

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный аграрный университет»

На правах рукописи

АХМЕТЗЯНОВ Марсель Рашидович

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ФАКТОРАМИ
ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА
СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Диссертация на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Научный консультант:
заслуженный агроном РТ,
почетный работник АПК РФ,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

И.П. Таланов

Казань – 2020

Оглавление

стр.

	Введение	5
1	Основные факторы почвенного плодородия: регулирование и оптимизация (обзор литературы)	14
1.1	Управление факторами повышения почвенного плодородия в земледелии	14
1.2	Оптимизация факторов почвенного плодородия в системе земледелия	18
1.3	Сидеральные культуры при биологизации земледелия	20
1.4	Солома – как источник органических веществ в почвенном плодородии	29
1.5	Роль многолетних трав в повышении почвенного плодородия	39
1.6	Влияние органических удобрений (навоза) на почвенное плодородие	49
1.7	Системы основной обработки почвы в севооборотах при биологизации земледелия	53
2	Агроклиматические и почвенные условия проведения исследований	59
2.1	Месторасположение Республики Татарстан и метеорологические условия в годы проведения исследований	59
2.2	Почвенный покров Республики Татарстан	64
2.3	Характеристика опытных участков и схемы опытов	67
2.4	Методика проведения наблюдений, учетов и анализов	77
3	Влияние заделки соломы и промежуточного сидерата на продуктивность зернотравяного севооборота	80
3.1	Агрофизические параметры почвенного плодородия	80
3.2	Плотность почвы	81
3.3	Изменение структуры видового состава многолетних трав	89

3.4	Питательный режим	90
3.5	Агрохимические параметры почвенного плодородия	94
3.6	Фитосанитарное состояние посевов	95
3.7	Продуктивность сельскохозяйственных культур	98
3.8	Качественные характеристики зерновых культур	100
3.9	Экономическая и энергетическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур	101
4	Влияние совместной заделки соломы и промежуточного сидерата на продуктивность сельскохозяйственных культур зернопарового полевого севооборота	107
4.1	Агрофизические параметры почвенного плодородия	108
4.2	Агрохимические параметры почвенного плодородия	118
4.3	Фитосанитарное состояние посевов в зависимости от вариантов биологизации земледелия в период ротации полевого севооборота	123
4.4	Качественные характеристики урожая сельскохозяйственных культур	125
4.5	Продуктивность сельскохозяйственных культур в севообороте	127
4.6	Экономическая и энергетическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур	129
5	Оценка эффективности различных видов севооборотов при использовании соломы и сидератов	134
5.1	Агрофизические параметры почвенного плодородия	134
5.2	Агрохимические параметры почвенного плодородия	137
5.3	Засоренность посевов в севооборотах	137
5.4	Продуктивность сельскохозяйственных культур	139
5.5	Экономическая и энергетическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур	140
6	Продуктивность полевых культур в зависимости от систем	145

	обработки почвы при биологизации севооборотов лесостепи Среднего Поволжья	
6.1	Агрофизические параметры почвенного плодородия сельскохозяйственных культур в севообороте	145
6.2	Содержание продуктивной влаги под посевами культур в севообороте	154
6.3	Агрохимические параметры почвенного плодородия	156
6.4	Фитосанитарное состояние посевов	161
6.5	Урожайность и качество сельскохозяйственных культур в севообороте	168
6.6	Экономическая и энергетическая оценка возделывания культур в севообороте	173
7	Влияние различных парозанимающих сидератов на продуктивность озимых культур	179
7.1	Агрофизические параметры почвенного плодородия	179
7.2	Содержание продуктивной влаги в почве	183
7.3	Фитосанитарное состояние посевов	183
7.4	Уреазная активность почвы под посевами озимой пшеницы	185
7.5	Продуктивность озимой пшеницы	187
7.6	Экономическая и энергетическая оценка возделывания озимой пшеницы	192
8	Система биологизации земледелия в хозяйствах Республики Татарстан	195
	Заключение	208
	Рекомендации производству	212
	Список литературы	213
	Приложения	249

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. Повысить продуктивность сельскохозяйственных растений можно лишь при условии сохранения и увеличения плодородия сельскохозяйственных угодий. Практика показывает, что невозможно сохранить и поддержать высокий уровень плодородия почв лишь за счет использования средств химизации и усиления механического воздействия на почву без применения органических удобрений. С ежегодным ростом цен на минеральные удобрения происходит снижение интенсивности их применения, в результате чего элементы питания, вынесенные с урожаем культуры, не возобновляются в почвах, что ведет к резкому падению уровня плодородия почвы и снижению продуктивности сельскохозяйственных растений.

С целью обеспечения бездефицитного баланса гумуса сельскохозяйственных угодий в условиях биологизации земледелия, повышения плодородия почв и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур важно применять все возможные виды доступных и экономически обоснованных органических удобрений, в том числе растительных остатков, соломы зерновых культур, отаву многолетних трав, сидеральных и пожнивных сидератов.

В последние годы сократились площади посевов многолетних трав, вносится 2 тонны органических удобрений, вместо 9 т по плану, недостаточно широко используются пожнивные растительные остатки и солома в качестве органических удобрений, практически не вносится зеленая масса сидератов. Вследствие нарушения научно-разработанной системы обработки почвы происходит быстрое разложение органических веществ, поступивших в почву, и снижается плодородие сельскохозяйственных угодий.

В современном сельском хозяйстве выделилось особое направление – биологизация земледелия, которое взамен внесения навоза, как основного источника пополнения гумуса, и сохранение в оптимальных условиях агрофизических параметров почвы, – предусматривает внесение сравнительно дешевых и экономически обоснованных видов органических удобрений. В качестве органических веществ предусматривается внесение в почву соломы зерновых культур, широкое использование посевов сидеральных культур и отавы многолетних трав, которые будут использоваться качестве удобрения и повышать плодородие почвы.

Состояние разработанности вопроса. Ключевые положения этих исследований в условиях Среднего Поволжья показаны в работах ученых А.С. Салихова (1982, 1996, 1997, 2000, 2004, 2008), Р.С. Шакирова (1999, 2001, 2006), которые доказали важное значение ресурсосберегающих приемов в системе основной обработки почвы при возделывании сельскохозяйственных растений.

Эффективность внедрения в земледелие Среднего Поволжья ресурсосберегающих технологий подчеркивали в своих работах ученые В.А. Корчагин и др. (2005), Г.И. Казаков (2008), Г.И. Казаков, В.А. Корчагин (2009), А.С. Салихов (2008), Т.Г. Хадеев и др. (2010), О.И. Горянин (2014; 2016).

Научные исследования ученых доказывают невозможность применения дифференцированной системы обработки почвы в целях защиты от эрозии, увеличения почвенного плодородия и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур без разработки и внедрения научно-обоснованных систем севооборотов (С.А. Воробьев, 1982; В.М. Дудкин и др., 2002; В.Г. Лошаков, 1996; А.С. Салихов, 1997, 1998, 2000, 2004, 2008; В.А. Корчагин и др., 2015).

Однако проблеме повышения почвенного плодородия и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур путем использования

биологических средств уделяется недостаточно внимания. Так, посевы многолетних бобовых трав занимают небольшие площади, а внесение навоза и зеленой массы сидеральных культур, а также запашка соломы применяются в недостаточном количестве, что приводит к быстрой минерализации органического вещества в почве, которое практически не трансформируется в гумус.

Изучение способов совершенствования системы основной обработки почвы в условиях Среднего Поволжья начато несколько десятилетий назад и продолжается до сих пор. Полученные результаты данных исследований испытаны в производстве. Но остаются недостаточно изученными проблемы уменьшения энергетических и финансовых затрат, адаптация различных систем биологизации земледелия в конкретных почвенно-климатических условиях (заделка навоза, соломы, сидеральных удобрений и т.д.), способов накопления и сохранения влаги в почве, уменьшения степени засоренности посевов, оптимизации фитосанитарного состояния посевов, улучшения агрофизических и агрохимических показателей почв. Изучением данных проблем продолжают заниматься ученые-практики.

В связи с этим актуальной задачей в увеличении эффективности сельхозпроизводства Среднего Поволжья остается изучение влияния биологических факторов и приемов основной обработки почвы на рост продуктивности сельскохозяйственных культур.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематическим планом НИР Казанского ГАУ (номер государственной регистрации 01.860.070307).

Цель и задачи исследований: Целью работы явилось обоснование способов и приемов стабилизации и повышения почвенного плодородия на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья с применением биологических факторов (навоза, соломы, сидерата) в зональных севооборотах и приемов основной обработки почвы, направленных на

повышение эффективности выращивания основных полевых культур при значительном снижении энерго- и ресурсозатрат, основанное на стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- определить влияние биологических факторов (навоза, соломы, сидерата) на динамику роста и развития сельскохозяйственных культур, формирование урожая и его качественных показателей;

- изучить влияние различных способов основной обработки почвы при применении биологических факторов на агрофизические свойства, биологическую активность, водный, пищевой режимы почвы;

- определить влияние агрофизических, агрохимических свойств, водного режима, биологической активности почвы, степени засоренности и пораженности растений корневыми гнилями на формирование урожайности основных полевых культур в севообороте;

- изучить влияние возделываемых культур и севооборотов на фитосанитарное состояние агроценозов и микробиологическую активность почвы;

- выявить закономерности накопления биогенных ресурсов плодородия почвы в зависимости от вида возделываемых полевых культур и севооборотов в условиях биологизации земледелия;

- определить экономическую и энергетическую эффективность изучаемых приемов биологизации земледелия;

- разработать рекомендации для сельскохозяйственного производства.

Научная новизна. В работе приводятся результаты комплексных исследований по биологизации системы земледелия на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья.

Впервые на основании полученных многолетних экспериментальных данных обосновано значение предшественников, выявлены эффективные способы основной обработки серой лесной почвы на фоне применения

факторов биологизации земледелия (совместное использование соломы и пожнивного сидерата и недостающие элементы питания путем внесения НРК на планируемые урожаи сельскохозяйственных культур) в стабилизации продуктивности агроценозов на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья.

Установлено, что при применении биологических факторов происходит достоверное увеличение содержания гумуса в почве, повышается урожайность и качество урожая зерновых культур.

Доказано, что применение комбинированной (различных способов основной) разноглубинной обработки почвы в севооборотах способствует повышению качественных (агрофизических и агрохимических) показателей почвы, накоплению и сохранению продуктивной влаги, развитию полезной почвенной микрофлоры и снижению засоренности посевов, улучшает фитосанитарное состояние посевов.

Выводы наших исследований могут быть широко использованы при разработке систем земледелия в Среднем Поволжье для повышения показателей плодородия серой лесной почвы и продуктивности возделывания основных полевых культур.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты исследований служат теоретической основой для обоснования применения комбинированной системы обработки почвы (разноглубинных способов основной обработки почвы) с применением минеральных удобрений, измельченной соломы, пожнивного сидерата и отавы многолетних трав с целью устойчивого производства зерна и хорошими качественными показателями получаемой продукции, с сохранением положительного баланса гумуса на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья.

Использование нетоварных частей урожая зерновых культур (соломы и пожнивных остатков) в качестве органического удобрения способствует уменьшению отрицательного баланса органического вещества в почве,

частично компенсирует недостаточность внесения традиционных органических удобрений, активизирует процесс интенсивной и ассоциативной азотофиксации в почве.

Внедрение биологических факторов в систему земледелия в сочетании с дифференцированными приемами обработки серой лесной почвы в зернопаровых и зернопаротравяных севооборотах приводит: к снижению расхода топлива и минеральных удобрений – в 1,5-2 раза, к повышению рентабельности производства – на 30-50 %, к увеличению в почве органического вещества, замедлению процесса дегумификации и уплотнения почв. Разработанные приемы при возделывании основных зерновых культур обеспечивают повышение их урожайности на 15-25 %.

Методология и методы исследований. В основе теории и методологии проведенных научных исследований в данной работе лежит анализ научно-практических работ отечественных и зарубежных ученых-практиков по изучаемой теме.

В план научных исследований входило следующее: закладка и проведение полевых опытов, лабораторные анализы образцов почвы опытного участка и растений, проведение статистической обработки и анализа полученных данных, расчет экономической и энергетической эффективности изучаемых в опыте технологий.

Объекты исследований: полевые сельскохозяйственные культуры, серая лесная почва.

Предмет исследований – энерго- и ресурсосберегающие приемы биологизации земледелия с внесением навоза, сидератов и соломы в полевых севооборотах Среднего Поволжья.

Положения, выносимые на защиту:

1. Применение в качестве биологического удобрения сидеральных культур, соломы и навоза в звене полевого севооборота способствует

улучшению основных показателей плодородия серой лесной почвы, и повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

2. Внедрение в структуру севооборотов многолетних трав, как фактора биологизации земледелия, улучшает фитосанитарное состояние посевов, снижает пестицидную нагрузку на агроценозы.

3. Комбинированная основная обработка почвы в сочетании с заделкой пожнивного сидерата и соломы обеспечивает улучшение основных показателей почвенного плодородия, способствует оптимизации роста и развития растений, формированию качественного урожая зерновых культур.

4. Применение пожнивного сидерата и соломы зерновых культур в качестве органического удобрения способствует повышению экономической и энергетической эффективности производства продукции растениеводства в севооборотах.

Внедрение результатов исследований.

От внедрения предлагаемых приемов в условиях различных природно-экономических зон Республики Татарстан сельскохозяйственные предприятия получают дополнительный экономический эффект от 2500 до 5000 руб. в расчете на 1 га посевной площади.

В настоящее время результаты исследований получили широкое распространение в предприятиях АО «Агросила» (30000 га), ООО «Колос» (4500 га) Нижнекамского муниципального района, ООО «Светлая – Долина» (1500 га) Елабужского муниципального района Республики Татарстан. По результатам проведенных исследований разработаны рекомендации, которые одобрены на Научно-техническом совете МСХ и П Республики Татарстан, использованы при разработке «Системы земледелия РТ» (2013; 2014 гг.) и продолжают внедряться в сельскохозяйственных предприятиях Республики Татарстан. В целом по всей республике различные элементы биологизации земледелия применяются на площади более 500000 га.

Материалы диссертации применяются в процессе обучения студентов и аспирантов по направлению «Агрономия» в Казанском ГАУ, а также в Татарском институте переподготовки кадров и агробизнеса.

Степень достоверности и апробация работы. Исследования проведены на достаточном по объему экспериментальном материале, согласно установленному плану исследований на сертифицированном оборудовании со строгим соблюдением соответствующих методик и ГОСТов. Основные результаты диссертации доложены и представлены в материалах региональных, всероссийских и международных научно-практических конференций Казанского ГАУ (Казань, 1998-2019 гг.), Татарского НИИСХ (Казань, 2000 г.), на IV научно-практической конференции молодых ученых и специалистов Республики Татарстан (2001 г.), Марийского ГУ (Йошкар-Ола, 2002, 2008), II Всероссийской научной конференции молодых ученых и специалистов сельского хозяйства (Москва, 2006 г.),

Публикация результатов исследований. По материалам исследований опубликовано 49 печатных научных работ, в том числе, 15 статей в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Издана одна монография. Материалы исследований были использованы при издании книги «Система земледелия Республики Татарстан» (2013 г.) и методической рекомендации «Контроль переуплотнения почвы в ресурсосберегающем земледелии» (2018 г.).

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 308 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, 8 глав, выводов и предложений производству. Включает в себя 26 рисунков и графиков, 71 таблицу, 55 приложений. Библиографический список содержит 343 источника, в том числе 32 – на иностранном языке.

Личный вклад автора. Автор принимал участие в разработке схем и закладке полевых стационарных опытов, проведении полевых и лабораторных исследований, анализе и обобщении полученных

экспериментальных данных, их математической обработке, внедрении результатов исследований в сельскохозяйственное производство Республики Татарстан.

Автор выражает благодарность научному консультанту, доктору сельскохозяйственных наук, профессору И.П. Таланову и сотрудникам кафедры общего земледелия, защиты растений и селекции Казанского ГАУ за оказанную помощь при выполнении экспериментальных исследований и оформлении диссертации.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ: РЕГУЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

1.1 Управление факторами повышения почвенного плодородия в земледелии

Эффективное и рациональное использование земли, как ресурса сельскохозяйственного производства, на сегодняшний день является острой проблемой государственного масштаба. Наиболее благоприятное воздействие на почву оказывают бобовые культуры, они оказывают положительное влияние не только на баланс гумуса, но и обогащают почву биологическим азотом. Однако в хозяйствах стало меньше кормовых культур, в составе которых значительные площади были заняты бобовыми травами. В то же время возросли площади технических культур, которые оказывают усиленное влияние на минерализацию органики почвы (В. Elern, 1997; Э.А. Климентова, А.А. Дубовицкий, Н.И. Греков, 2013; С.К. Неуймин, Д.С. Неуймин, 2014; А.С. Тепцова, А.А. Дубовицкий, 2014; Н.И. Греков, Э.А. Климентова, А.А. Дубовицкий, 2015; А.А. Дубовицкий, Э.А. Климентова, 2016).

Задачу воспроизводства почвенного плодородия и повышения эффективности полевых севооборотов во многом можно решить за счет приемов биологизации земледелия, отмечают ряд авторов (Ю.А. Овсянников, 1992; А.А. Конев, 2004; А.А. Акулов, 2005; Н.В. Яшутин, А.П. Дробышев, А.И. Хоменко, 2008; В.И. Турусов, В.М. Гармашов, Е.В. Теслина, О.А. Абанина, Т.И. Михина, 2013).

В процессе роста и после уборки сельскохозяйственных культур остается значительное количество корневых и пожнивных остатков, являющихся важным источником прихода органического вещества. Влияние растительных остатков зависит, как от количества и качества, так и от вида

культуры, их предшественников, погодных условий и характера хозяйственного использования (J. Debruck, 1980; W. Buchner, 1986).

Устойчивое отечественное производство пищевых продуктов и обеспечение их физической и экономической доступности для каждого гражданина страны в сложившихся на сегодняшний день условиях ведения сельского хозяйства, возможно только при условии сохранения и рационального использования почвенного плодородия (А.Н. Пыткин, М.Х. Заглядова, 2013; М.Х. Заглядова, Д.А. Баландин, 2013; Д.А. Баландин, Л.Е. Красильникова, 2014).

Частые механические обработки с применением тяжелой сельскохозяйственной техники отрицательно влияют на физические показатели: происходит уплотнение почвы ниже границ обрабатываемого слоя, уменьшается ее воздухоемкость и повышается твердость. Существенное изменение плодородия почвы происходит под влиянием обработок, особенно в верхнем ее слое.

Самые энергозатратные элементы технологии – это элементы системы обработки почвы, т.е. элементы затрат, связанные с расходом ГСМ. Поэтому разрабатывая энергосберегающую и ресурсосберегающую технологию, надо понять, за счет каких технологических операций можно уменьшить расход ГСМ на 1 га пашни без снижения продуктивности культур, то есть минимизировать систему обработки почвы. Расчеты показывают, что традиционная система обработки почвы на основе вспашки более затратная, чем минимальные мульчирующие на 26-29 %, а условно чистый доход ниже на 1 га на 18–22% (R.A. Morris, R.E. Turos, M.A. Diros, 1986; N. Slendergerger, 1998; W.W. Tine, R.J. Blevins, 1999; В.И. Кирюшин, 2000; В.И. Скорляков, 2001; М.Н. Сабитов, А.И. Захаров, 2002; П.П. Васюков, В.И. Цыганков, 2012; П.П. Васюков, Г.В. Чуварлеева, Г.М. Лесовая, А.А. Мнатсаканян, 2016).

Применение в севообороте органо-минеральных удобрений положительно влияло на содержание общего гумуса. Так, в среднем по опыту

содержание общего гумуса за 15 лет увеличилось в 0-10 см слое почвы на этом варианте на 0,24 % при разноглубинной комбинированной системе обработки почвы и на 0,27 % при безотвальной ресурсосберегающей по сравнению с вариантом без удобрений. Однако, в более глубоких слоях почвы (10-20 и 20-30 см) и в среднем по пахотному слою почвы разница между вариантами была не существенной. Так, на вариантах без применения удобрений и с применением только минеральных удобрений содержание общего гумуса в слое 0-30 см составило по 2,77 %, с применением органоминеральных удобрений – 2,93 %, а с применением органоминеральных удобрений и химвитаминных – 2,89 %. Посев редьки масличной на зеленое удобрение в севообороте увеличивал содержание гумуса только в верхнем 0-10 см слое почвы на 0,07 % (при $НСР_{05} = 0,05$ %), однако в сочетании с оставлением соломы – существенно его не увеличивало. Так, на варианте без сидератов и соломы оно составило 2,87 %, на варианте с сидератами - 2,93%, а на варианте с сидератами и соломой – 2,97 %. Можно отметить, что в наших исследованиях наиболее благоприятные условия для процесса гумусонакопления отмечаются при внесении органоминеральных удобрений независимо от способа и глубины их заделки в почву (Н.Г. Осенний, Л.С. Веселова, А.В. Ильин, 2011).

В современных условиях наиболее актуальной является ситуация по управлению плодородием старопахотных почв. Чтобы применительно к ней адекватно оценивать роль гумуса, как фактора почвенного плодородия, и обоснованно принимать те или иные решения по его воспроизводству, необходимо знать ответы на ряд вопросов, главными из которых, на наш взгляд, являются следующие: 1) какие изменения происходят с органическим веществом пахотных почв, 2) чем это может быть чревато для земледелия и 3) в чем должна состоять суть стратегии и тактики земледельцев в вопросах воспроизводства почвенного гумуса? В совокупности эти вопросы характеризуют сущность проблемы гумуса в земледелии. Воспроизводство

гумуса в почвах должно являться составной частью системы управления плодородием почвы. Это означает, что специально регулировать содержание или состав органического вещества в почве имеет смысл только тогда, если при этом произойдет улучшение свойств почвы, лимитирующих урожайность культуры (Ю.П. Жуков, 1996; R.A. Morris, 1996; И.Н. Шарков, А.А. Данилова, А.С. Прозоров, Л.М. Самохвалова, Т.И. Бушмелева, А.Г. Шепелев, 2010; С.В. Лукин, 2011; В.И. Кирюшин, 2016; В.Г. Сычев, С.А. Шафран, 2017; В.Н. Кудеяров, М.С. Соколов, А.П. Глинушкин, 2017).

К лучшим сидеральным культурам на данный момент можно отнести: люпин, горчицу белую, рожь, вику посевную (яровую), гречиху, фацелию, сурепицу, рапс и другие, в силу агротехнических требований эффективного использования земельных ресурсов и природно-климатических условий региона. Эффективность проекта применения сидеральных паров и ряда других мероприятий с целью сохранения и восстановления плодородия почвы рассмотрены на примере ряда сельскохозяйственных организаций (Э.А. Климентова, А.А. Дубовицкий, Н.И. Греков, 2013; А.С. Тепцова, А.А. Дубовицкий, 2014; Н.И. Греков, Э.А. Климентова, А.А. Дубовицкий, 2015).

В зависимости от конкретных почвенно-климатических условий, рельефа и хозяйственных факторов изменяется как соотношение, так и интенсивность процессов, определяющих направленность и динамику изменений агрохимических свойств почв. Одним из ключевых факторов интенсификации производства сельскохозяйственной продукции, а также фактором прямого и опосредованного влияния на плодородие почвы, является система удобрений. Средства, используемые в системе удобрения, контролируют, прежде всего, реакцию почвенной среды, содержание в почвах органического вещества, обеспеченность элементами питания, включая и микроэлементы, а также оказывают влияние на биологические и агрофизические свойства почв. Основным инструментом анализа круговорота веществ в земледелии являются балансовые методы, позволяющие давать

эколого-агрономическую оценку эффективности средств системы удобрений и их влияние на агрохимические свойства почв. В современных экономических условиях процесс получения сельскохозяйственной продукции неотделим от управления плодородием почвы и, по сути, должен рассматриваться как единая, взаимосвязанная система. В этой связи необходим переход от экспертно-описательных (качественных) систем к количественно наполненным, предполагающим использование системных взаимосвязей и определенной нормативной базы (И.Н. Шарков, А.А. Данилова, 2010; С.В. Лукин, 2015; В.И. Свиридов, В.Г. Комов, 2016; В.Г. Сычев, М.В. Беличенко, В.А. Романенков, 2017; В.Г. Сычев, Л.К. Шевцова, Г.Е. Мерзлая, 2018; О.Г. Чуян, 2018).

