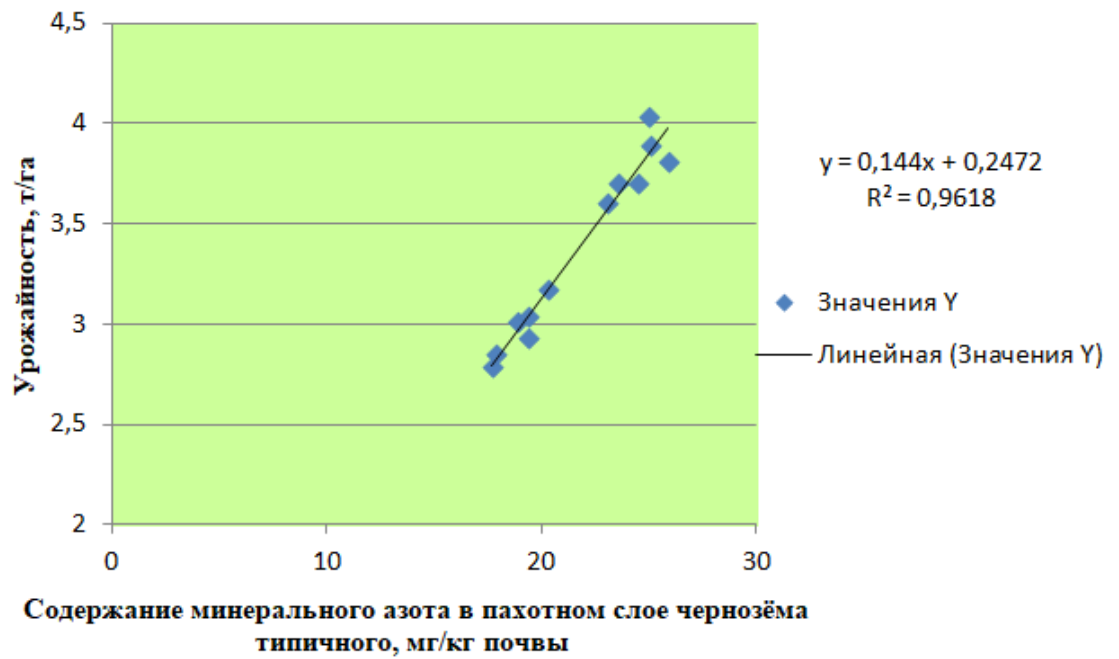


Рисунок 9 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в чернозёме типичном минерального азота в фазу выхода в трубку (x)

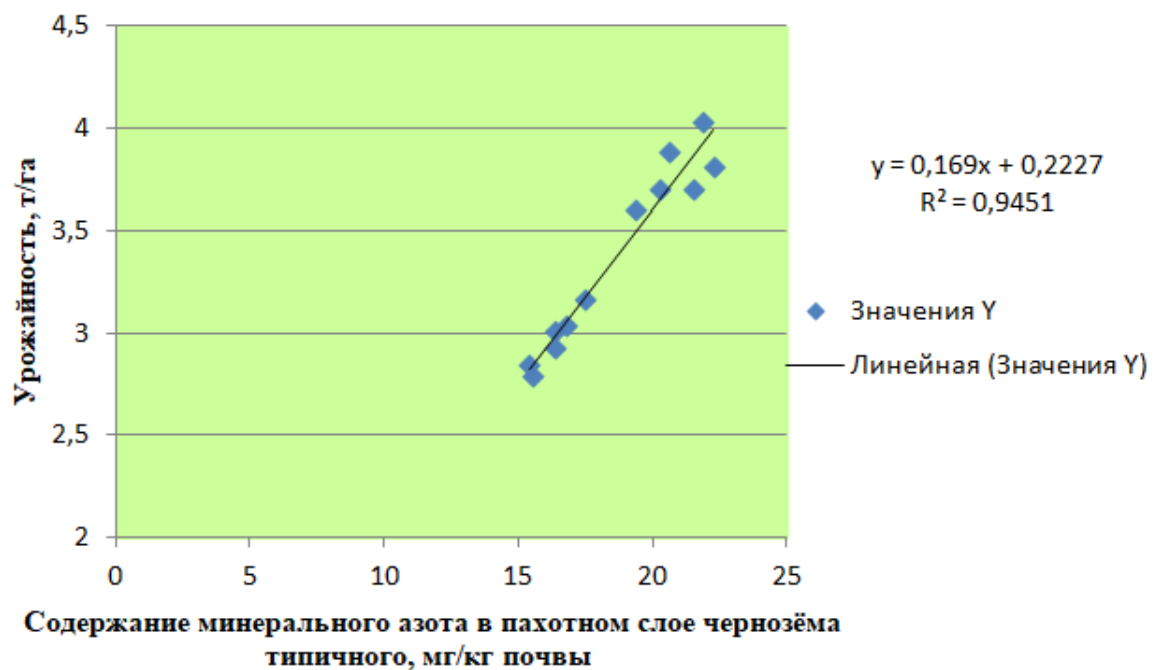


Рисунок 10 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в чернозёме типичном минерального азота в фазу колошения (x)

Проведенные расчеты показали, что между урожайностью зерна озимой пшеницы и содержанием минерального азота в почве отмечена тесная положительная связь, описанная уравнениями регрессии.

Таблица 7 – Зависимость урожайности зерна озимой пшеницы от содержания минерального азота в пахотном слое

Срок определения	Уравнение регрессии	Критерии достоверности
Перед посевом	$Y = 0,219x + 0,667$	$R^2 = 0,809$
Кущение	$Y = 0,333x + 0,727$	$R^2 = 0,557$
Трубкавание	$Y = 0,144x + 0,247$	$R^2 = 0,961$
Колошение	$Y = 0,169x + 0,222$	$R^2 = 0,945$

*Примечание: Y – урожайность, т/га, x – содержание нитратного азота, мг/кг почвы

Изучение влияния соломы на содержание минерального азота под посевами озимой пшеницы позволяет сделать следующие выводы:

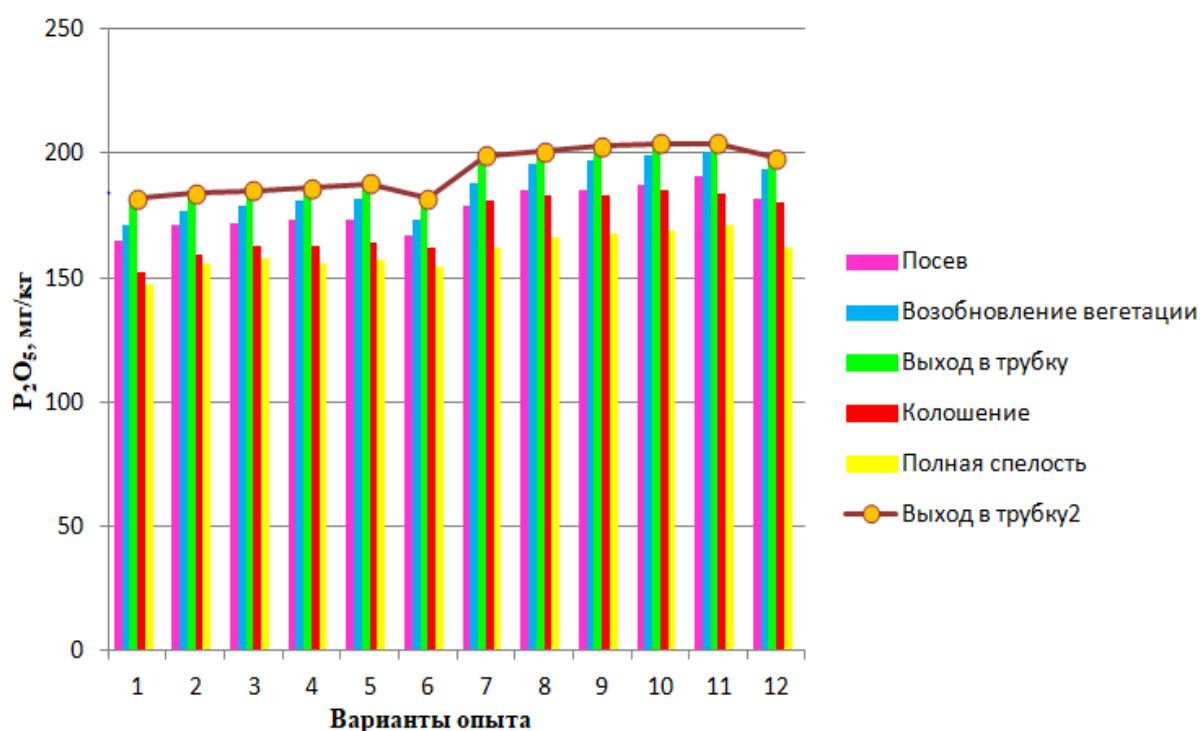
- более высокий показатель содержания минерального азота в пахотном слое под посевами озимой пшеницы был при внесении соломы с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом на минеральном фоне, который составил 20,4 мг/кг;
- максимальное накопление N-NO₃ + N-NH₄ установлено в фазу колошения озимой пшеницы от 17,6 до 25,8 мг/кг почвы;
- между урожайностью озимой пшеницы и содержанием минерального азота в пахотном слое установлена тесная прямая связь, выражаемая соответствующими уравнениями регрессии, что позволяет прогнозировать уровень урожайности заблаговременно до уборки.

Фосфор, являясь необходимым элементом минерального питания растений, входит в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов, мембран. Кроме того, он является элементом энергосистемы и находится в составе макроэнергетических соединений. Валовое содержание фосфора в окультуренных почвах достигает 10–30 т/га пахотного слоя, однако основная часть его, в отличие от азота, находится в водонерастворимой, соответственно, малодоступной для растений форме (Адрианов С.Н., 2008).

Фосфор в почве входит в состав широкого спектра соединений, которые представлены минеральными, органическими, органоминеральными и хемосорбированными комплексами, способными через совокупность взаимодействий обогащать почвенную систему солями ортофосфорной кислоты, доступными растениям (Кольцова И.А. и др., 1994).

Коэффициент использования фосфора из минеральных удобрений увеличивается в почвах, которые содержат наиболее растворимые минеральные фосфаты (Антипина Л.П., 1992). Использование в системе удобрения сидерата и соломы способствует повышению подвижности фосфатов, а, следовательно, и улучшению фосфатного режима почвы (Хасанов Р.Ф., 1994).

Результаты исследований содержания подвижного фосфора в черноземе типичном под посевами озимой пшеницы представлены на рисунке 11.



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

Агрохимический анализ почвы показал, что на экспериментальных вариантах с заделкой соломы в чистом виде и соломы с биопрепаратом перед посевом озимой пшеницы прослеживается увеличение содержания подвижного фосфора по сравнению с контрольным вариантом на 0,7 и 0,8 мг/кг соответственно.

В проведенных ранее исследованиях было установлено, что внесение в почву соломы повышало доступность фосфатов. При совместном внесении соломы с компенсационной добавкой N10/т содержание P_2O_5 увеличивалось на 6 мг/кг по сравнению с контрольным вариантом, что доказывает теорию о влиянии азота на подвижность фосфатов (Barzegar A.R., Yousefi A., Daryashenas A., 2002).

Совместное внесение соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и азотной минеральной добавкой оказывало положительное действие на почву. При этом содержание подвижного фосфора увеличилось до 174 мг/кг, что выше контрольного варианта на 6 %.

На вариантах с внесением минеральных удобрений содержание доступного фосфора увеличивалось до 178–192 мг/кг почвы. Внесение в почву растительной массы соломы и сидерата совместно с NPK способствовало повышению P_2O_5 на 20 мг/кг. Следовательно, повышение уровня содержания подвижного фосфора к посеву озимой пшеницы происходило не только за счет поступления фосфора в почву из минерального удобрения, но и из соломы и сидерата.

В течение вегетационного периода, в целом по вариантам опыта, наиболее высокое содержание фосфора наблюдалось в фазу выхода в трубку (182–204 мг/кг), что, очевидно, связано с более благоприятными почвенными условиями. При этом внесенные солома и сидерат способствовали улучшению структуры и сохранению влаги, что оказало влияние на увеличение в чернозёме типичном фракций доступных фосфатов (Аверкина С.С., Науменко И.В., 2017). Однако выше установленная закономерность сохранялась.

Наименьшее содержание в почве P_2O_5 (147–171 мг/кг) отмечалось в фазу полной спелости зерна озимой пшеницы. В течение вегетационных периодов фосфор высвобождался из твёрдой фазы почвы и поглощался растениями, что снизи-

ло концентрацию его в почвенном растворе к концу вегетации.

В среднем за 5 лет проведенных исследований содержание фосфора в почве к уборке урожая было выше контрольного варианта: на 12 мг/кг – при внесении соломы и компенсационной добавки N10/т – соломы и биопрепарата; на 16 мг/кг – на минеральном фоне; на 19 мг/кг – при использовании соломы с минеральными удобрениями; на 22 мг/кг – при использовании соломы и компенсационной добавки на минеральном фоне; на 23 мг/кг – при внесении соломы с биопрепаратом на минеральном фоне; на 25 мг/кг – при совместном применении соломы, компенсационной добавки и биопрепарата на минеральном фоне; на 16 мг/кг – при внесении биопрепарата на фоне NPK.

Таким образом, результаты исследований показали, что в технологии возделывания озимой пшеницы применение ячменной соломы под сидерат как отдельно, так и в комбинациях с компенсационной минеральной азотной добавкой N10/т, биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и расчетными дозами минеральных удобрений положительно влияло на количество подвижного фосфора в пахотном слое чернозема типичного в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

При анализе полученных экспериментальных данных установлена связь между содержанием подвижного фосфора и урожайностью озимой пшеницы. Уравнение регрессии имеет следующий вид (таблица 8, рисунок 12, 13, 14, 15).

Таблица 8 – Зависимость урожая зерна озимой пшеницы от обеспеченности почвы подвижным фосфором

Срок определения	Уравнение регрессии	Критерии достоверности
Перед посевом	$Y = 0,052x - 5,886$	$R^2 = 0,953$
Кущение	$Y = 0,041x - 4,404$	$R^2 = 0,963$
Выход в трубку	$Y = 0,048x - 6,011$	$R^2 = 0,976$
Колошение	$Y = 0,036x - 2,920$	$R^2 = 0,954$

*Примечание: Y – урожайность, т/га, x – содержание P_2O_5 , мг/кг почвы

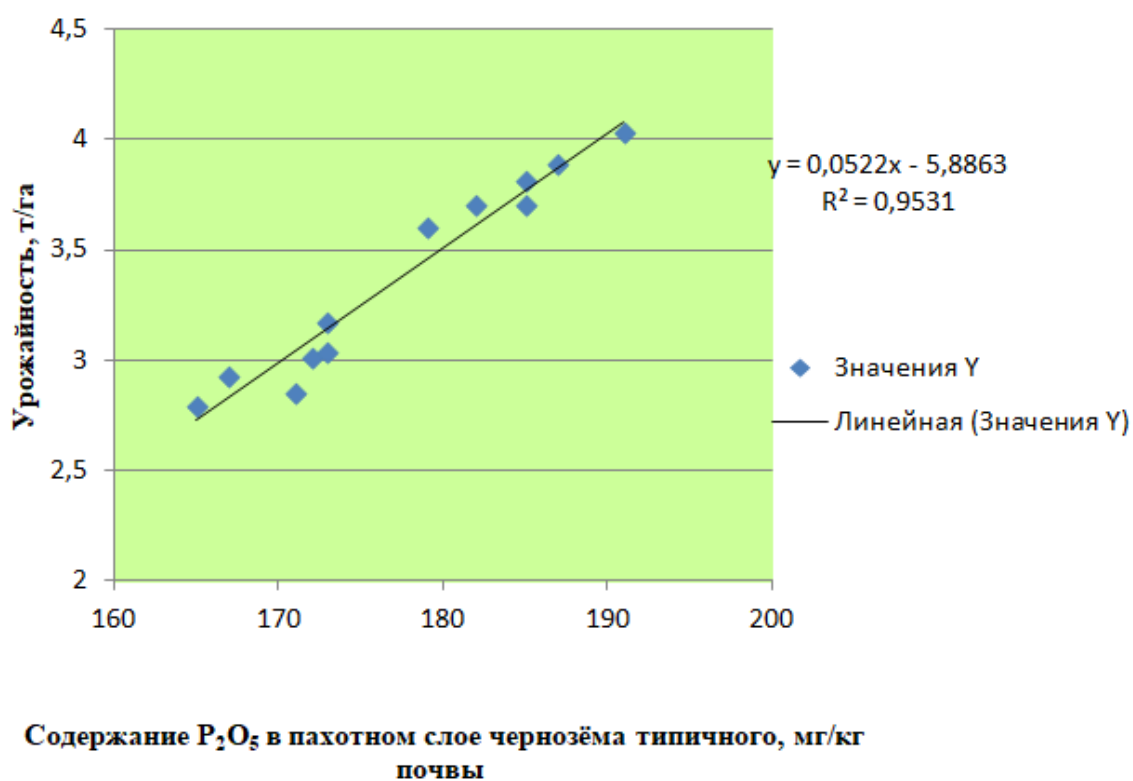


Рисунок 12 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в почве P_2O_5 перед посевом (x)

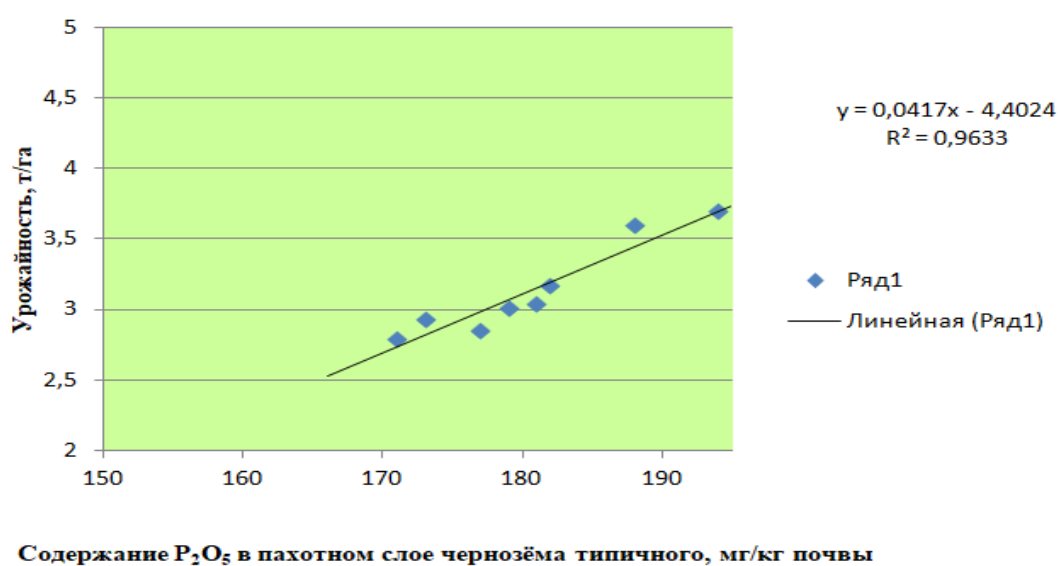


Рисунок 13 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в почве P_2O_5 в период возобновления вегетации (x)

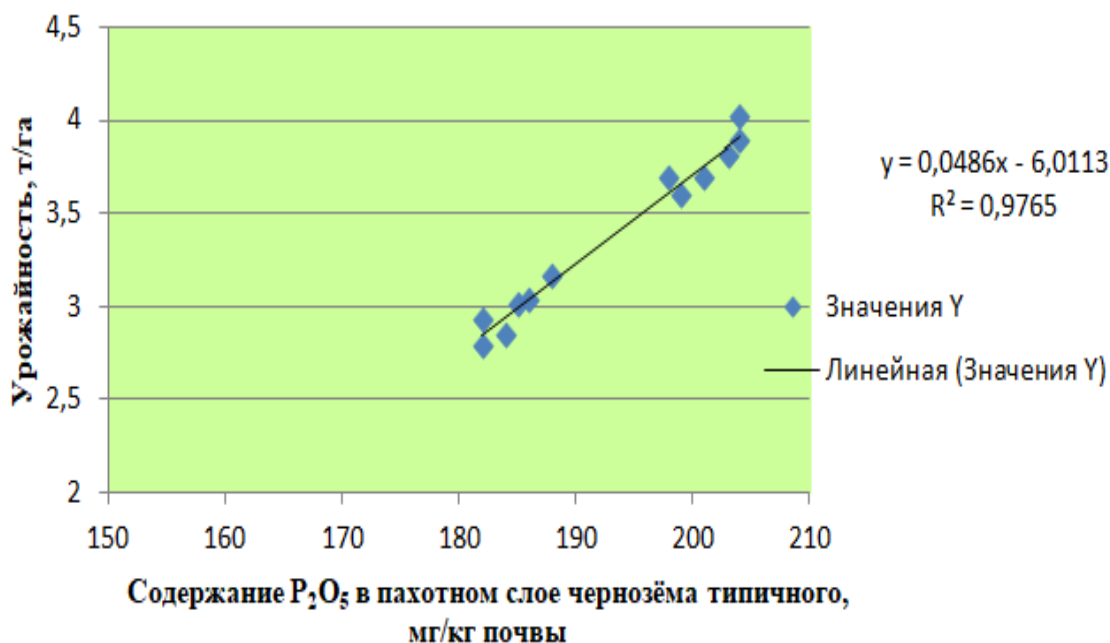


Рисунок 14 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в почве P_2O_5 в фазу выхода в трубку (x)

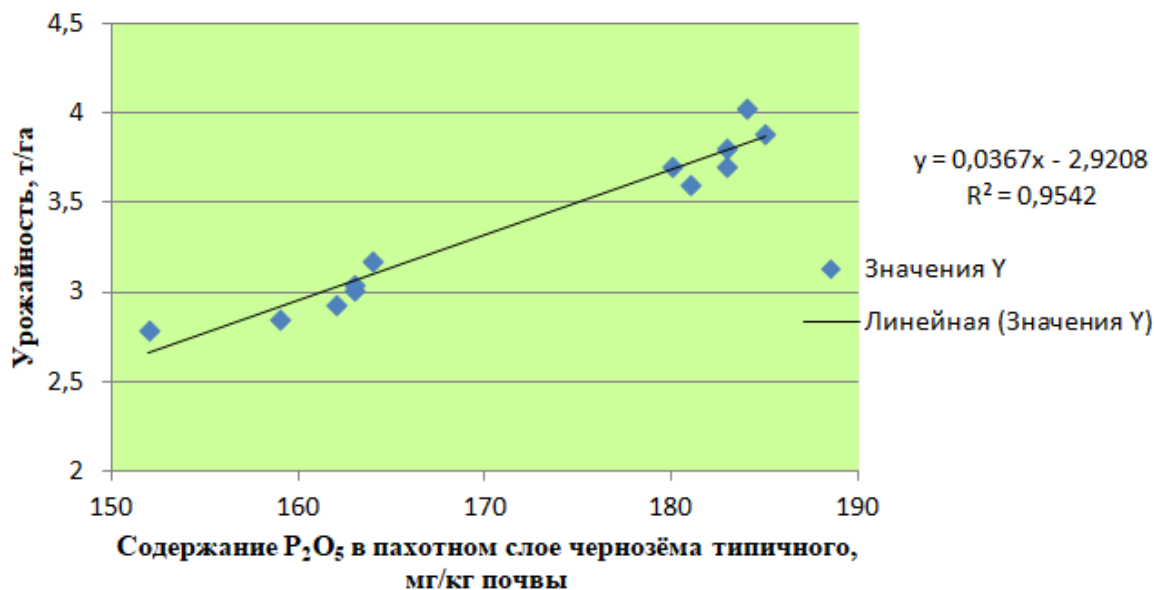


Рисунок 15 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в почве P_2O_5 в фазу колошения (x)

Таким образом, между урожаем зерна озимой пшеницы и содержанием подвижного фосфора (P_2O_5) в пахотном слое чернозема типичного отмечена положи-

тельная взаимосвязь, описываемая соответствующими уравнениями регрессии.

Из результатов проведенных исследований по изучению влияния различных систем удобрения озимой пшеницы на содержание в пахотном слое почвы, в среднем за вегетацию культуры, подвижного фосфора следует:

- применение соломы способствовало увеличению подвижного фосфора в почве по сравнению с контрольным вариантом на 7 мг/кг;

- для повышения эффективности солому целесообразней использовать с компенсационной добавкой N10/т, при этом содержание доступного фосфора в почве повышалось на 7 мг/кг;

- между урожайностью зерна озимой пшеницы и содержанием подвижного фосфора в почве установлена зависимость, выражаемая уравнениями регрессии

$Y = 0,052x - 5,886$ ($R^2 = 0,953$) (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).