Ухудшение общей экологической обстановки и снижение плодородия почв в сельском хозяйстве в последние годы ускоряется. Повсеместно наблюдается деградация почв, водной эрозии подвержены – 17,8 %, ветровой – 8,4 %, заболоченные – 12,3 %, засоленные и солонцеватые – 20,1 % площади сельскохозяйственных угодий (А.Н. Пыткин, М.Х. Заглядова, 2013; М.Х. Заглядова, Д.А. Баландин, 2013; Д.А. Баландин, Л.Е. Красильникова, 2014).

1.2 Оптимизация факторов почвенного плодородия в системе земледелия

В качестве одного из вариантов защиты почвы от негативных процессов, происходящих при современном расширенном воспроизводстве плодородия почв в земледелии, первоочередной научный и практический интерес для сельского хозяйства представляет “органическое” (биологическое) земледелие, при котором должна обеспечиваться экологически безопасный уровень повышения плодородия почв. Это направление является одним из основных путей по выходу из той непростой ситуации, которая сложилась в сельском хозяйстве при производстве

продукции с целью увеличения активности биогенных факторов, которые участвуют в формировании урожая сельскохозяйственных культур, при одновременном использовании органического вещества. При этом предлагаемые меры, в своей основе, способствуют сохранению природной сущности экосистем, а, следовательно, не будут противоречить законам их развития (В.Г. Лошаков, 1987; В.Г. Минеев, 1995; Е.Н. Кузин, Г.Е. Гришин, Ю.А. Ивальчев, 1999; А.С. Салихов, Ш.А. Алиев, 2000).

Биологическое или органическое земледелие в общей площади сельскохозяйственных угодий, несмотря на активную рекламу, занимает незначительную долю, например, в Европе 1.6 %. Тем не менее сторонники биологического земледелия утверждают, что органические методы выращивания культур обеспечивают такую же урожайность, как и традиционные (в среднем она составляет 95-100 % по отношению к традиционным), но эти методы требуют меньших затрат энергии на производство удобрений и не приводят к накоплению загрязнителей (гербицидов) в почве. Однако такое сравнение нельзя считать объективным, так как биологическое земледелие требует значительно больших затрат труда и большого количества обслуживающего персонала, что, в итоге, приводит к удорожанию конечной продукции.

В ряде регионов страны за счет возделывания сидератов можно полностью компенсировать потребность в органических удобрениях. Сидераты не уступают подстилочному навозу, но затраты на их производство и применение в 3-4 раза меньше (Е.К. Алексеев, 1959; Д.Н. Прянишников, 1962; А.И. Еськова, 2007; Г.П. Дзюин, А.Г. Дзюин, 2014; В.А. Синявский, 2015).

Хорошие результаты можно получить в процессе биологизации почвы, при возделывании сидеральных культур, таких как горчица белая и фацелия. Их возделывание в севооборотах без бобовых культур ведет к существенному дефициту органического вещества почвы. А если учесть, что в настоящее

время баланс органического вещества почв отрицателен (минус 45-240 кг/га), то становится очевидным, что доля бобовых трав в севооборотах обязательна (А.К. Sharipov, S.A. Naubetova, S.S. Kulshenbaeva, A.E. Dairbekova, M.K. Vaimyrzaeva, 2018; S. Mangalassery, D. Kalaivanan, P.S. Philip, 2019).

При длительном возделывании одной и той же полевой культуры на одном и том же поле без соблюдения севооборота усиливается засоренность посевов, пораженность болезнями и вредителями. Поражение сорняками, болезнями и вредителями полевых культур часто бывает главной причиной, побуждающей вводить и осваивать севообороты (Л.М. Козлова, Т.С. Макарова Ф.А. Попов, А.В. Денисова, 2011; А.И. Новиков, Н.А. Лопачев, А.Н. Панова, 2011; Т.П. Лифаненкова, 2012; И.А. Волкова, 2012; О.В. Жердева, М.А. Столярова, 2013; В.С. Тарасенко, 2014; Э.Ж. Жумабеков, 2018).

1.3 Сидеральные культуры при биологизации земледелия

Существует довольно широкий набор культур, которые рекомендуются для возделывания на сидерат. Они отличаются по продолжительности вегетационного периода, срокам сева, урожайности биомассы, последующему аллелопатическому воздействию. В этой связи важно обоснование выбора сидеральной культуры для конкретного севооборота или его звена (З.Т. Бустанов, К. Хамданов, М.К. Хамданова, Ф.И. Расулова, 2015). Большой интерес в качестве «зеленого удобрения» представляет горчица белая. За короткий вегетационный период она способна сформировать высокую урожайность зеленой массы (А.М. Берзин, А.А. Шпедт, 2001; Х.А. Пискунова, 2012; В.И. Турусов, О.А. Богатых, Н.В. Дронова, 2017).

Ещё В.Г. Довбан (1981) и В.Г. Лошаков (1981) указывали, что при увеличении интенсификации земледелия альтернативой навозу, компостам и запахиванию соломы может стать применение промежуточных культур, в

качестве зеленых удобрений, в севооборотах с короткой ротацией сидеральных культур или их смесей, а, следовательно, и получение высоких урожаев.

К.А. Алексеев (1959) в своих работах показал, что сидераты обогащают почву не только перегноем, но и минеральными солями фосфора, калия, кальция и других элементов (В.В. Ивенин, А.В. Ивенин, А.Ю. Белов, А.П. Саков, 2011; И.Б. Сорокин, Э.В. Титова, Е.А. Сиротина, Л.В. Петрова, 2012; Г.П. Гамзиков, Н.Н. Дмитриев, В.Т. Мальцев, Е.Н. Дьяченко, 2014).

За счет использования сидератов, соломы и азотфиксации с бобовыми травами в биологизированных севооборотах возможно накопление азота, фосфора и калия на уровне 47-77 кг/га севооборотной площади. Запашка зеленой массы сидератов, благодаря наличию легкоусвояемых элементов питания, позволяет даже без многолетних трав поддерживать урожайность зерновых культур в зернопаровом севообороте на уровне зернотравяных (А.М. Лыков, 1982; В.Б. Беляк, 2008; П.А. Постников, 2010; П.А. Постников, В.В. Попова, О.В. Васина, 2016).

Урожайность изучаемых сидеральных культур – амаранта, ярового рапса и посевного гороха в качестве бобового компонента в пожнивной период в звеньях севооборота по данным ряда ученых (С. Berendonk, 1988; В.Г. Лошаков, 2015; В.И. Мельников, 2015; А.А. Айтемирова, Т.Т. Бабаева, 2018) достигал до 410, 350, и 480 ц/га зеленой массы соответственно. В звене севооборота «озимая пшеница + виды удобрений - кукуруза на зерно» урожайность сидеральных культур составила: зеленая масса амаранта, ярового рапса и посевного гороха соответственно 43,0 – 36,0 – 49,0 ц/га, а во втором звене севооборота «озимая пшеница + виды удобрений – сорго зерновое», соответственно, 40,0 – 34,0 – 47,0 ц/га. Часть созданной растениями органической массы после уборки урожая остаётся в почве в виде корневой массы, которая играет важную роль в пополнении её органическим веществом. В слое почвы 0-60 см после уборки кукурузы больше всего

корневой массы накоплено на вариантах посевного гороха, минеральных удобрений и навоза, соответственно 19,3 – 18,7 – 18,1 ц/га воздушно-сухой почвы, а зерновое сорго накапливает корневую массу по тем же вариантам в 1,5 раза больше.

Для использования в качестве зеленого удобрения в условиях Центральные районов Нечерноземной зоны России более всего подходят промежуточные культуры в виде пожнивных посевов (Ф.И. Левин, С.М. Белозеров, 1985; М.Д. Вронских, 1988; В.А. Милюткин, А.А. Марковский, Р.В. Науметов, 1999; И.Н. Зеленин, 2014).

Урожайность озимой ржи, возделываемой после сидерального и занятого пара без применения удобрений в Ивановской области, составила 33,9-35,2 ц/га, с внесением (NPK) 60 – 48,6-49,6, или на 14,4-14,7 ц/га выше. Увеличение дозы удобрений до 90 кг/га способствовало дальнейшему росту урожайности только при бессменном выращивании культур: озимой ржи и пшеницы – на 10,0 ц/га, яровой пшеницы – на 8,0 ц/га. На паровых фонах величина прибавки варьировала в пределах 1,0-3,0 ц/га, что находится в пределах ошибки опыта. Отрицательная реакция на монокультуру особенно ярко была выражена у яровой пшеницы, которая в таких условиях резко снижала урожайность, особенно на удобренных фонах. Бессменный посев озимых на одном и том же участке возможен в пределах 3-4 лет. Так, звено севооборота с чистым паром, насыщенное до 75 % зерновыми культурами, существенно уступало по продуктивности и рентабельности другим звеньям, например, с занятым и сидеральным паром. Подобную закономерность можно объяснить формированием зеленой массы в занятом и сидеральном пару, чего нет в чистом пару (Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева, 2017).

К сидеральным культурам, способным за небольшой вегетационный период накапливать большую растительную биомассу, можно отнести такие достаточно распространенные культуры, как крестоцветные, озимая рожь и

т.д. (Г.С. Гусев, 1975; В.Г. Лошаков, Ю.Д. Иванова, С.Ф. Иванова, 1979; В.Г. Лошаков, 1980; К.И. Довбан, В.В. Бузмаков, 1981).

Ю.Е. Новоселов (1987) отмечает, что «...возделывание промежуточных крестоцветных культур и запашка органической массы этих культур в условиях Подмосковья, по эффективности равноценна внесению торфонавозных компостов. Урожайность зерновых возрастает на 3-4 ц/га».

Немаловажное значение имеют микроорганизмы, участвующие в сложном комплексе процессов, как природных, так и изменяющихся под влиянием человека, которые прямо воздействуют на формирование плодородия почвы (Н.С. Пухидская, Л.Г. Комаревцева, 1986).

Сравнительное изучение эффективности различных сидеральных предшественников в специализированных картофельных севооборотах с укороченной ротацией во Владимирской области (С.Т. Эседуллаев, 2016) показало, что уровень урожайности по всем вариантам снижался по годам, а прибавки от действия сидератов при этом увеличивались и достигли максимальных значений в 2014 г. Основная причина этого – закономерное снижение плодородия почвы в контрольном варианте при бессменном возделывании картофеля. В среднем за 3 года наименьшие прибавки (1,7-2,0 т/га или 10 %) от действия сидератов получены в варианте, где бессменное возделывание картофеля прерывалось промежуточной горчицей белой, с которой дополнительно поступало в почву 2,1-2,6 т/га воздушно-сухой сидеральной массы. Увеличение количества сидеральной массы в почве до 7,0-8,7 т/га в сидеральном пару на основе викоовсяной смеси, повысило отдачу от сидератов до 2,3-3,6 т/га, или на 18 %. В клеверном сидеральном пару в почву дополнительно поступило 9,4 – 11,2 т/га воздушно-сухой сидеральной массы, что повысило урожайность картофеля на 4,6 – 7,3 т/га, или на 27-36 %. Однако по выходу картофеля на 1 га посадок севооборотной площади трехпольный севооборот имел заметное преимущество перед двухпольным: 12,5т/га против 9,5 т/га в контроле и 15,4 т/га против 11,6 т/га

на удобренном фоне (Ю.М. Возняковская, Ж.П. Попова, 1993; Ю.М. Возняковская, Ж.П. Попова, М.Н. Новиков, В.М. Тутилин, А.М. Тамонов, 1999).

Семейства бобовых культур благодаря симбиозу растений с клубеньковыми бактериями не нуждаются в азотных удобрениях; бактерии, живущие на их корнях, связывают азот атмосферы, переводя его в соединения, усваиваемые этими растениями, и значительные количества азота пополняются для последующих культур. Как известно, с биомассой бобовых культур в почву может поступать до 300 кг/га и более атмосферного азота (Д.Н. Прянишников, 1961; А.А. Завалин, О.А. Соколов, Н.Я. Шмырева, 2019).

Систематическое внесение биомассы клевера в течение четырех ротаций севооборота способствовало обогащению почвы органическим веществом, что приводило к достоверному повышению содержания гумуса и общего азота на естественном фоне на 0,62 и 0,07 % (Е.Н. Дьяченко, А.Т. Шевелев, 2018).

Опыты, заложенные на полях севооборота лаборатории земледелия ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма», показали что, растительные остатки с высоким содержанием азота, особенно бобовые культуры, способствуют не только более быстрому преобразованию органических веществ в доступную для растений форму, но и способствуют накоплению минерального азота в почве (А.В. Приходько, А.Н. Сусский, С.А. Моляр, 2016).

Пожнивные сидераты за счет оптимизации свойств и режимов почв являются тем агроэкологическим резервом, который способен повысить сбор урожая сельскохозяйственных культур с 1 га. По обобщенным данным сидеральные культуры способны обеспечить прибавку урожайности зерновых культур на 4-5 ц/га; картофеля – на 50-90; сахарной свеклы – на 50-150; зеленой массы кукурузы – на 50-150; гречихи – на 6-10 ц/га (К.И. Саранин,

1990; Довбан, 1990; Н.Г. Пилипенко, О.Т. Андреева, 2015; I.M. Gabbasova, R.R. Suleimanov, T.T. Garipov, G.A. Gimaletdinova, Z.G. Prostyakova, 2018).

Те пожнивные культуры, которые заделываются в почву с осени, способствуют большему накоплению снега, что способствует ее меньшему промерзанию, в результате увеличивается количество талых, вод способных впитываться (К.И. Довбан, 1992; А.И. Казанбеков, Е.Г. Котлярова, А.И. Титовская, 2017).

Как отмечает Н.А. Туев (1989), «...немаловажную роль в гумусообразовании растительных метаболитов, устойчивых к микробиологическому разложению, какими являются лигнин, дубильные вещества и другие. В этом отношении зеленое удобрение значительно уступает соломе, используемой в качестве органического удобрения, не говоря уже о навозе, в составе которого содержатся сложные органические соединения гумусовой природы».

Проведенные исследования учеными ТатНИИСХ (Р.С. Шакиров, 2001), а также А.А. Васильевым (2014) доказали, что использование на зеленое удобрение ярового рапса и сурепицы сможет обеспечить бездефицитный баланс гумуса. В почвенно-климатических условиях Республики Татарстан, после уборки сурепицы остается в почве до 4-6 т/га корневых остатков, что превышает в несколько раз озимую пшеницу и в 1,5 раза больше, чем клевер.

«Введение в звено севооборота промежуточных культур на сидерат способствует улучшению свойств почвы: в пахотном слое повышаются запасы продуктивной влаги и питательных веществ, снижается его плотность. Благодаря зеленым удобрениям прибавки урожая зерна ячменя с 1 га достигают 0,42-0,67 т, овса – 0,37-0,66 т» (П.А. Постников, 2010).

Использование ярового рапса в промежуточном посеве имеет фитосанитарный эффект. При этом максимальный результат наблюдается, если такие посевы занимают не менее 20-30 % от площади севооборота (М.Д. Вронских, 1988).

Направленность почвенно-микробиологических процессов, проходящих в почве, используется для всех агрономических приемов в земледелии (Е.Н. Мишустин, 1972; Н.К. Кружков, 1978; Е.Н. Мишустин, Е.М. Лебедев, Н.И. Черенков 1982; В.И. Михайлина, 1984; Ф.И. Левина, С.М. Белозерова, 1985; Н.С. Пухидская, Л.Г. Комаревцева, 1986; В.Г. Лошаков, В.Т. Емцев, 1986; О.А. Берестецкий, О.А. Возняковская, А.К. Труфанова, 1986; В.Ф. Кормилицын, 1988; В.Г. Лошаков, 2018).

Выращивание и использование в качестве сидератов пожнивных культур оказывает положительное влияние на агро- и водно-физические свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы. При этом плотность почвы снижается более чем на 6 %, а количество агрегатов, способных противостоять размывающему действию воды, повышается на 5-10 % (К.И. Саранин, 1990).

Опытным путем доказано, что пожнивные сидеральные культуры способны улучшить деформационные свойства почвы и, тем самым, они способствуют снижению вредного влияния излишней уплотненности на урожайность культурных растений (Л.Ю. Верниченко, Е.Н. Мишустин, 1980; Hinterholzer, 1986).

Исследования, проведённые на дерново-подзолистых суглинистых почвах Владимирской области (А.Г. Дзюин, Г.П. Дзюин, 2013), позволяют рекомендовать производству технологии комплексного использования биоресурсов (навоза, сидератов и соломы) и минеральных удобрений в севооборотах с викоовсяным (горохоовсяным) и клеверным сидеральными парами. Возможна 2-кратная сидерация в 8-польном севообороте однолетними травами, озимой рожью, горчицей. Использование данной технология обеспечивает получение 3,6-4,0 т з.е./га, повышает урожайность сельскохозяйственных культур на 10-31 %, способствует созданию положительного баланса азота с интенсивностью 122-172 %, фосфора – 143-279 %, калия – 127-173 %, увеличивает содержание гумуса на 0,16-0,23 абс.

%, обеспечивает получение условно-чистого дохода – 9,5-11,8 тыс. р./га или 2,2-3,8 р./р. затрат, себестоимости 1 т з.е. – 1,4-2,3 тыс. р., рентабельности – 116-276 % и окупаемости в пределах 4,8-9,2 кг з.е./кг NPK удобрений. Аналогичные результаты получены в Северо-западной зоне России (А.В. Попов, Н.П. Аврова, 2001), в условиях Центральной Черноземной полосы (В.Т. Рымарь, В.М. Гармашев, 2008).

К.И. Довбан (1981) считает, что «зеленое удобрение устраняет трудности, связанные с чередованием ограниченного количества культур в севообороте, высвобождает фосфор, калий, марганец и кальций из труднодоступных форм в почве и аккумулирует их, снижает вымывание более нижних слоев почвы. Особенно выгодно применять сидерат на отдаленных от ферм участках, на почвах с низкой продуктивностью для повышения микробиологической активности и действия других видов удобрений».

Ряд авторов в своих исследованиях (А.М. Лыков, А.Ф. Сафонов, В.А. Лапочкин, 1981; С.А. Воробьев, 1982; Ю.Д. Иванов, В.А. Сергиенко, В.А. Фролов, 1988; В.М. Семенов, А.К. Ходжаева, 2006; И.В. Русакова, Н.П. Шабардина, 2012; Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова, 2013) указывают, что при включении в севооборот, насыщенный зерновыми культурами, такой пожнивной культуры, как горчица на сидерат на 50 % площади баланс гумуса в почве за ротацию остается неизменным, а при совместном использовании с соломой на удобрение наблюдается положительный баланс.

Исследователи (М.Ш. Бегеулов, (1998), В.А. Николаев, (1999), В.А. Захаренко, (2010), А.А. Жученко, (2009–2011), В.Г. Лошаков, (2015) и др.) отмечают, что зеленое удобрение является важным экологическим и фитосанитарным фактором современного адаптивно–ландшафтного земледелия, призванного с помощью органо-минеральных систем удобрения в плодосменных и специализированных севооборотах обеспечить не только

воспроизводство плодородия почвы, высокие и устойчивые урожаи экологически чистой продукции, но и устойчивое экологическое равновесие в агрофитоценозах и окружающем агроландшафте.

На дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Северо-Востока (В.Т. Емцев, Л.К. Ницце, 1980; В.Ф. Кормилицын, 1988; В.В. Кульбида, А.А. Артюшенко, 1991; А.Г. Дзюин, Г.П. Дзюин, 2015) последствие соломы озимой ржи, внесенной в дозе 5,5 т/га в сочетании с минеральными удобрениями, проявилось на второй культуре звена севооборота – озимой ржи, в основном при мелкой ее заделке в почву до 14-16 см. При заделке на глубину до 20-22 см – эффект отмечался только в годы с достаточной обеспеченностью влагой.

В засушливых условиях ее последствие снижалось. В 8-польных севооборотах влияние соломы к концу ротации ослабло, но полностью не прекратилось. После прохождения полной ротации севооборота последствие соломы на урожайность зеленой массы однолетних трав проявилось на унавоженном фоне в сочетании с первой и второй дозами азота (прибавка 14,6-19,5%) и на фоне без навоза в сочетании со второй дозой азота (прибавка 23,6%). На последствие сидератов в сидеральных парах оказывал влияние выращиваемый в севообороте клевер. На фоне без навоза в севооборотах с викоовсяным сидеральным паром при 2-летнем возделывании клевера снижение урожайности отмечено с четвертой культуры, с 1-летним использованием клевера – с 3-й культуры севооборота. На фоне навоза последствие викоовсяных сидератов не выявилось. Влияние клеверного сидерата на продуктивность севооборота длилось практически в течение всей ротации севооборота. Отсутствие его последствия отмечено на обоих фонах лишь на последней культуре – овсе.

Таким образом, зеленые удобрения играют существенную роль в накоплении и сохранении продуктивной влаги, повышают микробиологическую активность почвы, снижают уплотненность почвы и

пораженность растений болезнями, обеспечивают воспроизводство плодородия почвы и повышают урожайность сельскохозяйственных культур.

1.4 Солома – как источник органических веществ в почвенном плодородии

Солома, как удобрение, является весьма эффективным средством стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур. Регулярное внесение соломы позволяет без применения других органических удобрений поддерживать на фоне минеральных туков достаточно высокий уровень гумуса, улучшать физические и химические свойства почвы, активизировать почвенные микроорганизмы, улучшать структуру почвы, её воздушный и водный режимы, сдерживает развитие эрозионных процессов. Время заделки соломы в почву не имеет первостепенного значения, однако по соображениям традиционной обработки почвы предпочтительна осенняя запашка. Причем выгоднее заделать солому как можно раньше, чтобы возможно более удлинить срок её разложения. Удобрение подзолистой почвы соломой яровой ржи осенью (5 т/га) увеличивало урожайность на 9,7 %, а заделка соломы ранней весной – только на 3,5 %. При тех же условиях применение соломы гороха повышало урожайность, соответственно, на 7,4 и 15 % (Н.С. Ерофев, И.С. Востров, 1964).

Исследования, проведенные В.Г. Минеевым, Б. Добрецениным, Т. Мазуром (1993), доказали, что скорость разложения клетчатки находится в зависимости от типа почвы. Оптимальной температурой для её разложения считается 28-30⁰С, при влажности почвы 60-70 % от полной влагоемкости. В результате разложения соломы из нее высвобождаются почти все необходимые и доступные растениям питательные вещества, в том числе и микроэлементы, которые в соломе содержатся в гораздо большем количестве, чем в зерне. В случае совместного использования соломы и азотных

удобрений, а также в сочетании с жидким навозом, – она может быть приравнена по эффективности к подстилочному навозу. Так в 1 т соломы содержится углерода столько же, сколько в 3,5 т/га подстилочного навоза.

В настоящее время экономическое состояние производителей сельскохозяйственной продукции не позволяет рассчитывать на заметное увеличение объемов применения удобрений. Возникает необходимость в поиске и применении других, более дешевых источников повышения плодородия почв, обеспечения питательными элементами растений, в том числе путем освоения элементов биологизации земледелия: увеличение объемов применения органических удобрений, расширение площадей многолетних трав, особенно бобовых, посев сидератов, запахивание соломы и другие. Важным источником пополнения запасов в почве гумуса и питательных элементов при биологизации земледелия является запахивание соломы. При запахивании 4 т/га измельченной соломы в почву поступает 15-20 кг азота, 6-8 кг фосфора, 30-40 кг калия и целый набор необходимых для растений микроэлементов. Использование соломы в качестве удобрения в 4 раза дешевле, чем применение равноценного по агрономической эффективности количества навоза, и в 10-12 раз дешевле применения эквивалентного количества НРК в составе минеральных удобрений (К.Е. Сокаев, 2004, 2013, 2017; А.Х. Яппаров, Т.А. Алиев, 2009; К.Е. Сокаев, В.В. Бестаев, 2016).

«... по данным А.В. Деревягина и С.М. Куленичева (1990) в 1 тонне соломы с влажностью 14 % содержится 800 кг органического вещества, в то время как в 1 тонне навоза при влажности 85 % – 270 кг. Подсчитано, что при средней урожайности зерновых культур в 30 ц/га с соломой вносится в почву 3200 кг органического вещества, 14-22 кг азота, 3-7 – фосфора, 22-25 – калия, 9-37 – кальция, 2-7 кг магния, 12 г меди 1,6 г молибдена, 160 г цинка» (М.Р. Ахметзянов, 2003).

Использование соломы в качестве альтернативы органическим удобрениям является наиболее доступным и дешевым способом восполнения органического вещества почвы (М.Т. Куприченков, Т.Н. Антонова, А.А. Голованов, 2000).