Калий занимает третью строчку среди важнейших элементов питания растений. Растения с урожаем выносят его больше, чем фосфора. Калий, сосредоточен преимущественно в растительных клетках в виде ионов, рыхло связанных с протоплазмой. Основная физиологическая функция его заключается в повышении обводненности протоплазмы и увеличении ее водоудерживающей способности (Лукин С.В. и др., 2010).

Ионы калия активируют некоторые ферменты, поддерживают осмотическое давление в клетках. Метаболизм калия тесно связан с углеводным обменом. Недостаток его приводит к нарушению обмена веществ в растениях (Егорова И.А., Кислицина Ю.В., Пузанов А.В., 2009).

В почвах (за исключением торфянистых) валовое содержание калия в 5–10 раз выше, чем азота и фосфора. Больше калия содержат тяжелые по гранулометрическому составу почвы. Основная часть его находится в нерастворимой и, следовательно, не доступной для растений форме.

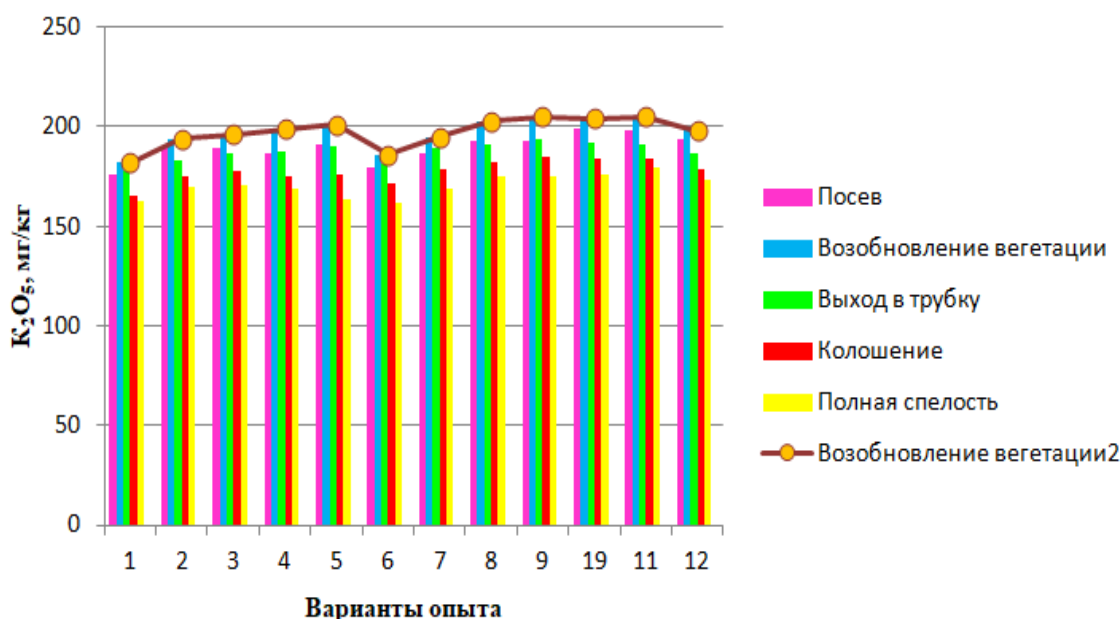
Около 99 % калия содержится в почвах в виде алюмосиликатов – полевых шпатов, глинистых минералов и слюд. Из полевых шпатов калий практически не усваивается растениями, тогда как из некоторых слюдяных и гидрослюдяных

минералов таких, как мусковит, биотит растения с помощью выделяемой корнями угольной и других кислот могут в небольшой степени использовать из них данный элемент.

Водорастворимый калий представлен легкорастворимыми его солями, находящимися в почвенном растворе. Они хорошо доступны для растений, но содержатся в очень небольших количествах – от 1 до 7 мг K_2O на 1 кг почвы.

Обменный калий представлен катионами калия в почвенном поглощающем комплексе. Обменный и водорастворимый калий – это основной источник питания растений. Содержание обменного калия в большинстве почв колеблется от 47 до 235 мг/кг. Но растения используют только наиболее подвижную часть запаса обменного калия, которая вытесняется в почвенный раствор другими катионами.

Содержание обменного калия в черноземе типичном под посевами озимой пшеницы представлено на рисунке 16.



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. $N_{64}P_{32}K_{54}$ (фон, NPK); 8. NPK + солома; 9. NPK + солома + N10/т; 10. NPK + солома + биопрепарат; 11. NPK + солома + N10/т + биопрепарат; 12. NPK + биопрепарат

Рисунок 16 – Содержание K_2O в пахотном слое чернозёма типичного под посевами озимой пшеницы, мг/кг (2013–2017 гг.)

Агрохимический анализ почвы, в среднем за пять лет исследований, показал, что внесение в почву соломы способствовало увеличению в почве содержания обменного калия по сравнению с контрольным вариантом на 13 мг/кг.

При обработке соломы биопрепаратом и на варианте совместного внесения соломы с компенсационной добавкой N10/т содержание доступного калия оставалось на уровне варианта с внесением соломы.

Наиболее высокое содержание в пахотном слое обменного калия (191 мг/кг) было установлено на варианте с внесением соломы, биопрепарата и азотной минеральной добавки 10 кг/т соломы и составило 15 мг/кг. Данные результаты объясняются тем, что солома ячменя была внесена под сидерат заблаговременно до посева озимой пшеницы и складывающиеся благоприятные условия для ее разложения микроорганизмами в осенний и весенне-летний периоды. В результате микробиологической деятельности произошла минерализация органических веществ соломы в легкодоступные для питания растений соединения, в том числе и калия.

Заделка в почву соломы с минеральными удобрениями способствовала увеличению содержания K_2O на 19 мг/кг по отношению к контролю и на 6 мг/кг – NPK, что подтверждает приведенные выше данные об эффективности соломы в калийном питании растений. Аналогичная закономерность установлена в опытах по изучению агрохимических свойств дерново-подзолистых почв (Медин Д.К., Шабардина Н.П., 2016).

Внесение минеральных удобрений в комплексе с соломой и биопрепаратом позволило повысить содержание K_2O в пахотном слое при посеве озимой пшеницы до 198 мг/кг почвы.

За вегетационный период содержание обменного калия изменялось в зависимости от интенсивности потребления элемента растениями и от почвенных условий. Наиболее высокое содержание K_2O в пахотном слое было в весенний период в фазу кущения озимой пшеницы и составляло 182–205 мг/кг почвы.

К уборке озимой пшеницы содержание обменного калия в почве в целом по вариантам опыта несколько снизилось и варьировало от 162 до 180 мг/кг. Следует

отметить, что на удобренных вариантах обеспеченность почвы K_2O была выше контрольного варианта.

При анализе полученных данных установлена связь между содержанием обменного калия и урожайностью озимой пшеницы. Уравнения регрессии имеют следующий вид (таблица 9, рисунок 17, 18, 19, 20).

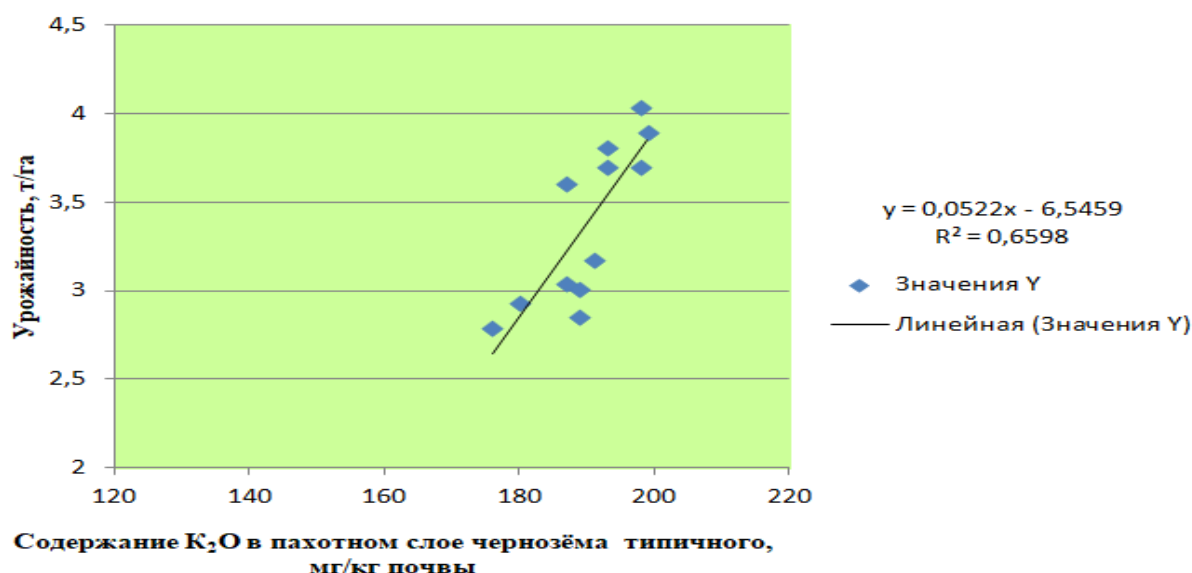


Рисунок 17 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в чернозёме типичном обменного калия перед посевом (x)

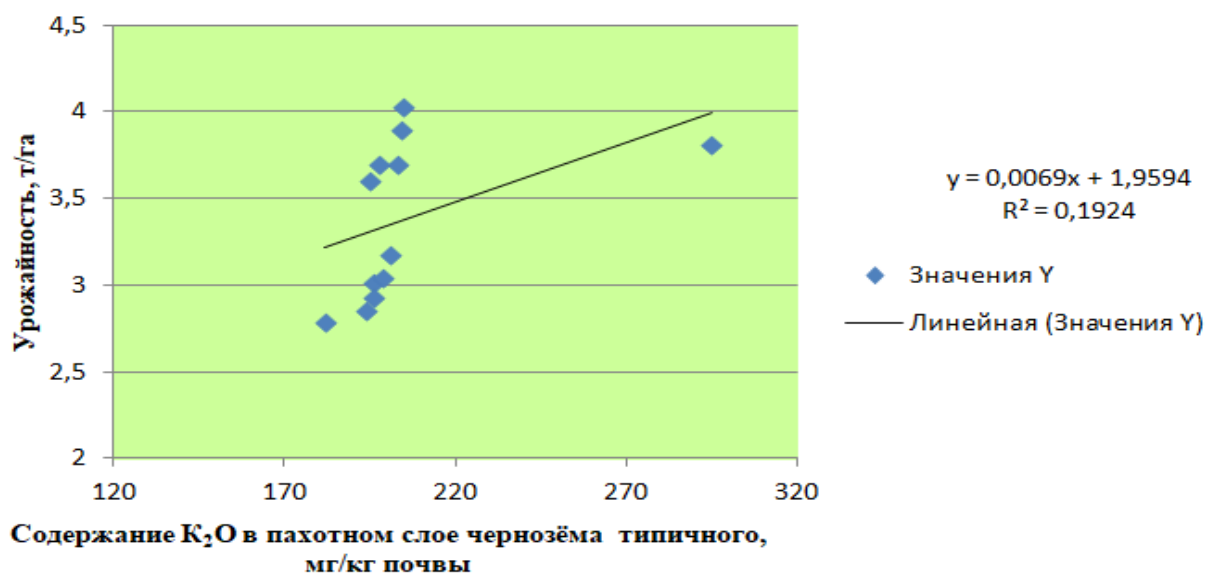


Рисунок 18 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (y) от содержания в чернозёме типичном обменного калия в период возобновления вегетации (x)

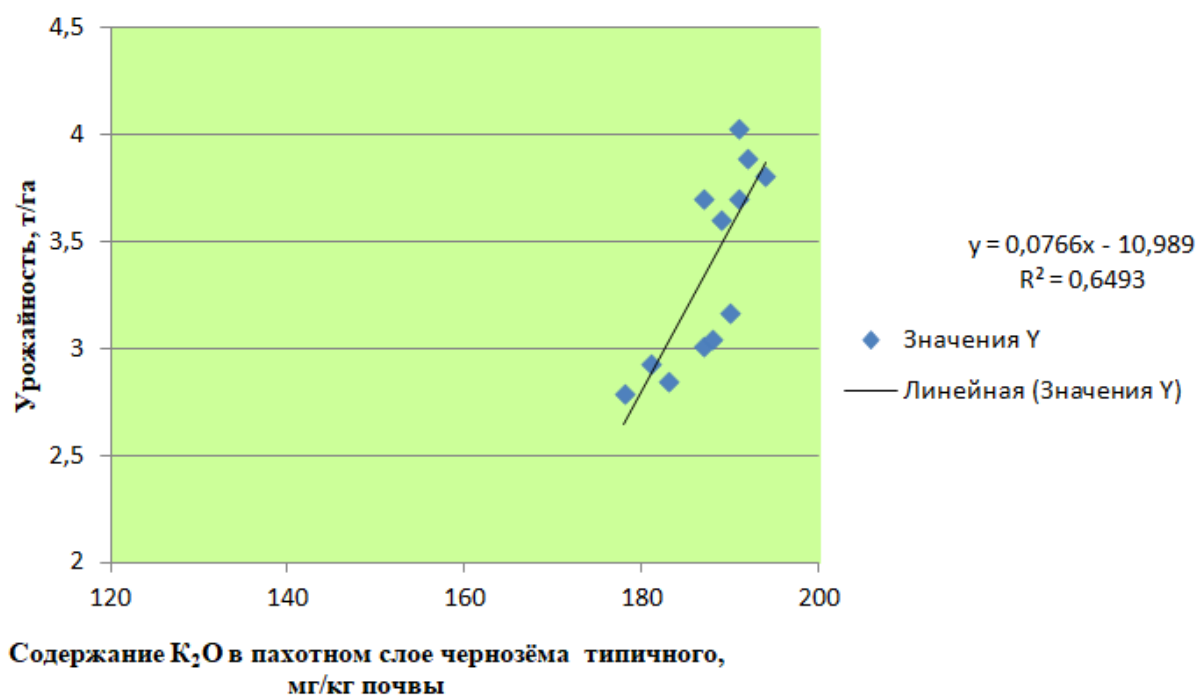


Рисунок 19 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (у) от содержания в чернозёме типичном обменного калия в фазу выхода в трубку (х)

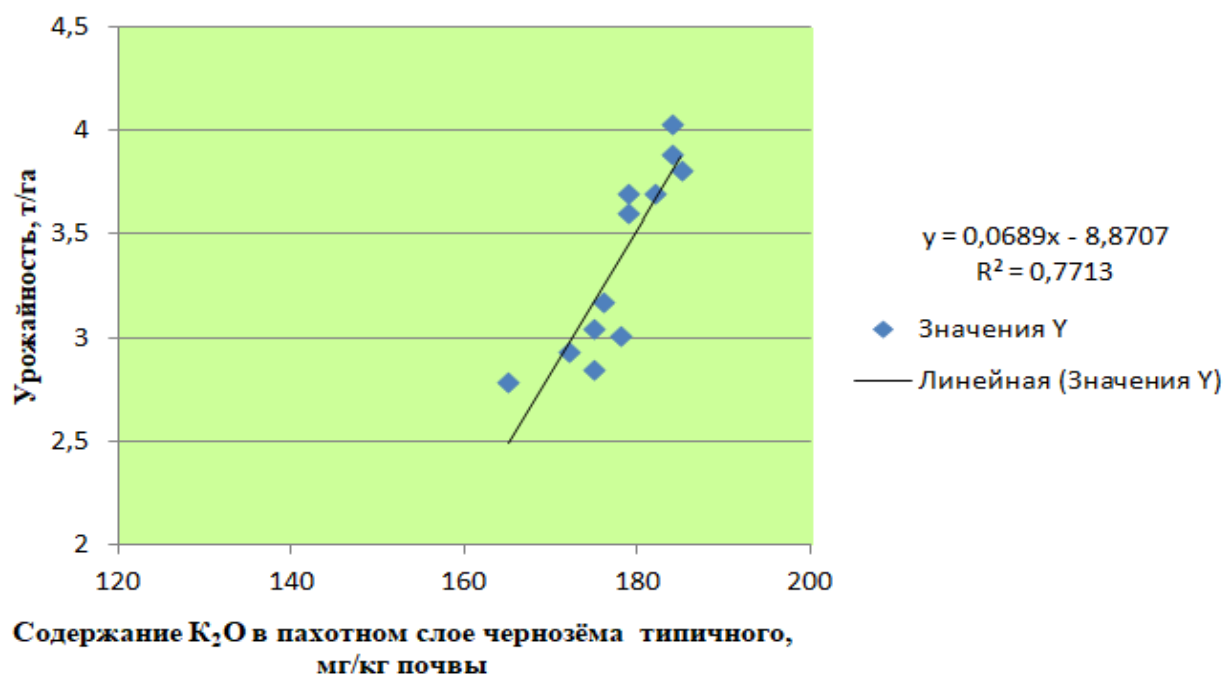


Рисунок 20 – Зависимость урожайности озимой пшеницы (у) от содержания в чернозёме типичном обменного калия в фазу колошения (х)

Таблица 9 – Зависимость урожая зерна озимой пшеницы от содержания обменного калия в пахотном слое почвы

Срок определения	Уравнение регрессии	Критерии достоверности
Перед посевом	$Y = 0,052x - 6,545$	$R^2 = 0,659$
Кущение	$Y = 0,006x - 1,958$	$R^2 = 0,192$
Выход в трубку	$Y = 0,076x - 10,98$	$R^2 = 0,649$
Колошение	$Y = 0,068x - 8,870$	$R^2 = 0,771$

*Примечание: Y – урожайность, т/га, x – содержание обменного калия, мг/кг почвы

Проведенные исследования по изучению влияния систем удобрения озимой пшеницы на содержание обменного калия в пахотном слое чернозема типичного позволяют сделать следующие выводы:

– 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), $0,006x - 1,958$ ($R^2 = 0,192$) (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 Урожайность и ее структура

4.1.1 Урожайность вико-овсяной смеси

Эффективность сидерата в большей степени зависит от количества растительной массы, заделываемой в почву. Поэтому при возделывании сидерата необходимо соблюдать технологические требования для создания оптимальных условий питания растений. Лимитирующим фактором для получения высокой урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси является обеспечение потребности растений в элементах питания.

Применение органических и минеральных удобрений остается наиболее эффективным способом повышения урожайности культур. В качестве органического удобрения на современном этапе развития аграрной отрасли широко стала использоваться солома, в составе которой присутствуют все макро- и микроэлементы, необходимые для питания растений (Зеленев А.В., 2016).

Однако среди ученых нет единого мнения по влиянию вносимой соломы в почву на урожайность культур, возделываемых в первый год внесения. Так, С.Б. Бондаренко (1987) в своих исследованиях установил, что внесение соломы в дозах 4 и 8 т/га снижало урожайность зерна ярового ячменя на 6–9 % независимо от способа ее заделки и только при использовании с соломой азотной компенсационной добавки урожайность ярового ячменя повышалась на 6–8 %. По мнению других исследователей (М.И. Сидоров, Н.И. Зезюков 1988), заделанная в почву солома после уборки предшествующей культуры, без дополнительного внесения минеральных удобрений оказывает положительное действие на продуктивность зерновых культур. Эффективность систем удобрения с использованием соломы зависит от сроков ее заделки. Вегетационными опытами установлено, что внесение соломы в почву весной способствовало снижению урожайности вегетативной массы пшеницы на 25 %, а повторное внесение, наоборот увеличивало до 15 %. По-

видимому, систематическое внесение в пахотный слой почвы соломы способствует повышению ее эффективности как удобрения.

В настоящее время на рынке появилось много предложений по использованию биологических препаратов для активизации процессов разложения соломы (Русакова И.В., Московкин В.В., 2015). В связи с этим в наших исследованиях были изучены различные варианты и выбран наиболее эффективный способ использования соломы в системе удобрения сидерата (вико-овсяная смесь). Изменение урожайности вико-овсяной смеси в зависимости от систем удобрения представлено в таблице 10.

Таблица 10 – Урожайность вико-овсяной смеси, т/га (зеленая масса)

№ п/п	Вариант		Годы исследований					Средняя за 2013 – 2017гг.	Отклоне- ние от контроля		
			2013	2014	2015	2016	2017		т/га	%	
1	Без удобрений (контроль)		15,8	20,2	9,2	20,9	22,2	17,7	-	-	
2	Солома предшественника		16,8	21,5	9,1	20,4	22,9	18,1	0,4	2	
3	Солома + N10/ т соломы		17,0	22,4	10,1	21,8	24,9	19,2	1,5	8	
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1		17,2	22,9	10,5	22,6	24,8	19,4	1,7	10	
5	Солома + N10/т + биопрепарат		17,6	23,6	10,9	23,4	22,6	19,6	1,9	11	
6	Биопрепарат		17,6	22,5	10,6	22,5	22,4	19,1	1,4	8	
7	Последействие N ₅₉ P ₃₉ K ₅₆ (фон, NPK)		18,6	24,7	12,1	24,2	25,2	21,0	3,3	19	
8	Последействие N PK + солома		18,4	24,0	12,6	24,3	26,5	21,2	3,5	20	
9	Последействие NPK + солома + N10/т		19,7	25,3	12,9	25,0	25,9	21,8	4,1	23	
10	Последействие NPK + солома + биопрепарат		19,7	25,7	11,7	24,1	23,3	20,9	3,2	18	
11	ПоследействиеNPK + солома + N10/т + биопрепарат		20,0	26,4	12,4	25,4	25,0	21,8	4,1	23	
12	Последействие NPK + биопрепарат		20,7	27,2	13,0	25,7	26,7	22,7	5,0	28	
НСР ₀₅			Фактор А	0,3	0,6	0,4	0,3	0,4	-	-	-
			Фактор В	0,4	0,2	0,3	0,6	0,5	-	-	-

Улучшение агрофизических, агрохимических и биологических свойств чернозема типичного за счет внесения соломы, азотной минеральной добавки N10 и биопрепарата способствовало заметному повышению урожайности вико-овсяной смеси, используемой в качестве сидерата.

В проведенных исследованиях установлено, что эффективность применения соломы заметно повышалась при совместном внесении с ней как азотной компенсационной минеральной добавки из расчета 10 кг N на каждую внесенную тонну соломы, так и биопрепарата. При использовании соломы прибавка урожайности зеленой массы вико-овсяной смеси в среднем за ротацию севооборота составила 0,4 т/га (2 %). Использование ячменной соломы на удобрение совместно с азотной минеральной добавкой N10 и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 позволило повысить урожайность зеленой массы сидерата на 1,9 т/га, или на 11 % по сравнению с контрольным вариантом. Однако можно предположить, что выгоднее вносить солому совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1.

Применение соломы на фоне последствий минеральных удобрений было более эффективно. При этом урожайность зеленой массы сидерата увеличивалась на 20 %. Внесение соломы на минеральном фоне с азотной добавкой N10 увеличивало урожай растительной массы вико-овсяной смеси 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. Поэтому увеличение растительной массы вико-овсяной смеси на экспериментальных вариантах способствовало изменению урожайности озимой пшеницы. Кроме того, на питательный ре-

жим, а следовательно, и на урожайность зерна оказывало влияние не только количество растительной массы сидерата, заделанной в почву, но и скорость ее разложения. Время высвобождения питательных элементов в доступную для растений форму происходит под влиянием различных факторов, в том числе и почвенно-климатических. Данную закономерность подтверждают результаты исследований по изучению влияния систем удобрения на урожайность озимой пшеницы (таблица 11).

Таблица 11 – Урожайность озимой пшеницы, т/га

№ п/п	Вариант	Годы исследований					Средняя за 2013 – 2017гг.	Отклонение от контроля	
		2013	2014	2015	2016	2017		т/га	%
1	Без удобрений (контроль)	2,49	2,21	2,14	3,29	3,82	2,79	-	-
2	Солома предшественника	2,45	2,42	2,18	3,26	3,93	2,85	0,06	2
3	Солома + N10/ т соломы	2,64	2,51	2,25	3,41	4,25	3,01	0,22	8
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	2,60	2,58	2,30	3,48	4,23	3,04	0,25	9
5	Солома + N10/т + биопрепарат	2,76	2,81	2,41	3,57	4,31	3,17	0,38	14
6	Биопрепарат	2,55	2,46	2,22	3,4	4,03	2,93	0,14	5
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	3,17	2,98	2,64	3,75	5,45	3,60	0,81	29
8	NPK + солома	3,27	3,19	2,68	3,86	5,51	3,70	0,91	33
9	NPK + солома + N10/т	3,34	3,28	2,82	3,96	5,66	3,81	1,02	37
10	NPK + солома +биопрепарат	3,41	3,30	2,78	4,12	5,73	3,89	1,1	39
11	NPK + солома + N10/т + био- препарат	3,54	3,41	3,04	4,34	5,84	4,03	1,24	44
12	NPK + биопрепарат	3,30	3,14	2,7	3,78	5,57	3,70	0,90	33
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	-	-

Анализ урожайности зерна озимой пшеницы показывает, что за ротацию севооборота она варьировала на контрольном варианте от 2,14 до 3,82 т/га. Наиболее благоприятные погодные условия складывались в 2016 и 2017 годах. Соответственно и урожайность зерна за этот период по вариантам опыта была наиболее высокая, а по отдельным вариантам приближалась к 6 тоннам с гектара.

В среднем за пять лет исследований наиболее высокая урожайность озимой пшеницы сформировалась на вариантах без NPK при заделке в почву соломы в комплексе с биопрепаратом и компенсационной добавкой N10/т и составила 3,17 т/га. При этом урожайность зерна, в среднем за ротацию севооборота, увеличивалась относительно контроля на 8–9 % соответственно. Кроме того, в проведенных исследованиях установлено, что заплата чистой соломы в среднем за ротацию севооборота не оказала отрицательного влияния на урожайность зерна озимой пшеницы, и лишь в 2016 году урожайность несколько снизилась, но не значительно.

Более высокая эффективность соломы отмечалась на вариантах совместного ее применения с минеральными удобрениями. Наиболее высокая прибавка урожайности зерна на данном варианте (46 %) была в 2017 году, что, в первую очередь, обусловлено с влиянием погодных условий на создание оптимального теплового и водного режимов почвы, следовательно, повышением доступности элементов питания, в том числе, за счет усиления микробиологической активности пахотного слоя. Наименьшая прибавка урожайности (26 %) установлена в 2015 году по сравнению с контрольным вариантом и на 2 % выше варианта с фоновым внесением минерального удобрения. Совместное применение соломы с NPK способствовало повышению урожайности зерна озимой пшеницы на 0,9 т/а (33 %) по сравнению с контролем и на 0,09 т/га (4 %) по сравнению с NPK.

Использование соломы на минеральном фоне совместно с минеральной азотной добавкой N10/т позволило повысить урожайность зерна озимой пшеницы на 1,02 т/га (37 %) по сравнению с контрольным вариантом, а внесение с биопрепаратом – на 1,1 т/га (39 %). Самая высокая урожайность зерна озимой пшеницы в 4,03 т/га в среднем за пять лет исследований, отмечена на варианте с внесением соломы, компенсационной добавки N10/т и биопрепарата на фоне NPK.

Следовательно, заделка соломы совместно с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом как на фоне расчетных доз минеральных удобрений, так и без них, способствует оптимизации питания растений для получения плановой урожайности озимой пшеницы.

Корреляционно-регрессионный анализ показал зависимость урожайности

озимой пшеницы, кроме агрохимических показателей, от плотности и структуры почвы, количества в ней продуктивной влаги.

В результате расчетов было получено уравнение множественной регрессии:

$$Y = -5,77 - 0,181X_1 + 0,05659X_2 + 0,07551X_3.$$

где Y – урожайность озимой пшеницы, т/га; X_1 – плотность почвы, г/см³; X_2 – количество агрономически ценных агрегатов. X_3 – запасы продуктивной влаги, мм.

Множественный коэффициент корреляции составил 0,57, что свидетельствует о наличии сильной связи между выше указанными показателями и урожайностью озимой пшеницы. Вклад агрофизических показателей в получении зерновой продукции составил 85 % (R^2). При этом установлено, что увеличение плотности почвы на 1 г/см³ приводит к уменьшению урожайности в среднем на 0,18 т/га; увеличение запасов продуктивной влаги на 1 мм – повышению урожайности зерна в среднем на 0,07 т/га.

4.1.3 Структура урожая озимой пшеницы

Структура урожая это совокупность элементов, которая определяет продуктивность растений. Структура урожая озимой пшеницы характеризуется хозяйственно-биологическими показателями, отражающими количественные и качественные изменения, происходящие в процессе онтогенеза растений.

Известно, что одним из важных условий получения высокой урожайности озимой пшеницы является формирование оптимальной густоты ее продуктивного стеблестоя. Это обеспечивается регулированием нормы высева семян, а также уровня минерального питания растений, способствующего усилению энергии кущения зерновых злаков. Нами установлено, что используемые системы удобрения оказывают влияние на величину продуктивного стеблестоя озимой пшеницы при размещении ее после сидерального пара (таблица 12).

Таблица 12 – Структура урожая озимой пшеницы (в среднем за 2013–2017 гг.)

№ п/п	Вариант	Количество продуктив- ных стеблей на 1 м ²	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса зёрен в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г
1	Без удобрений (контроль)	355	18,4	0,81	43,7
2	Солома предшественника	357	18,6	0,83	44,1
3	Солома + N10/т соломы	364	19,1	0,80	44,0
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	378	19,2	0,83	42,6
5	Солома + N10/т + биопрепарат	385	19,1	0,85	43,9
6	Биопрепарат	391	18,7	0,78	40,8
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	402	20,3	0,90	43,7
8	NPK + солома	403	20,6	0,93	44,3
9	NPK + солома + N10/т	408	20,7	0,96	45,6
10	NPK + солома + биопрепарат	405	20,8	0,98	46,4
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	410	20,8	1,01	47,9
12	NPK + биопрепарат	408	20,3	0,93	45,3
НСР ₀₅		В приложениях			

Так, количество продуктивных стеблей на контрольном варианте к концу вегетационного периода озимой пшеницы составляло в среднем за ротацию севооборота 355 шт./м². Внесение соломы не оказало существенного влияния на повышение данного показателя. Однако при использовании ее в системе удобрения с минеральной азотной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 количество продуктивных стеблей увеличивалось на 3 и 6 % соответственно по сравнению с контрольным вариантом. При этом наблюдалось увеличение количества зерен в колосе. Более эффективным оказалось совместное применение соломы с азотной минеральной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Густота продуктивного стеблестоя на данном варианте превысила контроль на 8 %, а количество зерен в колосе увеличивалось на 4 %, что подтверждается урожайными данными.

Внесение расчетных доз минеральных удобрений способствовало увеличению количества продуктивных стеблей до 402 шт./м², или на 13 % по отношению к контрольному варианту, что объясняется достаточной обеспеченностью расте-

ний азотом в период возобновления вегетации.

Внесение соломы на фоне минеральных удобрений повышало эффективность последних. Более благоприятные условия для вегетации растений озимой пшеницы создавались при внесении соломы на фоне NPK в комплексе с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом. При этом численность продуктивных стеблей в среднем за ротацию севооборота увеличивалось на 16 %, количество зерен в колосе на 13 % и масса 1000 семян на 10 % по сравнению с контролем.

Таким образом, 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 были на варианте с внесением соломы, компенсационной добавки N10/т и биопрепарата в комплексе с NPK. Количество в колосе зерен 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

На эффективность производства зерна пшеницы оказывают не только валовой его сбор, но и качественные показатели, от которых зависит цена произведенной продукции и конкурентоспособность на рынке.

Под качеством продукции пшеницы обычно понимают совокупность свойств и признаков, которые определяют возможность использования зерна по целевому назначению.

На качественные показатели зерна озимой пшеницы оказывают влияние: метеорологические условия, плодородие почвы, агротехника возделывания культуры, системы удобрения, сортовые качества семян. Вышеуказанные факторы можно разделить на две группы: первая – факторы, на которые нельзя воздействовать (погодно-климатические условия вегетационного периода) и вторая – фак-

торы, которыми можно управлять (питание растений, защита растений от сорняков, болезней, вредителей). При этом питание растений остается одним из основных регулируемых факторов, который можно использовать для целенаправленного управления ростом растений с целью получения урожая высокого качества.

Анализ научных данных показывает, что приемы биологизации земледелия оказывают положительное влияние на улучшение качества зерна пшеницы. При уровне урожайности 4,6–5,0 т/га по качественным показателям зерно отвечало требованиям, предъявляемым к ценным пшеницам. Таким образом, использование зеленого удобрения повышало не только урожайность озимой пшеницы, но и качественные показатели (натура, стекловидность, содержание сырого белка и клейковины) (Такунов И.П., Яговенко Л.Л., Яговенко Г.Л., 2001).

Внесение в почву сидерата, соломы, азотного удобрения и биопрепарата способствовало увеличению содержания сырой клейковины с 20,8 до 28,3 %, что позволяло повысить классность зерна с IV до III (Уваров А.В., Тарасенко П.В., 2010).

Результаты наших исследований показали, что в зависимости от использования различных систем удобрения озимой пшеницы изменялись качественные показатели ее продукции (таблица 13).

Так, 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 увеличивалось на 0,5 %, а клейковины на 1,1 % по сравнению с контрольным вариантом, что связано с усилением микробиологической активности почвы, и, следовательно, повышением доступности элементов питания, в первую очередь азота. Кроме того, на данном варианте в зерне увеличивалось содержание фосфора и калия с 0,73 до 0,79 и 0,50 до 0,60 % соответственно.

Не менее эффективно было внесение расчетных доз минерального удобрения ($N_{64}P_{32}K_{54}$) на фоне сидерата, при этом происходило увеличение содержания белка с 9,9 до 10,6 %, клейковины с 24,6 до 26 % относительно контроля.

Таблица 13 – Качество зерна озимой пшеницы, (2015–2017 гг.)

№ п/п	Вариант	Содержание					
		%					ед.
		азот	фосфор	калий	белок	клейко- вина	ИДК
1	Без удобрений (контроль)	1,74	0,73	0,50	9,9	24,6	88
2	Солома предшественника	1,77	0,74	0,52	10,1	24,8	86
3	Солома + N10/ т соломы	1,79	0,76	0,59	10,2	25,2	82
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	1,82	0,78	0,60	10,4	25,4	80
5	Солома + N10/т соломы + биопрепарат	1,82	0,79	0,60	10,4	25,6	78
6	Биопрепарат	1,80	0,78	0,52	10,3	24,8	81
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	1,86	0,83	0,63	10,6	26,0	77
8	NPK + солома	1,95	0,85	0,64	11,1	26,2	78
9	NPK + солома + N10/т соломы	2,01	0,85	0,64	11,5	26,6	75
10	NPK + солома + биопрепарат	2,02	0,85	0,64	11,5	26,4	76
11	NPK + солома + N10/т соломы + биопрепарат	2,03	0,83	0,66	11,6	26,5	75
12	NPK + биопрепарат	1,97	0,81	0,61	11,2	26,0	78
НСР ₀₅		В приложениях					

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, использование соломы совместно с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом оказывает существенное положительное влияние на качественные показатели зерна. При внесении минеральных удобрений эффективность соломы и биопрепарата значительно повышалась.

4.2.2 Экологическая оценка зерна

Тяжелые металлы это элементы, которые считаются опасными загрязнителями окружающей среды. Однако некоторые элементы, относящиеся к тяжелым металлам такие, как Zn, Mo, Cu, Mn в микроколичествах необходимы растительным

организмам. Другие элементы, прежде всего, Hg, Cd, Pb, которые не выполняют биологические функции (или роль их до конца не выяснена), но в повышенных концентрациях являются наиболее опасными (Цыгуткин А.С., Ермохин Ю.И., 2007).

Кроме того, тяжёлые металлы, присутствующие в относительно высоких концентрациях в почве, могут оказывать токсичное действие на растения, проявляющееся в виде различных патологий (Al-Attar L., Al-Oudat M., Safia B., 2015).

При экологически безопасном ведении аграрного производства необходимо знать не только токсичность элемента, но и пути поступления его в почву и растения. Ниже приведена краткая характеристика наиболее опасных элементов.

Цинк с одной стороны, необходим всем живым организмам, так как присутствует в составе ферментов, принимает активное участие в биосинтезе РНК и хлорофилла, участвует в азотном, фосфатном и углеводном обмене, делении клеток (Peltre C., Nielsen M., Bruun S., 2016). Недостаток цинка в растении приводит к торможению роста листьев и междоузлий, нарушению фосфорного обмена (Дубовик В.А., 2009). С другой стороны, это высокотоксичный элемент, высокая концентрация которого приводит к негативному воздействию на процесс фотосинтеза (Вальков В.Ф., 1986).

Медь входит в состав ферментов, связанных с окислительно-восстановительными реакциями, необходимых для поддержания жизнедеятельности клеток. Дефицит меди вызывает хлороз листьев, увядание, задержку стеблевания и слабое образование семян. В то же время, все ее соли в высоких концентрациях токсичны для растений. Токсическое действие проявляется в ингибирующих процессах фотосинтеза и дыхания, что вызывает окислительный стресс в клетках растений (Ильин В.Б., 2006).

Свинец по токсичности относится к высокоопасному классу. Неорганический свинец хорошо закрепляется в почвенном горизонте, фиксируясь в устойчивых соединениях с гумусовыми кислотами. Органический свинец, при переходе в подвижные формы, быстро мигрирует по почвенному профилю. Загрязнение почв свинцом приводит к нанесению вреда растениям, вызывая у них хлорозы, и снижая каталитическую активность ферментов (Дубовик В.А., 2009). Высокая кон-

центрация свинца в растениях способствует снижению поступления фосфора, кальция, серы и цинка, что ухудшает качество урожая. Свинец способствует усилению поглощения из почвы растениями кадмия, приводящего к снижению активности некоторых энзимов (Ильин В.Б., 2004).

Кадмий, обладая мутагенными и канцерогенными свойствами, представляет генетическую опасность. Основными источниками поступления в почву данного элемента являются выбросы промышленных предприятий, автотранспорта и сбросы неочищенных сточных вод. Кадмий также поступает в почву при внесении фосфорных удобрений (0,1–170 мг/кг) (Peltre C., Nielsen M., Bruun S., 2016). При попадании на поверхность исходные формы кадмия переходят в более подвижные и очень слабо закрепляются гумусовыми веществами. Поэтому он более доступен растениям при любых значениях pH.

Никель находится в почве в виде сульфидов и арсенидов. В верхнем слое почвы никель связан с органическим веществом, а также присутствует в виде легкорастворимых хелатов. Распространение никеля в почве главным образом определяется количеством органического вещества, оксидами и глинистой фракцией. Недостаток никеля может приводить к нарушению азотистого обмена и дыхания (Цыгуткин А.С., Ермохин Ю.И., 2007). По токсичности никель является умеренно-опасным элементом, но высокая концентрация его в организме растений приводит к остановке ветвления корня.

В бóльшей степени тяжелые металлы поступают в окружающую среду (почва, вода, атмосфера, организмы) из антропогенных источников. В сельском хозяйстве основным источником поступления токсикантов в окружающую среду являются удобрения и пестициды. Применение удобрений и других средств химизации – это весьма активное и обширное целенаправленное влияние на почву. Наличие в них различных токсичных примесей, а также нарушение технологии внесения может привести к негативным последствиям. В настоящее время индустриально развитые страны применяют высокие дозы минеральных удобрений, что оказывает негативное влияние на природную среду. Такие системы удобрений приобретают опасный характер.

Кроме того, бессистемное использование бесподстилочного навоза с нарушением научно обоснованных рекомендаций, может представлять значительную опасность для окружающей среды. Применение высоких доз органических удобрений с животноводческих ферм и птицефабрик, где в кормах для животных и птиц присутствуют в виде добавок микроэлементы, приводит к их избыточному накоплению в почве.

При использовании в системе удобрения сидерата и соломы опасность загрязнения почвы тяжелыми металлами 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 14).

Таблица 14 – Содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы, (2015–2017 гг.)

№ п/п	Вариант	мг/кг			
		Zn	Cu	Pb	Cd
1	Без удобрений (контроль)	9,9	3,7	0,18	0,032
2	Солома предшественника	9,2	3,2	0,11	0,021
3	Солома + N10/ т соломы	9,7	3,3	0,12	0,022
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	9,4	3,4	0,10	0,021
5	Солома + N10/т + биопрепарат	9,2	3,3	0,12	0,026
6	Биопрепарат	9,7	3,2	0,14	0,024
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	10,1	3,6	0,17	0,051
8	NPK + солома	9,2	3,2	0,12	0,035
9	NPK + солома + N10/т	9,1	3,1	0,13	0,036
10	NPK + солома + биопрепарат	8,9	3,1	0,11	0,031
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	8,7	3,2	0,12	0,033
12	NPK + биопрепарат	9,5	3,5	0,14	0,041
ПДК в зерне		50	10	0,50	0,100
НСП ₀₅	Фактор А	0,2	0,1	0,03	0,005
	Фактор В	0,3	0,2	0,04	0,006

Полученные за 2015–2017 гг. результаты показали, что содержание тяжелых металлов в зерне озимой пшеницы было значительно ниже предельно до-

пустимых концентраций. 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 оказывало положительное влияние на снижение содержания тяжелых металлов в зерне. На экспериментальном варианте с внесением соломы содержание цинка снизилось на 7 %, меди на 14 %, свинца на 39 %, кадмия на 34 % по сравнению с контрольным вариантом. При внесении соломы совместно с азотной добавкой и биопрепаратом существенных изменений не происходило, содержание тяжелых металлов в зерне было на уровне варианта с внесением соломы.

При внесении расчетных доз минеральных удобрений в зерне несколько увеличивалось содержание цинка и кадмия по сравнению с контрольным вариантом. Однако внесение соломы на минеральном фоне способствовало снижению содержания цинка в продукции на 8 %, кадмия на 31 %. Кроме того, на данном варианте происходило большее снижение содержания меди и никеля, что обусловлено антагонистическим действием макроэлементов, поступающих в растения в относительно большем количестве, на токсичные и соответственно повышением устойчивости растений озимой пшеницы к их действию.

Таким образом, использование при возделывании озимой пшеницы зернобобового сидерата, соломы как отдельно, так и совместно с биопрепаратом и NPK оказало положительное влияние на экологические показатели безопасности зерна.

Изучение влияния систем удобрения на урожайность сидерата, озимой пшеницы и качество её зерна позволяет сделать следующие выводы:

- внесение соломы на фоне последействия минеральных удобрений было более эффективно с азотной добавкой N10 и биопрепаратом Байкал ЭМ-1, что способствовало увеличению урожайности зеленой массы 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, компенса-

онной добавки N10/т и биопрепарата на фоне NPK;

– внесение в почву соломы совместно с компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом на фоне минеральных удобрений повышало, в среднем за пять лет исследований, количество продуктивных стеблей до 410 шт./м², зерен в колосе составляло до 21,8 штук с массой 1000 зёрен 47,9 г;

– более 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 %;

– внесение в почву соломы способствовало снижению содержания цинка на 7 %, меди на 14 %, свинца на 39 %, кадмия на 34 % по сравнению с контрольным вариантом.

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

Увеличение продуктивности земледелия как в Российской Федерации, так и Ульяновской области может быть достигнуто за счет повышения урожайности культур. Что же касается урожайности, как было отмечено выше, она до сих пор в регионе находится на недостаточно высоком уровне и характеризуется к тому же нестабильным ростом.

Перед сельским хозяйством области поставлена задача не только увеличение урожайности агрокультур, но и сохранение плодородия почвы. В успешном выполнении этой задачи ведущая роль должна принадлежать, в первую очередь, широкому и эффективному использованию органических и минеральных удобрений, а также средств биологизации.

Опыт отечественного и зарубежного земледелия показывает, что за счет внесения удобрений может быть получено от 50 до 70 % прироста урожайности сельскохозяйственных культур. В то же время этот важнейший резерв повышения урожайности и сохранения плодородия почвы в условиях Ульяновской области в последние два десятилетия должным образом не использовался (Чекмарев П.А., Черкасов Е.А., 2017).

В большинстве регионов Российской Федерации агрохимические показатели плодородия почв за последние 20 лет значительно ухудшились (Сычев В.Г., 2000; Сычев В.Г., Соколов О.А, Шмырева Н.Я., 2009). В земледелии Ульяновской области формирование урожая полевых культур происходит в большей степени за счет почвенного плодородия. Систематическое отчуждение элементов питания с урожаем культур приводит к нарушению их баланса, а следовательно и снижению почвенного плодородия. В связи с этим возрастает необходимость поиска дополнительных агрохимических ресурсов, способных компенсировать дефицит в почве элементов питания. В качестве данных ресурсов большой интерес представляют солома, не востребованная в животноводстве, пожнивно-корневые остатки, зеленые и бактериальные удобрения. Использо-

ние перечисленных ресурсов в системах удобрения позволит не только получать стабильные урожаи сельскохозяйственных культур, но и сохранять положительный баланс элементов питания в почве.

В этой связи большой интерес представляет изменение количества биофильных элементов в пахотном слое чернозема типичного с учетом различной антропогенной нагрузки. Баланс элементов питания в почве при использовании разных технологий возделывания сельскохозяйственных культур является одним из объективных показателей изменения плодородия и степени интенсификации земледелия.

Баланс азота. В отношении баланса азота необходимо в перспективе стремиться к возможно большему выравниванию его количеств, ежегодно выносимых с урожаями и возвращаемых в почву с удобрениями.

Подчеркивая необходимость резкого улучшения баланса азота, академик Д.Н. Прянишников писал, что «...структура земледелия, при которой только 31 % азота возвращается почве, не может гарантировать поднятие урожаев» (1962).

Азоту принадлежит важнейшее значение в питании растений. Количество поступления азота в почву зависит, в первую очередь, от используемых в технологиях возделывания культур систем удобрения. Кроме того, восполнение запасов азота в почве происходит за счет поступления его с атмосферными осадками (по данным ВНИИА около 5 кг/га), с семенами высеваемых культур (около 3 кг/га). За счет несимбиотической азотфиксации, в зависимости от применения органических и минеральных удобрений, восполнение азота составляет 5–12 кг/га (Крючков А.Г., Елисеев В.И., Абдрашитов Р.Р., 2012).

По данным Е.Н. Мишустина и др. (1978), при использовании в качестве органического удобрения соломы несимбиотическая активность свободноживущих азотфиксаторов значительно увеличивается и размеры вовлечения в агроценоз азота достигают 20–25 кг/га. Кроме того, исследованиями установлено, что увеличение поступления азота в почву происходит за счет симбиоза азотфиксаторов и целлюлозоразлагающих микроорганизмов при разложении соломы (Середа Н.А., Хайруллин И.Х., Петрова М.В., 2007).

В расходной части азота при возделывании озимой пшеницы существенное значение имел его вынос с хозяйственной (отчуждаемой) частью урожая. На контрольных вариантах, где солома убиралась с поля, в расходную часть включали азот, отчуждаемый соломой. Отдельными статьями расходной части баланса азота являлись его газообразные потери, инфильтрация с осадками и газообразные потери из удобрений.

Общий вынос азота по вариантам опыта определяли как произведение урожайности культур севооборота, в среднем за ротацию, на количество содержащегося в продукции (зерно, солома) азота.

Средний вынос азота в зависимости от систем удобрения с использованием соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений показан в таблице 15.

Таблица 15 – Вынос азота из почвы в зависимости от систем удобрения культур севооборота, кг/га (2013–2017 гг.)

№ п/п	Варианты	С уро- жаем	Газооб- разные потери	Ин- филтра- ция с осадками	Газообраз- ные поте- ри удоб- рений	Всего
1	Без удобрений (контроль)	68,3	10	3	-	81,3
2	Солома предшественника	68,4	10	3	-	81,4
3	Солома + N10/ т соломы	72,2	10	3	-	85,2
4	Солома +биопрепарат Байкал ЭМ-1	73,1	10	3	-	86,1
5	Солома + N10/т соломы + биопрепарат	74,8	10	3	-	87,8
6	Биопрепарат	71,3	10	3	-	84,3
7	НPK (фон)	83,7	10	3	8	104,7
8	НPK + солома	86,3	10	3	8	107,3
9	НPK + солома + N10/т	88,1	10	3	8	109,1
10	НPK + солома + биопрепарат	89,2	10	3	8	110,2
11	НPK + солома + N10/т + биопрепарат	96,4	10	3	8	117,4
12	НPK + биопрепарат	87,3	10	3	8	108,3

Вынос азота, в первую очередь, находился в зависимости от урожайности основной продукции культур севооборота и содержания в ней азота. Увеличение урожайности культур на экспериментальных вариантах оказывало влияние на увеличение выноса азота. Например, общий вынос азота на контрольном варианте составлял 81,3 кг/га, тогда как на варианте НPK произошло увеличение выноса эле-

мента до 104,7 кг/га.

Использование соломы в системе удобрения культур не приводило к увеличению общего выноса азота. Однако при внесении ее с компенсационной азотной минеральной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 размеры выноса азота увеличивались до 85,1–86,1 кг/га соответственно, что, в первую очередь, было связано с увеличением урожайности культур на данных вариантах опыта. Наиболее высокий вынос азота 117,4 кг/га наблюдался на варианте совместного внесения соломы, минеральной азотной добавки N10/т и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне расчетных доз минеральных удобрений.

На газообразные потери азота и инфильтрацию его с осадками приходилось по всем вариантам опыта 13 кг/га. На вариантах с фоновым внесением минеральных удобрений потери азота увеличивались до 21 кг/га за счет его газообразных потерь (8 кг/га) из удобрений.

Приходные статьи и количество поступившего азота в почву, в зависимости от систем удобрения, представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Поступление азота в почву в зависимости от систем удобрения культур севооборота, кг/га (2013–2017 гг.)