Работами многих авторов показано (Л.Н. Александрова, 1980; О.С. Безуглова, 2001; О.И. Наими, 2015), что почвы агроэкосистем, в отличие от природных, находятся в неустойчивом состоянии, что связано с уменьшением количества растительных остатков, ежегодно поступающих в почву, и выносом питательных элементов с урожаем. В связи с этим использование в качестве удобрения соломы, в большом количестве остающейся на полях при выращивании зерновых, представляется перспективным агротехническим приемом, направленным на сохранение и воспроизводство плодородия почв в агроценозах. Использование соломы в качестве удобрения имеет несколько преимуществ. Во-первых, солома легко распределяется по всем полям, независимо от их удаленности, что определяет высокую экономическую эффективность ее использования. Во-вторых, солома содержит в своем составе в 3-4 раза больше углерода, чем другие органические удобрения, что способствует обогащению почвы этим элементом. Углерод соломы сосредоточен в наиболее ценных для плодородия веществах – целлюлозе, гемицеллюлозе, в пентозанах и лигнине, которые являются, как энергетическим субстратом для почвенных микроорганизмов, так и основным источником органических соединений для синтеза гумуса. В-третьих, заделка соломы в почву возвращает в биологический круговорот биофильные элементы питания (калий, азот, фосфор, кальций, магний) и ряд микроэлементов (цинк, марганец, железо, медь, бор, молибден), ежегодно отчуждаемые с урожаем сельскохозяйственных культур. В-четвертых, внесение соломы в почву стимулирует активное развитие почвенной микро- и мезофауны, увеличивая биологическую активность почв, повышая активность дождевых червей и других живых организмов, населяющих почву, что

благоприятно сказывается на физических свойствах почвы, улучшает ее структуру и водно-воздушный режим, препятствует пересыханию и уплотнению.

Вместе с тем имеются и отрицательные факторы, препятствующие использованию соломы на удобрение. Во-первых, это снижение урожайности возделываемых культур в первый год после заделки соломы, причиной которого является ухудшение азотного питания растений из-за активного использования минеральных форм азота микроорганизмами, разлагающими солому. Эта проблема достаточно легко решается внесением компенсирующей дозы минерального азота, обеспечивая активное функционирование участвующей в разложении микрофлоры. Во-вторых, это длительный период разложения соломы зерновых культур из-за широкого соотношения C:N и высокого содержания целлюлозы, лигнина и кремнийорганических соединений. Кроме того, время разложения соломы зависит от климатических условий, а также от химических, физических и биологических свойств почвы. Ускорить протекание процессов минерализации и гумификации соломы помогает применение различных биологических препаратов, в том числе гуминовых. В-третьих, при формировании различных гумусовых веществ, в естественных условиях основная их часть минерализуется и лишь 10-20 % преобразуется в гумус или сохраняется в почве в форме устойчивых к разложению веществ, в связи с чем возможности накопления гумуса за счет соломы и других органических удобрений имеют свои пределы (Д.И. Еремин, А.А. Ахтямова, 2015; И.В. Черепухина, Н.В. Безлер, 2017; О.И. Наими, О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко, 2018).

Расчеты учёных Крыма (И.Ф. Ромашкевич, 1966; О.Е. Авров, З.М. Мороз, 1979; Е.Н. Мишустин, 1981; С.Ю. Булигин, 2002; В.Ф. Петриченко, 2002; Е.С. Шариков, Х.Г. Асхадулин, 2006; Н.П. Саенко, 2012) показали, что солома является самым дешевым источником пополнения почвы

органическим веществом. Использование её на удобрение с добавлением 10 кг азота на 1 т соломы обходится в 11 раз дешевле, чем применение минеральных удобрений, и в 4-5 раз дешевле внесения навоза. К сожалению, во многих хозяйствах АР Крым продолжается практика сжигания соломы в валках, при этом выгорают не только валки соломы, но и все стерневые и пожнивные остатки на всем поле, а зачастую уничтожается животный мир и близлежащие лесные полосы. Подсчитано, что с каждой сгоревшей тонной соломы на поле теряется до 700 кг гумуса, нарушается структура почвы, снижается её устойчивость к ветровой и водной эрозии, теряется весь азот, не говоря уже об углероде и других элементах питания. Общие потери азота при урожае зерновых порядка 3-4 т/га составляют 25-30 кг на 1 га. Для эффективного использования соломы в качестве органического удобрения необходимо соблюдать технологию. Для ускорения минерализации размер резки соломы должен составлять 5-7 см, а глубина заделки не должна превышать 15 см. При более глубокой заделке минерализация соломы резко замедляется из-за невозможности целлюлозоразлагающих микроорганизмов обитать в анаэробных условиях. Кроме того, при глубокой заделке соломы происходит накопление патогенной микрофлоры, которая угнетающе действует на корневую систему культурных растений.

По сведениям В.А. Федорова (1980) в Центрально-Черноземной зоне использование соломы яровой пшеницы в количестве 45 ц/га способствует некоторому снижению в зерне содержания сырого протеина. Использование же соломы совместно с аммиачной селитрой из расчета 12 кг на 1 ц соломы способно обеспечить получение стабильной прибавки сухой биомассы в размере 10 ц с одного гектара.

Большое значение в процессе образования гумуса имеет лигнин, который содержится в соломе, и является предшественником гуминовых кислот (Д.С. Орлов, 1990).

С целью улучшения физических свойств соломы, упрощению заделки ее в почву и, соответственно, последующее использование ее почвенными микроорганизмами необходимо при уборке зерновых культур комбайном желательнее ее измельчать. Заделывание соломы будет способствовать закреплению элементов питания в почве, а также стабилизации содержания гумуса (Д.А. Забелло, Г.П. Рабцевич, 1994; В.А. Воронцов, Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин, 2012).

По содержанию органического вещества, азота, фосфора и калия, заделка в почву одной тонны соломы зерновых культур равноценно внесению 2-3 т полуперепревшего навоза влажностью 75%. В связи с этим солома, как удобрение, имеет неоспоримо высокую ценность (Р.С. Шакиров, 1999).

Нетоварная часть урожая (солома, ботва сахарной свеклы, стебли кукурузы, подсолнечника, солома и т.д.), как отмечают ряд ученых, (А.А. Акулов, 2005; А.А. Спиваков, А.Ю. Квасов, А.А. Харьковский, А.В. Горбачева, В.И. Турусов, 2010; В.И. Турусов, В.М. Гармашов, Е.В. Теслина, О.А. Абанина, Т.И. Михина, 2013) служит существенным источником органического вещества и питательных элементов. Это один из видов органических удобрений, который не требует специальных затрат на производство, так как воспроизводится ежегодно при выращивании основной продукции. При использовании нетоварной части урожая в почву возвращается 21,5-51,5 % азота, 18,5-51,7 % фосфора, 16,7-48,1 % калия от общего количества в урожае. При внесении в почву совместно с соломой гранулированных удобрений в той же дозе интенсивность разложения была ниже, соответственно, на 14,4 %, 19,7 % и 23,6 %. При применении раствора аммиачной селитры с биопрепаратом Тамир в концентрации 0,5 %, разница увеличивается по сравнению с контролем до 22,7 %, 50,0 % и 52,3 %. Поэтому в целях создания более оптимальных условий для формирования урожайности культуры, следующей за озимой пшеницей, солому, вносимую в

почву после ее уборки, необходимо обрабатывать реагентами, стимулирующими разложение в летне-осенний период текущего года.

О.Г. Ангиясев (1981), И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов (2006) утверждают, что «...солома будет разлагаться быстрее, когда дробление будет производиться вдоль волокна, тем самым, увеличивая площадь соприкосновения соломы с почвой. Степень измельчения соломы комбайновыми измельчителями типа ПУН в целом отвечает существующим агротехническим требованиям, однако, расщепление ее ножевыми режущими аппаратами не превышает и 60%, что совершенно недостаточно».

В современном сельскохозяйственном производстве используется лишь 40-45% из общего количества соломы. При постоянном повышении урожайности зерновых культур и сокращении использования соломы в животноводстве создают благоприятные условия позволяющие использовать солому в качестве удобрений (В.Г. Лошаков, С.Ф. Иванова, Р.Ю. Асхабов, А.И. Пашков, Л.В. Пашков, 1987). Заделка соломы дает возможность снижения материальных и трудовых затрат, по сравнению с ее вывозкой с поля. При этом остается обеспечить только необходимые предпосылки для быстрого разложения соломы в почве (Dr. Kantze, 1984; Asmus, Slarda, 1986).

В прямой зависимости от различных факторов находится скорость микробного разложения соломы в почве. Она зависит от наличия в почве источников для питания микроорганизмов, их численности и видового состава, активности, а также типа почвы, ее окультуренности, температурных и водных режимов, воздушных свойств и др. (Л.Ю. Верниченко, Е.Н. Мишустин, 1980, Е.В. Богатырева, 2008).

Положительный эффект от совместного применения соломы и зеленых удобрений отмечают К.И. Довбан, В.В. Бузмаков (1981). Они указывают, что «...при заашке соломы с узколистным люпином прибавка урожая зерна ячменя составила 4,1 ц/га, зерна овса – 2,7, при заашке соломы с горчицей

прибавка урожая составила соответственно: ячменя – на 4,6, овса – на 4,9 ц/га».

В современной науке накоплено большое количество подтвержденных сведений о том, что в севооборотах основными факторами, влияющими на ограничение урожайности, являются биологические факторы (особенно имеющие негативное воздействие). Одним из таких примеров является засоренность. Например, в севооборотах, где присутствует большая доля зерновых культур, начинает резко увеличиваться количество сорняков и их масса. Поэтому с целью борьбы с ними немаловажное значение имеет включение в севообороты сидератов. Зеленые удобрения можно использовать в качестве биологических методов борьбы с сорными растениями, так как они оказывают разностороннее влияние на растительное сообщество севооборота. В результате их использования засоренность может уменьшиться на 40-50 % (Г.И. Баздырев, 1990).

К.И. Довбан, В.К. Довбан, Ф.Г. Бардинов (1992) в результате проведенных исследований на Гомельской опытной станции доказали, что совместное использование сидеральных культур и соломы оказывает прямое действие на увеличение продуктивности культур в севообороте.

S. Dawkist, K.W. Paxion (1983) сообщили: «...при ежегодном возделывании культур без органического удобрения, содержание гумуса и общего азота уменьшилось, соответственно, на 0,86 и 0,091 %, в 1963 году и до 0,76 и 0,082 % в 1966 году. Причем, заплата одной соломы наполовину снижала эти потери, а навоз и зеленое удобрение только обеспечивали поддержание исходного содержания гумуса и общего азота».

Как и любое органическое вещество, солома подвержена процессам гумификации, проходящими в почве, а значит, может влиять на содержание гумуса в почве. Однако в зависимости от условий может происходить, как сохранение прежнего уровня, так и увеличение содержания гумуса в почве (Г. Кольбе, Г. Штумне, 1972; Т.А. Калининская, 1980).

В.П. Ельцев, Л.К. Ницэ (1980) в своих опытах установили, что использование соломы, в качестве удобрения, наряду с положительным действием одновременно может оказывать и негативные последствия, которые начинают себя проявлять сразу же после заделки, а именно: происходит дополнительное поглощение азота из почвы целлюлозо-разлагающими микроорганизмами. Это влияет на условия азотного питания культурных растений, в результате происходит снижение урожайности, а также на начальных этапах разложения соломы образуются такие органические соединения, которые оказывают токсичное действие на растения. При внесении в почву азотных удобрений, в качестве компенсации, эти негативные факторы снижают свое отрицательное влияние на продуктивность растений. В дальнейшем солома способна оказывать положительное влияние на развитие всех культурных растений и без дополнительного внесения азота.

Из всех применяемых в сельском хозяйстве видов органических удобрений самое большее содержание органического вещества приходится на солому – 85 %, в навозе и твердой фракции жидкого навоза содержится 20 %, в сидератах – 20 %, жидком навозе – 3% (В.И. Михайлина, 1983).

Так как в почву должно постоянно поступать свежее органическое вещество, при биологическом земледелии необходимо использовать все виды органических веществ, которые возможны в сельском хозяйстве. В.Р. Вильямс (1939) и А.Т. Болотов (1988) отмечали, что в связи с многоотраслевым производством сельское хозяйство должно состоять как минимум из двух направлений – растениеводство и животноводство.

Положительная роль биологизации в повышении продуктивности и устойчивости агросистем подтверждена данными, полученными в полевых опытах Новозыбковской станции ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова (Г.Е. Мерзлая, Н.М. Белоус, М.Г. Драганская, 2002). Прибавка урожайности составляла: от применения соломы – 30 %, от соломы на фоне минеральных

удобрений (NPK) – 56 %, соответственно от сидерата – 35 и 60 %, от соломы совместно с сидератом – 32 и 62 %, от компоста – 47 и 53 %.

Целесообразность использования соломы в комплексе с навозом и другими видами органических удобрений нашла подтверждение в ряде других работ, в том числе в совместных исследованиях, выполненных ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова и Рязанским научно-исследовательским и проектно-технологическим институтом на темно-серой лесной тяжелой суглинистой почве с содержанием гумуса 3-4,2 %, подвижных форм фосфора и калия – 240-250 мг/кг (Г.Е. Мерзлая, М.А. Габибов, 1998).

По данным Т.А. Роговой (1987) совместная заделка в почву в качестве удобрения пожнивной горчицы и соломы способна повысить удобрительную способность соломы, что создает более благоприятные условия для роста и развития сельскохозяйственных культур, а это, в свою очередь, оказывало влияние на увеличение урожайности ячменя на 15 %, а овса – на 7,4 %.

Сидеральные культуры, в качестве промежуточных посевов, равно как и заплата в почву соломы на удобрение, оказывают многогранное положительное влияние на агрофизические свойства почвы, что приводит, в конечном итоге, к увеличению продуктивности севооборота. Заделка надземной биомассы сераделлы и редьки масличной повышает содержание в почве общей пористости, в том числе и некапиллярной. Также сидераты и солома, одновременно улучшая агрофизические показатели плодородия почвы, положительно влияют и на ее микробиологическую активность (А.А. Шелюто, Б.В. Шелюто, 1993; В.Г. Лошаков, 2015).

Следовательно, использование различных средств биологизации (соломы, промежуточных культур на зеленое удобрение и совместное их применение), как отдельно под культуры, так и в севооборотах, позволяет улучшить пищевой, водный, биологический режимы почвы.

1.5 Роль многолетних трав в повышении почвенного плодородия

С целью соблюдения положительного баланса питательных элементов в почве и возмещения потерь плодородия, происходящего при возделывании зерновых культур, в состав севооборота необходимо включать многолетние травы. В дополнение к этому вовлечение бобово-злаковых и бобовых травостоев в сырьевые конвейеры позволяет изменять в лучшую сторону экологически безопасные энергосберегающие технологии интенсивного использования площадей, занятых кормовыми культурами (В.М. Седяков, А.Н. Журавлева, Р.И. Чашина, 1991). При включении в состав кормовых севооборотов многолетних трав (до 50 % площади севооборота) позволяет уменьшить затраты ГСМ на обработку почвы до 20 % (А.А. Бабич, 1991).

Насыщение в условиях Ивановской области полевых севооборотов многолетними бобовыми травами на 40-50 % севооборотной площади позволяет не только приостановить деградиционные процессы в почве, но и несколько повысить содержание гумуса, увеличив продуктивность одного гектара пашни на 30-60% (Н.В. Шрамко, 2011).

С точки зрения экологизации значимость многолетних трав также высока. Это объясняется тем, что они обладают способностью переводить в органическую форму значительную часть элементов питания минеральных удобрений и жидкого навоза (особенно азот), одновременно с этим снижают степень вымывания этих элементов из почвы, что также оказывает влияние на снижение вредного воздействия на окружающую среду. Это связано с тем, что многолетние травы способны образовывать высокопродуктивные посевы с биологическим потенциалом в 120-150 ц/га сухого вещества (В.Г. Лошаков, 1992).

В условиях северного лесостепного агроландшафта Южного Зауралья наиболее эффективное производство продукции растениеводства обеспечивается в 4-х польном зернопаровом и 6-ти польном

зернопаротравяном севооборотах с насыщением зерновыми культурами до 75 %. Максимальная эффективность производства зерна получена в зернопаровом севообороте при минимальной системе обработки почвы и в зернопаротравяном севообороте с рентабельностью 193 % и коэффициентом энергетической эффективности 5,7 ед. Более высокий уровень рентабельности с высоким коэффициентом энергетической эффективности соответствовал 6-ти польному зернопаротравяному севообороту на фоне минимальной и нулевой систем обработки почвы, которые характеризуются устойчивой продуктивностью зерновых культур на уровне 2,93-3,14 т/га (А.Д. Петелин, С.К. Мингалев, 2018).

А.Н. Чмиль (1992) своими исследованиями показал, что загрязнение поверхностного стока почвы и содержание в нем биологических веществ на поле, на котором произрастают многолетние травы, уменьшается в сравнении с чистым паром и обработанной почвой. Увеличение численности дождевых червей в пахотном слое объясняется тем, что после многолетних трав происходит увеличение негумифицированного органического вещества корневых остатков в почве и приводит к ее оздоровлению. Больше всего их увеличивается к осени (И.С. Белюченко, С.Б. Баранова, В.В. Громыко, М.В. Яценко, А.А. Гайдай, 2006).

Многие ученые полагают, что биологическое земледелие – это использование клевера и люцерны, способных оказывать угнетающее действие на рост и развитие яровых сорняков, болезней яровых культур. Так, например, в странах Европы для борьбы с различными видами бодяка в севообороты включают смесь двухлетнего клевера и злаковых трав, способных дать 3-4 укоса в год (М.К. Пружин, 1990; Б. Геер, 1991).

Замена полевой растительности на луговую и наоборот в одном севообороте позволяет снизить количество сорных растений в посевах (М.Г. Шлома, А.А. Зайцев, 1986). Для борьбы с заовсюженными полями эффективным средством борьбы является залужение многолетними травами

(В.И. Елифанов, 1992). В тоже время при изреживании травостой многолетних трав не способен оказывать угнетающее действие на сорную растительность, а само травяное поле становится так называемым рассадником для сорняков (И.М. Каращук, 1952).

По своей сущности включение многолетних трав в состав севооборотов предопределило переход от естественных многолетних травяных сообществ к полевым культурам.

Еще в 1798 году Т.Р. Мальтус предположил взрывной характер увеличения численности населения и обострение проблем в мире с обеспеченностью человечества продуктами питания. Эти социальные процессы вынуждают по-новому продумать и переосмыслить стратегию развития сельского хозяйства 21-го века. Доля зерновых культур для нужд животноводческой отрасли будет уменьшаться. В тоже время преимущество в своем развитии получают те отрасли, которые будут опираться на использовании корма, состоящего из трав (Ensminger, Oldsfield, Heinemann, 1990). Так, опасность для окружающей среды, согласно расчетам возникает в том случае, если расход невозобновляемой энергии достигает в пределах 15 ГДж/га (В.К. Осадчий, 1989).

С целью снижения затрат на применение удобрений, произведенных промышленным способом, экономии почвенных ресурсов и эффективного использования азота атмосферы, в качестве элемента энергосберегающей технологии, а также на площадях с относительно низким содержанием азота в почве можно использовать посевы многолетних бобовых трав (Г.Д. Харьков, И.В. Пайкова, В.И. Антонив, М.Г. Мутовина, В.И. Якутин, 1991; Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева, 2016).

В случае, если минеральный азот использовать без ограничений, не регулируя его применение, то могут наблюдаться отрицательные последствия, которые способствуют накоплению нитратов и нитритов в продукции и окружающей среде. В этой связи проблема использования

биологического азота становится актуальной (В.С. Шевелуха, А.Т. Болотова, 1989). Азот, содержащийся в удобрениях, попадая в почву и живые организмы, переходит в форму нитратов, и в 20 раз более токсичных веществ – нитритов (Е.Н. Мишустин, Е.М. Лебедев, Н.И. Черенков, 1982). Корневая система многолетних трав способна усваивать азот из глубоких слоев почвогрунтов, тем самым устранить его поступление в грунтовые воды.

После многолетних трав в почве остается органическое вещество, богатое питательными элементами, которые постепенно высвобождаются во время вегетации культур. Как результат, уменьшается риск полегания, изменяются к лучшему условия по минеральному питанию, снижаются потери минеральных элементов, происходящие при вымывании. При применении технологий, использующих максимум биологического азота, более чем в 2 раза снижаются затраты на совокупную энергию по сравнению с использованием минерального азота (В.Г. Игдовилов, Д.В. Якушев, 1991; Н.В. Парахин, 2003; В.И. Макаров, А.Г. Михайлова, 2007; Г.С. Егорова, Л.В. Петрунина, 2008; Н.А. Середина, Р.А. Акбиров, А.Л. Тарасов, 2010; А.Г. Подоляк, Е.Г. Сарасеко, Т.В. Арастович, О.В. Сузько, С.А. Тагай, Т.В. Ласько, В.В. Головешкин, 2011; Л.Д. Фролова, М.Н. Новиков, 2017).

Продуктивность восьмипольного севооборота в Республике Башкортостан за счёт применения удобрений увеличилась на 14–20 %. Максимальный эффект получен от органоминеральной системы удобрений (3,5 т к. ед./га в год). Минеральная и органическая системы удобрений не обеспечивают положительного баланса гумуса в дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах, поэтому необходимо применять органоминеральную систему удобрений. Максимальное увеличение содержания гумуса отмечено в варианте с органическими удобрениями (0,43 %), минимальное – при использовании минеральных удобрений (0,20 %). Содержание гумуса, как показатель плодородия почвы, существенным образом влияет на урожайность культур в Пермском крае, что позволяет

делать прогноз продуктивности севооборота в целом. В почвах с содержанием гумуса менее 2,5 % повышение урожайности возможно только с помощью применения рациональной системы удобрений (В.Р. Ямалтдинова, Н.М. Мудрых, И.А. Самофалова, 2016).

В современном земледелии увеличилась необходимость в энергии извне. Об этом говорят следующие данные. Если в начале 20 века на одну затраченную калорию получали 5-6 калорий в урожае, то сегодня урожаи возросли в три и более раз, но в тоже время затраты на дополнительную энергию возросли в 3-5 раз. Следовательно, с увеличением урожайности культур энергоотдача снижается (В.А. Ковда, 1981).

Кормовые угодья расположенные в естественных условиях, покрывают в США до 50 % необходимого белка в животноводстве, а в мясном скотоводстве Канады – около 80 % от всех фуражных кормов (А.А. Жученко, 2009-2011).

В выщелоченном черноземе Тюменской области под зернотравянопропашным севооборотом, благодаря выращиванию клевера, на двух полях содержание гумуса за 13 лет возросло с 8,11 до 8,39 %, агрономически ценные агрегаты 10-0,25 мм в диаметре составили 73,4-79,1 %, а их водопрочность – 57,1-62,8 %, более благоприятным стал пищевой режим почвы. Без внесения минеральных удобрений после многолетних бобовых можно получать урожайность яровой пшеницы на темно-серой лесной почве до 4,5 т/га, а овса – до 5,0 т/га. Как показали исследования, содержание подвижных фракций гумуса в пахотном слое накапливалось больше по вспашке – 6,4 % к общему углероду. Наиболее интенсивно новообразование данной фракции протекало в слое 0-10 см – 9,5 %. Это было следствием меньшего поступления в почву негумифицированного органического вещества и усиления процессов деструкции гумусовых веществ под влиянием обработки с оборотом пласта. При дифференцированной обработке содержание подвижных гумусовых кислот

было наименьшим – 3,8 % к общему углероду и 0,190 % от массы почвы, а связанных с кальцием – наибольшим – 14,4 и 0,690 %. Наименьшее количество агрессивных фульвокислот отмечено при нулевой обработке почвы – 1,9 % к общему углероду и 0,102 % от массы почвы. Содержание органического углерода в слое 0-10 см при вспашке снижалось до 4,08 %. Безотвальная и нулевая обработки способствовали накоплению органического углерода, соответственно до 6,08 и 5,99 % (Н.В. Абрамов, 2010; Н.В. Абрамов, 2017).

В смешанных посевах многолетние травы, за счет того, что обладают разнохарактерными морфофизиологическими отличиями, более полно могут использовать ресурсы окружающей среды, успешнее приспосабливаются к неблагоприятным внешним факторам, обладают более конкурентными преимуществами по сравнению с сорными растениями, что позволяет сформировать более устойчивые агроценозы (Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, 2016).

Мятликовые виды многолетних трав в условиях, приближенных к полусложным и сложным агроценозов, за счет более разветвленной мочковатой корневой системы могут полнее расходовать влагу и питательные вещества из верхних слоев почвы. В тоже время стержневые корни многолетних бобовых способны усваивать эти же элементы из более глубоких слоев. Следовательно, применяя травосмеси, можно охватить больший объем почвы, чем в одновидовых посевах (В.Т. Лобков, Н.И. Абакумов, А.Н. Кружков, 2009).

По мере изреживания бобовых трав их место занимают более устойчивые и долголетние виды мятликовых: в этом и заключается преимущество бобово-мятликовых травосмесей (С.В. Хусаинов, Г.С. Егорова, 2000). При использовании бобово-мятликовых травосмесей фактор биологизации приобретает первостепенное значение. Возможности биологизации в полевом травосеянии можно использовать более

разносторонне, чем в других растениеводческих отраслях. Увеличение использования биологического азота может реализовываться за счет продления продуктивного долголетия бобовых, усиления жизнеспособности многолетних трав.

За годы исследований в Сибирском научно-исследовательском институте сельского хозяйства (Л.Л. Котелькина, 2008) изучаемые предшественники не оказали существенного влияния на качественные показатели льнопродукции. Несколько выше они были по ячменю (оборот пласта трав) – содержание луба 34 %, выход длинного волокна – 17,3 %, по остальным предшественникам – 14,1–16,3 %, более низкие показатели – на монокультуре льна. Учет урожайности льнопродукции показал, что у соломы и семян льна она несколько выше по пласту трав. Урожайность соломы в среднем за 8 лет составила 52,8 ц/га, семян получено 9,6 ц, на монокультуре льна – 3,0 и 4,6 ц, соответственно. В умеренно увлажненные годы урожайность соломы льна повышается до 52,4–65,6 ц/га, в засушливые получено 23,9–45,4 ц/га.

По данным ученых Башкирского ГАУ, слабое развитие корневой системы многолетних трав в первый год и отсутствие механической обработки привели к уплотнению почвы, повысилась ее твердость, снизилась водопроницаемость. Но длительное непосредственное воздействие корневой системы многолетних трав, а также поступающие растительные остатки, которые содержат значительное количество белков и углеводов, наиболее благоприятных для образования гумусовых веществ, привели к оптимизации структуры и плотности почвы (Н.А. Середина, Р.А. Акбиров, А.Л. Тарасов, 2010).

Степень уплотнения почвы при интенсивном сельскохозяйственном использовании зависит от многих факторов, в том числе от ее типа, влажности, способа основной обработки, продолжительности времени между основной обработкой и последующим техногенным воздействием на нее. При

этом прогрессирующее переуплотнение почвы — одна из основных причин снижения урожайности зерновых колосовых и технических культур (Н.И. Картамышев, А.А. Тарасов, 1997).

Наряду с рациональными приемами обработки почвы большое внимание уделяется естественным факторам разуплотнения, к которым относятся и биологические. В разрыхлении уплотненных подпахотных горизонтов, которое обеспечивает существенную прибавку урожая последующих культур, важную роль играют многолетние травосмеси, обладающие мощной корневой системой (Н.В. Парахин, 2003; Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, А.С. Монин, 2006).

Учеными ВГСХА в условиях Волго-Донского междуречья установлено положительное влияние продолжительности использования многолетних трав на содержание водопрочных агрегатов, снижение плотности твердой фазы почвы, улучшение плодородия светло-каштановых почв (Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, А.С. Монин, 2006; Г.С. Егорова, Л.В. Петрунина, 2008)

По данным Н.Н. Ивановой, И.Ф. Каргина, А.А. Зубарева, Д.И. Иванова (2015) выявлено, что длительное возделывание многолетних трав способствует улучшению агрохимических свойств почв. Посевы многолетних трав привели к увеличению содержания гумуса в слое 0-50 см на 0,62-1,14 % по сравнению с посадками картофеля. Многолетние травы уменьшают кислотность почвы, увеличивают сумму поглощенных оснований.

Учеными Ивановского НИИСХ (С.Т. Эседуллаев, Н.В. Шмелева, 2016) изучены особенности накопления азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья. Установлено, что в чистых посевах наибольшее количество органических остатков и азота накапливает люцерна изменчивая – более 200 кг/га. Козлятник и клевер заметно уступают ей. Минеральные удобрения значительно усиливают накопление органических остатков и азота только у клевера, у козлятника и люцерны изменения незначительны.

При вынужденном выводе земель из сельскохозяйственного использования (когда хозяйство их не в состоянии обработать) практикуют залужение пашни многолетними травами длительного срока хозяйственного использования, что позволяет получать продукцию и предохранять почву от зарастания сорной и мелколиственной растительностью. Одной из перспективных культур является козлятник восточный, который способствует повышению содержания азота и органического вещества в почве за счет накопления большого количества корневой массы (В.И. Макаров, А.Г. Михайлова, 2007).

В исследованиях, проведенных учеными НИИСХ Северо-Востока, за двадцать пять лет в почвах выводного поля под козлятником восточным произошло увеличение кислотности пахотного горизонта. Содержание органического вещества в осушенной дерново-глеевой почве увеличилось на 1,79 %, дерново-подзолистой глеевой – на 0,62 %. При длительном содержании козлятника восточного и периодическом дисковании почвы на глубину 0-10 см с целью омоложения травостоя произошло разделение пахотного горизонта на два слоя, различающихся по содержанию органического вещества, групповому и фракционному составу гумуса (А.П. Кислицына, А.А. Вязьминова, 2017).

В условиях недостаточного применения удобрений на дерново-подзолистых почвах Владимирской области более эффективно возделывание смесей многолетних трав с участием бобового компонента, который способствует улучшению азотного питания злаковых трав и повышает качество продукции растительной смеси (Л.Д. Фролова, М.Н. Новиков, 2017).

Многолетние бобовые травы были и остаются главными хранителями почвенного плодородия, продуцентами растительного белка, экологической защитой от водной, ветровой эрозии и других негативных антропогенных нагрузок (В.Р. Вильямс, 1951; Н.И. Кулешов, 2005; В.Б. Беляк, 2008; Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева, 2016).

Хорошие результаты можно получить в процессе биологизации почвы, используя такие культуры, как горчица белая, люпин однолетний и фацелия – 1,0-1,3 т/га. А вот яровые зерновые (например, пшеница, овес и др.) по этому показателю уступают бобовым травам в 1,8-2,0 раза. Их возделывание в севооборотах без бобовых культур ведет к существенному дефициту органического вещества почвы. А если учесть, что в настоящее время баланс органического вещества почв Верхневолжья отрицателен (минус 45-240 кг/га), то становится очевидным, что доля бобовых трав в севооборотах этой зоны обязательна (Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева, 2016).

"Едва ли в истории найдется много других открытий, – считал К.А. Тимирязев (1941), – которые были бы таким благодеянием для человечества, как включение клевера и вообще бобовых растений в севооборот, так поразительно увеличивших производительность труда земледельца".

Многочисленные исследования авторов в различных почвенно-климатических условиях (В.Н. Чурзин, Г.С. Егорова, 2004; В.Н. Чернов, 2004; М.А. Караваева, 2005; А.В. Ганькин, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Г.И. Шестеркин, 2005; В.Н. Лукашов, А.Н. Исаков, 2005; С.Т. Эседулаев, 2014; Е.Е. Борисова, 2015; С.Т. Эседуллаев, 2017; Л.Д. Фролова, М.Н. Новиков, 2017; О.А. Васильев, А.О. Васильев, А.Н. Ильин, 2018) подтверждают, что после многолетних, особенно бобовых, трав повышается содержание гумуса, улучшается структура почвы и её водопроницаемость, снижается засоренность посевов и пораженность растений болезнями.

1.6 Влияние органических удобрений (навоз) на почвенное плодородие

Ценность навоза, как органического удобрения, заключается в многосторонности его действия на систему почва – микроорганизмы – растение. При правильном внесении отходов животноводческих комплексов в почву органические соединения разлагаются до гумуса, который не вызывает

никаких загрязнений окружающей среды, а наоборот, способствует улучшению свойств почвы, как агрономических, так и физических (А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, В.В. Прокопенко, 2005; И.С. Белюченко, С.Б. Баранова, В.В. Громыко, М.В. Яценко, А.А. Гайдай и др., 2006).

В опытах, проведенных в производственных посевах в условиях Краснодарского края, плотность сложения почвы на всех вариантах опыта находилось в области оптимального диапазона для кукурузы, однако более низкие и статистически достоверные отличия характерны для варианта с внесением сложного компоста. Так, данный показатель в контроле на 7,6% был выше, чем в варианте с внесением перегноя КРС и фосфогипса (Д.А. Славгородская, 2012).

Для повышения содержания гумуса в почве на 1% необходимо в течение 5 лет ежегодно вносить не менее 100 т/га органических веществ. При полноценном и правильном применении навоза, в почву обратно возвращается значительное количество элементов питания растений, которое будет использовано вторично. В качестве усилителя процессов, способствующих накоплению в почве азота и органических веществ, рекомендуется использовать навозную жижу в сочетании с богатыми углеродами материалами (солома, опилки, торф) (И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, 1987).

Длительное внесение бесподстилочного навоза на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны России позитивно повлияло на плодородие почвы, улучшая гумусное состояние, реакцию среды, фосфорный и калийный режимы, повысило среднегодовую продуктивность кормового севооборота до 8 т кормовых единиц с 1 га при эффективной защите окружающей среды (Г.Е. Мерзлая, 2006). Прекращение внесения бесподстилочного навоза после длительного его применения сопровождалось его последствием, которое проявилось в зерновом звене в течение трех лет.

Почва – наиболее приемлемая среда для устранения отрицательного воздействия отходов животноводства на окружающую среду. Биологические и физико-химические процессы, происходящие в почве, сочетают в себе средства искусственной механической и биохимической обработки отходов. Дисперсно-коллоидная система почвы поглощает из навозных стоков многие минеральные и органические вещества, а также различные бактерии. Важнейшее свойство этой системы заключается в способности обмена катионами. Параллельно с минерализацией органических веществ в почве протекает процесс их гумификации, то есть из органического вещества в почве при участии микроорганизмов образуется гумус, который содержит элементы, необходимые для питания растений. По утверждению А.Ф. Тюлина (1958), преобладающая часть гуминовых веществ почвы закреплена в виде органоминеральных пленок: частично адсорбционно, частично химически на поверхности минеральных частиц не крупнее 0,01 мм.

Переунавоженная почва отличалась наибольшей биогенностью, численностью денитрифицирующих микроорганизмов, бактерий, использующих минеральные формы азота. Вероятно, это обусловлено развитием процессов, направленных на снижение содержания в почве минеральных, органических соединений, что является закономерным при формировании устойчивых климаксовых формаций. На протяжении всего периода изучения эффективности последствий органических удобрений наблюдалось снижение уровня токсичности почв. Отмечаемые в последствии удобрений изменения свойств почвы соответствуют общим природным закономерностям, происходящим при трансформации агробиоценоза в фитоценоз (В.Т. Лобков, 1994).

Исследование азотного режима чернозема выщелоченного, проведено учеными ВНИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова, показало, что в начале вегетации содержание нитратного азота в слое 0-20 см на фоне внесения N45P45K45 + навоз 50 т/га, N135P135K135 + навоз 25 т/га,

N190P190K190 увеличилось на 42-88% относительно неудобренного варианта. При применении N90P90K90 + навоз 25 т/га, N190P190K190 в слое 20-40 см содержание N-NO₃ увеличилось относительно неудобренного варианта на 67-74 %. В середине вегетации на фоне внесения N45P45K45 + навоз 50 т/га, N90P90K90 + навоз 25 т/га в слое 0-20 см увеличилось содержание N-NO₃ на 31-38 %, в слое 20-40 см на фоне внесения N45P45K45 + навоз 50 т/га и N190P190K190 – на 33-35 % относительно контроля (О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, А.И. Громовик, 2011).

Длительное применение минеральных удобрений оказывало положительное влияние на структуру темно каштановой почвы, в частности увеличивалось количество агрономически ценных структурных агрегатов (С.М. Гуревич, 1962; Л.И. Мартынович, Н.Н. Мартынович, 1992; Б.Н. Алмазов, Л.Т. Холуяко, 1993; Ф.Х. Хазиев, 1998; В.Ф. Уткаева, Е.Б. Скворцова, П.М. Сапожников, В.Н. Щепотьев, 2009).

В опытах, проведенных на темно-каштановых почвах западного Казахстана за две ротации севооборота, применение органических и сидерально-органических удобрений способствовало увеличению урожайности зерновых культур от 16,0 до 33,1 % по сравнению с контролем (без удобрений) (Б.Н. Насиев, 2013).

Значительная часть дерново-подзолистых почв характеризуется низким естественным плодородием, что еще больше усугубляется в сложившихся хозяйственно-экономических условиях, когда объемы применения удобрений резко сократились. Большая часть урожаев сельскохозяйственных культур формируется за счет не пополняемых потерь гумуса и питательных веществ почвы, а это приводит к снижению плодородия почв (В.Г. Минеев, 2010; П.А. Чекмарев, 2012). В этом плане важная роль принадлежит разработке сбалансированных систем удобрений и большую ценность представляют данные многолетних исследований по продолжительности действия разных систем удобрения, доз и сочетаний органических и минеральных удобрений,

динамике свойств почв, продуктивности агроценозов, а также исследования в направлении контроля и прогноза возможного изменения с учетом применения систем удобрений с разной их насыщенностью.

Опыты, проведенные Н.Н. Кузьменко (2017) на опытном поле ВНИИЛ в Тверской области, показали, что применение на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в льняном севообороте органо-минеральной системы удобрения при внесении на 1 га севооборотной площади 10 т навоза + 100 кг д.в. в форме минеральных удобрений, что соответствует внесению 230 кг д.в./га (N62,5P51K120), обеспечивает положительный баланс элементов питания в почве, прирост гумуса на 0,28 %, продуктивность севооборота в размере 33,7 ц з.ед./га и высокое качество продукции.

1.7 Способы основной обработки почвы в севооборотах

Постепенный переход от все еще применяемой отвальной системы обработки почвы к ресурсосберегающим (минимальной или нулевой) через комбинированную, не потребует приобретения новой специальной почвообрабатывающей и посевной техники, позволит накопить больше опыта и снизить возможные риски (К.И. Саранин, В.Я. Коновалова, Ю.И. Корнеев, 1978; А.И. Пупонин, 1984 Г.Д. Аверьянов, М.С Матюшин, А.И. Шаряпова, 1984; К.Е. Саранин, И.И. Беляков, 1986; С.С. Сдобников, В.Ф. Кирдин, 1990; А. Kunze, С. Beznard, 1991; В.Н. Шептухов 2005; В.М. Кильдюшкин, В.К. Бугаевский, 2007; В.В. Окорков, 2008; Б.А. Смирнов, П.А. Котьяк, Е.В. Чебыкина, 2008; А.И. Косолапова, 2012; Н.И. Владыкина, 2014; Н.А. Пегова, В.М. Холзаков, 2015; М.Р. Ахметзянов, И.П. Таланов, Г.К. Хузина, 2019). Другие исследователи считают, что система обработки почвы в севообороте должна быть разноглубинной с учетом требований культур. Такая система предполагает сочетание отвальной и поверхностных обработок в севообороте.

В Удмуртской республике озимая рожь наиболее эффективно отзывается на мелкую обработку почвы. В острозасушливом 2010 г. мелкая система обработки в сравнении с отвальной (2,82 т/га) обеспечила достоверное повышение урожайности озимой ржи до 3,19 т/га. В занятом пару, где плодородие почвы было изначально низкое, урожайность озимой ржи по способам обработки не отличалась (2,87-3,11 т/га при $НСР_{05} = 0,25$). Внесение минеральных удобрений весной в виде подкормки озимой ржи было эффективно, особенно в севообороте с сидеральным паром. Прибавка составила 0,27 т/га при $НСР_{05} = 0,14$. При взаимодействии с обработкой почвы минеральные удобрения обеспечили достоверную прибавку 0,15 т/га только в системе мелкой обработки при $НСР_{05} = 0,09$. В варианте абсолютного контроля урожайность озимой ржи была относительно низкая – 2,50 т/га. Комплексное применение агротехнических мероприятий (мелкая обработка почвы, навоз 60 т/га и минеральные удобрения) повысили урожайность озимой ржи до 3,26 т/га. Прибавка к абсолютному контролю составила 0,76 т/га (30,4 %). Такая же прибавка получена по мелкой обработке в сидеральном пару. В занятом пару мелкая обработка почвы и минеральные удобрения обеспечили прибавку несколько меньшую – 0,66 т/га (26,4 %). Максимальная прибавка по мелкой обработке (1,05 т/га, или 42,0 %) получена при внесении навоза 90 т/га и минеральных удобрений (Н.И. Владыкина, 2016).

Основным направлением совершенствования системы обработки почвы является ее адаптация к тем почвенно-климатическим условиям, возделываемым сельскохозяйственным растениям, типам и видам севооборотов, для которых она предназначена (Н.К. Шикун, Ф.Т. Моргун, 1987; И.Н. Листопадов, 2007; В.А. Корчагин, Г.Н. Казаков, 2009; Т.Г. Хадеев, И.П. Таланов, П.А. Чекмарев, 2011).

Только при глубоком комплексном подходе минимальная обработка позволяет сохранить влагу, повысить плодородие, сократить затраты и

получить высокий урожай (В.А. Корчагин, 1980; И.С. Рабочев, 1980; И.А. Чуданов, 1984; А.Ю. Беленков, А.Ю. Лисина, В.В. Ивенин, В.П. Заикин, 2008; А.С. Найденов, А.Р. Бурбель, 2011).

В исследованиях Н.И. Картамышева и др. (1982), J. Balesdent, A. Mariotti, D. Voisgontier (1990), В.Л. Андреева, С.Л. Демшина, Р.Р. Нуризянова (2008) было доказано, что безотвальная обработка почвы в качестве основного приема оказывает положительный эффект и способствует накоплению гумуса в различных почвенно-климатических зонах.

В тоже время такими учеными, как А.Ф. Витер, А.М. Новичихин (1984), G.L. Helms, D. Bailey, T.F. Glover (1987) в результате проведенных опытов были получены обратные результаты, которые доказывают, что минимальные обработки не оказывают какого-либо положительного действия на процессы гумусообразования.

Применение плоскорезной системы основной обработки почвы в Ульяновской области не привело к существенным изменениям гумусового состояния пахотного слоя чернозема выщелоченного по сравнению со вспашкой. Об этом свидетельствуют довольно близкие показатели содержания гумуса и его фракционного состава. Тем не менее, при детальном рассмотрении результатов анализа можно отметить заметные различия между вариантами опыта. Сочетание в севообороте в соответствии с требованием культур разных систем обработки позволяет создать наиболее благоприятные условия гумификации поступающих в почву растительных остатков и воспроизводства ее плодородия (А.Х. Куликова, Н.Г. Захаров, 2010).

К настоящему времени при производстве зерновых большое распространение получают энергосберегающие технологии, которые основываются на применении комбинированных почвообрабатывающих агрегатов, изучается различная степень минимализации обработки почвы, а также частичное ее отсутствие (No-till). Подобные технологии позволяют сохранить урожайность на достаточно высоком уровне при существенном

сокращении затрат и повышении экономических показателей (Н.Н. Зезин, Б.Н. Саласин, 1997; С.К. Мингалев, 2004; В.И. Кирюшин, 2006; И.В. Дуткин, З.М. Шмат 2007; С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин, 2008; И.П. Таланов, М.Р. Ахметзянов, О.И. Макарова, 2009; И.П. Таланов, И.И. Ярмиев, М.Р. Ахметзянов, 2009; П.А. Постников, И.С. Бызов, 2011).

Ежегодное применение на Юго-Востоке в севообороте плоскорезной обработки и лемешного лущения привело к дифференциации 0-40 см слоя почвы по содержанию гумуса. Разница между слоями 0-20 см и 20-40 была существенной. На удобренном фоне существенная разница между слоями почвы сохранилась в названных вариантах и отмечена в варианте с комбинированной обработкой. Аналогичная закономерность по вариантам обработки наблюдается и в содержании общего углерода. По содержанию гумуса и общего углерода варианты обработки на обоих фонах удобренности и участок с бессменным паром значительно уступали участку залежи. Существенная разница наблюдалась между верхним и нижним слоями по содержанию углерода гуминовых кислот, как в процентном соотношении, так и абсолютном их количестве. На неудобренном фоне она отмечалась в вариантах плоскорезной обработки и лемешного лущения, на удобренном - в вариантах лемешного лущения и комбинированной обработки в процентном соотношении. В составе органического вещества почвы залежи увеличивается доля активной части, в основном, за счет углерода гуминовых кислот, как в процентном соотношении, так и в абсолютном его количестве. Доля углерода фульвокислот остается на уровне обработанных вариантов в обоих фонах удобренности. В связи с чем и коэффициент отношения гуминовых кислот к фульвокислотам оказался наибольшим на участке с залежью (З.М. Азизов, 2010).

В Саратовской области урожайность зерна кукурузы по вспашке на 20-22 см равнялась 4,20, по глубокой вспашке – 5,23, по комбинированной обработке – 4,68, плоскорезному рыхлению 4,51 т/га. При использовании

глубокой вспашки прибавка по сравнению с вспашкой на глубину 20-22 см составила 1,03 т/га или 24,5 %, при комбинированной обработке – 0,48 т/га или 11,4 %, а при плоскорезной обработке – 0,31 т/га или 7,4 %. Чистый доход при использовании глубокой вспашки превысил на 7,53 тыс. руб./га вариант со вспашкой на глубину 20-22 см, на 4,16 тыс. руб./га по сравнению с комбинированной обработкой и на 5,63 тыс. руб./га обработку плоскорезом (А.В. Летучий, О.В. Коннова, 2017).

По данным ряда авторов (И.П. Таланов, Р.Р. Хусаинов, 2013; М.В. Горбунова, В.Т. Лобков 2015) максимальное количество агрономически ценных агрегатов размером 10-0,25мм отмечалось на варианте с нулевой обработкой – 71,08 %, а минимальное – на варианте с комбинированной обработкой 51,49 %.

Проведение вспашки в засушливые годы, при почти полной обезвоженности пахотного слоя, приводит к чрезмерной глыбистости почвы, что в сочетании с сильными ветрами чревато значительной потерей влаги (А.И. Цилюрик, 2014). В то же время при работе на переувлажнённой почве залипают стояки плуга, не выдерживается заданная глубина обработки, ухудшается крошение пласта, формируется “плужная подошва”. По эффективности воздействия на урожайность ячменя ярового мелкая безотвальная обработка почвы уступала вспашке в зависимости от фона удобрений на 0,31-0,42 т/га.

Результаты исследований, проведенных И.М. Корниловым (2014) в НИИСХ ЦЧП, показали, что плоскорезная система обработки почвы в зернотравянопропашном севообороте повышала уровень засоренности посевов и требовала дополнительных затрат на борьбу с сорной растительностью.

На сегодняшний день, в условиях экономического кризиса, в земледелии просматривается четкое направление на снижение энергетических и материальных затрат на основе применения механизмов

адаптивного земледелия (Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобкова, 2012, 2015). Каждое хозяйство должно в соответствии с конкретными природно-экономическими условиями разработать и ввести в производство свои адаптивные технологические приемы, направленные на снижение экономических и энергетических затрат (А.Н. Кащеев, 1989; И.А. Чуданов, В.П. Васильев, 1990; К.З. Халиуллин, М.М. Давлетшин, Т.И. Хаматшин, 2007; Г.Н. Черкасов, Д.В. Дубовин, 2007; А.М. Пестряков, 2007; Т.Г. Хадеев, И.П. Таланов, В.Н. Фомин, С.Л. Кунаева, 2010; Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобкова, 2015; Г.В. Наповалова, В.В. Наповалов, 2015).

В первую очередь, добиться этого можно путем внедрения в производство энергосберегающих технологий обработки почвы и высокопроизводительных комплексных почвообрабатывающих агрегатов. По многочисленным исследованиям применение комплексной почвообрабатывающей техники приводит к снижению энергетических затрат в 1,5-2 раза, а материальных – примерно на 30 % по сравнению с традиционной обработкой (А.Ф. Мельник, А.И. Золотухин, 2007; М.Р. Ахметзянов, И.П. Таланов, 2010; В.В. Наполов, Г.В. Наполова, О.Д. Дмитриева, 2015).

Проведенный обзор литературных источников позволяет сделать вывод, что проблема сохранения почвенного плодородия и повышения урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте, необходимости внесения органических удобрений и растительной биомассы, а также проведение энергосберегающих приемов основной обработки почвы в современных условиях является актуальной. Однако, следует отметить, что большинство исследований проведены в краткосрочных опытах, в разных почвенно-климатических условиях и имеют противоречивые выводы по основным элементам возделывания сельскохозяйственных культур. Поэтому нами было принято решение о проведении масштабных исследований с целью выявления наиболее эффективных мероприятий в повышении урожайности

сельскохозяйственных культур и плодородия серой лесной почвы Республики Татарстан, приемов основной обработки почвы с заделкой удобрений (минеральных и органических). Все это и определило необходимость в проведении наших исследований.