№ п/п	Варианты	С семе на- ми	С осад ка- ми	С мине- ральными удобре- ниями	Фик- сация м.о.	С соломой и сидера- том	Всего
1	Без удобрений (контроль)	5	5	-	6	14,4	30,4
2	Солома предшественника	5	5	-	6	28,5	44,5
3	Солома + N10/ т соломы	5	5	30	6	30,3	76,3
4	Солома +биопрепарат Байкал ЭМ-1	5	5	-	6	39,8	45,8
5	Солома + N10/т соломы + биопрепарат	5	5	30	6	31,4	77,4
6	Биопрепарат	5	5	-	6	15,2	31,2
7	НРК (фон)	5	5	69	6	16,8	101,8
8	НРК + солома	5	5	69	6	35,3	120,3
9	НРК + солома + N10/т	5	5	93	6	36,4	145,4
10	НРК + солома + биопрепарат	5	5	69	6	33,9	118,9
11	НРК + солома + N10/т + биопрепарат	5	5	93	6	38,4	147,4
12	НРК + биопрепарат	5	5	69	6	18,1	103,1

Полученные данные показывают, что большая часть азота поступала в почву с минеральными удобрениями. Поступление азота с соломой и сидератом зависело в первую очередь от урожайности возделываемых культур. Например, на варианте с внесением соломы поступление азота в почву составляло 28,5 кг/га, а на варианте совместного внесения соломы с азотной минеральной добавкой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений – 38,4 кг/га. Внесение полного минерального удобрения на вышеуказанных вариантах увеличивало приход азота до 101,8–147,4 кг/га.

Испытываемые системы удобрения по-разному влияли на баланс азота в черноземе типичном (табл. 17.). 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 компенсационной минеральной азотной добавки N10/т совместно как с соломой, так и совместно с соломой и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 баланс азота приближался к положительному значению.

Таблица 17 – Баланс азота в почве в зависимости от систем удобрения культур севооборота, кг/га (2013–2017 гг.)

№ п/п	Варианты	Приход	Расход	Баланс ±
1	Без удобрений (контроль)	30,4	81,3	-50,9
2	Солома предшественника	44,5	81,4	-36,9
3	Солома + N10/ т соломы	76,3	85,2	-8,9
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	45,8	86,1	-40,3
5	Солома + N10/т соломы +биопрепарат	77,4	87,8	-10,4
6	Биопрепарат	31,2	84,3	-53,1
7	NPK (фон)	101,8	104,7	-2,9
8	NPK + солома	120,3	107,3	13
9	NPK + солома + N10/т	145,4	109,1	36,3
10	NPK + солома + биопрепарат	118,9	110,2	8,7
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	147,4	117,4	30
12	NPK + биопрепарат	103,1	108,3	-5,2

Внесение сидерата и доз минеральных удобрений в почву с расчетом на планируемую урожайность культур севооборота практически полностью компен-

сировало 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 увеличивала приход азота соответственно и увеличивала значения баланса до $13-36,3$ кг/га. Использование соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на минеральном фоне несколько снижало его до $8,7$ кг/га, что обусловлено уменьшением прихода азота за счет замены азотной добавки микробиологическим препаратом.

Баланс фосфора. Практика земледелия показала, что хорошая обеспеченность почв фосфором создается благодаря систематическому внесению органических и фосфорных минеральных удобрений. На повышенном фосфатном фоне можно применять более высокие дозы азота и калия, что позволяет резко повысить продуктивность сельскохозяйственных культур.

Баланс фосфора за ротацию севооборота в зависимости от используемых систем удобрения представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Баланс фосфора в почве в зависимости от систем удобрения культур севооборота, кг/га (2013–2017 гг.)

№ п/п	Варианты	Вынос фосфора с урожаем	Приход фосфора			Баланс, ±
			с минеральными удобрениями	с соломой и сидератом	все-го	
1	Без удобрений (контроль)	25,9	-	5,3	5,3	-20,6
2	Солома предшественника	26,1	-	13,3	13,3	-12,8
3	Солома + N10/ т соломы	28,4	-	13,3	13,3	-15,1
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	28,2	-	13,3	13,3	-14,9
5	Солома + N10/т соломы + биопрепарат	29,3	-	14,2	14,2	-15,1
6	Биопрепарат	27,4	-	6,1	6,1	-21,3
7	NPK (фон)	31,8	34	6,1	40,1	8,3
8	NPK + солома	33,1	34	12,2	44,2	11,1
9	NPK + солома + N10/т	34,2	34	16,3	50,3	16,1
10	NPK + солома + биопрепарат	33,9	34	16,3	50,3	16,4
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	36,4	34	17,8	51,8	15,4
12	NPK + биопрепарат	33,2	34	6,6	40,6	7,4

Проведенные расчеты показали, что приходом фосфора являлось поступление его в почву с минеральными фосфорными удобрениями, соломой и сидератом. Следует отметить, что на вариантах с внесением фосфорных удобрений баланс данного элемента имел положительное значение от +8,3 (NPK) до 16,4 кг/га (NPK+ солома + биопрепарат).

На экспериментальных вариантах без внесения NPK баланс фосфора имел отрицательные значения от –12,8 до –21,3 кг/га. Однако следует отметить, что при использовании в качестве удобрения соломы дефицит фосфора, в среднем за ротацию севооборота, снизился на 7,8 кг/га,

Проведенные расчеты показали, что вынос фосфора компенсируется внесением минеральных удобрений и за счет поступления его в почву с соломой и сидератом.

Таким образом, отдельное внесение соломы способствует значительному снижению дефицита фосфора в почве, а внесение ее на фоне расчетных доз минеральных удобрений приводит к увеличению запасов подвижных форм фосфора в пахотном слое чернозема типичного.

Баланс калия. Валовое содержание калия в черноземах колеблется от 1 до 3 % и в большей степени зависит от материнской породы. Основная часть калия, находящаяся в почве, недоступна растениям и входит в состав кристаллической решетки минералов. Растения усваивают водорастворимый калий, который находится в почве в обменном состоянии. В органической форме калий находится в составе растительных остатков и органических веществ микроорганизмов. Растениями он может усваиваться после перехода в почвенный раствор в процессе минерализации органических веществ (Верниченко И.В., 2002; Мурзабулатов Б.С., 2013).

Как показали результаты исследования, внесение растительной массы зернобобового сидерата, соломы и минеральных удобрений оказывает положительное влияние на баланс калия в черноземе типичном (таблица 19).

Главной частью приходной статьи является восполнение калия за счет поступления его в почву с соломой и зернобобовым сидератом.

Таблица 19 – Баланс калия в почве в зависимости от систем удобрения культур севооборота, кг/га (2013–2017 гг.)

№ п/п	Варианты	Вынос с урожаем	Поступление			Баланс, ±
			с минеральными удобрениями	с сидератом и соломой	всего	
1	Без удобрений (контроль)	63,3	-	22,7	22,7	-40,6
2	Солома предшественника	64,2	-	51,2	51,2	-13
3	Солома + 10 кг N/т соломы	67,2	-	54,4	54,4	-12,8
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	67,9	-	54,8	54,8	-13,1
5	Солома + N10/т + биопрепарат	70,1	-	56,2	56,2	-13,9
6	Биопрепарат	66,4	-	25,3	25,3	-41,1
7	НРК (фон)	79,2	37	27,1	64,1	-15,1
8	НРК + солома	79,8	37	62,6	99,6	19,8
9	НРК + солома + N10/т	83,1	37	61,3	98,3	15,2
10	НРК+ солома +биопрепарат	83,2	37	63,1	100,1	16,9
11	НРК + солома + N10/т + биопрепарат	85,4	37	65,2	102,2	16,8
12	НРК+ биопрепарат	80,1	37	28,4	65,4	-14,7

На контрольном варианте общий вынос калия с урожаем культур в среднем за ротацию севооборота составил 63,3 кг/га. Внесение в почву НРК способствовало увеличению его на 15,9 кг/га, соломы – на 0,9 кг/га по сравнению с контролем. Использование совместно с соломой биопрепарата способствовало увеличению выноса калия на 4,7 кг/га и на 19,8 кг/га на фоне НРК. Видимо, это обусловлено активизацией работы полезных групп микроорганизмов, которые ускоряют процессы минерализации органического вещества, поступившего в почву с соломой и сидератом (Макаров Б.Н., 1994; Русакова И.В., 2011).

В почвах общий запас НРК находится на достаточно высоком уровне, большая часть которых находится в виде соединений труднодоступных для растений. Поэтому общий запас НРК характеризует потенциальное почвенное плодородие.

Без внесения удобрений под возделываемые культуры для формирования высокой урожайности недостаточно доступных элементов питания, которые на-

ходятся в почве. Следовательно, повысить эффективное плодородие можно только за счет применения удобрений и активизации деятельности почвенных микроорганизмов.

Баланс элементов питания в первую очередь будет зависеть от агрохимических показателей почвы. Проведенные наблюдения за уровнем агрохимических показателей чернозёма типичного указывают на то, что только комплексное внесение сидерата, соломы и минеральных удобрений заметно улучшало его питательный режим.

При этом, как было отмечено выше, обеспеченность чернозема типичного подвижным фосфором и обменным калием была высокая, изменение их содержания за ротацию севооборота значительно зависело от внесения в почву зернобобового сидерата, соломы, биопрепарата и минеральных удобрений. Согласно полученным результатам, содержание доступного фосфора на экспериментальных вариантах в среднем за ротацию севооборота было выше контроля на 9 мг/кг. Содержание обменного калия в пахотном слое при использовании соломы совместно с азотной минеральной компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 повысилось до 178 мг/кг (на контрольном варианте 170 мг/кг почвы), что обусловлено увеличением урожайности растительной массы сидеральной культуры на данном варианте. Следовательно, применение зернобобового сидерата и соломы, особенно совместно с дополнительной дозой минерального азота N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1, создавало более благоприятный питательный режим для зерновых культур севооборота.

Внесение в почву сидерата, соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений оказывало положительное влияние на изменение интенсивности баланса элементов питания, под которой понимается отношение прихода элементов питания к их выносу, выраженное в процентах (таблица 20).

При внесении расчетных доз минеральных удобрений (NPK) баланс элементов питания в черноземе типичном, за исключением P_2O_5 , был дефицитным. Совместное внесение в почву соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 способствовало

повышению интенсивности баланса по азоту. Наиболее высокий показатель эффективности соломы, внесенной с биопрепаратом Байкал ЭМ-1, был на фоне минеральных удобрений. Так, интенсивность баланса азота составляла без внесения минеральных удобрений от 37 до 89 %, тогда как на фоне минеральных удобрений – от 108 до 122 %.

Таблица 20 – Интенсивность баланса элементов питания в черноземе типичном в зависимости от систем удобрения культур севооборота, %

№п/п	Вариант	Интенсивность баланса		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	Без удобрений (контроль)	37	19	36
2	Солома предшественника	54	50	80
3	Солома + 10 кг N/т соломы	89	46	81
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	53	46	81
5	Солома + N10/т + биопрепарат	89	48	80
6	Биопрепарат	37	22	38
7	NPK (фон)	97	125	81
8	NPK + солома	122	133	125
9	NPK + солома + N10/т	133	147	118
10	NPK+ солома + биопрепарат	108	147	121
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	126	142	120
12	NPK+ биопрепарат	95	122	82

Интенсивность баланса по фосфору при применении минеральных удобрений находилась на уровне 125 %, совместное внесение соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минерального азота N10 на фоне NPK повышало её до 133–147 %.

На удобренных вариантах интенсивность баланса по калию была значительно выше контроля. Наиболее высокие её значения в 118–125 % были при внесении соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений (NPK). Применение расчетных доз минеральных удобрений поддерживало интенсивность баланса калия на уровне 81 %.

При внесении расчетных доз минеральных удобрений (NPK) уровень поступления элементов питания, за исключением калия, был достаточным. Применение соломы предшественника в системе удобрения культур как отдельно,

так и совместно с азотной минеральной компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 оказывало положительное влияние на интенсивность баланса по всем основным питательным элементам. Приходные статьи по азоту восполнялись за счет внесения зернобобового сидерата, а фосфору и калию – соломы предшественника.

Следовательно, наиболее эффективно применение зернобобового сидерата, соломы и биопрепарата Байкал ЭМ-1 в технологиях возделывания зерновых культур на фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений.

Изучение влияния систем удобрения на баланс элементов питания за ротацию севооборота позволяет сделать следующие выводы:

- зернобобовый сидерат (вико-овсяная смесь) и солома, внесенные в почву совместно с азотной минеральной компенсационной добавкой N10/т и биопрепаратом Байкал ЭМ-1, способствовали увеличению выноса азота, фосфора и калия возделываемыми культурами на 3,9–6,5 кг/га, 2,3–3,4 кг/га, 3,9–6,8 кг/га соответственно, что обусловлено ростом их урожайности;

- применение зернобобового сидерата и соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 на минеральном фоне оказывало положительное влияние на агрохимические показатели чернозема типичного;

- внесение в почву растительной массы зернобобового сидерата и соломы как с азотной минеральной компенсационной добавкой N10/т, так и биопрепаратом Байкал ЭМ-1 повышало интенсивность баланса элементов питания (NPK), в бóльшей 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

В современных экономических условиях большое значение приобретают вопросы, связанные с сохранением плодородия почв, как основы экономической базы ведения аграрного производства.

Мировой опыт показывает, что для обеспечения воспроизводства почвенного плодородия крайне необходимо увеличивать объемы внесения органических удобрений. Кроме того, в последние годы как в нашей стране, так и в мировом земледелии повышается интерес к органическим удобрениям в связи с удорожанием ресурсов и стоимости минеральных удобрений. Также органические системы удобрения сельскохозяйственных культур представляют большой интерес, связанный с обострением проблемы получения качественной и экологически безопасной сельскохозяйственной продукции (Мудрых, Н.М., 2017).

В истории развития сельского хозяйства России отношение к органическим удобрениям было неоднозначным. Основная ставка на получение максимальной урожайности и увеличение производства сельскохозяйственной продукции делалась на минеральные удобрения. При этом органическим удобрениям отводилась второстепенная роль (Немцев С.Н., 2004).

В процессе аграрного производства минеральные и органические удобрения являются предметом вложений не только в процесс производства растениеводческой продукции, но и в почву для сохранения и увеличения ее плодородия. В исследованиях некоторых авторов приводятся различные методики по определению экономической эффективности систем удобрения, во многих из них при определении эффективности органических удобрений не рассматривается эффективность действия органических удобрений с позиции улучшения почвенного плодородия.

Основным экономическим эффектом от внесения удобрений признается эффект окупаемости их прибавкой урожая. Однако в экономико-экологическом исследовании А.В. Беспятых (2003) показано, что экономическая эффективность применения удобрений – это совокупная оценка, включающая показатели экономического эффекта удобрений с учетом экологических последствий, выраженных в стоимостной форме. Поэтому целью применения удобрений должно быть не только получение дохода, но и достижение полезного эффекта на окружающую природную среду, в том числе почву (Каргин В.И., Захаркина Р.А., Гераськин М.М., 2017)

При использовании интенсивных систем ведения сельскохозяйственного производства себестоимость получаемой продукции часто возрастает. Главной причиной являются возрастающие затраты на минеральные удобрения и работы, связанные с их погрузкой, транспортировкой, внесением в почву. Кроме того, во многих хозяйствах с каждым годом снижается количество вносимых органических и минеральных удобрений, что в свою очередь отрицательно влияет на плодородие почвы (Матвийчук Б.В., Рябчук А.П., 2014).

При использовании сидерации и соломы, не востребованной в животноводстве, в системах удобрения не только улучшается плодородие почвы, увеличивается урожайность возделываемых культур, но и сокращаются материальные и трудовые затраты на их производство. Поэтому использование сидератов и соломы в качестве удобрения может значительно улучшить плодородие почв и снизить себестоимость возделываемых культур. Полученные в многолетних исследованиях данные показывают высокую эффективность применения зеленого удобрения. Так, при запашке многолетнего люпина под гречиху урожайность зерна увеличивалась на 0,6–0,7 т/га по сравнению с фоном минеральных удобрений. При этом чистый доход возрастал в два раза, а уровень рентабельности увеличивался с 25 до 140 % (Такунов И.П., 2001).

При расчете эффективности удобрений необходимо учитывать не только урожайность, но и показатели качества получаемой продукции – содержание белка, крахмала, сахара и выход его с единицы площади.

Кроме того, важным фактором при использовании сидерации является сокращение внесения на поля пестицидов и минеральных удобрений. А это в свою очередь не только снижает себестоимость получаемой продукции, но и улучшает экологические условия производства и окружающей природной среды. При этом сидеральные посевы, в случае возникновения экстремальных условий, могут являться страховым фондом кормовой продукции (Лошаков В.Г., 2015).

Актуальным направлением повышения продуктивности культур является использование микробиологических препаратов на основе активных микроорганизмов, которые оказывают комплексное положительное действие на растения, такие, как подавление развития фитопатогенных микроорганизмов, стимуляция питания растений и повышение устойчивости к стрессам, что в свою очередь снижает пестицидную нагрузку на агроэкосистемы (Шакиров Р.И., 2010).

Экономический анализ технологий возделывания озимой пшеницы с применением сидерата, соломы, компенсационной добавки N10/т и биопрепарата выполнен с учетом цен, расценок и тарифных ставок, применяемых в ООО «Заволжье 40» Чердаклинского района Ульяновской области (2017 г.). Амортизационные затраты сельскохозяйственных машин и тракторов рассчитывались по принятым методикам. Стоимость зерна озимой пшеницы определяли в соответствии с ценой реализации, сложившейся в 2017 г на региональном рынке. Средние урожайные данные зерна озимой пшеницы использованы за пять лет (2013–2017 гг.). Расчет выполнен на основе типовых технологических карт.

Экономические показатели эффективности возделывания озимой пшеницы в зависимости от применения сидерата, соломы, компенсационной добавки N10/т и биопрепарата и их сочетаний, в том числе и на фоне NPK в технологии ее возделывания представлены в таблице 21.

Выход товарной продукции в стоимостном выражении зависел от урожайности озимой пшеницы и в среднем за пять лет исследований на контроле составил 25110 руб./га, на вариантах с внесением соломы показатель варьировал в пределах 25650–28530 руб./га, на минеральном фоне – 32400–36270 руб./га.

Таблица 21 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы с применением соломы, азотной добавки N10/т, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений (2013 – 2017 гг.)

Показатели		Вариант											
		1.Без удобре- ний (кон- троль)	2.Со- лома	3.Солома + N10/т	4.Соло- ма + биопре- парат Байкал ЭМ-1	5.Соло- ма + N10/т + биопре- парат	6.Био- препа- рат	7.N ₆₄ P ₃₂ K ₅₄ (фон)	8. NPK+ солома	9. NPK+ солома + N10/т	10.NPK + соло- ма + био- препа- рат	11.NPK+ солома + N10/т + биопре- парат	12.NPK + био- препа- рат
Урожайность, т/га		2,79	2,85	3,01	3,04	3,17	2,93	3,60	3,70	3,81	3,89	4,03	3,70
Стоимость продукции, руб.		25110	25650	27090	27360	28530	26370	32400	33300	34290	35010	36270	33300
Производственные затраты, руб.		16864,7	15390,7	17357,3	16015,6	17718,77	17498,1	22555,5	21564,2	23258,4	22189,0	23896,7	23635,9
Затраты труда, чел/час	на 1 га	6,48	6,34	6,58	6,54	6,76	6,63	7,53	7,50	7,70	7,71	7,93	7,71
	на 1 т	2,33	2,21	2,17	2,13	2,12	2,27	2,08	2,02	2,01	1,97	1,96	2,09
Себестоимость, руб./т		6045	5400	5767	5288	5589	5972	6265	5828	6105	5704	5929	6388
Условный доход, руб./га		8245,3	10259,3	9732,7	11344,4	10811,2	8871,9	9844,6	11735,8	11031,6	12821,0	12373,3	9664,1
Рентабельность, %		48,9	66,7	56,1	70,8	61,0	50,7	43,6	54,4	47,4	57,8	51,8	40,9

Производственные затраты по вариантам опыта значительно повышались при использовании в технологии минеральных удобрений. Так, на контроле они составляли 16864,7 руб./га, тогда как на варианте с NPK – 22555,5 руб./га, что в первую очередь было связано с достаточно высокой стоимостью последних. Кроме того, на вариантах без внесения соломы учитывались затраты на ее свлакивание и скирдование. Например, на варианте NPK без внесения соломы производственные затраты составляли 22555,5 руб./га, а на аналогичном варианте с внесением соломы они снизились на 5 % и составили 21564,2 руб./га. Наиболее затратным (23896,7 руб./га), но в тоже время и самым продуктивным оказался вариант с внесением соломы, минеральной азотной добавки N10/т и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений.

Современные мировые аграрные технологии, в том числе и системы удобрений, направлены не только на получение большего объема продукции, но и на повышение производительности труда. В наших исследованиях установлено, что с повышением производственных затрат, затраты труда на единицу произведенной продукции закономерно снижались. То есть, чем дороже технология, тем она меньше требует человеческого ресурса. Так, на контроле затраты труда составили 2,33 чел/час, а на самом затратном варианте с совместным внесением соломы, азотной добавки N10/т и биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений они снизились на 19 % и были всего лишь 1,96 чел/час на 1 тонну зерна.

Себестоимость зерна озимой пшеницы варьировала от 5288 до 6388 руб./т в зависимости от используемых систем удобрения. Наиболее низкий показатель 5288 руб./т был получен при внесении соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1. Однако при внесении биопрепарата Байкал ЭМ-1 на фоне минеральных удобрений себестоимость значительно возросла до 6388 руб./т, что, понятно, было связано с относительно высокими затратами на покупку и внесение удобрений.

Условный чистый доход на варианте без применения удобрений составлял 8245,3 руб./га. При внесении соломы и минеральных удобрений показатель

увеличивался, в частности, с 9732,7 до 11344,4 и 9664,1 до 12821,0 руб./га соответственно.

Проведенные расчеты экономической эффективности технологий возделывания озимой пшеницы показали, что уровень рентабельности был 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 уровня рентабельности до 67 и 54 % соответственно, что, в первую очередь, было связано с исключением производственных затрат на уборку соломы с поля.

Совместное внесение соломы с минеральной азотной добавкой N10/т, как было отмечено выше, повышало стоимость произведенной продукции, но при этом уровень рентабельности технологии снижался, в первую очередь, из-за относительно высокой стоимости азотного минерального удобрения.

Поэтому использование соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 в системе удобрения озимой пшеницы являлось наиболее рентабельным из всех экспериментальных вариантов. При этом уровень рентабельности составил 71 %.

На фоне минеральных удобрений лучший экономический эффект также был получен при совместном использовании соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1, где рентабельность составила 58 %.

Таким образом, использование соломы как в чистом виде, так и совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и минеральной азотной N10/т добавкой N10/т на фоне и без фона NPK является при возделывании озимой пшеницы экономически целесообразным. Следует отметить, что использование соломы в комплексе с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 не приводит к максимальному повышению продуктивности озимой пшеницы, но позволяет получать продукцию со значительно меньшими производственными затратами и более высоким уровнем рентабельности, что очень важно в современных экономических условиях ведения аграрного бизнеса.

6.2 Биоэнергетическая оценка

В последнее десятилетие XX столетия ученые серьезно обеспокоились неуклонным падением энергетической эффективности аграрного производства и увеличением удельного расхода энергии на единицу получаемой продукции. А.В. Каверин (1996), писал, что с продовольственной мировой проблемой возникла энергетическая проблема. Если в начале двадцатого века урожаи основных культур в развитых странах возросли в 5–8 раз, то за последние десятилетия увеличение урожайности в 2–3 раза сопровождалось ростом затрат энергии на единицу продукции в 10–15 и даже в 50 раз. В.Н. Таран (1998) отмечал, что в сельском хозяйстве России в структуре всех видов энергетических затрат суммарная доля энергии полученной от сжигания моторного топлива и электроэнергии составляет 56 %, а в США, Канаде и ЕС до 80 %.

В настоящее время поддержание продуктивности агроэкосистем происходит за счет использования достаточно большого количества техногенной энергии, полезную часть которой составляют минеральные удобрения. В последние два десятилетия в Ульяновской области значительно снизились объемы применения органических и минеральных удобрений, что привело к значительному нарушению баланса биогенных элементов в почве. Отказ от применения органических удобрений, в первую очередь подстилочного навоза, привел к снижению содержания и запасов гумуса в почве. Последнее ведет к уменьшению производства продукции растениеводства и ухудшению ее качественных показателей, а также снижению устойчивости агроландшафтов. Поэтому создание бездефицитного баланса питательных веществ за счет применения органических и минеральных удобрений должно рассматриваться как экологически крайне необходимая задача. При этом удобрения должны рассматриваться в комплексе со всеми другими звеньями системы земледелия, а не как отдельный элемент.