ГЛАВА 2. АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ И ПОЧВЕННЫЕ УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Месторасположение Республики Татарстан и агроклиматические условия в годы проведения исследований

Занимая центральную равнинную часть Волжско-Камской лесостепи, Республика Татарстан имеет площадь около 68 тыс. кв. км. На большей части её территории преобладает возвышенность в 100-180 м и лишь на юго-востоке местность поднимается до 200-300 м. Крайняя северная точка республики расположена на $59^{\circ}39$ с.ш., южная - $53^{\circ}58$ с.ш., западная – $47^{\circ}15$ з.д. и восточная – $54^{\circ}18$ в.д. Протяженность территории с севера на юг занимает около 270 км и с юго-запада на северо-восток – около 460 км.

Принципиальной особенностью производства продукции сельского хозяйства, отличающей его от других сфер производства, является сильная зависимость от климатических факторов. По данным В.И. Каргина, И.Ф. Каргина, Н.А. Перова (2009) потери, которые наносятся народному хозяйству от неблагоприятных погодных условий, составляют около 65 %.

По данным П.Т. Смолякова (1947) годовое количество часов солнечного сияния в Казани равно – 1943. С апреля по август месяц солнечное сияние составляет не менее 55%. Сумма поглощенного солнечного тепла на каждый см^2 за год составляет около 70 ккал. На каждый гектар посева за период вегетации поздних яровых культур в условиях республики приходится около 2,93 млрд. ккал фотосинтетически активной радиации солнца – ФАР, из них в мае поступает – 0,66, июне – 0,71, за август и сентябрь – 0,89 млрд. ккал (М.К. Каюмов, 1993).

Средняя годовая температура воздуха в зависимости от широты, абсолютной высоты местности и облачности изменяется от 2,0 до 3,5 $^{\circ}\text{C}$. Самый теплый месяц в году с температурой 18-20 $^{\circ}\text{C}$ – июль, а самый

холодный со средней температурой 13-14 ° ниже нуля – январь. отрицательная температура воздуха зимой опускается до -52 °, а летом прогревается до 38 °С. В первой декаде сентября обычно начинаются осенние заморозки, а весенние – заканчиваются в конце мая. От 111 до 146 дней длится безморозный период. В среднем за год абсолютная влажность воздуха составляет 7,2 мб, летом она поднимается до 14 -15 мб, а зимой часто не превышает и 2 мб. Летом относительная влажность воздуха составляет 60-70, а зимой – 80-85 %.

За год в зависимости от местных условий и рельефа количество осадков изменяется от 360 до 510 мм. В период вегетации растений выпадает 65-75 % годовой суммы осадков, максимальное её количество приходится на июль (51-65 мм), а минимум на февраль (21-27). Преобладающие ветра в республике юго-западные и южные, но в весенне-летний период возрастает повторяемость северных ветров.

В среднем 29 октября начинается зима с перехода средней суточной температуры через 0 °С. В среднем 17 ноября устанавливается устойчивая зимняя погода с переходом средней суточной температуры через - 5 °С, которая длится около 5 месяцев, снежный покров лежит 159 дней. За зиму в среднем выпадает 120-140 мм осадков, при мощности снежного покрова до 37 см. Средняя плотность снега 0,26-0,32, а содержание воды к началу таяния весной составляет 10,7 мм. Промерзание почвы происходит с понижением температуры в ноябре от 26 см до 60-80 см в январе и 60-110 см – в феврале. Средняя суточная температура переходит через 0 °С с 5 по 10 апреля. Высота снежного порыва в первой декаде апреля уменьшается до 25-35 см, к 12 – 15 апреля большая часть территории освобождается от снега. К концу второй декады на всей территории Татарстана снег почти сходит со всей территории.

Весной количество выпавших осадков возрастает. Почва становится готовой для обработки в начале третьей декады апреля, иногда позднее и работы начинаются 10-15 мая. В конце мая – начале июня устанавливается

теплая летняя погода со среднесуточными температурами воздуха выше 15 °С. В середине сентября наступает конец лета, иногда начинаются заморозки, а среднесуточная температура воздуха переходит через 10 °С.

Отличительной особенностью климата Республики Татарстан является частая повторяемость засух. Установлено, что из 80 лет (с 1884 г. по 1963 г.) на территории республики оказались засушливыми 26-28 лет (32-35 %) (Н.А. Колобов, 1980).

Данные метеостанции Казань – Опорная были использованы для характеристики метеорологических условий в годы проведения исследований (рисунок 1, 2, 3, приложение 1).

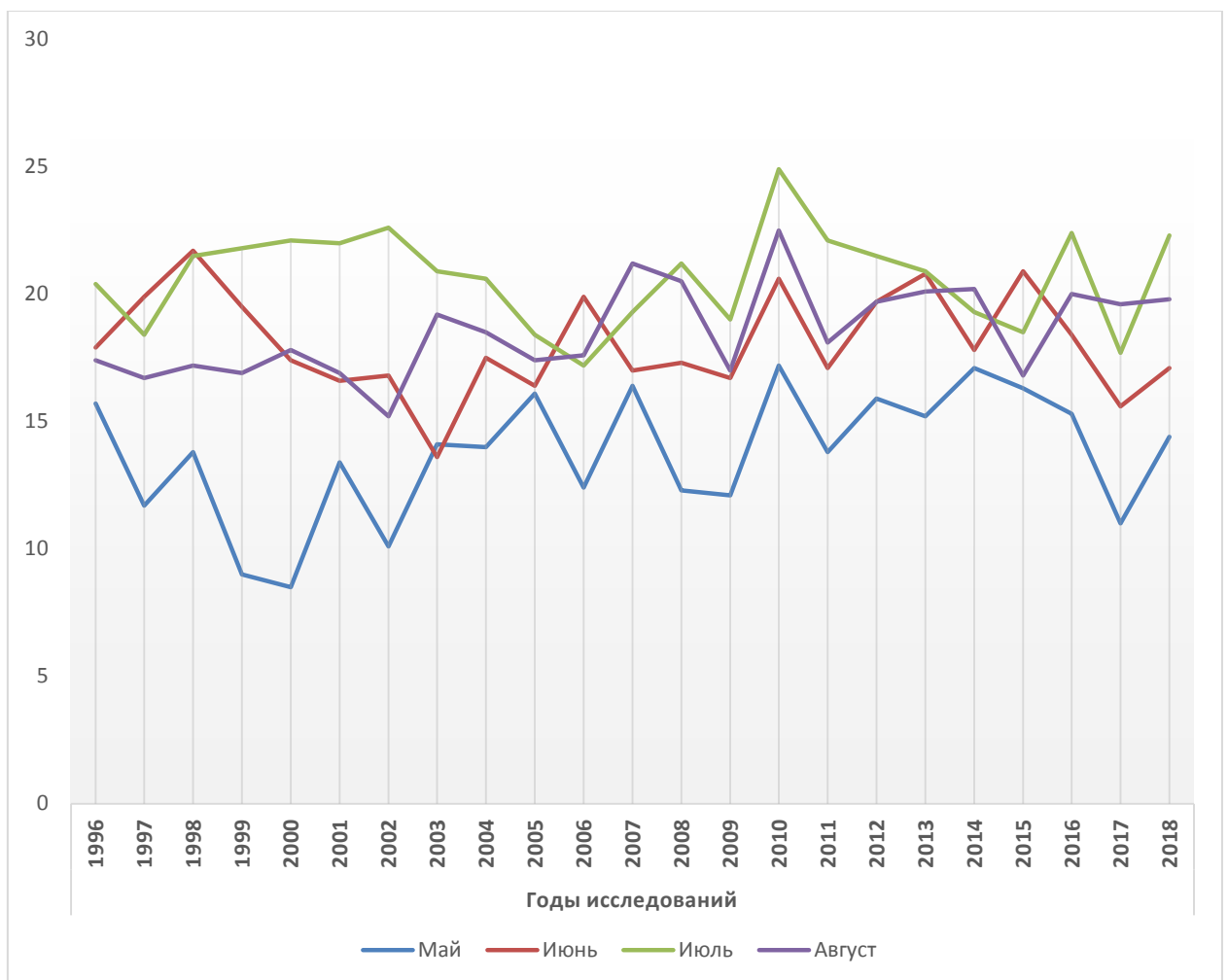


Рисунок 1. – Среднесуточная температура воздуха, °С.

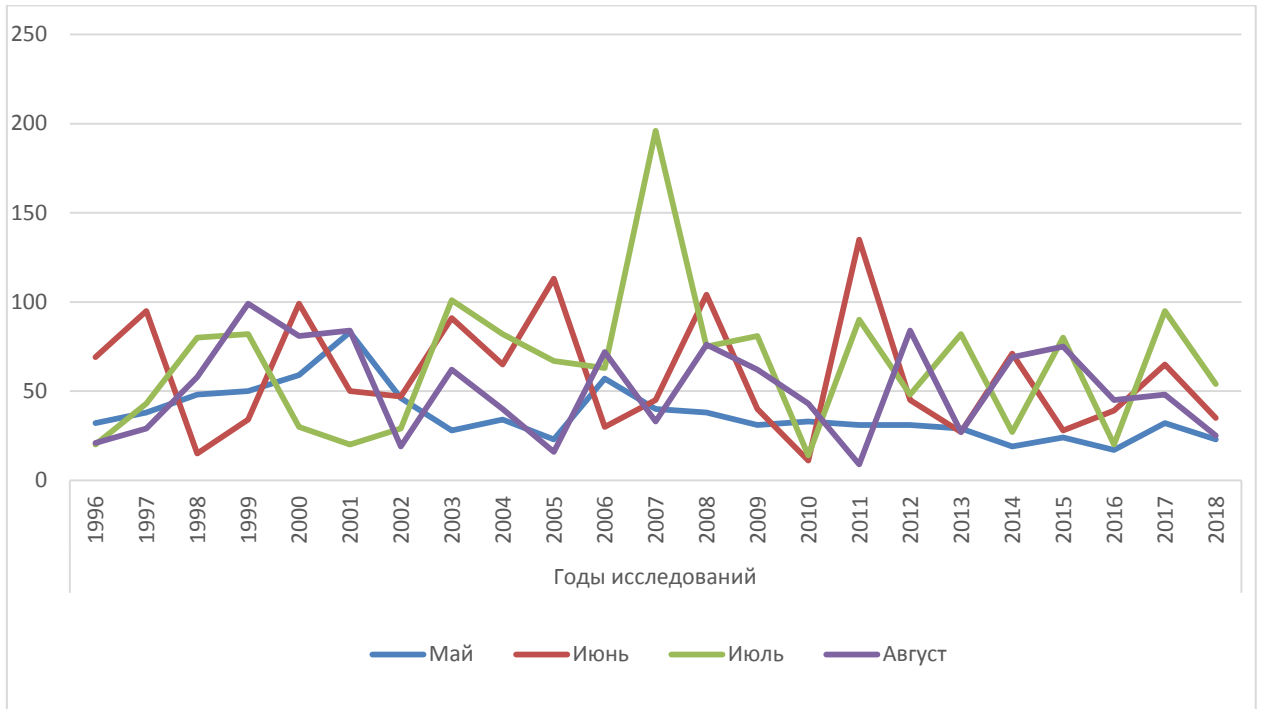


Рисунок 2. - Среднемесячное количество осадков, мм

Климатические изменения в Республике Татарстан, такие как увеличение среднесуточных температур с одновременным снижением суммы осадков приводят к уменьшению ГТК и, как следствие, к увеличению засушливости климата.

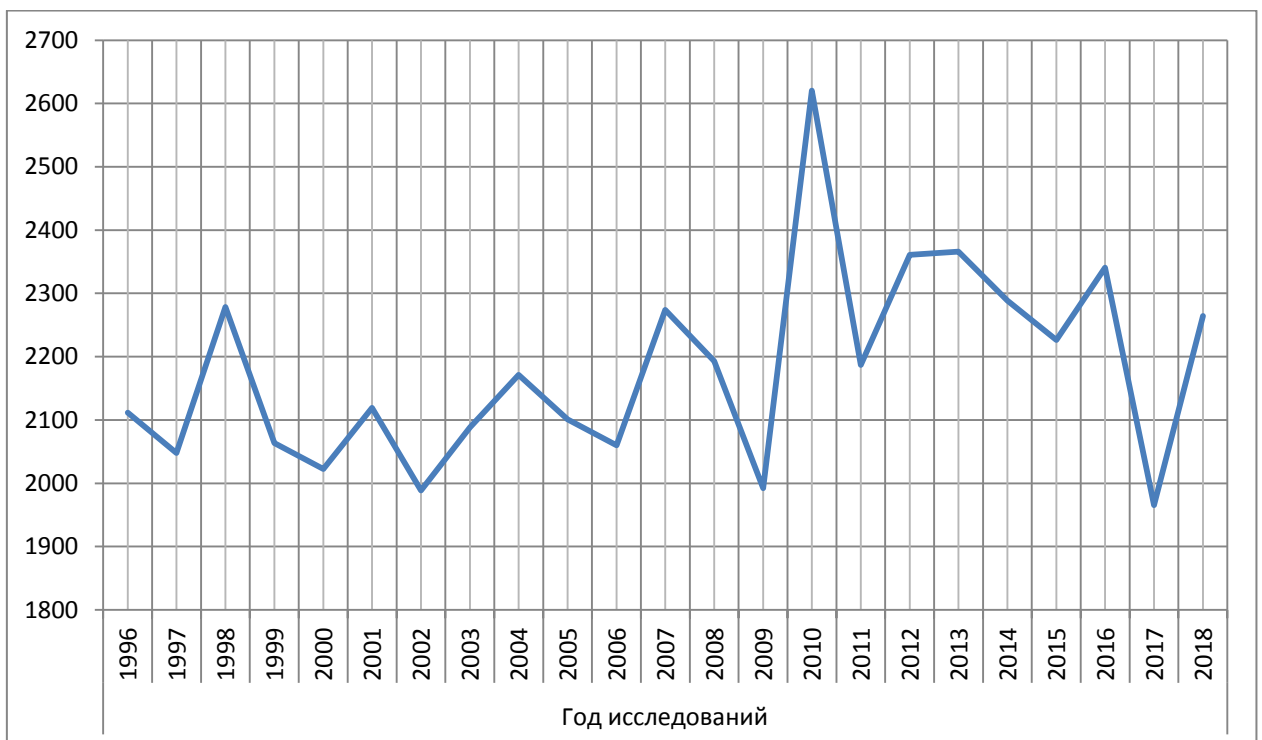


Рисунок – 3. Сумма активных температур за вегетацию, °C.

Отмечается несколько типов увлажнения периода вегетации, которые классифицируют исходя от величины ГТК.

В годы проведения опытов метеорологические условия складывались по разному: 2000, 2003, 2007 и 2008 гг. были избыточно увлажненными (ГТК –1,32-1,37), 1999, 2001, 2004, 2005, 2006, 2009, 2011 и 2017 гг. - нормально увлажненными (ГТК колебался от 1,01 до 1,27), 1997, 1998, 2002, 2012, 2013, 2014, 2015 годы характеризовались как недостаточно увлажненные (ГТК колебался от 0,97 до 0,7), 1996, 2016, 2018 гг. были засушливыми (ГТК – 0,64-0,51). Из-за сухой и жаркой погоды сложились неблагоприятные условия для роста и развития культурных растений в 2010 г. (ГТК – 0,38) – его можно признать острозасушливым годом (рис. 4).

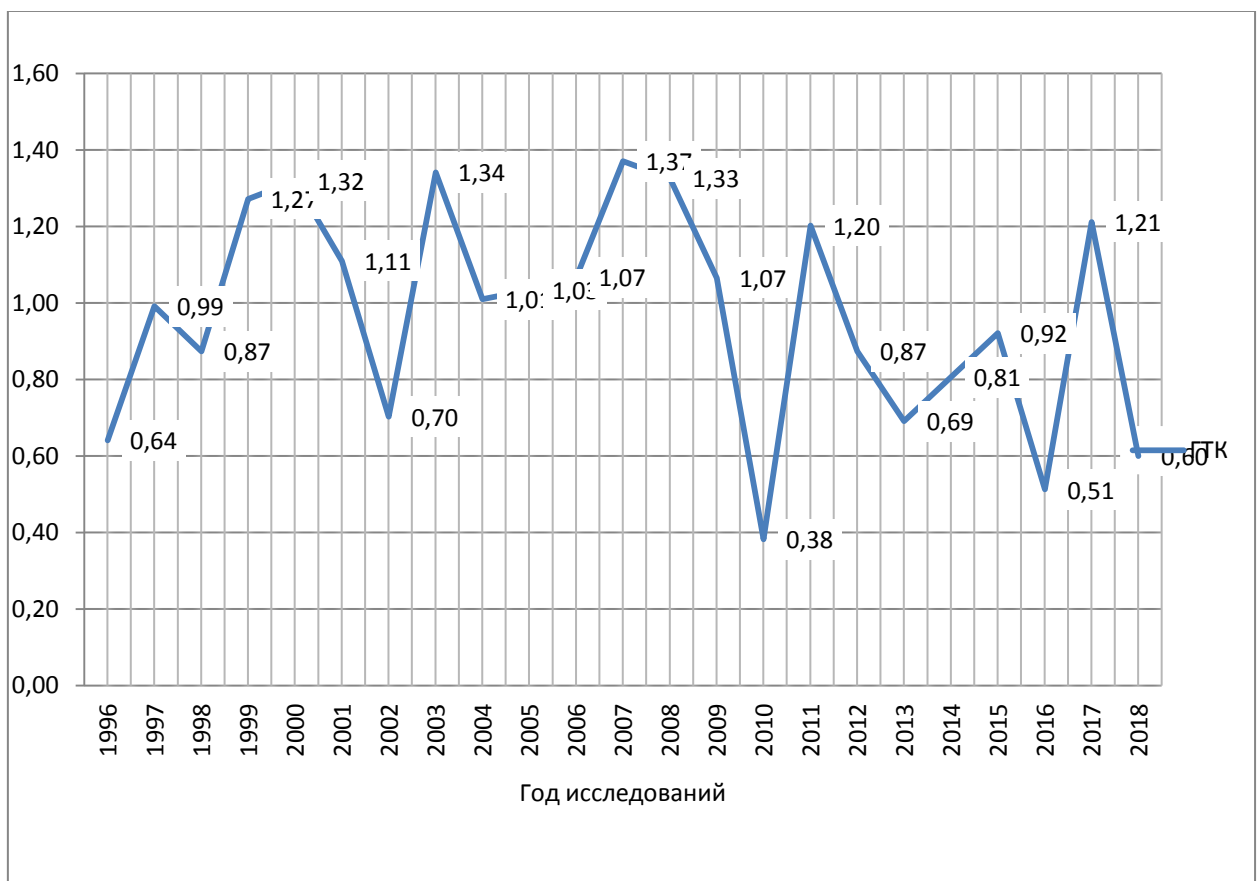


Рисунок 4. – Гидротермический коэффициент в годы исследований.

Следовательно, относительно худшими по количеству осадков, их распределению во времени и температурному режиму в период проведения

исследований оказался 2010 г., а 1997, 1999, 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2008, 2017 годы были более благоприятными для роста и развития культур.

2.2. Почвенный покров Республики Татарстан

Здесь, как и в других районах лесостепной зоны почвенный покров республики неоднороден, в которых распространены подзолистые, лесостепные и черноземные почвы.

По данным ОАО «Республиканский кадастровый центр «Земля» (1.01. 2008 г.) из общего количества земель (6783,7 тыс. га) сельскохозяйственные угодья занимают 4542,6 тыс. га. На долю пашни приходится 3443,8 тыс. га, сенокосов – 132,1, пастбищ – 927,5 и многолетних насаждений – 38,5 тыс. га. Черноземы занимают 1731,2 тыс. га (37,3 %), серые лесные – 1617,8 тыс. га (34,7 %), дерново-подзолистые – 291,1 тыс. га (6,3 %), на коричнево-серые, дерново-карбонатные, пойменные и другие приходится 902,5 тыс. га или 21,7 % (С.Ш. Нуриев, А.А. Лукманов, К.М. Хуснутдинов, И.Н. Салимзянова, 2009).

В Республике Татарстан более 70 % площадей сельхозугодий расположены на склонах различной крутизны: в т.ч. пашни на склонах крутизной до 1⁰ – 42,4 %, от 1 до 3⁰ – 52,0% и от 3 до 5⁰ – 5,6 процентов.

По данным ФГУ «ЦАС «Татарский» средневзвешенное содержание гумуса за 15 лет снизилось на 0,2 %, подвижного фосфора – на 7,5 мг/кг, обменного калия – на 2,4 мг/кг почвы. Площади пашни с низким и очень низким содержанием гумуса за этот период уменьшились на 1264,1 тыс. га, с повышенным и высоким содержанием гумуса, напротив, увеличились с 388,1 до 864,1 тыс. га, а с высоким увеличились с 249,4 до 622,1 тыс. га (П.Д. Попов, 1997; Ш.А. Алиев, В.З. Шакиров, 2000).

По содержанию гумуса наиболее контрастная картина наблюдается в различных почвенно-климатических зонах республики: в Предкамье колеблется от 1,6 до 2,6 %, Закамье – от 4,5 до 8,0 %, в Предволжье – от 3,5 до 6,2 %, при среднем значении – 5,1 %.

Для достижения положительного баланса гумуса на почвах республики необходима ежегодная распашка и посев многолетних трав на площади 200 тыс. га, запашка сидератов и соломы – на площади 745 тыс. га, внесение навоза – на площади 7,3 тыс. га.

В среднем содержание подвижного фосфора составляет 134,4 мг/кг почвы. Пашня с низким и очень низким содержанием подвижного фосфора составляет 141,4 тыс. га (4,2 %), средним – 31,5 % (1027,9 тыс. га), высоким и очень высоким – 1035,0 тыс. га или 31,4 процента.

Среднее содержание обменного калия составляет 135,4 мг/кг почвы, с низким и очень низким содержанием 111 тыс. га (3,3 %), средним и повышенным - 610,2 тыс. га (18,6 %) и 1182,4 тыс. га (36,1 %) соответственно, высоким и очень высоким - 1383,2 тыс. га (42 %).

Площади кислых почв в республике занимают 1449,6 тыс. га (44,2 %), в том числе слабокислые 1179,2 тыс. га (35,9 %), среднекислые – 236,8 тыс. га (7,8 %), сильнокислые – 33,4 тыс. га (1,0 %).

Почвы республики характеризуются средней степенью обеспеченности молибденом, марганцем, бором, кобальтом и цинком, медью - высокой.

В Республике Татарстан преобладающим типом почв являются черноземы, которые в основном сосредоточены в Закамье и Предволжье со средневзвешенным содержанием гумуса - 4,5-5,0 %, рН (солевой вытяжки) - 5,5-6,0, степенью насыщенности основаниями - 91-97 процентов. Они богаты перегноем, больше насыщены основаниями, чем серые лесные и дерново-подзолистые почвы.

В верхнем горизонте дерново-подзолистых почв гумуса, по данным (Винокурова М.А. и др., 1962), содержится около 2,5 %, а в подзолистом

горизонте он уменьшается до 2-4 раз. У этих почв степень насыщенности основаниями составляет 75-80%, рН (солевой вытяжки) – 5-5,4, содержит молибдена около 0,05-0,15 мг на 1 кг почвы, бора - 0,30 мг, марганца - 50-70 мг/кг почвы. Они бедны питательными элементами (гумусом, азотом, фосфором), бесструктурны, легко заплывают и подвергаются эрозии.

Серые лесные почвы по содержанию перегноя и степени развития дернового процесса подразделяются на светло-серые, серые, темно-серые. Мощность пахотного горизонта достигает 26-32 см, а содержание гумуса – 3,6-5,7 %, насыщенность основаниями – 85-95 процентов, рН солевой вытяжки – 5,2-6,1. Плотность сложения (равновесная) пахотного слоя составляет 1,35-1,45 г/см³, твердость почвы – 2,56-2,65 г/см³, максимальная гигроскопичность – 2,4 -3,4 % от воздушно-сухой почвы.

Светло-серые лесные почвы большей частью тяжелосуглинистые и среднесуглинистые и распространены преимущественно в Предкамье и Высоком Предволжье. Содержание гумуса в среднем составляет 2,5-3,5 %, сумма поглощенных оснований – 15-23 мг/экв. на 100 г почвы, реакция почвенного раствора (солевая) – 5,1-5,5. По физико-химическим свойствам они близки к дерново-подзолистым почвам.