В современных условиях ведения сельскохозяйственного производства одним из перспективных направлений в решении вышеуказанных задач являет-

ся применение сидерации и соломы, не востребованной в животноводстве в качестве органических удобрений, в технологиях возделывания агрокультур, в том числе и озимой пшеницы.

Положительное влияние сидерата и соломы не только на продуктивность культур, но и на плодородие почвы было достаточно широко описано в предыдущих разделах работы.

Для определения энергетической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур и эффективности агроценозов широко используется биоэнергетическая оценка. Суть заключается в том, что рассчитываются затраты энергии на производство сельскохозяйственной продукции и энергии которая была накоплена с урожаем (Базаров В.И., Глинка Е.В., 1983). В расчетах оценки учитывают техногенную энергию, вложенную на производство данного вида сельскохозяйственной продукции, и не учитывают изменения энергопотенциала почвы. Последнее особенно важно, так как затраты на восстановление плодородия почвы связаны с большими вложениями техногенной энергии.

Кроме того, некоторые авторы считают, что оценка экономической эффективности технологий возделывания сельскохозяйственных культур не всегда объективна и предлагают её проводить совместно с биоэнергетической (Булаткин Г.А., 1991; Володин В.М., Еремина Р.Ф., 1989; Володин В.М., 2000).

В своих исследованиях биоэнергетическую эффективность технологий возделывания озимой пшеницы на черноземе типичном мы использовали методику, разработанную Е.И. Базаровым и Е.В. Глинкой (1983).

Полученные результаты при проведении биоэнергетической эффективности систем удобрения озимой пшеницы показали, что затраты техногенной энергии по вариантам опыта значительно отличались и были в пределах от 18,87 ГДж/га на варианте с внесением соломы до 33,41 ГДж/га в варианте с использованием минеральных удобрений и биопрепарата Байкал ЭМ-1. На вариантах без минерального фона затраты техногенной энергии составляли 18,87–23,64 ГДж/га (табл. 22).

Таблица 22 – Биоэнергетическая эффективность возделывания озимой пшеницы с применением соломы, азотной добавки N10/т, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений (2013–2017 гг.)

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га	Затраты техногенной энергии на производство зерна, ГДж/га	Накоплено энергии в зерне, ГДж/га	Биоэнергетический коэффициент
1	Контроль (контроль)	2,79	20,77	45,92	2,21
2	Солома предшественника	2,85	18,87	46,91	2,49
3	Солома + 10 кг N/т соломы	3,01	23,14	49,55	2,14
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	3,04	19,59	50,04	2,55
5	Солома + N10/т + биопрепарат	3,17	23,64	52,18	2,21
6	Биопрепарат	2,93	21,36	48,23	2,26
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	3,60	29,04	59,26	2,04
8	NPK + солома	3,70	28,62	60,90	2,13
9	NPK + солома + N10/т	3,81	32,61	62,71	1,92
10	NPK+ солома + биопрепарат	3,89	29,33	64,03	2,18
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	4,03	33,41	66,33	1,99
12	NPK+ биопрепарат	3,70	30,87	60,90	1,97

Внесение соломы на фоне минеральных удобрений (NPK) позволило получать более высокую прибавку урожайности зерна, однако последнее связано со значительными энергетическими затратами. При этом уровень затрат варьировал в пределах 28,62–33,41 ГДж/га.

Кроме того, совместное внесение соломы с минеральной азотной добавкой способствовало повышению техногенной энергии на 23 % по сравнению с внесением соломы в чистом виде.

Поэтому более высокий уровень затрат в вышеуказанных вариантах привел к снижению биоэнергетической эффективности по сравнению с вариантами без минеральных удобрений. Например, наиболее энергетически эффективными были технологии с применением соломы и соломы совместно с биопрепара-

том Байкал ЭМ-1 (коэффициенты биоэнергетической эффективности – 2,49 и 2,55 соответственно). Использование с внесением соломы азотной компенсационной добавки N10/т способствовало снижению коэффициента биоэнергетической эффективности до 2,14.

Варианты опыта на фоне минеральных удобрений имели коэффициенты биоэнергетической эффективности от 1,92 до 2,18. Наиболее эффективным на минеральном фоне оказалось внесение соломы совместно с биопрепаратом Байкал ЭМ-1. При этом коэффициент биоэнергетической эффективности составил 2,18.

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.

Анализ структуры затрат энергии показал, что наибольший удельный вес в технологиях возделывания озимой пшеницы занимают топливо (27–39 %), минеральные удобрения (21–34 %) и семена (25–36 %). Затраты энергии на сельскохозяйственные машины и оборудование находились на уровне 13–17 %. Трудовые ресурсы и электроэнергия составляли не более 5–7 % от общих затрат энергии на возделывание озимой пшеницы.

Доля затрат при использовании биопрепарата не превышала 0,3 % от общих энергетических затрат.

Таким образом, применение соломы и соломы с биопрепаратом позволяет получать прибавку урожая при относительно невысоких энергетических затратах (коэффициенты биоэнергетической эффективности – 2,49 и 2,55 соответственно), а на минеральном фоне – 2,13 и 2,18.

Изучение влияния систем удобрения на биоэнергетическую эффективность возделывания озимой пшеницы с применением соломы, компенсационной добавки N10/т, биопрепарата и минеральных удобрений позволяет сделать выводы:

– внесение соломы в почву как отдельно, так и совместно с минеральным удобрением способствовало повышению уровня рентабельности до 66,7 и 54,4 % соответственно, что в большей степени связано с исключением производственных затрат на уборку соломы с поля;

– совместное внесение соломы с минеральной азотной добавкой N10/т, как было отмечено выше, повышало стоимость произведенной продукции, но при этом уровень рентабельности технологии снижался, в первую очередь, из-за относительно высокой стоимости азотного минерального удобрения;

– из всех экспериментальных вариантов наиболее высокий уровень рентабельности в 71 % был получен при использовании соломы в комплексе с биопрепаратом;

– внесение соломы и биопрепарата позволяет получить достаточно высокую прибавку урожая зерна озимой пшеницы при сравнительно небольших затратах энергии;

– самым энергетически эффективными являлись технологии с применением соломы и соломы в комплексе с биопрепаратом (коэффициенты биоэнергетической эффективности – 2,49 и 2,55 соответственно);

– при использовании соломы и соломы в комплексе с биопрепаратом на фоне минеральных удобрений коэффициенты биоэнергетической эффективности составляли соответственно 2,13 и 2,18;

– доля затрат при применении биопрепарата в технологии возделывания 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 г/см³ (на контроле 1,27 г/см³), перед уборкой 1,26 г/см³ (на контроле 1,33 г/см³). На фоне минеральных удобрений (NPK) 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 NPK с плотностью сложения пахотного слоя (0–30 см) 1,14 и 1,15 г/см³ соответственно.

2. Совместное внесение соломы с биопрепаратом Байкал ЭМ-1 и компенсационной азотной добавкой N10/т способствовало улучшению структуры почвы: содержание агрономически ценных агрегатов увеличивалось 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 цитированной литературы

1. Аверкина, С.С. Изучение агрохимии фосфора на почвах Западной Сибири / С.С. Аверкина, И.В. Науменко // Инновации и продовольственная безопасность. – 2017. – № 2. – С. 49-70.
2. Агеев, В.В. Система удобрения в севооборотах юга России / В.В. Агеев, А.И. Подколзин // Ставрополь: СтавГСХА, – 2005. – 352 с.
3. Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Поволжья. – М.: Наука, 1966. – 359 с.
4. Алексеев, Е.К. Зеленое удобрение в СССР / Е.К. Алексеев. – М.: Сельхозиздат, 1948. – 470 с.
5. Алексеев, Е.К. Состояние и перспективы применения зеленого удобрения в СССР. / Е.К. Алексеев. – Минск: Урожай, 1957 – 185 с.
6. Алексеев, Е.К. Зеленые удобрения в Нечерноземной полосе. / Е.К. Алексеев. – М.: Сельхозиздат, 1959. – 276 с.
7. Алексеев, Е.К. Зеленые удобрения. / Е.К. Алексеев. – Минск: Урожай, 1970. – 197 с.
8. Астабов, Р.Ю. Влияние пожнивного сидерата и удобрения соломой на баланс азота и продуктивность зерновых севооборотов в центральных районах Нечерноземья. : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук 06.01.03 / Р.Ю. Астабов. – М., 1985 – 22 с.
9. Базилинская, М.В. Биоудобрения / М.В. Базилинская. – М.: Агропромиздат, 1989. – 128 с.
10. Базаров, Е.И. Методика биоэнергетической оценки технологий производства продукции растениеводства. / Е.И. Базаров, Е.В. Глинка. – М.: Агропромиздат, 1983. – 31 с.
11. Бараев, А.И. Теоретические основы почвозащитного земледелия / А.И. Бараев // Проблемы земледелия. – 1978. – С.22-35.
12. Бараев, А.И. Теория и практика земледелия засушливых районов / А.И. Бараев // Земледелие. – 1981. – № 6. – С.2-6.

13. Батудаев, А.П. Урожайность яровой пшеницы по чистым и сидеральным парам в лесостепной зоне Бурятии. / А.П. Батудаев, М.Б. Батуева, З.К. Хакаева // Вестник Бурятской ГСХА им. Р.В. Филиппова – 2015. – №4. – С. 7-10.

14. Батуева, М.Б. Сравнительная оценка сельскохозяйственных культур в качестве сидератов в лесостепной зоне Бурятии. / М.Б. Батуева, З.К. Хакаева, А.П. Батудаев // Вестник Бурятской ГСХА им. Р.В. Филиппова. – 2015. – №2. – С. 131-134.

15. Башков, А. С. Влияние биологизации земледелия на плодородие дерновоподзолистых почв и продуктивность полевых культур / А.С. Башков, Т.Ю. Бортник // Аграрный вестник Урала. – 2012. – №1 (93). – С.16-19.

16. Бердников, А.М. Зеленое удобрение биологизация земледелия. / А.М. Бердников.– Урожай. Чернигов: НПО «Элита», 1992 – 189 с.

17. Берзин, А.М. Использование зеленых удобрений в Красноярском крае / А.М. Берзин, А.А. Шпедт //Агрохимия. – 2001. – №5 – С. 27-33.

18. Беспярых, А.В. Методы определения экономической эффективности применения органических удобрений в сельскохозяйственном предприятии / А.В. Беспярых, А.С. Лукин. – Тезисы докладов 3-й научной конференции аспирантов и соискателей «Науке нового века – знания молодых». Вятская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. – С. 110-116.

19. Благовещенская, Э.К. Сидераты в современном земледелии / Э.К. Благовещенская, Т.Л. Тришина // Земледелие. – 1987. – №5. – С. 36-37.

20. Бондаренко, В.И. Эффективность производства озимой пшеницы в зависимости от удобрений / В.И. Бондаренко // Химия в сельском хозяйстве. – 1987. – N 6. – С. 51-55.

21. Борин, А.А. Эффективность различных технологий обработки почвы в севообороте / А.А. Борин, О.А. Коровина, А.Э. Лощинина // Владимирский земледелец. – 2011. – № 3 (57). – С. 21–22.

22. Борисова, Е.Е. Влияние предшественников яровой пшеницы на биологическую активность и плотность сложения светло-серых лесных почв / Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. – 2013. – № 12. – С. 3-13

23. Боровая, В.П. НПА «Биота»: Опыт производства и применения микробиологических препаратов / В.П. Боровая // Защита и карантин растений. – 2001. – № 8. – С.15-16.
24. Брескина, Г.М. Изменение биологической активности чернозема типичного в зависимости от антропогенных и абиотических факторов / Г.М. Брескина, Н.А. Чуян, Р.Ф. Еремина // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 3. – С. 14-16.
25. Бузмаков, В.В. Севообороты с люпином на легких почвах /В.В. Бузмаков, Ф.С. Леонтьев// Земледелие. – 1984. – С. 13-14.
26. Бузмаков, В.В. Зеленые удобрения / В.В. Бузмаков // Химизация сельского хозяйства. № 6. – 1988. – С. 33-37.
27. Булаткина, Г.А. Энергетические проблемы сохранения плодородия пахотных почв / Г.А. Булаткина // Вестник с.-х. науки. – 1991. – С. 60-66.
28. Вавилов, Н.И. Избранные произведения в двух томах. / Н.И. Вавилов. – Том 1. Ленинград: Наука, 1967. – 423 с.
29. Вальков, В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений /В.Ф. Вальков. – М.: Агропромиздат, 1986. – 208 с.
30. Васильев, О.А. Влияние эрозионных процессов на содержание подвижных форм микроэлементов в почвах Чувашской Республики / О.А. Васильев // Труды Чувашской ГСХА: материалы научной конференции. – Чебоксары, 2005. – Т.20. – С. 48-50.
31. Васильев, О.А. Ферментативная активность пахотного слоя эродированных почв / О.А. Васильев // Материалы Всероссийской научно-практической конф., посвященной 75-летию со дня открытия Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – Чебоксары: ЧГСХА, 2006. – С. 18-19.
32. Верзилин, В.В. Сидерация в условия Центрального Черноземья / В.В. Верзилин, Н.Н.Королев, С.И. Коржов // Земледелие. – 2005. – № 3. – С. 10–12.
33. Верниченко, Л.Ю. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур / Л.Ю. Верниченко, Е.И. Мишустин // Испол-

зование соломы как органического удобрения. – М: Колос, 1980. –С. 3-33.

34. Верниченко, И.В. Эндогенные образования нитратов в растениях / И.В. Верниченко // Агрохимия. – 2002. – № 4. – С. 73-85.

35. Винников, В.Ф. Формирование урожая озимой пшеницы в зависимости от норм высева и сроков посева на различных агрофонах в северо-восточной части БССР.: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук 06.01.01 / В.Ф. Винников. – Горки, 1971. – 21 с.

36. Володин, В.М. Оценка систем земледелия на биоэнергетической основе / В.М. Володин, Р.Ф. Еремина // Земледелие. – 1989. – С. 35-37.

37. Володин, В.М. Оценка эффективности функционирования агроландшафта на биоэнергетической основе / В.М. Володин // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов. – М.: 2000. – С. 136-138.

38. Волошин, Е.И. Ресурсы соломы на удобрение в Красноярском крае / Е.И. Волошин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2008. – № 3. – С. 91-94.

39. Воробьев, С.А. Севообороты интенсивного земледелия. / С.А. Воробьев. – М.: Колос, 1979. – 368 с.

40. Воронкова, Н.А. Влияние длительного применения удобрений в зернотравяном севообороте на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и урожайность сельскохозяйственных культур / Н.А. Воронкова, Н.Ф. Балабанова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 30-32.

41. Гайсин, И.А. Полифункциональные хелатные микроудобрения. / И.А. Гайсин, Ф.А. Хисамеева. – Казань: ИД «Меддок», 2007. – 230 с.

42. Герасим, В.Е. Урожайность и качество культур в зависимости от действия и последствий удобрений / В.Е. Герасим // Физиологические и биохимические основы повышения продуктивности и устойчивости растений. – Кисинев, 1986. – С. 64-65.

43. Глянц, А.Ф. Действие доз и соотношений питательных веществ в основном удобрении на урожай озимой пшеницы по разным предшественникам / А.Ф. Глянц // Пути повышения урожайности зерновых культур в восточной

Лесостепи. – Харьков, 1985. – С. 75-79.

44. Годунова, К.Н. Нормы высева зерновых культур. / К.Н. Годунова. – М.: 1964. – 157 с.

45. Голдштайн, В. Ведение хозяйств на экологической основе в лесостепной и степной зонах Молдовы, Украины и России. / В. Голдштайн, Б. Боинчан. – М.: ЭкоНива, 2000. – 272 с.

46. Голов, В.И. Экологические проблемы использования бытовых и производственных отходов в качестве удобрений и возможности самоочищения почв от ксенобиотиков и тяжелых металлов / В.И. Голов, Я.О. Тимофеева // Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. – 2005. – № 4. – С. 100-105.

47. Горпинченко, К.Н. Эффективность технологий выращивания озимой пшеницы / К.Н. Горпинченко // Экономика сельского хозяйства Россия. – 2007. – №5. – С. 35-36.

48. Громов, А.А. Эффективность регуляторов роста и биопрепаратов на озимой пшенице и просе / А.А. Громов, В.Б. Щукин, В.Н. Варавва // Земледелие. – 2005. – № 6 – С. 34-35.

49. Гуреев, И.И. Удобрение озимой пшеницы и метод функциональной диагностики питания растений / И.И. Гуреев // Земледелие. – 2009. – №4. – С. 3-11.

50. Гуренев, М.Н. Роль люпинового сидерального пара в севооборотах Предуралья / М.Н. Гуренев // Роль зернобобовых в севооборотах. Орел, 1974. – С. 151-160.

51. Гуренев, М.Н. Научные основы окультуривания пахотного слоя / М.Н. Гуренев // Труды Пермского СХИ. Пермь, 1980. – Т. 139. – С. 3-8.

52. Данилова, Е.В. Эффективность использования диатомита и его смесей с минеральными удобрениями при возделывании озимой и яровой пшеницы: автореф. дис канд. с.-х. наук: 03.01.04 / Е.В. Данилова. – Саранск, 2007. – 19 с.

53. Девятова, Т.А. Изменение физических и воднофизических свойств почвы при внесении соломы / Т.А.Девятова, А.К. Свиридов, Я.В. Шумилова // Вестник ВГУ. Серия География. Геоэкология. – 2010. – № 2. – С. 50-51.

54. Дедов, А.В. Воспроизводство плодородия черноземов в севообороте. / А.В. Дедов, Н.И. Придворев, В.В. Верзилин, Л.П. Кузнецова // Земледелие – 2003. – № 4. – С. 5-7.
55. Дедов, А.В. Бинарные посевы с бобовыми травами / А.В. Дедов, Т.А. Кузнецова, М.А. Несмеянова // Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 2. – С. 10-18.
56. Добровольский, Г.В. Глобальный характер угрозы современной деградации почвенного покрова / Г.В. Добровольский. – Структурно фундаментальная роль почвы в биосфере. – М.: Геос, 1999. – 350 с.
57. Добровольский, Г.В. Деградация почв – угроза экологического кризиса В сборнике: Куда движется век глобализации? / Г.В. Добровольский, А.Н.Чумаков, Л.Е. Гринин // Сборник статей. Под редакцией Чумакова А.Н., Гринина Л.Е. – Волгоград, 2014. – С. 192-203.
58. Довбан, К.И. Зеленые удобрения – резерв повышения плодородия дерново-подзолистых почв / К.И. Довбан // Актуальные проблемы земледелия. М.: Колос, 1984. – С.227-233.
59. Довбан, К.И. Сидерация-многофакторный агроприем / К.И. Довбан // Земледелие. – № 8. – 1986. – С. 40-42.
60. Довбан, К.И. Зеленое удобрение. / К.И. Довбан. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
61. Довбан, К.И. Коротко о сидератах / К.И. Довбан // Земледелие. – № 3. – 1996. – С. 45-46.
62. Докучаев, В.В. Избранные сочинения / В.В. Докучаев. – М.: Гос. изд-во сельскохозяйственной литературы, 1954. – 708 с.
63. Доманов, Н.М. Применение сидератов под озимую пшеницу как фактор биологизации земледелия. / Н.М. Доманов, П.И. Солнцев // Модели и технологии оптимизации земледелия. – Курск, 2003. – С. 335-193.
64. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) /Б.А. Доспехов. – М.: Книга по Требованию, 2012. – 352 с.

65. Дубовик, В.А. Тяжелые металлы в почвах Тамбовской равнины и их нейтрализация / В.А. Дубовик // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 4. – С. 27-28.
66. Завалин, А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай / А.А. Завалин. – Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с.
67. Заикин, В.П. Зеленые удобрения - путь интенсификации земледелия Нижегородской области. /В.П. Заикин. – Н. Новгород, 1996. – 116 с.
68. Заикин, В.П. Научные основы использования зеленого удобрения в Волго-Вятском регионе /В.П. Заикин, В.В. Ивенин, Ф.П. Румянцев. – НГСХА. Нижний Новгород, 2004. – 271 с.
69. Захаров, А.И. Агроклиматический почвенный потенциал и основные проблемы влияния климатических изменений на производство сельскохозяйственных культур Ульяновской области./ А.И. Захаров, Р.Б. Шарипова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №1(37). – С.25-31.
70. Захарова, Н.Н. Урожайность озимой мягкой пшеницы в связи с климатическими ресурсами Ульяновской области. / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, М.Н. Гаранин // Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 2(38). – С. 25-31.
71. Захарова, Н.Н. Густота продуктивного стеблестоя озимой мягкой пшеницы и составляющие ее элементы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. / Н.Н. Захарова, Н.Г. Захаров, Т.Д. Грошева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 3(43). – С. 64-72.
72. Звягинцев, Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д.Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. – № 6. – С. 48-54.
73. Зезюков, Н.И. Проблемы воспроизводства плодородия почв ЦЧЗ / Н.И. Зезюков // Воспроизводство плодородия черноземов в Центрально-Черноземной зоне /Сб. науч. трудов. Воронеж, 1992. – С.59-62.
74. Зеленев, А.В. Эффективность биомелиорантов в разуплотнении каштановых почв Нижнего Поволжья / А.В. Зеленев // Известия Нижневолжского

агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2011. – № 1. – С. 1-6.

75. Зеленев, А.В. Солома как органическое удобрение при возделывании сорго на зерно в Нижнем Поволжье / А.В. Зеленев, Е.В. Семинченко, В.В. Тупицина // Научно-агрономический журнал. – 2016. – № 2. – С. 6-9.

76. Верниченко, Л.Ю. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур / Л.Ю. Верниченко, Е.И. Мишустин // Использование соломы как органического удобрения. – М: Колос, 1980. –С. 3-33.

77. Ибрагимов, Д.С. Биотехнологии на полях Татарстана / Д.С. Ибрагимов // Труды научно-практической конференции. – Казань, 2004. – С.19-25.

78. Ильин, В.Б. Элементный химический состав растений /В.Б. Ильин// Новосибирск: Наука. – 1985. – 130 с.

79. Ильин, В.Б. Оценка защитных возможностей системы почва – растение при модельном загрязнении почвы свинцом (по результатам вегетационных опытов) / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 2004. – № 4. – С.52-57.

80. Ильин, В.Б. К оценке массопотока тяжелых металлов в системе почва – сельскохозяйственная культура / В.Б. Ильин // Агрохимия. – № 3. – 2006. – С. 52-59.

81. Исайчев, В.А. Влияние предпосевной обработки ростовыми веществами на содержание азота, фосфора и калия в растениях гороха / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев // Вестник РАСХН. – 2003. – №1. – С.54-56.

82. Исайчев, В.А. Зависимость динамики макроэлементов в растениях яровой пшеницы от предпосевной обработки семян регуляторами роста / В.А. Исайчев, Н.Н.Андреев, А.В. Каспировский // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – №1(21). – С.14-19.

83. Исайчев, В.А. Потребление и вынос элементов минерального питания из почвы растениями яровой пшеницы под действием регуляторов роста / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, А.В. Каспировский // Микроэлементы и регуляторы роста в питании растений: теоретические и практические аспекты. Материалы Международной научно-практической конференции. – Ульяновск, 2014. – С.47-50.

84. Исайчев, В.А. Влияние макроэлементов и регуляторов роста на уро-

жайность и качество зерна озимой пшеницы Казанская 560 в условиях Среднего Поволжья / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, В.Г. Половинкин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №4(32) – С.13-18.

85. Исайчев, В.А. Применение различных регуляторов роста и минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, Д.В. Плечов // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Материалы Всероссийской научно-методической конференции с международным участием. – Иваново, 2015. – С.98-102.

86. Исайчев, В.А. Влияние макроэлементов и регуляторов роста на динамику содержания азота, фосфора, калия и серы в растениях озимой пшеницы сорта Бирюза в условиях лесостепи Среднего Поволжья / В.А. Исайчев, Н.Н. Андреев, Д.В. Плечов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №1(33). – С.25-33.

87. Зезюков, Н.И. Сохранить плодородие черноземов / Н.И. Зезюков // Земледелие. – № 5. – 1996. – С. 6-8.

88. Каверин, А.В. Экологические аспекты использования агроресурсного потенциала / А.В. Каверин. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 1996. – 220 с.

89. Казанкова, В.И. Содержание нитратов в почве и их влияние на урожай и качество зерна озимой пшеницы / В.И. Казанкова, Тарасенко, Н.Н. Тарасенко // Сб. науч. тр. Краснодарского НИИСХ, вып. 13. – Краснодар, 1977. – С. 61-66.

90. Казарцева, А.Т. Эколого-генетические и агрохимические основы повышения качества зерна / А.Т. Казарцева, А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нецадим. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2004. – 160 с

91. Кант, Г. Зеленое удобрение / Г Кант. – М.: Колос, 1982. – 128 с.