В Республике Татарстан более 660 тыс. га пашни является эрозионно-опасными, что составляет более 59 % от всех пахотных земель, а максимально повреждено эрозии до 70-75 % в Предкамской зоне, где средняя густота оврагов составляет 0,36 км/км². Овражной эрозией максимально повреждено в Предволжье, где густота оврагов в 1,5 раза выше средне-республиканской (0,38 км/км²). В среднем за год с территории РТ в результате этих процессов размывается и перемещается около 2 млн. м³ грунта (Бутаков, Мозжерин и др., 1995).

Полевые опыты были заложены в Предкамской зоне, где преобладают серые лесные почвы (62,9 %), а в целом их доля по республике составляет 39% от всей площади сельскохозяйственных угодий. Мощность перегнойного

горизонта у серых лесных почв достигает – 26-32 см, а содержание гумуса – 3,6-5,7 %, насыщенность основаниями (85-95 %) и меньшую кислотность: рН солевой вытяжки обычно составляет – 5,2-6,1, водной – 6,1-6,6. Почва вскипает на глубине – 75-100 см. Равновесная плотность сложения серых лесных почв составляет 1,35-1,45 г/см³, плотность твердой фазы равняется – 2,56-2,65 г/см³. Максимальная гигроскопичность возрастает с глубины от 2,4 до 3,4 в пахотных горизонтах и до – 5-10 % от веса воздушно сухой почвы на глубине 1 метра. Наименьшая влагоемкость пахотного слоя колеблется в пределах – 28,2-30,5 %, уменьшаясь до 21-23 % к весу абсолютно сухой почвы на глубине 1 м.

2.3. Характеристика опытных участков и схемы опытов

В результате проведения исследований был проведен ряд экспериментальных работ на стационаре опытного поля кафедры общего земледелия (КГСХА), ныне «Казанский государственный аграрный университет» в 1996-2018 гг.

Агрохимические показатели почвы перед закладкой полевых опытов приведены в таблице 1, где было проведено подробное обследование почв и описание их профиля.

Почва опытных участков серая лесная, по механическому составу среднесуглинистая, что подтверждается описанием профиля почвы и её анализом.

Ап – 0-24 см. Почва серая, в увлажненном состоянии пылеватая со слабой присыпкой кремнезема, часто переплетена корнями растений. Среднесуглинистый, переход резкий. Перед закладкой опыта почва содержала гумуса по Тюрину 3,7 %, поглощенных оснований 20,8 мг/100 г, рН солевая 5,7, гидролитическая кислотность 5,07, P₂O₅ и K₂O по Кирсанову соответственно 25,4 и 10,2 мг на 100 г почвы.

Таблица 1 - Агрохимические показатели серой лесной почвы

Горизонты и мощность, см	Гумус, % (по Тюри-ну)	Сумма поглощенных оснований, мг/экв	Степень насыщенности основаниями, %	Гидролитическая кислотность, мг/экв	рН солевой вытяжки
Ап 0-24	3,59	20,8	86,3	5,07	5,70
В 26-36	2,77	19,5	89,8	2,39	6,30
В ₁ 36-60	0,66	15,0	83,8	2,89	5,00
В ₂ 60-87	0,49	19,0	81,9	2,78	4,00
В ₂ С 87-100	0,52	20,5	80,2	2,42	4,30
С 100-135	0,35	12,0	78,2	2,48	4,40

АВ – 26-36 см. Светло-серый, слабо-гумусированный, суглинистый со слабой кремнеземистой присыпкой. Комковато-ореховый, не вскипает, переход постепенный.

В₁ – 36-60 см. Коричневый, суглинистый с включением подзолистых пятен. Комковато-пылеватый. Не вскипает, переход заметен.

В₂ – 60-87 см. Желтовато-коричневый. Суглинистый со слабой кремнеземистой присыпкой. Комковато-ореховатый, не вскипает, переход постепенный.

В₂С – 87-100 см. Коричневый, суглинистый, уплотнен, призмовато-комковатой структуры. По ходам корней затеки гумуса, не вскипает, переход заметен.

С – 100-135 см. Желто-бурый суглинок, бесструктурная, вскипает с глубины 120 см.

Вывод – почва серая лесная, среднесуглинистая. Рельеф опытных участков ровный.

Результаты определения водно-физических свойства и плотности сложения почвы перед закладкой опытов представлены в таблицах 2-3.

Таблица 2 - Водно-физические свойства почвы опытного участка

Мощность слоя, см	Плотность сложения почвы, г/см ³	Максимальная гигроскопичность, %	Влажность завядания, %	Недоступная влага, мм
0-10	1,33	4,9	7,4	8,7
10-20	1,35	4,9	7,4	8,7
20-30	1,37	5,6	8,4	10,3
30-40	1,55	6,7	10,1	13,9
40-60	1,56	8,5	12,8	35,5
60-80	1,59	6,4	9,6	27,3
80-100	1,61	5,7	8,6	24,6

Таблица 3 - Плотность сложения почвы, г/см³ (разрез-2)

Плотность сложения почвы	Слой почвы, см						
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-60	60-80	80-100
	1,04	1,34	1,35	1,56	1,50	1,49	1,50

Первая экспериментальная работа проведена в 1994-2002 годах (рисунок 5, 6). Полевой опыт был заложен в двух закладках, в четырехкратной повторности с рендомизированным размещением вариантов. Учетная площадь делянок 70 (7x10) м².

Схема полевого опыта:

Фактор А. Севооборот:

1. чистый пар
2. озимая рожь
3. яровая пшеница (с подсевом многолетних трав)
- 4-6. многолетние травы (3 летнего пользования)
7. яровая пшеница
8. овес.

Фактор В. Фоны питания:

1 – контроль - NPK (расчетно)

2 – навоз

3 – солома

4 – сидераты

5 – солома + сидераты

Агротехника вариантов:

1. Контроль – NPK расчетно (условное обозначение – «NPK расчетно») – внесение расчетных доз минеральных удобрений на запланированные урожаи: озимой ржи на 4,0 т/га (N₉₉ P₁₁₄ K₈₂), яровой пшеницы на 3,0 т/га (N₆₅ P₆₉ K₃₄), многолетние травы 3-х летнего пользования – (N₃₀ P₃₀ K₃₀ – в период ранневесенней подкормки), яровой пшеницы на 3,0 т/га (N₅₃ P₅₈ K₂₇), овса на 3,0 т/га (N₈₅ P₉₅ K₅₄) (приложение 1-4).

2. Внесение 40 т/га навоза в чистом пару РОУ-5 с заделкой дисковыми боронами БДТ-3 на глубину 8-10 см (условное обозначение – «навоз»).

3. Заделка измельченной соломы после уборки озимой ржи (4-5 т/га), яровой пшеницы – 3-4 т/га на 8-10 см БДТ-3 с добавлением компенсирующей дозы азота (10 кг д.в. на 1 т соломы) (условное обозначение – «солома»).

4. Посев сидератов – после уборки озимой ржи двукратное дискование вдоль и поперек орудием БДТ-3. Прикатывание (до и после посева ярового рапса) катками марки ЗККШ-6. Посев ярового рапса на зеленое удобрение (сорт «Ханна», норма высева 18 кг/га), сеялкой СЗТ-3,6 на глубину 1-2 см. Во второй половине октября заделали зеленую массу (35-40 ц/га) тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3 на 8-10 см, (условное обозначение – «сидераты»).

5. Солома + сидераты – заделка измельченной соломы озимой ржи и яровой пшеницы в почву дисковыми боронами (БДТ-3) на 8-10 см, прикатывание с последующим посевом и заделкой сидерата (условное обозначение – «солома + сидераты»).



Рисунок 5. – Приемка опытов.



Рисунок 6. – Вид стационарного опыта

Для расчета доз минеральных удобрений использовали коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений, представленные в таблице 4.

Перед посевом культур в севообороте учитывались данные внесения органических удобрений и растительной биомассы с последующим переводом содержания в них NPK для расчета доз минеральных удобрений.

Таблица 4 - Коэффициенты использования элементов питания из почвы и удобрений, % (исходные для расчета)

Использование	Азота	Фосфора	Калия
Из почвы	25	5-10	13-15
Из удобрений	60	20	60

После озимой ржи с пожнивными и корневыми остатками в почву поступило 1,73 т/га сухой биомассы или $N_{7,8}P_{4,0}K_{1,3}$ кг д.в., с измельченной соломой – $N_{12,5}P_{6,3}K_{2,1}$ кг д.в./га (2,45 т/га), пожновым сидератом – $N_{13,6}P_{2,3}K_{16,2}$ кг д.в./га (3,5 т зеленой массы с 1 га).

Агротехника возделывания зерновых культур. Исследования проведены по общепринятой технологии возделывания зерновых культур в данной зоне. Весной – закрытие влаги боронами БЗТС-1,0 в два следа и предпосевная культивация с одновременным боронованием на 5-6 см. Посев - сеялкой СЗТ-3,6 на глубину 4-5 см: озимой ржи - семенами первого класса, сорта «Эстафета Татарстана», яровой пшеницы – семенами первого класса, сорта «Люба», овса – «Скакун», с нормой высева соответственно – 5,0; 5,5 и 5,0 млн. шт./га. Все посеы прикатывали катками ЗККШ-6. Уборку проводили в конце фазы восковой спелости. Урожайность зерна учитывали поделяночно, сплошным обмолотом специальным зерноуборочным комбайном САМПО-500. Зерно с каждой делянки взвешивали в поле, приводили к 100 % чистоте и 14 % влажности.

Агротехника возделывания многолетних трав. Подсев многолетних трав (бобово-злаковая смесь) проводили под покров яровой пшеницы сеялкой СЗТ-3,6 с нормой высева 24 кг/га. Соотношение всхожих семян клевера красного (сорт ВИК 7) составило – 15 %, люцерны посевной (сорт Казанская 64) – 35 %, костреца безостого (сорт Маршанский 760) – 25 %, тимофеевка луговая (сорт Казанская) – 25 %.

За многолетними травами 1 года пользования проводился следующий уход: ранневесенняя подкормка (азофоска – 30 кг д.в./га) и боронование. После первого укоса (в первой декаде июля) подкормка (азофоска – 30 кг д.в./га) и боронование, после второго укоса (во второй декаде августа) – боронование.

В посевах многолетних трав 2 года пользования проводили ранневесеннюю подкормку азофоской – 30 кг д.в./га и боронование. После первого укоса (в первой декаде июля) в подкормку вносили азофоску – 30 кг д.в./га и проводили боронование, после второго укоса (во второй декаде августа) – боронование.

До укоса за многолетними травами 3 года пользования проводили ранневесеннюю подкормку (азофоска – 30 кг д.в./га) и боронование. После первого укоса (в первой декаде июля) подкормку проводили азофоской – 30 кг д.в./га и боронование, после второго укоса (во второй декаде августа) – боронование в 1 след тяжелыми зубowymi боронами. Второй укос производился 10-12 августа, после этого был обработан тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3 на глубину 8-10 см по диагонали двукратно и запахан культурным плугом (отвальный плуг с предплужником ПН-4-35) на глубину 24-26 см.

Вторая экспериментальная работа выполнена в 1994-2002 гг. Содержание гумуса, основных элементов питания, учетная площадь и расположение делянок в опыте аналогичны, как и в первом опыте.

Для достижения поставленной цели исследования проводились в севообороте. Фактор А - Чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – однолетние травы – озимая рожь – горох – яровая пшеница – овес по следующим фонам питания. Фактор В - 1. Контроль – NPK расчетно (без биологических факторов); 2. NPK + солома + сидерат.

Агротехника вариантов:

1. NPK расчетно – внесение расчетных доз минеральных удобрений на запланированные урожаи: озимой ржи на 4,0 т/га (N₉₉ P₁₁₄ K₈₂), яровой пшеницы на 3,0 т/га (N₆₅ P₆₉ K₃₄), многолетние травы 3-х летнего пользования – (N₃₀ P₃₀ K₃₀ – в период ранневесенней подкормки), яровой пшеницы на 3,0 т/га (N₅₃ P₅₈ K₂₇), овса на 3,0 т/га (N₈₅ P₉₅ K₅₄) (условное обозначение – «NPK расчетно») (приложение 1-4).

2. Заделка измельченной соломы и сидерата дисковыми боронами (БДТ-3) (условное обозначение – «солома + сидераты») на 8-10 см.

Третья экспериментальная работа проведена в те же годы для оценки продуктивности различных севооборотов. Достижение поставленной цели исследования проводилось в двух севооборотах.

Фактор А – 1 – севооборот: Чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – однолетние травы – озимая рожь – горох – яровая пшеница – овес; 2 – севооборот: Чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – многолетние травы 3-х летнего использования – яровая пшеница – овес по следующим фонам питания. Фактор В - 1. NPK расчетно (без биологических факторов) (условное обозначение – «NPK расчетно»); 2. Солома + сидерат (условное обозначение – «солома + сидерат»).

Четвертая экспериментальная работа выполнена в 2002-2010 гг. на среднесуглинистой почве (сумма частиц меньше 0,01 мм в пахотном слое равна 32,5 %).

Мощность пахотного слоя составляет 24-26 см и основные показатели пахотного горизонта следующие: содержание легкогидролизуемого азота в

пахотном горизонте (по Тюрину - Кононовой) – 132 мг на кг; подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову) - соответственно 162 и 193 мг на кг почвы; рН солевой вытяжки – 5,6; гидролитическая кислотность – 3,71 мг/экв; сумма поглощенных оснований – 26,73 мг/экв; насыщенность основаниями – 86,4 %. Содержание гумуса (по Тюрину) – 3,59 %. Перед закладкой опыта на участке преобладали малолетние двудольные сорняки от слабой до средней степени распространения (по шкале, предложенной ТСХА).

Поставленная цель исследования достигалась экспериментами проводимыми в севообороте: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – однолетние травы – озимая рожь – горох – яровая пшеница – овес. 1. Фактор А – Контроль – NPK расчетно (без биологических факторов) (условное обозначение – «NPK расчетно»); 2. Посев ярового рапса на зеленое удобрение (условное обозначение – «сидераты»). 3. Солома + сидерат (условное обозначение – «солома + сидерат») по следующим вариантам основной обработки почвы. Фактор В – 1. Вспашка (условное обозначение – «вспашка»); 2. Комбинированная система основной обработки – чередование различных способов обработки: под озимую рожь – поверхностная обработка орудием БДТ-3 на глубину 8-10 см; под яровую пшеницу, однолетние травы и овес – безотвальная обработка плугом ПН-4-35 со стойками СибИМЭ на глубину 22-24 см, под горох вспашка плугом ПН-4-35 на глубину – 24-26 см. На всех вариантах опыта перед основной обработкой почвы проводилось лушение стерни орудием БДТ (условное обозначение – «комбинированная»).

Опыт заложен в четырехкратной повторности в двух закладках. Размещение вариантов систематическое. Учетная площадь делянок 70 м². Всего количество вариантов – 4, делянок – 32.

Пятая экспериментальная работа по изучению влияния различных парозанимающих сидератов на продуктивность озимых культур проведена в 2010-2012 гг.

1. Контроль – чистый пар – внесение расчетных доз минеральных удобрений на запланированный урожай озимой пшеницы (30 ц/га).

2. Сидеральный пар (гречиха) – посев гречихи с нормой высева 60 кг/га. на фоне расчетных доз минеральных удобрений на планируемые урожаи, сеялкой СЗТ-3,6 на глубину 3-4 см после двукратной предпосевной культивации КПС-4,0 с последующим прикатыванием, заделка в почву зеленой массы сидерата (265 ц/га) тяжелыми дисковыми боронами на 12-15 см за месяц до посева озимой пшеницы.

3. Сидеральный пар (яровой рапс) – посев ярового рапса с нормой высева 20 кг/га на фоне расчетных доз минеральных удобрений на планируемые урожаи сеялкой СЗТ-3,6 на глубину 1-2 см после предпосевной культивации КПС-4,0 с последующим прикатыванием, заделка в почву зеленой массы сидерата (235 ц/га) тяжелыми дисковыми боронами на 12-15 см за месяц до посева озимой пшеницы.

Агротехника возделывания озимой пшеницы. Предпосевная обработка и меры ухода за посевами общепринятые для Предкамской зоны Республики Татарстан. Посев провели сеялкой СЗ-3,6 на глубину 4-5 см. Высеяли оригинальные семена озимой пшеницы сорта «Скипетр», норма высева 3 млн. шт. всхожих семян на 1 га. После посева провели прикатывание катками ЗКШ-6. Ранневесеннее боронование и подкормка (аммиачная селитра – 30 кг д.в./га).

Фоны биологизации во всех изучаемых опытах закладывались с добавлением минеральных удобрений по расчетным дозам на планируемые урожаи культур в севооборотах.

Учет урожайности проводился прямым комбайнированием, поделяночно. Намолоченное зерно с каждой делянки взвешивалось непосредственно в поле на напольных весах. Биологический урожай с каждой делянки определялся методом взятия снопов и их анализом.

Борьба против вредителей, болезней и сорняков проводилась по порогу вредоносности, путем опрыскивания рекомендованными пестицидами. Агротехника возделывания культур в опыте общепринятая в зоне, за исключением изучаемых вариантов.

2.4. Методика проведения наблюдений, учетов и анализов

1. Фенологические наблюдения за культурами проводили по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.

2. Учет густоты стояния растений на 1 м² путем подсчета на трех постоянных площадках по 0,33 м².

3. Нарастание площади листовой поверхности растений определяли методом высечек, в фазе кущения, цветения и восковой спелости зерна. Расчет листового фотосинтетического потенциала проводили по методике А. А. Ничипоровича и др. (1961).

4. Накопление сырой массы растений и нарастание сухой биомассы определяли по средней пробе (метод пробной площадки), в те же фазы, что площадь листьев. Сухую массу определяли высушиванием проб в сушильном шкафу при температуре 105 °С.

5. Определение влажности почвы проводилось термостатно-весовым методом, перед посевом, в фазе цветения и перед уборкой урожая. Пробы отбирали буром в слоях почвы: 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100 см. Затем их взвешивали и высушивали при температуре 105°С до постоянного веса с последующим охлаждением в эксикаторе. Величину влажности вычисляли по формуле:

$$W = \frac{P}{R} \cdot 100, \quad (2.1)$$

где, W – влажность почвы, %

P – разница в весе сырой навески после высушивания, г

R – масса абсолютно сухой почвы, г

6. Определение щелочно-гидролизуемого азота проводили по Корнфилду, нитратного азота по методу, основанному на измерении нитрат-иона ионоселективным электродом в солевой суспензии 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов. Подвижные формы фосфора и калия определяли в вытяжке по Кирсанову с последующим определением фосфора на фотоэлектрокалориметре, а калия – на пламенном фотометре (Радов, 1978). Содержание общего азота определяли по Къельдалю. Белок в зерне вычисляли у яровой пшеницы путем умножения процента общего азота на коэффициент 5,83 .

7. Определение плотности сложения почвы проводили общепринятыми методами, путем отбора проб буром.

8. Твердость почвы определяли прибором Ю.Ю. Ревякина перед посевом и перед уборкой. Величину твердости подсчитывали по показателям прибора на глубине 5, 10, 15, 20, 25 см.

9. Определение биологической активности почвы осуществляли методом аппликаций по степени разложения льняного полотна.

10. Количество сорных растений подсчитывали в фазе полных всходов и перед уборкой урожая по площадкам $0,33 \text{ м}^2$.

11. Учет пораженности яровой пшеницы корневыми гнилями, ржавчиной, септориозом и мучнистой росой по методикам, рекомендованным ВИЗР, А.Е. Чумаковым (1967) и А.В. Кочман и Т.Е. Изотовой (1979).

12. Определение количественного и видового состава возбудителей корневых гнилей в смешанных почвенных образцах выполняли по методике Всероссийского института сельскохозяйственной микробиологии – перед посевом, в фазе цветения и полного созревания.

13. Структуру урожая определяли по пробным снопам, взятым с постоянных площадок каждой делянки в трех местах по $0,33 \text{ м}^2$. Массу 1000

зерен определяли по ГОСТу – 12042-80, натурной массы по ГОСТу – 10840 (98).

14. Урожайность зерновых культур учитывали путем поделяночного обмолота. Урожай зерна пересчитывали на 14%-ную влажность и 100%-ную чистоту. Содержание азота в зерне определяли по Къельдалю, клейковины – по ГОСТу 13586 1-68.

15. Статистическую обработку урожайных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1985), корреляционно-регрессионный анализ – с помощью программы Statistica ver. 5.5 A for Windows.

16. Энергетическую оценку проводили по «Методике биоэнергетической оценки технологии производства продукции растениеводства» под редакцией Е.И. Базарова и Е.В. Глинки (1983).

17. Расчеты экономической эффективности выполняли по методике ВНИИЭСХ.

3. ВЛИЯНИЕ ЗАДЕЛКИ НАВОЗА, СОЛОМЫ И ПРОМЕЖУТОЧНОГО СИДЕРАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗЕРНОТРАВЯНОГО СЕВООБОРОТА

3.1. Агрофизические параметры почвенного плодородия

По мнению В.И. Савича (2002), физические свойства почвы являются основообразующей частью ее плодородия. Они способствуют прохождению в почве всех физико-химических процессов, развитию корневой системы растений, принимают участие в поглощении питательных элементов. Проведенные исследовательские работы многих ученых доказывают, что длительное использование целинных земель в сельскохозяйственном обороте способствует снижению агрофизических свойств почвы (Медведев В.В., 1988; Добровольский Г.В., 2014).

По данным П.А. Костычева (1951) большое значение на рост и развитие растений оказывает плотность почвы. В связи с этим возникает необходимость изучения агрофизических свойств почвы при ее использовании как средства сельскохозяйственного производства в и поиска новых и современных приемов их оптимизации.

Переуплотнение является одним из наиболее серьезных процессов деградации почв. В результате данного процесса не только снижается урожайность, но и значительно ухудшаются качественные характеристики продукции. Одновременно происходят и негативные изменения в почвенном плодородии (снижение содержания гумуса, активности почвенных микроорганизмов и т.д.). С учетом глобальных изменений в агроклиматических параметрах (в частности, снижением глубины промерзания почвы; увеличением частоты засух, ростом температур и т.д.), а также внедрением ресурсосберегающих агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур с использованием нулевых (No-Till), поверхностных и безотвальных систем обработки почвы с применением

широкозахватных сельскохозяйственных орудий, проблема роста избыточно уплотненных почв приобретает особую актуальность для земледелия России и Республики Татарстан. Негативное влияние переуплотнения на урожайность и качество сельскохозяйственных культур при одновременном росте дополнительных затрат и снижении производительности значительно снижает конкурентоспособность отечественного растениеводства.

3.2 Плотность, структурность и водные свойства почвы

Причинами увеличения деградации почвы из-за уплотнения стали: увеличение веса сельскохозяйственной техники, более интенсивное использование широкозахватных машин; нарушение базовых элементов систем земледелия (отсутствие севооборота, нерациональная система обработки почвы, минимальное использование органических удобрений и т.д.), глобальные изменения климата и т.д.

Почвы Республики Татарстан (РТ) имеют преимущественно тяжелый гранулометрический состав. Глинистые и тяжелосуглинистые разновидности составляют 85,3 %, лишь в северной части РТ распространены небольшие участки песчаных почв. При использовании такие почвы склонны к технологическому переуплотнению и утрате комковато-зернистой структуры, что приводит к ухудшению водных свойств, воздушного и теплового режимов, развитию эрозионных процессов.

Наиболее важным показателем, определяющим агрофизические параметры почвы и ее влияние на продуктивность растений, остается плотность сложения (Д.Р. Монтгомери, 2015, Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2016 году», 2017). Данный параметр имеет существенное практическое значение в силу хорошо отработанных методов его определения, а также важности для оценки структуры почвы. Рост данного показателя указывает на уплотнение почвы, что приводит к увеличению сопротивления пенетрации и оказывает

негативное влияние на рост корней растений и урожайность основных культур (Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2016 году», СОР (Commission of the European Communities), 2017).

Традиционные подходы к снижению уплотненности почвы путем глубокого механического рыхления являются энергозатратными и часто не позволяют решать данную проблему на долгое время (А.Г. Бондарев, 1981). Поэтому основным направлением в решении данной проблемы является разработка приемов профилактики через использование различных агрономических практик (А.Н. Червань, В.Б. Цырибко, А.М. Устинова, 2016). Из-за уплотнения почва не только становится плотнее, но и тверже. В результате для обработки такой почвы увеличиваются требования к тяге трактора и, следовательно, расход топлива, что увеличивает выброс парниковых газов, которые могут способствовать глобальному потеплению (I. Näkansson, R.C. Reeder, 1994). Одним из отрицательных эффектов от уплотнения является более быстрая потеря почвой оптимальной влажности (физической спелости), что приводит к сокращению числа дней для качественной обработки почвы (В.М. Гончаров, Е.В. Фаустова, В.Г. Тымбаев, 2008). В связи с этим, предотвращение уплотнения почвы является наиболее важной мерой для поддержания или улучшения агрофизических параметров почвенного плодородия, что является условием для минимизации обработки почвы и экономии энергии в земледелии (Е.В. Шеин, 2005).