92. Казанцев, В.П. Использование капустных культур на зеленое удобрение в Сибири / В.П. Казанцев // Земледелие. – № 4. – 1998. – С. 22-23.

93. Каргин, В.И. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы на щелоченных черноземах в зависимости от метеорологических условий и внесе-

ния удобрений / В.И. Каргин, А.А. Зубарев, Р.А. Захаркина, Г.Г Брагин // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 3. С. 63-66.

94. Каргин, В.И. Экономическая оценка применения минеральных удобрений и биопрепаратов под озимую рожь / В.И. Каргин, Р.А. Захаркина, М.М. Гераськин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2 (38). С. 36-42.

95. Каримов, Х.З. Бактериальные азотные удобрения на посевах яровой пшеницы / Х.З. Каримов, Н.В. Зарипов // Вестник Каз. ГАУ. – №2. – 2007. – С. 64-65.

96. Карначева, Н.С. Биометод в Республике Татарстан / Н.С. Карначева, Н.В. Полевова, Г.И. Полях // Актуальные экологические проблемы Республики Татарстан. Материалы IV республиканской научной конференции. – Казань: Изд-во «Новое значение», 2000. – С.164-163.

97. Картамышев, Н.И. Стратегия и тактика земледелия в условиях рыночных отношений / Н.И. Картамышев // Земледелие. – № 4. – 1999. – С. 10-13.

98. Кауричев, И.С. Проблема гумуса пахотных почв при интенсификации земледелия. / И.С. Кауричев, А.М. Лыков // Почвоведение. – № 12. – 1979. – С. 5-14.

99. Квашин, А.А. Зависимость урожайности и качества зерна озимой пшеницы от различных агротехнологических приемов в условиях Западного Предкавказья / А.А. Квашин, Н.Н. Нещадим, К.Н. Горпинченко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – №61. – С. 91-99.

100. Квашин, А.А. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях недостаточного увлажнения Краснодарского края / А.А. Квашин, Н.Н. Нещадим, К.Н. Горпинченко // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – №128. – С. 985-1003. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/04/pdf/67.pdf>

101. Кирюшин, В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. /В.И.Кирюшин. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.

102. Кирюшин, В.И. Проблема экологизации земледелия в России (Белго-

родская модель). / В.И.Кирюшин // Достижения науки и техники АПК. – №12 – 2012. – С.3-9.

103. Кислов, А.В. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно Европейской равнины в условиях потепления XXI века / А.В. Кислов, В.М. Евстегнеев, С.М. Малхазова. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 292 с.

104. Колоскова, А.В. Оподзоленные черноземы Татарии / А.В. Колоскова, Л.И. Шитова // Вопросы генезиса и плодородия почв. – Казань, 1968. – С.37-45.

105. Колсанов, Г.В. Гречишная солома в удобрении ячменя на типичном черноземе лесостепи Поволжья / Г.В. Колсанов // Агрохимия. – 2005. – № 5. – С. 59-65.

106. Колсанов, Г.В. Влияние соломы на осенне-весеннюю жизнедеятельность микрофлоры и продуктивность культур в условиях чернозема лесостепи Поволжья / Г.В. Колсанов, Д.А. Васильев, Е.А. Корнеев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2006. – № 2 (3). – С. 21-26.

107. Колсанов, Г.В. Соломистая система удобрения на черноземе лесостепи Поволжья / Г.В. Колсанов, А.Х. Куликова, Н.В. Хвостов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 1 (11). – С. 26-36.

108. Кольцова, Г.А. Изменение фосфатного режима чернозема обыкновенного под влиянием органических удобрений и сидерата / Г.А. Кольцова, Р.Ф. Хасанов, И.М. Габбасова // Агрохимия. – 1994. – № 6. – С. 10-16.

109. Комаревцева, Л.Г. Использование соломы в качестве удобрения на дерново-подзолистых почвах / Л.Г. Комаревцева // Вестник АПК Верхневолжья. – 2008. – №1. – С. 14-18.

110. Копосов, И.П. Агропочвенные районы Ульяновской области. / И.П. Копосов. – Ульяновск, 1948. – 96 с.

111. Копосов, И.П. Генезис почвенного покрова лесостепи в свете учения академика В.Р. Вильямса / И.П. Копосов // Почвоведение. – 1950. – № 4. – С.207-218.

112. Кормилицин, В.Ф. Сидеральный пар в орошаемом земледелии По-

волжья / В.Ф. Кормилицин // Земледелие. – 1995. – №4. – С. 8-11.

113. Кормилицин, В.Ф. Зеленое удобрение и гумусовое состояние почвы; Агрохимия зеленого удобрения в орошаемом земледелии Поволжья. Сообщ.1. / В.Ф. Кормилицин // Агрохимия. – 1995. – №5, – С. 44-65.

114. Кормилицын В.Ф. Развитие сидерации в Поволжье / В.Ф. Кормилицин // Земледелие. – № 1. – 1999. – С. 28-29.

115. Корчагин, В.А. Современные энергосберегающие системы применения удобрений и средств защиты растений от вредителей, болезней и сорняков: Практическое руководство / В.А. Корчагин. – Самара: Самарский НИИСХ, 2002. – 41 с.

116. Коряковский, А.В. Саморазрыхление почвы под влиянием соломенной мульчи / А.В. Коряковский, Ф.Г. Бакиров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т.2. – № 30-1. – С. 21-23.

117. Коряковский, А.В. Обработка соломенной мульчи биопрепаратом «Байкал ЭМ-1» эффективный способ повышения урожайности яровой пшеницы в засушливых условиях / А.В. Коряковский // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 4 – № 32-1. – С. 47-48.

118. Кравченко, Ю.С. Российские чернозем: генезис, распределение и управления./ Ю.С. Кравченко // Научные труды SWorld, 23 (1). – 2015. – 23-26.

119. Крымская, О.В. Запасы продуктивной влаги под агроценозами Белгородской области / О.В. Крымская, М.Г. Лебедева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2011. – Т. 16. – №15. – С. 180-185.

120. Крючков, А.Г. Дозы, вынос, баланс элементов питания в связи с урожайностью яровой твердой пшеницы / А.Г. Крючков, В.И. Елисеев, Р.Р. Абдрашитов // Известия Оренбургского ГАУ. – 2012. – №6 (38). – С. 42-46.

121. Кузина, Е.В. Структурное состояние и плотность чернозёма выщелоченного в зависимости от вида основной обработки почвы / Е.В. Кузина // Научные труды Ульяновского НИИСХ. – Ульяновск, 2008. – Т. 18. – С.61-64.

122. Кузнецов, А.И. Применение соломы и пожнивных посевов зернобобовых культур в качестве сидератов при возделывании яровой пшеницы и кар-

тофеля. / А.И. Кузнецов, Ю.Г. Семенов // Материалы межрег. науч.-практ. конф. Чебоксары: ЧГСХА, 2000. – С. 106-108.

123. Куйдан, А.П. Ранневесенняя азотная подкормка озимой пшеницы / А.П. Куйдан, Г.П. Полоус // Пути повышения урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях: сб. науч. тр. / ГОУ СтГСХА. Ставрополь, 2001. – С. 111-113.

124. Куликова, А.Х. Эффективность применения диатомита и минеральных удобрений в технологии возделывания озимой пшеницы. / А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, Е.В. Данилова // «Агрохимический вестник» – №5. – 2007. – С. 18-19.

125. Куликова, А.Х. Эффективность предпосевной обработки семян сахарной свёклы биопрепаратами и диатомитовым порошком в условиях Среднего Поволжья / А.Х. Куликова, О.С. Дронина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1. – С. 55-63.

126. Куликова, А.Х. Эффективность систем основной обработки почвы в звене севооборота с сидеральным паром. / А.Х. Куликова, А.В. Дозоров, Н.Г. Захаров // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – № 3(19). – С. 29- 35.

127. Куликова, А.Х. Микроэлементы в почвах Ульяновской области и эффективность микроэлементсодержащих удобрений при возделывании озимой пшеницы. / А.Х. Куликова, Е.А. Черкасов / Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 4 (28). – С. 19-25.

128. Куликова, А.Х. Формирование посевов и урожайности ячменя в зависимости от применения в системе удобрения соломы и биологического препарата Байкал ЭМ-1 / А.Х.Куликова, Е.А.Яшин, К.Ч. Хисамова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – №2 (34). – С. 65-73.

129. 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 государствен-

венной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1 (37). – С. 31-37.

130. Кумскова Н.Д. Влияние биопрепарата «Байкал-ЭМ1» на урожайность гречихи / Н.Д. Кумскова, Д.Ю. Гаращук // Дальневосточный аграрный вестник. – 2011. – № 2. – С. 11-14.

131. Кураченко, Н.Л. Запасы продуктивной влаги в агроценозах пшеницы, возделываемых по ресурсосберегающим технологиям / Н.Л. Кураченко, А.А. Картавых, Н.И. Ржевская // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5. – С. 58-63.

132. Лабынцев, А.В. Влияние припосевного внесения удобрений и продуктивность озимой пшеницы на чернозёме обыкновенном / А.В. Лабынцев, М.А. Щепетьев // Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции 1-3 августа 2012 г. Рассвет: Донской НИИСХ Россельхозакадемии, 2012 г. – С. 93 - 98.

133. Лабынцев, А.В. Применение в различных сочетаниях жидких и твёрдых азотно-фосфорных удобрений на озимой пшенице после непаровых предшественников и влияние их на урожай зерна / А.В. Лабынцев, М.А. Щепетьев // Плодородие. – 2012. – № 6 (69). – С. 2-3.

134. Лапа, В.В. Применение удобрений и качество урожая / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2006. – 120 с.

135. Листопадов, И.Н. Плодородие почвы в интенсивном земледелии. / И.Н. Листопадов, И.М. Шапошникова. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 205 с.

136. Лошаков, В.Г. Промежуточные культуры и севообороты Нечерноземной зоны. / В.Г. Лошаков. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 133 с.

137. Лошаков, В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны. / В.Г. Лошаков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 131 с.

138. Лошаков, В.Г. Севооборот и биологическое окультуривание дерново-подзолистых почв / В.Г. Лошаков // Сб. Окультуривание почв: научные основы, опыт и направления. – М.: Агропромиздат, 1991. – С. 9-15.

139. Лошаков, В.Г. Промежуточные культуры – фактор экологически

- чистого земледелия. / В.Г. Лошаков // Аграрная наука. – 1994. – № 6. – С. 24-26.
140. Лошаков, В.Г. Изменение некоторых показателей плодородия дерново-подзолистой почвы в специализированных севооборотах и при бессменном возделывании зернофуражных культур. / В.Г.Лошаков, Франк Эльмер // Изд. ТСХА, 1995. – Вып. 1. – С. 71-79.
141. Лошаков, В.Г. Продуктивность зерновых севооборотов при использовании зеленого удобрения. / В.Г. Лошаков, Ю.Д. Иванов, Ю.Н. Синих // Изд. ТСХА, 1997. – Вып. 3. – С. 3-20.
142. Лошаков, В.Г. Влияние длительного применения пожнивного зеленого удобрения на агрофизические свойства почвы / В.Г.Лошаков, В.А. Николаев // Доклады ТСХА. – 1999. – Вып. 2. – С. 29-40.
143. Лошаков В.Г. Пожнивная сидерация и плодородие дерново-подзолистых почв / В.Г.Лошаков // Земледелие. – 2007. – №1. – С. 11-14.
144. Лошаков, В.Г. Зеленое удобрение в земледелии России / В.Г. Лошаков. – М.: Изд. ВНИИА, 2015. – 300 с.
145. Лошаков, В.Г. Эффективность совместного использования севооборота и удобрений / В.Г. Лошаков // Плодородие. – 2016. – № 2. – С. 37-40.
146. Лукин, С.В. Динамика основных агрохимических показателей плодородия почв Центрально-черноземных областей / С.В. Лукин // Агрохимия. – 2011. – № 6. – С. 11-18.
147. Майсuryн, Н.А. История культуры люпина / Н.А. Майсuryн // Люпин. – М.: 1974. – С. 15-31.
148. Макаров, Б.Н. Газообразные потери азота почвы и удобрений и приемы их снижения / Б.Н. Макаров// Агрохимия. – 1994. – № 1. – С. 101-114.
149. Максименко, О.Д. Продуктивность растений сои в зависимости от способов использования пшеничной соломы в качестве органического удобрения и обработки почвы / О.Д. Максименко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2006. – № 23. – С. 1-5.
150. Малюга, Н.Г. Влияние приемов выращивания на содержание основных элементов питания, тяжелых металлов в почве и урожайность зерна озимой

пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Н.Г. Малюга, Н.Н. Нецадим, С.В. Гаркуша // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №35. – С. 135-142.

151. Мамченков, И.П. Основные принципы рационального использования органических удобрений в Советском Союзе / И.П. Мамченков // Использование органических удобрений. – М.: Колос, 1966. – С.5-22.

152. Матвийчук, Б.В. Экономическая оценка систем удобрения в звене севооборота в северной Лесостепи / Б.В. Матвийчук, А.П. Рябчук // Наука и мир. – 2014. – Т. 1. – № 5 (9). – С. 156-159.

153. Медин, Д.К. Влияние применения птичьего помета и минеральных удобрений совместно с соломой зерновых культур на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы / Д.К. Медин, Н.П. Шабардина // Международный научный журнал «Символ науки». – 2016. – №10-3. – С. 35-37.

154. Минеев, В.Г. Агрохимия / В.Г. Минеев. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 720 с.

155. Морозов, В.И. Дифференциация систем земледелия и их практическое освоение в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // В сборнике: Дифференциация систем земледелия и плодородие чернозема лесостепи Поволжья. Тематический сборник научных трудов. – Ульяновск, 1996. – С. 12-31.

156. Морозов, В.И. Продуктивность севооборотов и воспроизводство биогенных ресурсов земледелия в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов, М.И. Подсевалов, Е.А. Петухов // Плодородие почвы – основа высокоэффективного земледелия. Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Ульяновск, 2000. – С. – 114-115.

157. Морозов, В.И. Биологизация севооборотов и их синергетическая эффективность в управлении плодородием в лесостепи Поволжья / В.И. Морозов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии – 2012. – № 1. – С. 36-40

158. Мудрых, Н.М. Опыт использования растительных остатков в почвах нечерноземной зоны России (обзор) / Н.М. Мудрых, И.А. Самофалова // Перм-

ский аграрный вестник. – 2017. – № 1. – С. 88-97.

159. Муравин, Э.А. Агрохимия /Э.А. Муравин, В.И. Титова. – М.: КолосС, 2010. – 463 с.

160. Мурзабулатов, Б.С. Баланс элементов питания в выщелоченных черноземах при внесении удобрений в условиях Зауралья Республики Башкортостан / Б.С. Мурзабулатов // Вестник Башкирского ГАУ. – № 3(27). – 2013. – С. 22-24.

161. Надежкин, С.М. Изменение плодородия почвы при использовании сидератов. / С.М. Надежкин, Н.В. Корячина //Соверш. методол. агрохимических исследований. – Белгород, 1997 – С.257-260.

162. Назаров, В.А. Система агроэкологических и агрохимических приемов регулирования плодородия черноземных почв Поволжья / В.А. Назаров, И.А. Назаров // Аграрный научный журнал. – 2008. – № 5. – С. 40–42.

163. Назаров, В.А. Повышение продуктивности различных сортов яровой пшеницы под влиянием селеносодержащих биологически активных веществ / В.А. Назаров, Ю.Г. Леонтьев // Аграрный научный журнал. – 2012. – № 1. – С. 47–49.

164. Назырова, Ф.И. Влияние органических удобрений и мелиорантов на буферные свойства чернозема южного / Ф.И. Назырова, Т.Т. Гарипов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1. – С. 24-27.

165. Найденов, А.С. Физические свойства почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур в полевом севообороте [электронный ресурс] /А.С. Найденов, А.Ф. Бурбель// Агропромышленная газета юга России. КубГАУ. – 2014. – Режим доступа: [http:// www.agropromyug.com/nauka-apk/rastenievodstvo](http://www.agropromyug.com/nauka-apk/rastenievodstvo).

166. Нарушева, Е.А. Изменение биологической активности чернозема выщелоченного при возделывании гречихи в среднем Поволжье / Е.А. Нарушева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 88. – № 2. – С. 12-16.

167. Науметов, Р.В. Приемы обогащения почвы органическим веществом

за счет сидеральных культур. / Р.В. Науметов // Аграрная наука производству: Сб.науч.тр. Самарский НИИСХ. – Безенчук, 1993. – С.47.

168. Наумкина, Л.А. Агроэкологические основы возделывания кормовых культур на серых лесных почвах Юго-Западной части Нечерноземной зоны Российской Федерации : автореф. дис ... докт. с.-х. наук: 06.01.01, 06.01.09 / Л. А. Наумкина. Немчиновка. Московская обл, 1997. – 48 с.

169. Небытов, В.Г. Влияние фосфорных и органических удобрений на фосфатное состояние почвы и урожай культур в севообороте / В.Г. Небытов, Е.А. Кузнецова // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2012. – № 2. – С. 87-93.

170. Немцев, С.Н. Адаптация земледелия к природным и рыночным условиям / С.Н. Немцев // Ульяновск: ОГУП «Областная типография «Печатный двор», 2004. – 128 с.

171. Немцев, С.Н. Агроклиматические условия Ульяновской области и пути их рационального использования в земледелии / С.Н. Немцев, А.Г. Галиакберов, Р.Б. Шарипова // В сборнике: Научные труды Ульяновского НИИСХ. – 2010. – С. 3-23.

172. Немцев, С.Н. Агрофизическое состояние чернозема выщелоченного в зависимости от последствий органических и нетрадиционных удобрений / С.Н. Немцев, С.Н. Никитин, Г.В. Сайдышева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 1. – С. 18-22.

173. Нещадим, Н.Н. Регуляторы роста растений и факторы физического воздействия при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях Кубани.: автореф. дисс докт. с.-х. наук: 06.01.01 / Н.Н. Нещадим. – 1997. – 52 с.

174. Нещадим, Н.Н. Оценка действия поликомпонентных удобрений в условиях Западного Предкавказья / Н.Н. Нещадим, Л.М. Онищенко, С.В. Есипенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №35, – С. 208-213.

175. Никитин, С.Н. Продуктивность севооборота и экономическая эффективность различных видов органических удобрений, диатомита и биопрепара-

тов. / С.Н.Никитин, А.И. Захаров //Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. №1. – С. 40-44.

176. Никитин, С.Н. Оценка эффективности применения удобрений, биопрепаратов и диатомита в лесостепи Среднего Поволжья / С.Н. Никитин. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – 316 с.

177. Никитишен, В.И. Питание и удобрение озимой пшеницы на черноземе. / В.И. Никитишен. – М.: Наука, 1977. – 103 с.

178. Никитишен, В.И. Питание озимой пшеницы и формирование ее урожая при различной густоте посева. / В.И. Никитишен // Агрохимия. – №10. – 1978. – С.81-86.

179. Никончик, П.И. Влияние специализированных севооборотов и систем удобрений на баланс гумуса в почве / П.И. Никончик // Проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в Беларуси. Материалы юбилейной международной научнопрактической конференции, посвящённой 80- летию образов. института земледелия 29 июня 2007 г. Жодино. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 133-135.

180. Новиков, М.Н. Исследование вопросов эффективного использования различных видов и форм органических удобрений.: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.01.03 / М.Н. Новиков. – Владимир, 1993. – 45 с.

181. Нолль, И.Ф. Почвы юго-западной части Ульяновской области. / И.Ф. Нолль. – Ульяновск, 1964. – 123 с.

182. Нолль, И.Ф. Агропочвенные районы Ульяновской области: Сб. докл. 3-й межобл. конф. почвоведов и агрохимиков Среднего Поволжья и Южного Урала / И.Ф. Нолль // – Куйбышев, 1964. – С. 63-70.

183. Осичкин, А.Ю. Эффективность применения биопрепаратов и органо-минеральных удобрений в посевах озимой пшеницы на выщелоченном черноземе. / А.Ю. Осичкин, В.Е. Камалихин, В.И. Каргин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4 (36). – С.44-48.

184. Ошарова, И.И. Возделывание донника на корм, семена и зеленое удобрение. / И.И. Ошарова. – Новосибирск, 1985. – 43 с.

185. Подколзин, А.И. Удобрение и продуктивность озимой пшеницы. / А.И. Подколзин, – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 193 с.
186. Полоус, Г.П. Основные элементы методики полевого опыта: учебное пособие / Г.П. Полоусю. – Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь: АГРУС, 2009. – 96 с.
187. Почвы Поволжья. Пушино-на-Оке, 1974. – 67 с.
188. Пресняков, Н.А. Роль удобрений в повышении урожайности и качества зерна озимой пшеницы при систематическом применении в севообороте / Н.А. Пресняков // Эффективность применения удобрений и мелиорантов на почвах ЦЧЗ. – Воронеж, 1986. – С. 15-18.
189. Привалова, Е.А. Влияние компонентного состава соломы на скорость ферментативного гидролиза целлюлозы / Е.А. Привалова, Е.С. Фомина, С.Н. Евстафьев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2010. – № 7. – С. 156-160.
190. Привало, К.И. Влияние органоминеральных удобрений на эффективное плодородие почвы / К.И. Привало// Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Том 1. – № 1. – С. 64-66.
191. Прянишников, Д.Н. Об удобрении полей в севооборотах. /Д.Н. Прянишников // Избранные статьи. М.: 1962, С. 75-77.
192. Прянишников, Д.Н. Избранные сочинения в трех томах. / Д.Н. Прянишников. – М.: Колос, 1965. – Т.1. – 763 с.; Т.3. – 639 с.
193. Рижия, Е.Я. Действие минеральных удобрений и сидератов на агрофизические, агрохимические и биологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы : автореф. канд. с.-х. наук: 06.01.03 / Е.Я. Рижия. – М.: 2002. – 21 с.
194. Румянцев, Ф.П. Научное обоснование использования зеленого удобрения в севооборотах на серых лесных почвах Волго-Вятского экономического региона : автореф. дис. докт. с.-х. наук: 06.01.01 / Ф. П. Румянцев. – М.: – 2000. – 42 с.
195. Русакова, И.В. Использование биопрепарата Баркон для инокулирования соломы, применяемой в качестве удобрения / И.В. Русакова, Н.И. Воробьев // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 25-28.

196. Русакова, И.В. Влияние соломы зерновых и зернобобовых культур на содержание углерода, агрохимические свойства и баланс элементов питания в дерново-подзолистой почве / И.В. Русакова // Агрохимический вестник. – 2015 – № 6. – С. 6-10.
197. Русакова, И.В. Изучение эффективности инокуляции соломы ячменя микробиологическими препаратами / И.В. Русакова, В.В. Московкин // Агрохимический вестник. – 2015 – № 8. (39) – С. 53-55.
198. Сабо, Е.Д. Биологическая активность дерново-подзолистых суглинистых почв и методы их микробиологической характеристики / Е.Д. Сабо, О.В. Кормилицына // Лесной вестник. – 2001. – № 1. – С. 75-79.
199. Салахова, Р.Х. Агроклиматические условия Ульяновской области / Р.Х. Салахова, Г.В. Функ, Р.Б. Шарипова // В сборнике: Природа Симбирского Поволжья. – 2013. – С. 5-10.
200. Сапожников, Н.А. Трансформация азота удобрений в почве и повышение коэффициента его использования растениями / Н.А. Сапожников // Труды ВНИИ с/х микробиологии. Л.: 1980 – С.64-81.
201. Сатаров, Г.А. Плодородие черноземов и эффективность удобрений в Поволжье. /Г.А. Сатаров. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 176 с.
202. Сдобников, С.С. Навоз в современном сельском хозяйстве / С.С. Сдобников // Земледелие. – 1991. – №6. – С. 53-55.
203. Селютин, А.В. Почвы опытного поля и их агрохимическая характеристика. / А.В. Селютин // Вопросы биологии. – 1973. – С. 25-27.
204. Семькин, В.А. Использование ЭМ удобрений для получения раннего картофеля в Центральном Черноземье / В.А. Семькин, Э.В. Засорина, М.В. Стародубцева // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Том 2. – № 2. – С. 50-51.
205. Середа, Н.А. Эффективность сидератов и навоза в регулировании баланса элементов питания и гумуса в выщелоченном черноземе / Н.А. Середа, И.Х. Хайруллин, М.В. Петрова // Достижения науки и техники. – 2007. – № 11. – С. 4-6.

206. Сидоров, М.И. Использование соломы на удобрение /М.И.Сидоров, Н.И. Зезюков //Земледелие. – 1988. – №1. – С.48-50.
207. Скрипинский, А.И. Особенности оструктурирования почв на Юго-Востоке. / А.И. Скрипинский // Почвоведение. – 1961 – № 2. – С. 39-48.
208. Смирнов, Б.А. Влияние разных по интенсивности систем обработки и удобрений на изменение биологических показателей плодородия почвы / Б.А. Смирнов, П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. – № 10. – С.16-20.
209. Сорокин, И.Б. Растительное органическое вещество в продукционном процессе / И.Б. Сорокин, М.С. Калиниченко / Биологические источники элементов минерального питания растений. 3 сибирские агрохимические Прянишниковские чтения: Материалы Междунар. конф. (Омск, 12-16 июля 2005г.) РАСХН. Сиб. отд-ние. Новосибирск, 2006. – С. 155-160.
210. Сорокин, И.Б. Биоресурсы в интенсификации земледелия Сибири / И.Б. Сорокин // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – №12. – С.27-28.
211. Стулин, А.Ф. Влияние систематического применения удобрений в севообороте на урожай озимой пшеницы и его качество / А.Ф. Стулин, Г.П. Жемела, М.С. Саввина // Агрохимия. – 1982. – N 5. – С. 38-43.
212. Сычев, В.Г. Тенденция изменения агрохимических показателей плодородия почв Европейской части России / В.Г.Сычев. – Рос. Акад. с.-х. наук. ЦНИИ агрохим. обслуживания сел. хоз-ва. – М.: ЦИНАО, 2000. – 187 с.
213. Сычев, В.Г. Роль азота в интенсификации продуктивного процесса сельскохозяйственных культур / В.Г.Сычев, О.А Соколов, Н.Я.Шмырева. – Рос. акад. с.-х. наук. Всерос. НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова Россельхозакадемии. М.: ВНИИА, 2009. – 135 с.
214. Таран, В.Н. Сравнительный анализ энергетической эффективности сельскохозяйственного производства России и промышленно развитых стран. / В.Н. Таран // Международный с.-х. журнал. – 1998. – №1. – С. 67-71.
215. Тарасов, С.А. Использование микробиологических препаратов для ускорения деструкции соломы. / С.А. Тарасов, О.М. Шершнева // Вестник Курской

государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 6. – С. 43-46.

216. Такунов, И.П. Продуктивность сельскохозяйственных культур в коротких севооборотах с люпином / И.П. Такунов, Л.Л. Яговенко, Г.Л. Яговенко // Докл. межд. науч.-практ. конф.: Состояние и перспективы развития люпиносеяния в XXI веке. – Брянск, 2001. – С. 131-134

217. Тиранов, А.Б. Сохранение и повышение плодородия почвы в агроэкосистемах Новгородской области Северо-Западного региона РФ / А.Б. Тиранов, Л.В. Тиранова // Никоновские чтения. – 2011. – № 16. – С. 244-245.

218. Трубников, Ю.Н. Химический состав сельскохозяйственных культур и баланс элементов питания на серых лесных почвах Красноярского края / Ю.Н. Трубников // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 3. – С. 16-18.

219. Тужилин, В.М. Донник на сидерат в Нечерноземье / В.М. Тужилин // Земледелие. – 1995. – № 2. – С. 8-9.

220. Туртуряну, Н.А. Система применения удобрений в севообороте на выщелоченном черноземе / Н.А. Туртуряну // Система удобрений в интенсивном земледелии. – Кишинев, 1979. – С. 3-16.

221. Уваров, А.В. Мульчирующая обработка почвы, солома, сидераты и микробиологические препараты – основа биологизации земледелия на черноземных почвах / А.В. Уваров, Б.И. Туктаров, П.В. Тарасенко // Вавиловские чтения – 2010: Материалы Международной науч.-практич. конф. – Саратов, 2010. – Ч. 1. – С. 173-177.

222. Ульянова, О.А. Реакция агросерой почвы на применение системы удобрения / О.А. Ульянова, Н.Л. Кураченко, В.С. Борцов // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2009. – № 7. – С. 76-82.

223. Хасанов, Р.Ф. Резервы обогащения почвы органикой. / Р.Ф. Хасанов // Земледелие. – 1994. – №6. – С. 21-22.

224. Хахаева, З.К. Влияние сидеральных паров на плодородие почвы, урожайность и качество яровой пшеницы в лесостепной зоне Бурятии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.01 / З.К. Хахаева. – Улан-Удэ, 2016. – 17 с.

225. Христенко, Д.А. Многолетние травы и плодородие почвы / Д.А. Христен-

ко // Аграрная наука. – 2007. – № 4. – С. 8-9.

226. Хуснидинова, Ш.К. Нетрадиционные сидеральные культуры и плодородие почв Прибайкалья. / Ш.К. Хуснидинова // Иркутск: ИрГСХА, 1991. – 185 с.

227. Чекмарев, П.А. Плодородие и продуктивность почв Республики Татарстан / П.А. Чекмарев, А.А. Лукманов, С.Ш. Нуриев. – Казань, 2011. – 245 с.

228. Чекмарев, П.А. Влияние системного применения минеральных удобрений на содержание гумуса в черноземе обыкновенном / П.А. Чекмарев, С.В. Обущенко, Н.М. Троц // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 6. – С. 32-34.

229. Чекмарев, П.А. Мониторинг плодородия почв Самарской области / П.А. Чекмарев, С.В. Обущенко // Земледелие. – 2016. – № 8. – С 12-15.

230. Чекмарев, П.А. Почвенные ресурсы Ульяновской области и их современное состояние / П.А. Чекмарев, Е.А. Черкасов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции с Международным участием «Фундаментальные и прикладные основы сохранения плодородия почвы и получения экологически безопасной продукции растениеводства». – Ульяновский ГАУ, 2017. – С. 12-26.

231. Черкасов, Е.А. Динамика агрохимических показателей плодородия черноземов ульяновской области за 2000–2015 гг. / Е.А. Черкасов, А.Х. Куликова // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (Белгород, 15–22 августа 2016 г.). Часть I Москва-Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. – С. 135-136.

232. Чуданов, И.А. Минимализация основной обработки почвы под яровые зерновые культуры / И.А. Чуданов, Л.Ф. Лигастаева // Информ. лист. № 209-92. Самара: Самарский ЦНТИ, 1992. – 3 с.

233. Чуян, Н.А. Агрофизические показатели чернозема типичного в условиях использования побочной продукции на удобрение при разных уровнях

удобренности / Н.А. Чуюн, О.Г. Чуюн, Г.М. Брескина // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 2. – С. 3-5.

234. Шакиров, Р.С. Сидераты и солома – дополнительные источники почвенной органики / Р.С. Шакиров // Земледелие. – № 4. – 1999. – С. 38-39.

235. Шакиров, Р.И. Действие биопрепаратов и микроудобрений на коэффициенты использования макроудобрений и урожайность ячменя / Р.И. Шакиров, М.Ю. Гилязов // Агрохимический вестник. – № 4. – 2010. – С. 26-27.

236. Шапкина, Г.С. Подбор культур для промежуточных посевов / Г.С. Шапкина // Земледелие. – № 10. – 1990. – С.36-37.

237. Шарипова, Р.Б. Тенденция изменения заморозков в условиях агроландшафта Ульяновской области / Р.Б. Шарипова // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Ульяновск, 2002. – Т. 2. – С. 222-224.

238. Щепетьев, М. А. Накопление элементов питания растениями озимой пшеницы и влияние их на урожай, и качество зерна / М.А. Щепетьев // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4. электронный журнал. режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2v2012/1373>

239. Шеуджен, А.Х. Питание и удобрение зерновых, крупяных и зернобобовых культур / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, Л.М. Онищенко. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 231 с.

240. Шеуджен, А.Х. Агрохимические основы применения удобрений / А.Х. Шеуджен, Т.Н. Бондарева, С.В. Кизинек. – Майкоп: «Полиграф-Юг», 2013. – 572 с.

241. Шеуджен, А.Х., Агроэкологическая эффективность применения микроэлементов на посевах озимой пшеницы. / А.Х.Шеуджен, И.А. Булдыкова, Р.В. Штуц // Научный журнал Куб. ГАУ. – №96 (02). – 2014. – С. 133-147.

242. Щитов, С.В. Техногенное воздействие на почву колесных тракторов / С.В. Щитов, П.В. Тихончук, Н.В. Спириданчук / Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 6. – С.73-74.

243. Юхимчук, Ф.Ф. Люпин в земледелии. / Ф.Ф. Юхимчук. – Киев, 1963.

– 359 с.

244. Юхимчук, Ф.Ф. Люпин - важнейшее звено системы земледелия на Полесье Украины. / Ф.Ф. Юхимчук // Производство и использование люпина в сельском хозяйстве. – Киев, 1969. – С. 20-34.

245. Яговенко, Г.Л. Люпин как сидеральная культура и его влияние на плодородие почв / Г.Л. Яговенко, Л.Л. Яговенко // Докл. Отраслевая межобл. науч.-практич. конф. – Курск, 2004. – С. 3-5.

246. Яговенко, Л.Л. Фитосанитарное состояние почвы в севооборотах с люпином / Л.Л. Яговенко, Г.Л. Яговенко // Докл. Межд. науч. конф.: Севооборот в современном земледелии. – М.: МСХА, 2004. – С. 192-196.

247. Яговенко, Г.Л. Люпин в земледелии юга Центрального региона России: влияние на агрохимические свойства серой лесной почвы и продуктивность севооборотов: монография / Г.Л. Яговенко, Н.М. Белоус, Л.Л. Яговенко. – Брянск: БГСХА, 2011. – 182 с.

248. Al-Attar, L. Transfer factor of ^{90}Sr and ^{137}Cs to lettuce and winter wheat at different growth stage applications / L. Al-Attar, M. Al-Oudat, B. Safia // Journal of Environmental Radioactivity. – 2015. – B. 150. – P. 104-110

249. Anon, A. Wie wird die Brache Grun / A. Anon // Lohnunternehmen in Land-Fort-Wirtsch. – 1986. – Bd. 43. – № 7. – S. 350-351.

250. Barzegar, A.R. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat: научное издание /A.R. Barzegar, A. Yousefi, A. Daryashenas// Plant and Soil. – 2002. – B. 247. – № 2. – P. 295-301.

251. Buchner, W. Umweltschonende Maisanbau durch Dauer begriening / W. Buchner// Mais, 1986 – Bd. 14. – № 2. – S. 31-34.

252. Debruck, J. Fruchtfolge organische Substanzversorgung aus der Sicht des gegenwertigen /J. Debruck// Landbauarbeiten der D. L. G., 1980. – S. 45-46.

253. Elern, B. Einordnung der organischen Dungung in komplexe verfahren zur Erhorung der Bodenfruchtbarkeit / B. Elern// Feldwirtschaft. – 1997. – № 8. – S. 325-329. Fischer, D. Erfahrung, Beobachtung und Boden vorrat zahlen /D. Fischer//

Landwirtschaftliche Zeitschrift Reinland, 1984. – № 5. – P. 456-459.

254. Fujikake, H. Rapid and reversible nitrate inhibition of nodule growth and N₂ fixation activity in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) /H. Fujikake, H. Yashima, T. Sato//Soil Sc.Plant Nutrit., 2002. – Vol. 48. – N 2. – P. 211-217.

255. Ghaffar, S.H. Structural analysis for lignin characteristics in biomass straw. /S.H. Ghaffar, M. Fan// Biomass and Bioenergy. – 2013. –B. 57. – P. 264-279.

256. Gondek, K. Skład frakcyjny prochnicy czarnoziemiu zdegradowanego w zależności od gatunku przyoranych roślin poplonowych. /K. Gondek, T. Zajac //Acta agraria et silvestria. Ser. Agraria. – Krakow, 2004. – Vol. 41. – P. 3-12.

257. Hera, C. Modificarea unor indici agrochimici ai solului prin aplicarea ingrasamintelor./C. Hera, V. Mihaila// An. Inst. Cerc. Cereale Plante Tehan – 1981. – S. 319-327.

258. Jablonska-Ceglarek, R. Plonowanie kukurydzy cukrowej «Comanche Fl» uprawianej po nawozach zielonych. Folia Univ. agriculturae stetinsensis /R. Jablonska-Ceglarek// Akad. rol. w Szczecinie. -Szczecin, 2004. – T. 239. – S. 143-148.

259. Korschens, M. Zwischenfruchtanbau zur Futternutzung und Grundungung – ein Beitrag zur Steigerung der Bodenfruchtdarkeit /M. Korschens// Feldwirtschaft. – 1983. – Bd. 24. – H. 8. – P. 361-367.

260. Lou Yunsheng. The effect of straw management and reduced tillage on soil N and P /Yunsheng Lou, Yua Yang// Zhejiang Agr. Univ., 1994. – B. 24. – № 4. – P. 359–363.

261. Morris, R.A. Rice responses to start duration green manure /R.A. Morris, R.E. Turos, M.A. Diros// Grain Fiel Agrar J. – 1986. – № 3. – S. 409-412.

262. Morris, R.A. Organik farming Prospekt com-paned vvieth conceptional faring /R.A. Morris// Phosphonus in Agr. – 1996. – S.36-82.

263. Pankhanija, R.M. Effect of Nand Pon yield, quality, uptake of nutrients and economics of fodder varieties. /R.M. Pankhanija, M.G. Jetwa, V.D. Khanapara//Gujarat Agricultural University Research Journal, 1997. – vol.22. – №2. – p. 127-129.

264. Peltre, C. Straw export in continuous winter wheat and the ability of oil radish catch crops and early sowing of wheat to offset soil c and n losses: a simulation study /C. Peltre, M. Nielsen, S. Bruun// *Agricultural Systems*. – 2016. – B. 143. P. 195-202.

265. Slendergerger, N. Top /N. Slendergerger// *Agrar*. – 1998. – Vol. 12. – P.48-50.

266. Tine, W.W. Green manuring /W.W. Tine, R.J. Blevins// *Outlok on Agriculture*, 1999. – Vol. 13. – № 1. – P. 20-33.

267. Tian, S.Z. Effects of different tillage methods and straw-returning on soil organic carbon content in a winter wheat field /S.Z. Tian, T.Y. Ning, Y. Wang// *Chinese Journal of Applied Ecology*. – 2010. – B. 21. – № 2 –P. 373-378.

268. Veremeenko, S.I. Changes in the agrochemical properties of dark gray soil in the western ukrainian forest-steppe under the effect of long-term agricultural use /S.I. Veremeenko, O.A. Furmanets// *Eurasian Soil Science*. – 2014. – B. 47. – № 5. – P. 483-490.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Значения температуры воздуха и количества осадков за 2013 год исследований
(данные метеостанции международного аэропорта «Ульяновск–Восточный»)

Месяц	Декада	Температура, ° С		Норма	Осадки, мм		Норма
		Среднее	Отклоне- ние		Среднее	Отклоне- ние	
Январь	Мес.	-10	3,8	- 13,8	30	-1	31
Февраль	Мес.	-8,5	4,7	- 13,2	5	-19	24
Март	Мес.	-6,2	0,8	- 7,0	62	38	24
Апрель	1	5,4	4,7	0,7	10,2	0,2	10
	2	6,6	2,5	4,1	0,4	-9,6	10
	3	8,5	1,3	7,2	30,4	20,4	10
	Мес.	6,7	0,6	6,1	41,0	11	30
Май	1	13,6	2,5	10,1	10,3	-2,7	13
	2	18,2	5,6	12,6	1,5	-11,5	13
	3	19,1	4,3	14,8	11,1	-1,9	13
	Мес.	17,0	4,5	12,5	22,9	-16,1	39
Июнь	1	17,6	1,3	16,3	22,0	1	21
	2	20,2	2,5	17,7	0,8	-20,2	21
	3	22,4	3,8	18,6	5,2	15,8	21
	Мес.	20,1	2,6	17,5	28,0	-35	63
Июль	1	22,4	3	19,4	33,1	13,1	20
	2	20,6	0,7	19,9	34,0	14	20
	3	18,7	0,9	19,6	26,3	6,3	20
	Мес.	20,5	0,9	19,6	93,4	33,4	60
Август	1	21,4	2,7	18,7	27,4	11,4	16
	2	22,1	4,5	17,6	21,9	5,9	16
	3	18,0	1,1	16,9	33,4	7,4	16
	Мес.	20,4	2,4	18,0	82,7	34,7	48
Сентябрь	1	15,7	1,7	14,0	108,6	91,6	17
	2	14	3,6	11,4	15,8	-0,2	16
	3	8,6	0,1	8,7	48,5	32,5	16
	Мес.	12,8	0,5	11,3	172,9	123,9	49
Октябрь	Мес.	5,3	1,7	3,6	29	-12	41
Ноябрь	Мес.	2,9	1	- 3,9	22	-10	32
Декабрь	Мес.	-4,5	5,9	- 10,4	28	-2	30

Значения температуры воздуха и количества осадков за 2014 год исследований
(данные метеостанции международного аэропорта «Ульяновск–Восточный»)

Месяц	Декада	Температура, ° С		Норма	Осадки, мм		Норма
		Среднее	Отклоне- ние		Среднее	Отклоне- ние	
Январь	Мес.	-10,4	3,4	- 13,8	44,5	13,5	31
Февраль	Мес.	-11,2	2	- 13,2	21,8	- 2,2	24
Март	Мес.	-1,1	5,9	- 7	13,2	- 10,8	24
Апрель	1	0,9	0,2	0,7	17,0	7	10
	2	5,8	1,7	4,1	1,7	- 8,3	10
	3	8,8	1,6	7,2	12,1	2,1	10
	Мес.	4,6	1,5	6,1	30,8	0,8	30
Май	1	10,7	0,6	10,1	15,3	3,1	13
	2	19,6	7	12,6	1,0	- 12	13
	3	20,4	5,6	14,8	1,1	- 11,9	13
	Мес.	16,8	4,3	12,5	17,4	- 20,8	39
Июнь	1	21,2	4,9	16,3	6,6	- 14,4	21
	2	14,9	2,8	17,7	19,5	- 1,5	21
	3	16,3	2,3	18,6	21,0	0	21
	Мес.	17,5	0	17,5	47,1	- 15,9	63
Июль	1	20,3	0,9	19,4	0,5	- 19,5	20
	2	19,6	0,3	19,9	3,3	- 16,7	20
	3	20,4	0,8	19,6	1,4	- 18,6	20
	Мес.	19,5	0,1	19,6	5,2	- 54,8	60
Август	1	21,8	3,1	18,7	2,5	- 13,5	16
	2	20,4	2,8	17,6	21,6	6,4	16
	3	18,2	1,3	16,9	22,8	6,8	16
	Мес.	19,9	1,9	18,0	46,9	- 0,3	48
Сентябрь	1	13,9	0,1	14,0	11,7	- 15,7	17
	2	11,2	0,2	11,4	13,4	- 16	16
	3	9,4	0,7	8,7	19,9	- 15,2	16
	Мес.	11,9	0,6	11,3	45,0	- 46,9	49
Октябрь	Мес.	2,9	0,7	3,6	40,8	- 0,2	41
Ноябрь	Мес.	-3,5	0,4	- 3,9	35,1	3,1	32
Декабрь	Мес.	-6,2	4,2	- 10,4	57,4	27,4	30

Значения температуры воздуха и количества осадков за 2015 год исследований
(данные метеостанции международного аэропорта «Ульяновск–Восточный»)

Месяц	Декада	Температура, ° С		Норма	Осадки, мм		Норма
		Среднее	Отклоне- ние		Среднее	Отклоне- ние	
Январь	Мес.	- 10,4	3,4	- 13,8	22,1	- 8,9	31
Февраль	Мес.	- 11,2	2	- 13,2	35,4	11,4	24
Март	Мес.	- 1,1	5,9	- 7	7,7	- 16,3	24
Апрель	1	0,9	0,2	0,7	12,9	2,9	10
	2	5,8	1,7	4,1	16,3	6,3	10
	3	8,8	1,6	7,2	12,2	2,2	10
	Мес.	4,6	- 1,5	6,1	41,4	11,4	30
Май	1	10,7	0,6	10,1	–	- 13	13
	2	19,6	7,0	12,6	21,8	8,8	13
	3	20,4	5,6	14,8	7,6	- 5,4	13
	Мес.	14,8	2,3	12,5	29,4	- 9,6	39
Июнь	1	21,2	4,9	16,3	15,5	- 5,5	21
	2	17,9	0,2	17,7	–	- 21	21
	3	16,4	- 2,2	18,6	7,3	- 13,7	21
	Мес.	20,4	2,9	17,5	22,8	- 40,2	63
Июль	1	20,3	0,9	19,4	78,3	58,3	20
	2	19,6	0,3	19,9	38,3	18,3	20
	3	20,4	0,8	19,6	2	- 18	20
	Мес.	19,7	0,1	19,6	118,6	58,6	60
Август	1	21,8	3,1	18,7	5,3	- 10,7	16
	2	20,4	2,8	17,6	7,3	- 8,7	16
	3	18,2	1,9	16,9	7	- 9	16
	Мес.	18,1	0,1	18,0	19,6	- 28,4	48
Сентябрь	1	13,9	0,1	14,0	5,3	- 11,7	17
	2	11,2	0,2	11,4	7,3	- 8,7	16
	3	9,4	0,7	8,7	7	- 9	16
	Мес.	11,9	0,6	11,3	19	- 30	49
Октябрь	Мес.	2,9	0,7	3,6	42,3	1,3	41
Ноябрь	Мес.	- 3,5	- 0,4	- 3,9	80,4	48,4	32
Декабрь	Мес.	- 6,2	4,2	- 10,4	37,3	7,3	30

Значения температуры воздуха и количества осадков за 2016 год исследований
(данные метеостанции международного аэропорта «Ульяновск–Восточный»)

Месяц	Декада	Температура, ° С		Норма	Осадки, мм		Норма
		Среднее	Отклоне- ние		Среднее	Отклоне- ние	
Январь	Мес.	- 12,3	3,8	- 13,8	72	41	31
Февраль	Мес.	- 2,6	5,5	- 13,2	28,3	4,3	24
Март	Мес.	- 1,3	3,4	- 7,0	39,8	15,8	24
Апрель	1	4,9	4,2	0,7	23,7	13,7	10
	2	10,7	6,6	4,1	16,5	6,5	10
	3	10,2	3,0	7,2	7,3	- 2,7	10
	Мес.	8,6	2,5	6,1	47,5	17,5	30
Май	1	12,7	2,6	10,1	12	- 1	13
	2	13,0	0,4	12,6	35,8	22,8	13
	3	18,9	4,1	14,8	23,3	10,3	13
	Мес.	14,9	2,4	12,5	71,1	32,1	39
Июнь	1	23,6	7,3	16,3	59,6	38,6	21
	2	20,4	2,7	17,7	11,9	- 9,1	21
	3	18,6	0	18,6	6,3	- 14,7	21
	Мес.	20,7	3,2	17,5	77,8	14,8	63
Июль	1	19,7	0,3	19,4	24	4	20
	2	22,8	2,9	19,9	2	- 18	20
	3	21,7	2,1	19,6	42	22	20
	Мес.	21,4	1,8	19,6	68	8	60
Август	1	23,5	4,8	18,7	17	1	16
	2	24,4	6,8	17,6	2,3	- 13,7	16
	3	20,6	3,7	16,9	4	- 12	16
	Мес.	22,8	4,8	18,0	23,3	- 24,7	48
Сентябрь	1	14,3	0,3	14,0	25,8	8,8	17
	2	10,1	- 1,3	11,4	22,1	6,1	16
	3	8,4	- 0,3	8,7	63,1	47,1	16
	Мес.	10,9	- 0,4	11,3	111	62	49
Октябрь	Мес.	-3,5	- 7,1	3,6	53,1	12,1	41
Ноябрь	Мес.	-2,8	1,1	- 3,9	42,8	10,8	32
Декабрь	Мес.	-8,6	1,8	- 10,4	66,7	36,7	30

Значения температуры воздуха и количества осадков за 2017 год исследований
(данным метеостанции международного аэропорта «Ульяновск–Восточный»)

Месяц	Декада	Температура, °С		Норма	Осадки, мм		Норма
		Среднее	Отклоне- ние		Среднее	Отклоне- ние	
Январь	Мес.	-3,6	10,2	- 13,8	6,9	-24,1	31
Февраль	Мес.	-7,7	5,5	- 13,2	32,6	8,6	24
Март	Мес.	-2,5	4,5	- 7,0	7,6	-16,4	24
Апрель	1	2,4	1,7	0,7	8	-2	10
	2	8,3	4,2	4,1	17,8	7,8	10
	3	14,3	7,1	7,2	30	20	10
	Мес.	8,3	2,2	6,1	55,8	25,8	30
Май	1	11,6	1,5	10,1	3,3	-9,7	13
	2	13,8	1,2	12,6	7	-5	13
	3	15,9	1,1	14,8	30	17	13
	Мес.	13,8	1,3	12,5	40,3	1,3	39
Июнь	1	14,2	-2,1	16,3	22	1	21
	2	22,7	5	17,7	7,7	-13,3	21
	3	20,3	1,7	18,6	33,8	12,8	21
	Мес.	19,1	1,6	17,5	63,5	0,5	63
Июль	1	22,8	3,4	19,4	70,4	50,4	20
	2	25,3	5,4	19,9	8,5	-11,5	20
	3	22,1	2,5	19,6	15,3	-4,7	20
	Мес.	23,4	3,8	19,6	94,2	34,2	60
Август	1	25,8	7,1	18,7	0,9	-15,1	16
	2	24,7	7,1	17,6	0	-16	16
	3	21,3	4,4	16,9	16,5	0,5	16
	Мес.	23,9	5,9	18,0	17,4	-30,6	48
Сентябрь	1	18,8	4,8	14,0	15,3	-1,7	17
	2	20,7	9,3	11,4	0,3	-15,7	16
	3	8,6	-0,1	8,7	44,7	28,7	16
	Мес.	16,4	5,1	11,3	60,3	11,3	49
Октябрь	Мес.	4,2	0,6	3,6	39	-2	41
Ноябрь	Мес.	-0,6	3,3	- 3,9	12,2	-19,8	32
Декабрь	Мес.	-4,5	5,9	- 10,4	22	-8	30

Приложение 6

Степень разложения льняного полотна под посевами озимой пшеницы, %,
(2014 - 2017 г.)