В мировом земледелии разработаны основные принципы как избежать, задержать или предотвратить уплотнение почвы:

- а) снижение давления на грунт либо путем уменьшения нагрузки на ось, и / или увеличения площади контакта колес с почвой;
- б) обработка почвы только при оптимальной влажности;
- в) сокращение количества проходов сельскохозяйственными машинами, а также интенсивности и частоты выпаса скота;

- г) ограничение трафика на определенные районы (контролируемый трафик);
- д) увеличение содержания органического вещества почвы за счет управления растительными остатками и использования сидератов;
- е) использование специальных химических препаратов – структурообразователей почвы;
- ё) севообороты, которые включают чередование культур с разной корневой системой;
- ж) оптимизация процессов управления формированием урожая, в том числе за счет рационального соотношения надземных и подземных частей растения (M.Pagliai, N. Vignozzi, S. Pellegrini, 2004).

Вместе с тем, многие вопросы по диагностике переуплотнения почвы, оценке вредности данного процесса и разработки систем контроля данного процесса деградации почв еще слабо изучены, в том числе и в условиях Среднего Поволжья.

Исследования, проведенные в 1995-2002 гг. показывают, что одним из важнейших факторов, влияющих на изменение плотности сложения почвы, является заделка в почву органических удобрений и биомассы различных растительных остатков (рисунок 7, 8, 9, 10, приложение 2).

Фоны биологизации оказывали положительное влияние на условия роста и развития всех изучаемых культур. Особенно выделялся вариант с совместным использованием соломы и сидерата.

Плотность сложения пахотного слоя почвы на данном варианте в слое почвы 0-10 см находился в пределах – 1,15-1,18 г/см³, тогда как на других вариантах она была выше, особенно на варианте без использования биофакторов – 1,17-1,22. Аналогичная картина складывалась в слое 10-20 см, где варианты с заделкой биомассы растений и навоза были выше (1,18-1,26 г/см³), чем по фону «NPK (расчетно)» 1,21-1,30.

Следовательно, варианты с внесением навоза и растительной биомассы снижали плотность пахотного слоя в течение вегетации растений.



Рисунок 7. – Заделка соломы.



Рисунок 8. – Заделка сидерата.



Рисунок 9. – Пожнивной сидерат (посеян 15.08. 2001 г.)

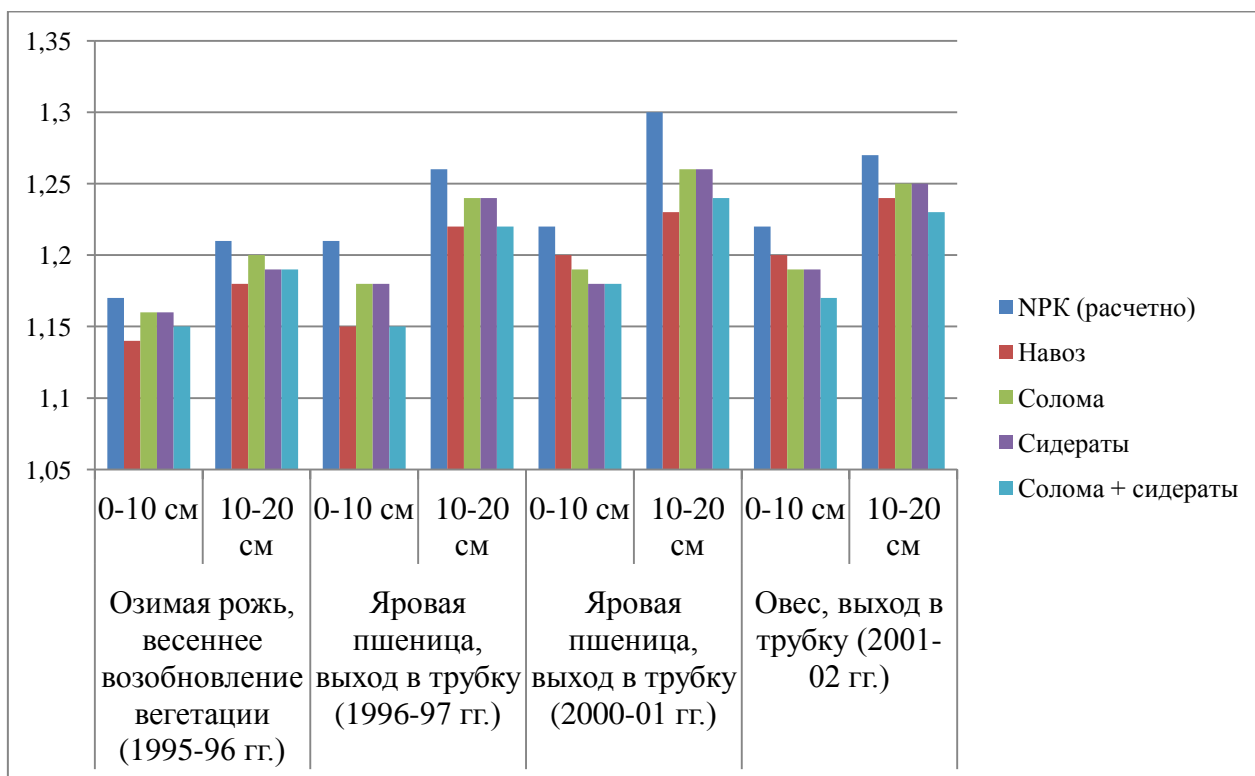


Рисунок 10. – Плотность сложения почвы, г/см³ (за 1995-2002 гг.)

Анализы определения структурности почвы перед посевом культур в звене севооборота показали (рисунок 11, приложение 3), что большее содержание структурных агрегатов во все исследуемые годы отмечалось на вариантах с внесением навоза и совместной заделкой соломы и сидерата 46,7-72,9 %, при 44,3-63,9 % по минеральному фону. Коэффициент структурности с внесением навоза, соломы и сидерата составил 0,87-2,69, при – 0,79-1,77 отмеченной по фону «NPK (расчетно)».

После многолетних трав трехлетнего пользования по фонам с внесением навоза и растительной биомассы растений в пахотном слое почвы больше содержалось агрономически ценных структурных агрегатов – 67,4-73,4 %, при 63,9 – по фону «NPK (расчетно)». Коэффициент структурности с внесением навоза, соломы и сидерата составил 2,08-2,76, при – 1,77 по фону «NPK (расчетно)».

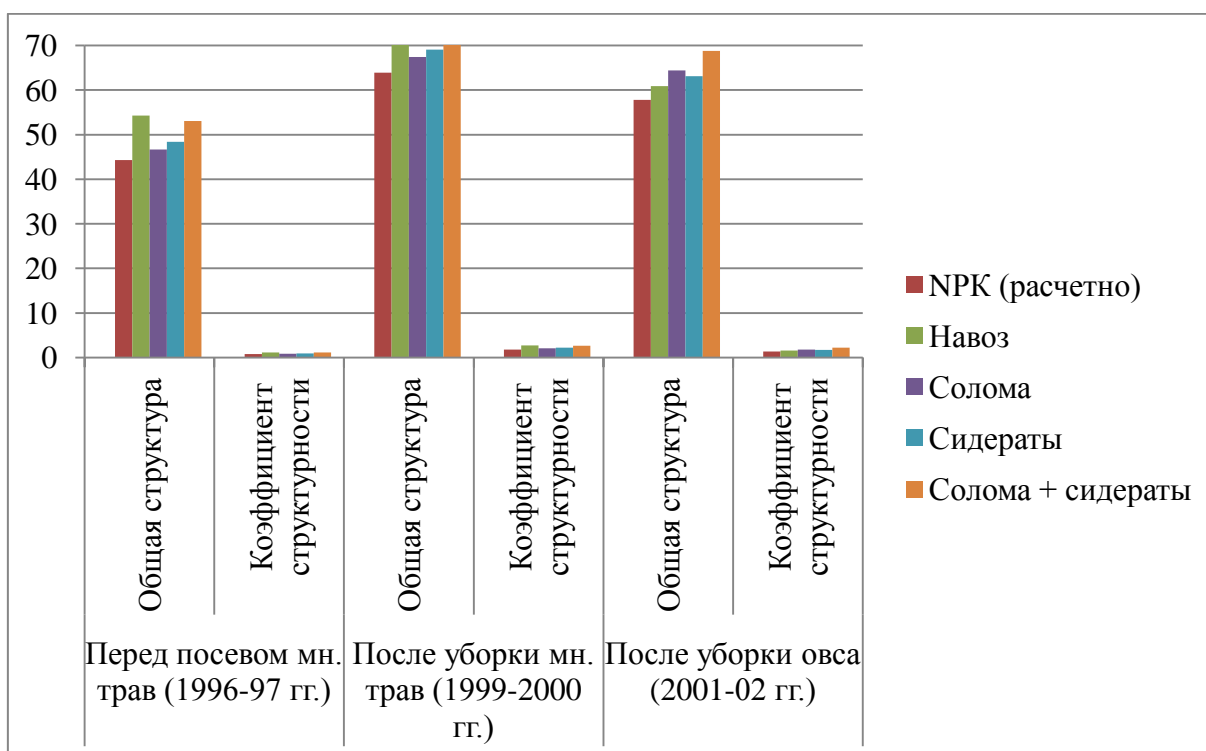


Рисунок 11. – Структурно-агрегатный состав почвы перед посевом, сухое просеивание

Следовательно, внесение навоза, соломы и сидерата существенно улучшает содержание структурных агрегатов в пахотном слое почвы.

Важнейшим фактором, оказывающим определяющее значение на формирование урожая сельскохозяйственных культур в Республике Татарстан, является водный режим почвы. Даже в годы с достаточным количеством выпавших годовых осадков они неравномерно распределяются по фазам развития растений, особенно в весенне-летний период, где часто наблюдаются длительные периоды с высокими температурами при полном отсутствии осадков.

Согласно данным приведенным Р.Я. Янсоном (1970), основное потребление воды на серых лесных почвах в большинстве случаев идет из слоя 0-50 см, при этом большая часть поступает из слоя 0-20 см. «Запасы доступной почвенной влаги находятся в прямой зависимости от плотности сложения почвы и наличия мульчи на ее поверхности отмечал», А.И. Бараев (1976).

Используемые факторы биологизации показали свое более выгодное положение по сравнению с фоном «NPK (расчетно)» по количеству накопленной продуктивной влаги почвы (в фазу выхода растений в трубку) (рисунок 12, приложение 4). Так, совместное использование соломы и сидератов, имело преимущество над остальными вариантами, особенно над фоном «NPK (расчетно)». Превышение этого варианта в зависимости от возделываемой культуры составило 12,7-26,3 мм. В дальнейшем, по мере развития культур на фонах с внесением навоза и растительной биомассы растений сохранялось выраженное преимущество в сохранение продуктивной влаги, перед фоном «NPK (расчетно)». Увеличение содержания продуктивной влаги в почве обуславливается хорошей влагоудерживающей способностью растительных остатков и улучшением водно-физических свойств почвы.

Следовательно, внесение навоза, соломы и сидератов способствовало большему накоплению продуктивной влаги в почве и лучше сохраняло её в течение вегетации растений.

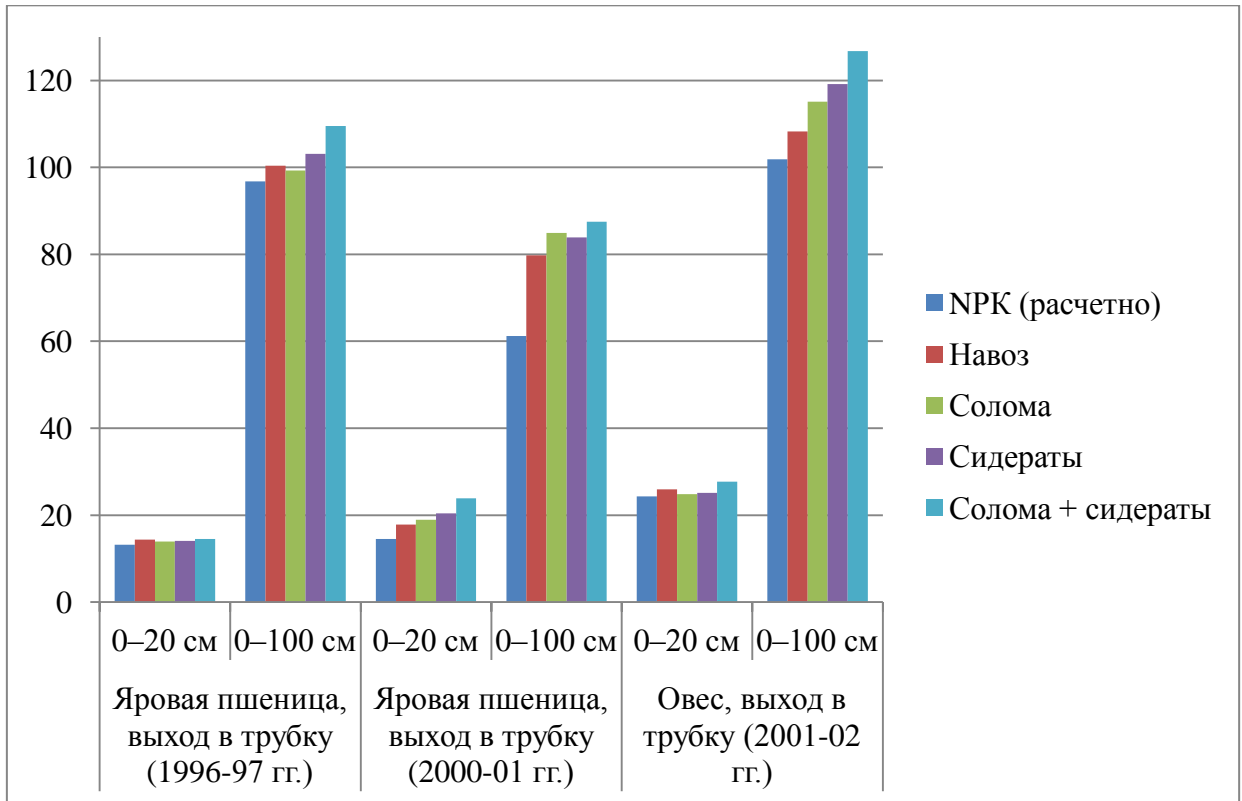


Рисунок 12. – Содержание продуктивной влаги в почве под посевами яровых культур, мм

3.3 Изменение структуры видового состава многолетних трав

В наших опытах по годам использования произошло изменение видового состава многолетних трав.

Если первый год использования многолетние бобовые травы составляли 50,3-54,2 %, на второй год использования – 42,3-46,1, то на третий год они изреживались до 37,6-39,6 % (таблица 5). Тогда как наоборот, многолетние злаковые травы в первый год составляли – 49,7-45,8 %, на второй год – 57,8-53,9% и на третий год увеличились до – 62,4-63,3 %. Таким образом, в смешанных посевах многолетних трав постепенно происходит вытеснение многолетних бобовых трав злаковыми. Наибольшее вытеснение бобовых трав на третий год пользования происходит на фонах питания с внесением соломы и сидерата – 36,7%, против – 54,2% в первый год пользования.

Таблица 5 - Изменение видового состава многолетних трав по годам пользования

Фон питания	Клевер красный		Люцерна посевная		Кострец безостый		Тимофеевка луговая	
	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%	шт./м ²	%
Первый год пользования (1997-1998 гг.)								
НРК (расчетно)	62,0	18,9	103,0	31,4	72,0	21,9	91,0	27,8
Навоз	86,0	20,1	118,0	27,8	95,0	22,4	127,0	29,7
Солома	72,0	19,4	109,0	29,5	85,0	23,1	103,0	28,0
Сидераты	78,0	19,8	119,0	30,1	93,0	23,5	104,0	26,6
Солома + сидераты	89,0	21,3	137,0	32,9	99,0	23,9	91,0	21,9
Второй год пользования (1998-1999 гг.)								
НРК (расчетно)	30,0	9,8	99,0	32,5	103,0	33,9	73,0	23,9
Навоз	48,0	11,9	134,0	33,1	134,0	33,1	88,0	21,9
Солома	31,0	9,1	112,0	32,8	112,0	32,7	87,0	25,4
Сидераты	33,0	8,9	122,0	33,0	124,0	33,5	92,0	24,6
Солома + сидераты	61,0	12,4	165,0	33,7	171,0	34,8	93,0	19,1
Третий год пользования (1999-2000 гг.)								
НРК (расчетно)	13,0	4,5	98,0	33,1	113,0	39,1	68,0	23,3
Навоз	19,0	5,1	127,0	34,5	140,0	37,9	83,0	22,5
Солома	16,0	4,8	109,0	32,7	139,0	41,7	70,0	20,8
Сидераты	20,0	5,7	118,0	32,9	138,0	38,5	83,0	22,9
Солома + сидераты	25,0	5,3	149,0	31,4	187,0	39,4	114,0	23,9

3.4 Питательный режим

Способность почвы обеспечивать растения нужными им питательными веществами в оптимальных соотношениях в большой степени является показателями плодородия почвы, и определяющим фактором формирования урожайности.

Содержание нитратов в почве весной 1995 г. было в достаточном количестве, но продолжительные осадки и низкая температура снизили его количество в период весеннего отрастания озимой ржи по всем вариантам опыта (таблица 6).

В наших опытах во все годы исследования на посевах озимой ржи нитратов было больше в верхнем слое почвы по всем вариантам опыта. К этому периоду больше его образовалось по фонам биологизации, несколько меньше по фону «NPK (расчетно)».

Таблица 6 - Динамика содержания нитратов в пахотном слое почвы под посевами озимой ржи, мг/кг (в среднем за 1995-1996 гг.)

Варианты опыта	Весеннее отрастание		Колошение		Перед уборкой	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
NPK (расчетно)	64,1	51,4	55,3	67,1	40,1	43,1
Навоз	64,8	52,1	57,7	67,3	41,5	44,8
Солома	64,9	52,3	57,0	67,4	41,6	44,9
Сидераты	65,2	52,0	58,4	67,2	41,9	45,7
Солома + сидераты	65,6	53,3	59,6	68,1	43,8	48,1

В создании будущего урожая большое значение приобретает наличие пищи в пахотном слое в период колошения озимой ржи. Под посевами в среднем за годы исследований в эту фазу большее содержание нитратов было на варианте «солома + сидерат», соответственно по слоям 0-10 и 10-20 см: 59,57 и 68,1 мг/кг.

Жаркая сухая погода к концу вегетации, а также значительное использование растениями привели к снижению нитратов по всем вариантам опыта.

Динамика подвижного фосфора (P_2O_5). В среднем за годы исследования в период весеннего отрастания озимой ржи больше содержалось подвижного фосфора на фоне внесения соломы и пожнивного сидерата, в слое 0-10 см 46,7, в слое 10-20 см – 43,1 мг/кг, против 44,1 и 38,1, соответственно, на фоне внесения минеральных удобрений (таблица 7).

Таблица 7 - Динамика подвижного фосфора в пахотном слое почвы под посевами озимой ржи, мг/кг (в среднем за 1995-1996 гг.)

Варианты опыта	Весеннее отрастание		Колошение		Перед уборкой	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
НРК (расчетно)	44,1	38,1	38,7	33,1	23,1	24,3
Навоз	45,9	40,1	39,5	34,0	23,8	24,5
Солома	45,8	40,2	39,6	34,3	23,9	24,8
Сидераты	45,4	40,7	39,4	34,8	23,7	24,9
Солома +сидераты	46,7	43,1	41,5	37,5	24,1	25,9

Калий влияет на процесс фотосинтеза, усиливает отток углеводов из пластинки листа в другие органы. Не являясь компонентом ферментов, калий усиливает действие многих из них. При достаточном обеспечении растений калием увеличивается оводненность коллоидов протоплазмы, растения лучше переносят засуху, повышается качество урожая. Содержание обменного калия в верхних слоях почвы существенно больше, чем в нижних и такая же разница сохраняется от начала до конца вегетации (таблица 8).

В фазе весеннего отрастания растений на фоне совместного внесения соломы и сидерата содержание обменного калия в слое 0-10 см составило 130,1 мг/кг, по навозу и соломе одинаково – 129,4, меньше по фону «НРК (расчетно)» – 128,1 мг/кг. К концу вегетации идет общее уменьшение

обменного калия по вариантам опыта. Перед уборкой урожая содержание калия под посевами озимой ржи было меньше по фону «NPK (расчетно)», больше – по фонам биологизации.

Таблица 8 - Динамика обменного калия в пахотном слое под озимой рожью, мг/кг (в среднем за 1995-1996 гг.)

Варианты опыта	Весеннее отрастание		Колошение		Перед уборкой	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
NPK (расчетно)	128,1	110,1	124,5	124,5	93,5	95,7
Навоз	129,4	111,5	128,0	128,0	93,8	96,0
Солома	129,5	113,3	127,1	127,1	94,0	96,9
Сидераты	129,4	112,5	126,3	126,3	93,9	96,1
Солома +сидераты	130,1	119,5	128,5	128,5	96,5	99,7

Из выше изложенного следует, что содержание элементов питания (NO_3 , P_2O_5 , K_2O) в период весеннего отрастания растений оказалось больше на фонах с внесением соломы и сидерата, чуть ниже – на вариантах их отдельного внесения, чем на фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений.

3.5 Биологические показатели почвенного плодородия

Проведенный учет поступившего в почву количества пожнивных и корневых остатков после уборки многолетних трав показал, что большее его накопление отмечалось на фонах с внесением навоза, соломы и сидерата и составило 10,8-12,1 т/га, при – 10,1 по фону «NPK (расчетно)» (таблица 9). Наибольшее накопление сухих органических веществ отмечалось на фонах с внесением навоза и при совместном внесении соломы и сидерата. Преимущество над минеральным фоном за ротацию севооборота составило 41,8-40,1 т/га.

Таблица 9 - Поступление сухой биомассы растений в почву за ротацию севооборота (1995-2002 гг.), т/га

Фон питания	Озимая рожь	Яровая пшеница	Многолетние травы 3 г.п.	Яровая пшеница	Овес	Всего
НРК (расчетно)	5,6	4,0	10,1	5,5	3,2	28,4
Навоз	15,7	14,2	11,3	18,4	10,7	70,2
Солома	9,6	8,1	10,8	11,2	6,6	46,3
Сидераты	11,1	9,6	11,8	13,8	8,3	54,6
Солома + сидераты	15,0	13,5	12,1	17,3	10,6	68,5
НСР ₀₅	1995 г. - 0,62	1996 г. - 0,54	1999 г. -0,75	2000 г. - 0,95	2001 г. - 0,59	
	1996 г. - 0,88	1997 г. - 0,78	2000 г. - 0,69	2001 г. - 0,81	2002 г. - 0,46	

Изменение в почве содержания гумуса за ротацию севооборота произошло после использования многолетних трав на всех вариантах, на фоне «НРК (расчетно)» она повысилась на 0,02 %, после внесения перепревшего навоза – на 0,12 %. Максимальное увеличение произошло при совместном внесении соломы и сидерата – 0,16 % (таблица 10).

Таблица 10 - Содержание гумуса в почве (1994-2002 гг.), %

Фон питания	Перед закладкой опыта (1994-95 гг.)	После многолетних трав (1999-2000 гг.)	В конце ротации севооборота (2001-2002 гг.)
НРК (расчетно)	3,59	3,61	3,56
Навоз	3,59	3,71	3,67
Солома	3,59	3,65	3,60
Сидераты	3,59	3,69	3,65
Солома + сидераты	3,59	3,75	3,71
НСР ₀₅		1999 г. – 0,04	2001 г. – 0,04
		2000 г. – 0,04	2002 г. – 0,04

В конце ротации севооборота произошло снижение содержания гумуса, на фоне «NPK (расчетно)» на 0,03 % от первоначальных значений. При внесении навоза и растительной биомассы растений гумус увеличился только на 0,01-0,12 %. Максимальное накопление гумуса отмечалось на фоне внесения соломы и сидерата – 0,12 %. Следовательно, внесение расчетных доз минеральных удобрений привело к снижению содержания гумуса, а внесение навоза, соломы и пожнивного сидерата увеличило его содержание.

Коэффициент корреляции между поступлением сухой биомассы растений в почву за ротацию севооборота и содержанием гумуса в почве был следующим $r = 0,951$ (достоверно при $P = 0,05$, $t_{\text{факт}} = 5,314$, $t_{\text{теор}} = 3,18$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 3,64 + 0,003 * x \pm 0,001, \quad (3.1)$$

где: y – содержание гумуса, %;

x – поступление сухой биомассы растений в почву за ротацию севооборота, т/га.