№ п/п	Вариант		Годы исследований				В сред- нем за 2014 – 2017 гг.
			2014	2015	2016	2017	
1	Без удобрений (контроль)		20,31	23,43	41,95	45,22	32,73
2	Солома предшественника		22,36	24,15	44,78	54,17	36,37
3	Солома + N10/ т соломы		25,13	26,80	45,90	56,23	38,52
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1		26,14	24,78	49,33	57,44	39,42
5	Солома + N10/т + биопрепарат		28,34	27,80	50,08	59,11	41,33
6	Биопрепарат		25,63	24,60	45,65	50,23	36,53
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)		26,54	25,23	44,15	48,46	36,10
8	NPK + солома		27,34	28,08	50,98	59,53	41,48
9	NPK + солома + N10/т		33,26	32,93	52,88	63,17	45,56
10	NPK + солома +биопрепарат		32,14	27,48	51,90	69,35	45,22
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат		33,21	26,95	57,08	66,44	45,92
12	NPK + биопрепарат		26,81	26,13	48,38	65,59	35,03
	HCP ₀₅	Фактор А	0,61	0,65	1,23	1,04	0,42
		Фактор В	1,04	0,98	0,76	1,03	0,68

**Плотность чернозема типичного под посевами озимой пшеницы в зависимости
от систем удобрений, г/см³**

Вариант	Слой почвы	2015		2016		2017		Средняя	
		Возобновление вегетации	Уборка	Возобновление вегетации	Уборка	Возобновление вегетации	Уборка	Возобновление вегетации	Уборка
Без удобрений (контроль)	0-10	1,21	1,24	1,23	1,27	1,22	1,25	1,22	1,26
	10-20	1,27	1,32	1,29	1,34	1,27	1,30	1,28	1,33
	20-30	1,30	1,35	1,34	1,40	1,30	1,39	1,31	1,39
	0-30	1,26	1,30	1,29	1,34	1,26	1,31	1,27	1,33
Солома предшественника	0-10	1,15	1,18	1,18	1,21	1,16	1,22	1,16	1,20
	10-20	1,15	1,22	1,21	1,26	1,16	1,25	1,19	1,26
	20-30	1,26	1,30	1,29	1,31	1,31	1,32	1,31	1,32
	0-30	1,18	1,23	1,22	1,25	1,22	1,26	1,22	1,26
Солома + N10/ т соломы	0-10	1,13	1,16	1,16	1,20	1,15	1,19	1,15	1,18
	10-20	1,15	1,20	1,21	1,24	1,18	1,24	1,18	1,23
	20-30	1,27	1,28	1,29	1,31	1,33	1,34	1,30	1,31
	0-30	1,18	1,21	1,22	1,25	1,22	1,26	1,21	1,24
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	0-10	1,11	1,14	1,13	1,17	1,11	1,17	1,12	1,16
	10-20	1,14	1,17	1,18	1,22	1,17	1,22	1,16	1,21
	20-30	1,26	1,27	1,27	1,30	1,27	1,33	1,27	1,30
	0-30	1,17	1,20	1,19	1,23	1,18	1,24	1,18	1,22
Солома + N10/т + биопрепарат	0-10	1,08	1,12	1,10	1,13	1,07	1,14	1,08	1,13
	10-20	1,12	1,17	1,13	1,17	1,12	1,17	1,12	1,17
	20-30	1,24	1,25	1,25	1,28	1,24	1,28	1,24	1,27
	0-30	1,15	1,17	1,17	1,19	1,14	1,20	1,15	1,19
Биопрепарат	0-10	1,17	1,21	1,18	1,22	1,17	1,22	1,17	1,22
	10-20	1,22	1,23	1,23	1,27	1,25	1,29	1,23	1,26
	20-30	1,29	1,31	1,30	1,34	1,32	1,35	1,31	1,33
	0-30	1,23	1,25	1,24	1,28	1,25	1,28	1,24	1,27
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	0-10	1,19	1,22	1,22	1,26	1,20	1,25	1,20	1,24
	10-20	1,23	1,29	1,27	1,32	1,24	1,31	1,25	1,31
	20-30	1,28	1,33	1,32	1,36	1,29	1,38	1,30	1,36
	0-30	1,23	1,28	1,27	1,31	1,24	1,31	1,25	1,30
NPK + солома	0-10	1,13	1,16	1,16	1,19	1,15	1,19	1,15	1,18
	10-20	1,16	1,21	1,20	1,25	1,19	1,24	1,18	1,23
	20-30	1,25	1,27	1,26	1,28	1,27	1,31	1,26	1,29
	0-30	1,18	1,21	1,21	1,24	1,20	1,24	1,20	1,23
NPK + солома + N10/т	0-10	1,11	1,14	1,12	1,16	1,10	1,17	1,11	1,16
	10-20	1,14	1,18	1,16	1,21	1,14	1,19	1,15	1,19
	20-30	1,23	1,25	1,23	1,26	1,26	1,28	1,24	1,26
	0-30	1,16	1,19	1,17	1,21	1,17	1,21	1,17	1,20
NPK + солома +биопрепарат	0-10	1,09	1,13	1,11	1,15	1,09	1,15	1,10	1,14
	10-20	1,13	1,17	1,15	1,18	1,14	1,17	1,14	1,17
	20-30	1,21	1,24	1,21	1,26	1,26	1,28	1,23	1,26
	0-30	1,14	1,18	1,16	1,20	1,16	1,20	1,17	1,19
NPK + солома + N10/т + биопрепарат	0-10	1,07	1,12	1,10	1,14	1,08	1,14	1,08	1,13
	10-20	1,11	1,16	1,14	1,17	1,13	1,16	1,13	1,16
	20-30	1,21	1,23	1,18	1,23	1,25	1,27	1,21	1,24
	0-30	1,13	1,17	1,14	1,18	1,15	1,19	1,14	1,18
NPK + биопрепарат	0-10	1,18	1,21	1,19	1,22	1,16	1,21	1,18	1,21
	10-20	1,20	1,22	1,20	1,25	1,19	1,25	1,20	1,24
	20-30	1,25	1,28	1,25	1,30	1,23	1,33	1,24	1,30
	0-30	1,21	1,24	1,21	1,26	1,19	1,26	1,21	1,25
НСР ₀₅	Фактор А	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,02	—	—
	Фактор В	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	—	—

**Содержание гумуса в пахотном слое чернозема типичного под посевами
озимой пшеницы в зависимости от систем удобрений, %**

Вариант	Слой почвы	Годы исследований					Сред- нее за рота- цию сево- оборо- та
		2013	2014	2015	2016	2017	
Без удобрений (контроль)	0-30	4,24	4,09	4,11	4,24	4,32	4,2
Солома предшественника	0-30	4,42	4,24	4,38	4,58	4,65	4,45
Солома + N10/ т соломы	0-30	4,29	4,41	4,37	4,39	4,47	4,39
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	0-30	4,42	4,33	4,45	4,51	4,58	4,46
Солома + N10/т + биопрепарат	0-30	4,35	4,34	4,51	4,57	4,65	4,48
Биопрепарат	0-30	4,18	4,21	4,29	4,21	4,32	4,24
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	0-30	4,32	4,24	4,31	4,38	4,27	4,30
NPK + солома	0-30	4,31	4,33	4,44	4,55	4,58	4,44
NPK + солома + N10/т	0-30	4,39	4,49	4,37	4,56	4,65	4,49
NPK + солома +биопрепарат	0-30	4,22	4,14	4,21	4,37	4,49	4,29
NPK + солома + N10/т + биопрепарат	0-30	4,37	4,41	4,52	4,58	4,57	4,49
NPK + биопрепарат	0-30	4,28	4,41	4,23	4,25	4,43	4,32
HCP ₀₅	Фактор А	0,02	0,02	0,04	0,03	0,04	-
	Фактор В	0,04	0,05	0,05	0,03	0,03	-

Приложение 9

Содержание N-NO₃ + N-NH₄ в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития озимой пшеницы, мг/кг (2013-2017 гг.)

Варианты		Посев	Возоб- новление вегета- ции	Выход в трубку	Колоше- ние	Полная спелость	Среднее за веге- тацию
Без удобрений (кон- троль)		14,9	11,3	17,7	15,5	15,1	14,9
Солома предшественни- ка		16,5	11,0	17,9	15,4	16,8	15,5
Солома + N10/ т соло- мы		17,6	12,3	18,9	16,4	17,7	16,6
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1		18,1	11,4	19,4	16,8	18,1	16,8
Солома + N10/т + биопрепарат		18,6	12,2	20,3	17,5	17,7	17,3
Биопрепарат		16,3	11,5	19,4	16,4	17,4	16,2
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)		20,2	12,4	23,1	19,4	19,0	18,8
NPK + солома		19,0	12,7	23,6	20,3	19,8	19,1
NPK + солома + N10/т		20,1	14,6	25,9	22,3	20,0	19,4
NPK + солома +биопрепарат		19,4	12,2	25,1	20,6	19,9	19,4
NPK + солома + N10/т + биопрепарат		21,4	12,8	25,0	21,9	20,3	20,3
NPK + биопрепарат		18,8	13,5	24,5	21,5	19,8	19,6
НСР05	Фактор А	1,2	0,5	0,4	0,1	0,4	-
	Фактор В	0,4	0,3	0,6	0,3	0,5	-

Содержание P_2O_5 в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития озимой пшеницы, мг/кг (2013-2017 гг.)

Варианты		Посев	Возоб- новление вегетации	Выход в трубку	Коло- шение	Полная спелость	В среднем за вегета- цию
Без удобрений (контроль)		165	171	182	152	147	163
Солома предшествен- ника		171	177	184	159	156	169
Солома + N10/ т соло- мы		172	179	185	163	158	171
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1		173	181	186	163	156	172
Солома + N10/т + биопрепарат		173	182	188	164	157	173
Биопрепарат		167	173	182	162	154	168
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)		179	188	199	181	162	182
NPK + солома		185	196	201	183	166	186
NPK + солома + N10/т		185	197	203	183	168	187
NPK + солома +биопрепарат		187	199	204	185	169	189
NPK + солома + N10/т + биопрепарат		191	201	204	184	171	190
NPK + биопрепарат		182	194	198	180	162	183
HCP ₀₅	Фактор А	3	2	6	7	6	-
	Фактор В	4	5	1	2	4	-

Содержание K_2O в пахотном слое (0–30 см) чернозёма типичного по фазам развития озимой пшеницы, мг/кг (2013-2017 гг.)

Варианты		Посев	Возобновление вегетации	Выход в трубку	Колошение	Полная спелость	В среднем за вегетацию
Без удобрений (контроль)		176	182	178	165	163	173
Солома предшественника		189	194	183	175	170	182
Солома + N10/ т соломы		189	196	187	178	171	184
Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1		187	199	188	175	169	184
Солома + N10/т + биопрепарат		191	201	190	176	164	184
Биопрепарат		180	186	181	172	162	176
N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)		187	195	189	179	169	184
NPK + солома		193	203	191	182	175	189
NPK + солома + N10/т		193	205	194	185	175	190
NPK + солома + биопрепарат		199	204	192	184	176	191
NPK + солома + N10/т + биопрепарат		198	205	191	184	180	192
NPK + биопрепарат		194	198	187	179	173	187
НСР ₀₅	Фактор А	4	3	1	5	2	-
	Фактор В	3	3	2	1	4	-

Структура урожая озимой пшеницы и его структура (2013 г.)

№ п/п	Вариант	Урожай- ность, т/га	Количе- ство продук- тивных стеблей на 1 м²	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса зё- рен в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г	
1	Без удобрений (контроль)	2,49	302	17,3	0,84	48,8	
2	Солома предшественника	2,45	305	17,4	0,82	46,9	
3	Солома + N10/ т соломы	2,64	319	18,7	0,85	45,3	
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	2,60	363	18,4	0,73	39,8	
5	Солома + N10/т + биопрепарат	2,76	375	18,5	0,75	40,5	
6	Биопрепарат	2,55	368	17,2	0,70	40,7	
7	N ₆₄ P ₃₂ K ₅₄ (фон, NPK)	3,17	375	19,7	0,86	43,7	
8	NPK + солома	3,27	382	19,5	0,87	44,7	
9	NPK + солома + N10/т	3,34	388	19,9	0,88	44,1	
10	NPK + солома + биопрепарат	3,41	373	19,9	0,93	46,8	
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	3,54	382	20,1	0,94	46,9	
12	NPK + биопрепарат	3,30	377	19,9	0,89	44,8	
НСР ₀₅		Фактор А	0,06	5	0,01	0,05	0,1
		Фактор В	0,04	6	0,01	0,13	0,1

Структура урожая озимой пшеницы и его структура (2014 г.)

№ п/п	Вариант	Урожай- ность, т/га	Количе- ство продук- тивных стеблей на 1 м ²	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса зё- рен в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г
1	Без удобрений (контроль)	2,21	448	17,3	0,49	28,3
2	Солома предшественника	2,42	452	17,4	0,54	30,7
3	Солома + N10/ т соломы	2,51	462	17,5	0,54	31,1
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	2,58	471	17,9	0,55	30,6
5	Солома + N10/т + биопрепарат	2,81	471	17,5	0,60	34,3
6	Биопрепарат	2,46	473	17,8	0,52	29,2
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	2,98	489	19,7	0,61	31,1
8	NPK + солома	3,19	482	19,5	0,61	31,3
9	NPK + солома + N10/т	3,28	498	19,5	0,66	33,9
10	NPK + солома + биопрепарат	3,30	493	19,6	0,68	34,7
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	3,41	494	19,1	0,70	36,7
12	NPK + биопрепарат	3,14	497	19,3	0,64	33,4
НСР ₀₅		Фактор А	0,03	4	0,2	0,2
		Фактор В	0,07	3	0,4	0,4

Структура урожая озимой пшеницы и его структура (2015 г.)

№ п/п	Вариант	Урожай- ность, т/га	Количе- ство продук- тивных стеблей на 1 м ²	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса зё- рен в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г
1	Без удобрений (контроль)	2,14	317	18,1	0,69	38,3
2	Солома предшественника	2,18	323	18,3	0,69	37,9
3	Солома + N10/ т соломы	2,25	331	18,8	0,70	37,1
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	2,30	342	18,5	0,69	37,3
5	Солома + N10/т + биопрепарат	2,41	352	18,9	0,70	37,1
6	Биопрепарат	2,22	358	18,3	0,67	34,8
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	2,64	369	19,3	0,61	31,1
8	NPK + солома	2,68	371	19,4	0,74	38,1
9	NPK + солома + N10/т	2,82	375	19,6	0,77	39,2
10	NPK + солома + биопрепарат	2,78	368	19,8	0,77	39,0
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	3,04	381	20,2	0,82	40,6
12	NPK + биопрепарат	2,70	372	18,9	0,74	39,3
НСР ₀₅		Фактор А	0,03	5	0,2	0,3
		Фактор В	0,06	1	0,4	0,4

Структура урожая озимой пшеницы и его структура (2016 г.)

№ п/п	Вариант	Урожай- ность, т/га	Количе- ство продук- тивных стеблей на 1 м ²	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса зё- рен в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г
1	Без удобрений (контроль)	3,29	347	19,4	0,97	49,8
2	Солома предшественника	3,26	344	19,5	0,99	50,7
3	Солома + N10/ т соломы	3,41	347	19,3	0,70	50,9
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	3,48	351	19,9	0,99	49,7
5	Солома + N10/т + биопрепарат	3,57	358	19,2	1,01	52,8
6	Биопрепарат	3,4	381	19,4	0,91	46,8
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	3,75	382	20,1	1,01	49,6
8	NPK + солома	3,86	382	21,3	1,03	48,4
9	NPK + солома + N10/т	3,96	388	21,4	1,03	47,9
10	NPK + солома + биопрепарат	4,12	392	21,2	1,07	50,3
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	4,34	393	21,1	1,12	53,1
12	NPK + биопрепарат	3,78	399	20,3	0,96	47,4
НСР ₀₅		Фактор А	0,05	2	0,3	0,2
		Фактор В	0,06	6	0,3	0,4

Структура урожая озимой пшеницы и его структура (2017 г.)

№ п/п	Вариант	Урожай- ность, т/га	Количе- ство продук- тивных стеблей на 1 м²	Количество зёрен в колосе, шт.	Масса зё- рен в колосе, г	Масса 1000 зёрен, г	
1	Без удобрений (контроль)	3,82	362	20,1	1,07	53,1	
2	Солома предшественника	3,93	361	20,4	1,11	54,2	
3	Солома + N10/ т соломы	4,25	363	21,3	1,19	55,7	
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	4,23	365	21,1	1,18	55,7	
5	Солома + N10/т + биопрепарат	4,31	371	21,4	1,18	55,0	
6	Биопрепарат	4,03	377	20,6	1,09	52,7	
7	N ₆₄ P ₃₂ K ₅₄ (фон, NPK)	5,45	394	22,8	1,40	61,3	
8	NPK + солома	5,51	397	23,5	1,40	58,9	
9	NPK + солома + N10/т	5,66	393	23,1	1,46	63,0	
10	NPK + солома + биопрепарат	5,73	398	23,7	1,46	61,4	
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	5,84	402	23,6	1,47	62,2	
12	NPK + биопрепарат	5,57	395	23,1	1,43	61,7	
НСР ₀₅		Фактор А	0,04	3	0,3	0,04	0,1
		Фактор В	0,05	5	0,1	0,06	0,2

Содержание азота в зерне озимой пшеницы, %

№ п/ п	Вариант	Годы исследований			Среднее за 2015– 2017гг.
		2015	2016	2017	
1	Без удобрений (контроль)	1,81	1,81	1,61	1,74
2	Солома предшественника	1,84	1,85	1,63	1,77
3	Солома + N10/ т соломы	1,86	1,84	1,67	1,79
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	1,88	1,86	1,71	1,82
5	Солома + N10/т + биопрепарат	1,89	1,83	1,75	1,82
6	Биопрепарат	1,84	1,86	1,69	1,80
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	1,95	1,92	1,72	1,86
8	NPK + солома	1,99	2,05	1,81	1,95
9	NPK + солома + N10/т	2,03	2,15	1,84	2,01
10	NPK + солома + биопрепарат	2,05	2,14	1,88	2,02
11	NPK + солома + N10/т + биопрепарат	2,06	2,15	1,88	2,03
12	NPK + биопрепарат	2,02	2,05	1,85	1,97
HCP ₀₅		Фактор А	0,03	0,02	0,03
		Фактор В	0,05	0,02	0,04

Содержание фосфора в зерне озимой пшеницы, %

№ п/ п	Вариант		Годы исследований			Среднее за 2015– 2017гг.
			2015	2016	2017	
1	Без удобрений (контроль)		0,70	0,76	0,72	0,73
2	Солома предшественника		0,71	0,78	0,74	0,74
3	Солома + N10/ т соломы		0,75	0,79	0,74	0,76
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1		0,78	0,81	0,76	0,78
5	Солома + N10/т + биопрепарат		0,77	0,84	0,77	0,79
6	Биопрепарат		0,74	0,85	0,75	0,78
7	N ₆₄ P ₃₂ K ₅₄ (фон, NPK)		0,81	0,86	0,82	0,83
8	NPK + солома		0,82	0,88	0,84	0,85
9	NPK + солома + N10/т		0,81	0,90	0,84	0,85
10	NPK + солома + биопрепарат		0,84	0,87	0,85	0,85
11	NPK + солома + N10/т + био- препарат		0,82	0,85	0,82	0,83
12	NPK + биопрепарат		0,81	0,83	0,79	0,81
HCP ₀₅			0,07	0,01.	0,05	0,04
			Фактор А	0,01.	0,05	0,04
			Фактор В	0,03	0,02	0,03

Содержание калия в зерне озимой пшеницы, %

№ п/ п	Вариант	Годы исследований			Среднее за 2015– 2017гг.
		2015	2016	2017	
1	Без удобрений (контроль)	0,50	0,52	0,48	0,50
2	Солома предшественника	0,52	0,52	0,51	0,52
3	Солома + N10/ т соломы	0,61	0,64	0,52	0,59
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	0,61	0,65	0,55	0,60
5	Солома + N10/т + биопрепарат	0,58	0,66	0,56	0,60
6	Биопрепарат	0,54	0,54	0,49	0,52
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	0,60	0,68	0,61	0,63
8	NPK + солома	0,61	0,69	0,62	0,64
9	NPK + солома + N10/т	0,62	0,68	0,63	0,64
10	NPK + солома + биопрепарат	0,63	0,67	0,63	0,64
11	NPK + солома + N10/т + био- препарат	0,65	0,70	0,64	0,66
12	NPK + биопрепарат	0,60	0,62	0,60	0,61
HCP ₀₅		Фактор А	0,01	0,06	0,04
		Фактор В	0,04	0,04	0,02

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы, %

№ п/ п	Вариант	Годы исследований			Среднее за 2015– 2017гг.
		2015	2016	2017	
1	Без удобрений (контроль)	23,2	25,6	24,6	24,6
2	Солома предшественника	23,5	25,8	25,1	24,8
3	Солома + N10/ т соломы	23,9	26,1	25,7	25,2
4	Солома + биопрепарат Байкал ЭМ-1	24,1	26,2	25,8	25,4
5	Солома + N10/т + биопрепарат	24,6	26,4	25,9	25,6
6	Биопрепарат	23,8	25,9	24,8	24,8
7	N₆₄P₃₂K₅₄ (фон, NPK)	24,7	27,1	26,2	26,0
8	NPK + солома	24,6	27,4	26,5	26,2
9	NPK + солома + N10/т	24,8	27,8	27,1	26,6
10	NPK + солома + биопрепарат	24,6	27,5	27,2	26,4
11	NPK + солома + N10/т + био- препарат	25,1	27,3	27,2	26,5
12	NPK + биопрепарат	24,2	26,9	27,0	26,0
HCP ₀₅		Фактор А	0,3	0,2	0,3
		Фактор В	0,5	0,3	0,4

Общество с ограниченной ответственностью
«Ульяновская Нива»

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы
Яшина Александра Евгеньевича,
аспиранта кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Результаты диссертационной работы **«Продуктивность озимой пшеницы при применении соломы, сидерата и биологического препарата на черноземе типичном лесостепи Среднего Поволжья»** использованы в системе удобрения озимой пшеницы на площади 350 га в ООО «Ульяновская Нива» Чердаклинского района Ульяновской области.

Внедрение осуществлялось в 2017 году и привело к следующим результатам:

1. Получена прибавка урожайности зерна озимой пшеницы 0,5 т/га (17 %);
2. Улучшилось качества зерна озимой пшеницы. Содержание клейковины увеличилось на 1,4 %.

Заключение: Полученные результаты позволяют рекомендовать их использовать в технологии возделывания озимой пшеницы сельскохозяйственным предприятиям Ульяновской области.

Директор



Р.Р. Мухаметшин

Общество с ограниченной ответственностью
«Заволжье 40»

АКТ
о внедрении результатов диссертационной работы
Яшина Александра Евгеньевича,
аспиранта кафедры «Почвоведение, агрохимия и агроэкология»
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Результаты диссертационной работы **«Продуктивность озимой пшеницы при применении соломы, сидерата и биологического препарата на черноземе типичном лесостепи Среднего Поволжья»** использованы в технологии возделывания озимой пшеницы на площади 270 га в ООО «Заволжье 40» Чердаклинского района Ульяновской области.

Внедрение осуществлялось в 2017 году и привело к следующим результатам:

1. Получена прибавка урожайности зерна озимой пшеницы 0,7 т/га (21 %);
2. Содержание клейковины в зерне увеличилось на 1,2 %.

Заключение: Полученные результаты позволяют рекомендовать их для использования в хозяйствах Ульяновской области и других регионах Среднего Поволжья.

Генеральный директор



С.В. Араев