Одним из важнейших показателей плодородия почвы является процесс разложения органического вещества от фонов питания (таблица 11). Более сильное разложение льняной ткани под посевами яровой пшеницы происходило в верхнем 0-10 см слое почвы. Так через 15 дней после закладки льняной ткани на фоне «NPK (расчетно)», она разложилась на 6,53 %, на фонах с внесением навоза и растительной биомассы – на 8,68-9,57 %, в слое 10-20 см – на 5,24 и 7,39-8,46 %. Максимальное разложение льняной ткани произошло после 45 дней: на фоне «NPK (расчетно)» в слое 0-10 см оно составило 36,6 %, в слое 10-20 см – 35,4 %. Внесение навоза и растительной биомассы растений способствовало большему разложению льняной ткани в слое 0-10 см – 39,5-42,6 %, в слое 10-20 см – 37,2-41,1 %. Наиболее интенсивное разложение льняной ткани происходило на фоне с внесением соломы и пожнивного сидерата: в слое 0-10 см до 42,6 %, в слое 10-20 см до 41,1 %, против 36,6 % в слое 0-10 см и 35,4 % - в слое 10-20 см.

Следовательно, внесение навоза, соломы предшественника и соломы и пожнивного сидерата улучшило разложение льняной ткани по сравнению с фоном «NPK (расчетно)», в слое 0-10 см на 2,9-6,0 %, в слое 10-20 см – на 1,8-5,7 %.

Таблица 11 - Разложение льняной ткани в почве под посевами яровой пшеницы, % (в среднем за 1996–1997 гг.)

Фон питания	Через 15 дней		Через 30 дней		Через 45 дней	
	0-10 см	10-20 см	0-10	10-20	0-10	10-20
NPK (расчетно)	6,53	5,24	18,7	16,0	36,6	35,4
Навоз	9,34	8,19	28,8	22,0	41,8	39,4
Солома	8,68	7,39	25,3	19,4	39,5	37,2
Сидераты	9,04	7,84	28,4	21,3	40,7	38,9
Солома + сидераты	9,57	8,46	29,0	22,6	42,6	41,1

3.6 Фитосанитарное состояние посевов

Одним из факторов снижающим продуктивность культурных растений, является засоренность посевов. Влияние фонов питания на засоренность посевов яровой пшеницы представлены в таблице 12.

Использование навоза, соломы и сидератов способствовало повышению засоренности посевов, прежде всего массы сорняков, по сравнению с фоном «NPK (расчетно)», особенно с внесением соломы. Так на посевах яровой пшеницы (1996-1997 гг.) на фонах с внесением соломы содержалось 47 шт. сорняков, воздушно-сухая масса которых составила 20,1 г. В то же время на фоне «NPK (расчетно)» эти показатели составили 43,0 шт./м² и 15,1 г, соответственно. Минимальная засоренность посевов отмечалась на фонах с совместным внесением соломы и сидерата 38 шт./м² и 9,4 г воздушно сухой биомассы. Аналогичная засоренность в посевах отмечалась и на многолетних травах. На посевах яровой пшеницы (2000-2001 гг.) и овса (2001-2002 гг.)

самое низкое количество и биомасса сорных растений выявлена на фонах с заделкой сидерата.

Таблица 12 - Засоренность посевов (в среднем за 1996–2002 гг.)

Фон питания	Яровая пшеница, выход в трубку (1996-1997 гг.)		Многолетние травы 3 г.п. (1999-2000 гг.)		Яровая пшеница, выход в трубку (2000-2001 гг.)		Овес, выход в трубку (2001-2002 гг.)	
	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²
НРК (расчетно)	43	15,1	19	8,8	6	12,8	16	14,7
Навоз	50	13,4	23	10,4	9	12,6	19	17,1
Солома	47	20,1	25	10,7	10	14,1	20	18,1
Сидераты	37	14,3	20	9,3	7	9,9	15	13,5
Солома + сидераты	38	9,4	21	9,7	8	11,8	18	16,2
НСР ₀₅	1996 г. – 2,26		1999 г. – 1,46		2000 г. – 0,54		2001 г. – 1,30	
	1997 г. – 3,28		2000 г. – 1,35		2001 г. – 0,46		2002 г. – 1,00	

Следовательно, отдельное внесение сидерата способствовало общему снижению засоренности посевов и воздушно-сухой массы сорняков.

В целом, полученные результаты показали, что биофакторы, улучшая водно-физические свойства и водный режим почвы, способствовали лучшему развитию сорных растений. Но за счет повышения конкурентной способности культурных растений существенного повышения засоренности в посевах не происходило.

Результаты учета пораженности растений корневыми гнилями (таблица 13) показали, что в фазу выхода в трубку распространение болезни на посевах яровой пшеницы было достаточно высоким и составило в 1996-1997 гг. – 30-38 %, в 2000-2001 гг. – 31-42 % и овса в 2001-2002 гг. – 47-67 %. Развитие корневых гнилей на посевах яровой пшеницы было невысоким 4,9-6,1 % и

6,8-9,4 %, а на посевах овса этот показатель превысил экономический порог вредоносности и составил 10,3-14,8 %. Заделка сидерата как в отдельности, так и в сочетании с соломой, позволила не значительно снизить развитие корневых гнилей до 4,9,7,0 и 10,3 %, против 5,1, 9,4 и 11,5 % на фоне «NPK (расчетно)».

Таблица 13 - Пораженность посевов яровой пшеницы и овса корневыми гнилями в фазе выхода в трубку, %

Фон питания	Яровая пшеница (1996-97 гг.)		Яровая пшеница, (2000-01 гг.)		Овес (2001-02 гг.)	
	P	R	P	R	P	R
NPK (расчетно)	31	5,1	42	9,4	53	11,5
Навоз	38	6,1	31	6,8	62	13,6
Солома	37	5,9	39	8,7	67	14,8
Сидераты	30	4,9	35	7,8	48	10,6
Солома + сидераты	32	5,2	32	7,0	47	10,3

P – распространенность, R – развитие в %.

Коэффициент корреляции между засоренностью посевов и поражением растений корневыми гнилями был следующим:

для яровой пшеницы (1996-97 гг.) $r = 0,921$ (достоверно при $P=0,05$, $t_{\text{факт}} = 4,086$, $t_{\text{теор}} = 3,18$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 5,44 + 0,09 * x \pm 0,02, \quad (3.2)$$

где: y – распространенность корневых гнилей, %;

x – засоренность, шт./м²;

для яровой пшеницы (2000-01 гг.) $r = -0,339$ (достоверно при $P=0,05$, $t_{\text{факт}} = 0,625$, $t_{\text{теор}} = 3,18$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 35,80 + -1,00 * x \pm 1,60, \quad (3.3)$$

где: y – распространенность корневых гнилей, %;

x – засоренность, шт./м²;

для овса (2001-02 гг.) $r = 0,779$ (недостовверно при $P=0,05$, $t_{\text{факт}} = 2,151$, $t_{\text{теор}} = 3,18$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 55,40 + 3,30 \cdot x \pm 1,54, \quad (3.4)$$

где: y – распространенность корневых гнилей, %;

x – засоренность, шт./м²;

3.7 Продуктивность сельскохозяйственных культур

Анализ урожайности культур в севообороте, представленный в зерновых единицах показали, что внесение полуперепревшего навоза, измельченной соломы предшественника, пожнивного сидерата и совместное внесение соломы и сидерата позволили увеличить урожайность озимой ржи на 0,02-0,5 тыс. зерновых единиц, яровой пшеницы – на 0,12-0,68, многолетних трав – на 0,12-0,73, яровой пшеницы – на 0,25-0,54, овса – на 0,24-0,53 тыс. зерновых единиц (таблица 14). За ротацию севооборота прирост урожайности культур от внесения навоза и растительной биомассы к фону NPK (расчетно) составил 1,47-2,64 тыс. зерновых единиц.

Коэффициент корреляции между поступлением сухих органических веществ в почву и урожайностью яровой пшеницы $r = 0,981$ (достоверно при $P=0,05$, $t_{\text{факт}} = 8,722$, $t_{\text{теор}} = 3,180$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 22,65 + 0,099 \cdot x \pm 0,011, \quad (3.1)$$

где: y – урожайность в среднем за ротацию, тыс. зерновых единиц;

x – поступление сухих органических веществ в почву за ротацию, т/га

Максимальная прибавка урожая была получена от внесения навоза и соломы и сидерата и составила за ротацию севооборота 26,4 и 26,0 тыс. зерновых единиц.

Следовательно, улучшая почвенное плодородие почвы, навоз, солома и сидераты способствовали повышению урожайности культур в севообороте.

Таблица 14 - Урожайность культур, тыс. зерновых единиц

Культуры севооборота	Фон питания					НСР ₀₅	
	НРК (расчетно)	Навоз	Солома	Сидераты	Солома + сидераты		
Озимая рожь (1995-96 гг.)	2,69	3,19	2,71	3,08	3,01	1995 г.	0,16
						1996 г.	0,22
Яровая пшеница (1996-97 гг.)	3,41	4,01	3,59	3,53	4,09	1996 г.	0,20
						1997 г.	0,28
Сено многолетних трав (в ср. за 1997-1998 гг.)	1,99	2,76	2,11	2,29	2,57	1997 г.	0,16
						1998 г.	0,14
Сено многолетних трав (в ср. за 1997-2000 гг.)	2,31	3,07	2,48	2,57	2,89	1998 г.	0,18
						1999 г.	0,15
Сено многолетних трав (в ср. за 1999-2000 гг.)	2,70	3,38	2,79	2,83	3,15	1999 г.	0,18
						2000 г.	0,21
Яровая пшеница (2000-01 гг.)	4,70	5,19	4,95	5,08	5,24	2000 г.	0,35
						2001 г.	0,30
Овес (2001- 02 гг.)	2,69	3,01	2,93	3,04	3,22	2001 г.	0,22
						2002 г.	0,17
Всего за ротацию севооборота	20,49	24,61	21,56	22,42	24,17		

3.7 Показатели качества зерна яровой пшеницы и озимой ржи

Анализ качества зерна яровой пшеницы показал, что сравнительно большая масса 1000 семян, стекловидность и содержание клейковины отмечались при использовании навоза, соломы и сидератов (таблица 15).

Масса 1000 семян на варианте внесения навоза и растительной биомассы превышала фон «NPK (расчетно)» на 0,6-4,3 и 0,8-4,3 г, стекловидность зерна на 0,4-2,5 и 1,1-3,9 %, содержания клейковины – на 0,9-1,8 %. Более высокие показатели качества зерна яровой пшеницы отмечались при внесении навоза и совместного внесения соломы и пожнивного сидерата. По всем вариантам опыта группа качества полученного зерна яровой пшеницы соответствовала II классу.

Таблица 15 - Качество зерна яровой пшеницы при использовании биофакторов

Фон питания	Масса 1000 семян, г	Стекловидность, %	Содержание клейковины, %	Группа качества
1996-97 гг.				
NPK (расчетно)	32,9	57,6	26,3	II
Навоз	36,0	60,1	27,8	II
Солома	33,5	58,0	27,5	II
Сидераты	34,1	59,5	27,2	II
Солома + сидераты	37,2	60,1	28,1	II
2000-01 гг.				
NPK (расчетно)	34,9	58,0	28,3	II
Навоз	37,7	61,9	28,5	II
Солома	35,7	59,1	28,1	II
Сидераты	36,0	60,3	28,1	II
Солома + сидераты	39,2	61,5	28,5	II

Аналогичные результаты качества зерна озимой ржи получены от внесения навоза и растительной биомассы (таблица 16).

Таблица 16 - Качество зерна озимой ржи (1996-97 гг.)

Фон питания	Натура, г/л	Число падения, сек	Сырой протеин, %	Зольность %	Влажность
НРК (расчетно)	727	192	12,4	6,49	14,1
Навоз	730	193	12,4	6,51	14,2
Солома	729	193	12,6	6,52	14,2
Сидераты	732	195	12,8	6,57	14,0
Солома + сидераты	736	197	13,0	6,62	14,1

Таким образом, внесение навоза и растительной биомассы в севообороте существенно повышают качественные характеристики зерновых культур.

3.8 Экономическая и энергетическая оценка возделывания культур в севообороте

Экономическая эффективность, рассчитанная по технологическим картам возделывания, и приведенная по закупочным ценам 2018 года, показала, что возделывание культур в севообороте с внесением минеральных удобрений, навоза и растительной биомассы растений стало высокорентабельным (110,6-273,6 %), за исключением овса – 39,9-92,5 % (таблица 17). Максимальный чистый доход 16117,6 и 15953 руб./га получен при возделывании озимой ржи на фонах с внесением навоза и пожнивного сидерата, уровень рентабельности составил 171,4 и 183,6 %, против 11300,0 руб./га и 110,6 % на минеральном фоне. На посевах яровой пшеницы (1996-1997 и 2000-2001 гг.) максимальный чистый доход получен от совместного

Таблица 17 - Экономическая эффективность возделывания культур за ротацию севооборота

Культура	Фон питания	Урожайность, тыс. зерновых единиц/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственны е затраты, руб./га	Чистый доход с 1 га, руб.	Себестоимость продукции, руб./тыс. зерновых единиц	Уровень рентабельности, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Озимая рожь, (1995-96 гг.)	НПК (расчетно)	2,69	21520	16120	17980	47,27	111,5
	навоз	3,19	25520	14830,4	25269,6	36,98	170,4
	солома	2,71	21680	15475,2	20424,8	43,11	132,0
	сидерат	3,08	24640	13702	21598	38,82	157,6
	солома+сидерат	3,01	24080	14024,4	26875,6	34,29	191,6
Яровая пшеница (1996-97 гг.)	НПК (расчетно)	3,41	34100	10220	11300	37,99	110,6
	навоз	4,01	40100	9402,4	16117,6	29,47	171,4
	солома	3,59	35900	9811,2	11868,8	36,20	121,0
	сидерат	3,53	35300	8687	15953	28,20	183,6
	солома+сидерат	4,09	40900	8891,4	15188,6	29,54	170,8
Сено многолетних трав (в ср. за 1997-1998 гг.)	НПК (расчетно)	1,99	19950,0	16120,0	3830,0	80,80	23,8
	навоз	2,76	27550,0	14830,4	12719,6	53,83	85,8
	солома	2,11	21100,0	15475,2	5624,8	73,34	36,3
	сидерат	2,29	22900,0	13702,0	9198,0	59,83	67,1
	солома+сидерат	2,57	25700,0	14024,4	11675,6	54,57	83,3
Сено многолетних трав (в ср. за 1997-2000 гг.)	НПК (расчетно)	2,31	23050,0	16120	6930	69,93	43,0
	навоз	3,07	30650,0	14830,4	15819,6	48,39	106,7
	солома	2,48	24800,0	15475,2	9324,8	62,40	60,3
	сидерат	2,57	25700,0	13702	11998	53,32	87,6
	солома+сидерат	2,89	28950,0	14024,4	14925,6	48,44	106,4

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8
Сено многолетних трав (в ср. за 1999-2000 гг.)	НПК (расчетно)	2,7	27000,0	16120	10880	59,70	67,5
	навоз	3,38	33750,0	14830,4	18919,6	43,94	127,6
	солома	2,79	27950,0	15475,2	12474,8	55,37	80,6
	сидерат	2,83	28300,0	13702	14598	48,42	106,5
	солома+сидерат	3,15	31450,0	14024,4	17425,6	44,59	124,3
Яровая пшеница (2000- 2001 гг.)	НПК (расчетно)	4,7	47000,0	16120,0	30880,0	34,30	191,6
	навоз	5,19	51900,0	14830,4	37069,6	28,57	250,0
	солома	4,95	49500,0	15475,2	34024,8	31,26	219,9
	сидерат	5,08	50800,0	13702,0	37098,0	26,97	270,7
	солома+сидерат	5,24	52400,0	14024,4	38375,6	26,76	273,6
Овес (2001-2002 гг.)	НПК (расчетно)	2,69	17485,0	12500,0	4985,0	46,47	39,9
	навоз	3,01	19565,0	11500,0	8065,0	38,21	70,1
	солома	2,93	19045,0	12000,0	7045,0	40,96	58,7
	сидерат	3,04	19760,0	10625,0	9135,0	34,95	86,0
	солома+сидерат	3,22	20930,0	10875,0	10055,0	33,77	92,5
В среднем за ротацию	НПК (расчетно)	3,17	31660,0	16120,0	13151,4	55,07	81,6
	навоз	3,69	36940,0	14830,4	20305,3	42,21	136,9
	солома	3,33	33280,0	15475,2	15331,9	50,23	99,1
	сидерат	3,46	34600,0	13702,0	18326,6	42,78	133,8
	солома+сидерат	3,69	36860,0	14024,4	20504,2	40,62	146,2

внесения соломы и сидерата 26875,6 и 38375,6 руб./га с уровнем рентабельности 191,6 и 273,6 %, против 17980,0 и 30880,0 руб./га чистого дохода и 111,5 и 191,6 % уровня рентабельности.

В среднем за ротацию севооборота максимальная прибыль от возделывания культур получена на фоне совместного внесения соломы и пожнивного сидерата и составила 22835,6 руб./га, уровень рентабельности 162,8 %, против 15540,0 руб./га на минеральном фоне с уровнем рентабельности 96,4 %.

Результаты определения энергетической эффективности возделывания культур в севообороте по различным фонам питания растений показали, что выращивания озимой ржи наиболее эффективно на фоне совместного внесения соломы и сидерата: получено энергии с урожаем 22568,6 МДж/га, коэффициент энергетической эффективности составил 1,66, против 15320,0 МДж/га энергии с урожаем и 1,22 коэффициент энергетической эффективности (рисунок 13, приложение 5). Аналогичные результаты большей энергетической эффективности получены от совместного внесения соломы и пожнивного сидерата при возделывании культур в севообороте.

Следовательно, возделывание культур в зернотравяном севообороте экономически и энергетически эффективным оказалось при совместном внесении соломы и пожнивного сидерата.

Анализируя результаты исследований возделывания культур в зернотравяном севообороте с внесением минеральных удобрений, навоза, измельченной соломы и пожнивного сидерата, мы пришли к следующим выводам:

- варианты с внесением навоза и растительной биомассы снижали плотность сложения и улучшали содержание структурных агрегатов, больше накапливалось и сохранялось продуктивной влаги в пахотном слое почвы;

- поступившего в почву количества пожнивных и корневых остатков после уборки многолетних трав больше накопилось на фонах с внесением

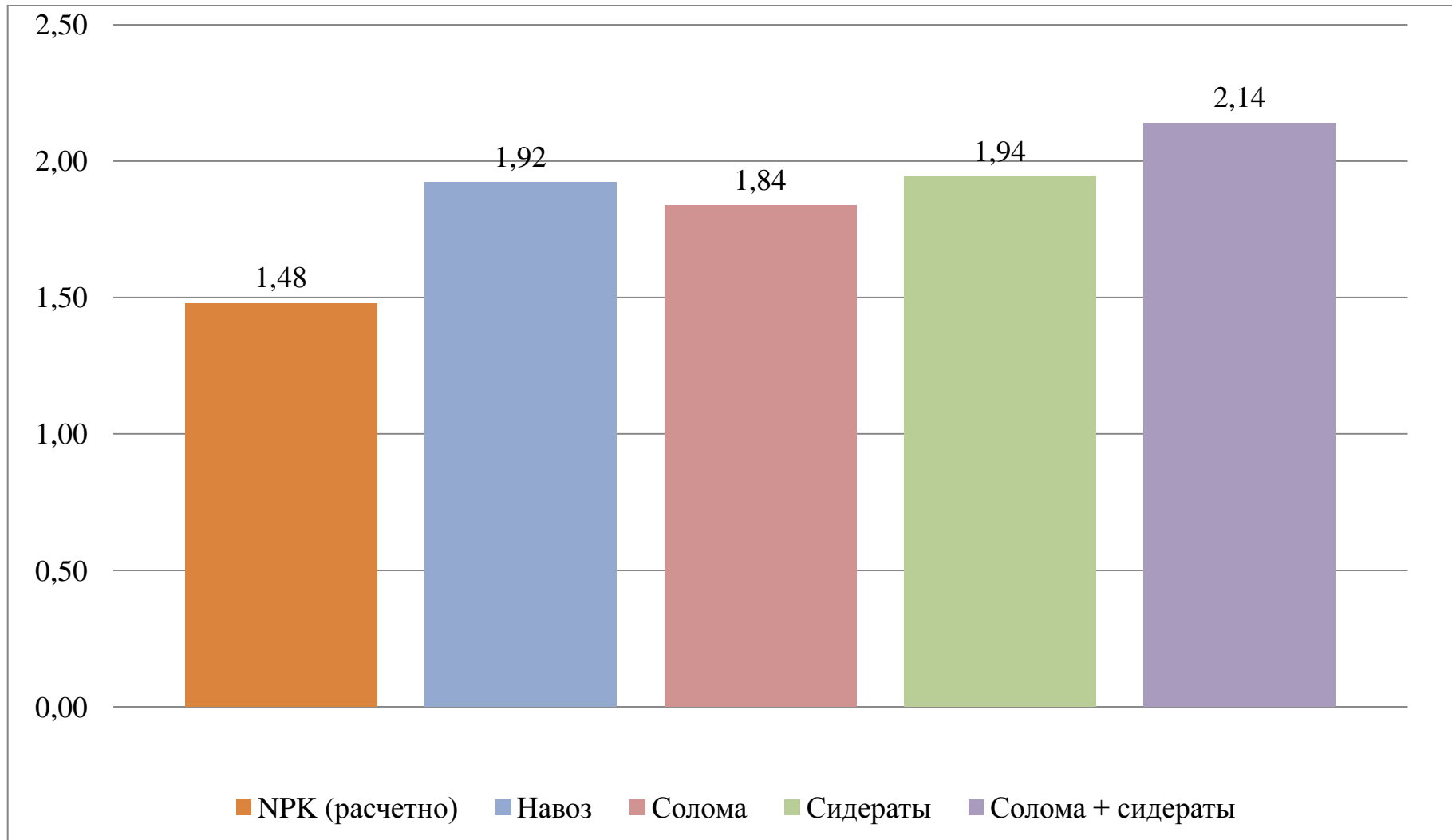


Рисунок 13. – Коэффициент энергетической эффективности возделывания культур за ротацию севооборота

навоза, соломы и сидерата, на этих же фонах произошло увеличение содержания гумуса в почве;

- улучшая почвенное плодородие, навоз, солома и сидераты способствовали повышению урожайности и качества урожая культур в севообороте;

- возделывание культур в зернотравяном севообороте экономически и энергетически эффективными оказалось при совместном внесении соломы и пожнивного сидерата.

4. ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОЙ ЗАДЕЛКИ СОЛОМЫ И ПРОМЕЖУТОЧНОГО СИДЕРАТА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ЗЕРНОПАРОВОГО ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА

Формирование урожая сельскохозяйственных культур определяется взаимодействием генотипа растений (сорт, гибрид), условий окружающей среды и приемов агротехнологии возделывания. Особое значение для роста и развития растений имеют почвенные условия. Любые отклонения от оптимальных параметров почвы оказывают негативное влияние, прежде всего, на корневую систему растений, что приводит к снижению общей продуктивности сельскохозяйственных культур. В связи с этим, эффективное управление факторами почвенного плодородия имеет существенное значение в ресурсосберегающем земледелии.

Использование сидератов оказывает выраженное положительное влияние на агрофизические свойства почвы, причем такое воздействие сохраняется в течение нескольких лет. При заделке сидератов происходит увеличение содержания в почве органических веществ, значительно повышается ее микробиологическая активность, улучшаются агрохимические показатели. Все это положительно влияет на оптимизацию плотности сложения почвы. В качестве сидератов можно использовать различные культуры – донник белый, рапс яровой, горчицу белую, редьку масличную, гречиху и др.

Среди наиболее важных факторов почвенного плодородия особое место занимают агрофизические параметры почвы, важнейшим из которых выступает плотность сложения (А.Н. Червань и др., 2016). Увеличение данного показателя выше определенных значений указывает на развитие процессов избыточного уплотнения почвы, что приводит к ухудшению

условий роста и развития растений, снижению урожайности основных сельскохозяйственных культур (В.М. Гончаров, 2008).

4.1 Агрофизические параметры почвенного плодородия

В системе мероприятий по контролю и предотвращению переуплотнения почв невозможно опираться на один или несколько приемов, важно осуществлять комплексный подход, сочетающий агротехнологические, технические и организационно-хозяйственные меры, позволяющие решать задачи по оптимизации плотности сложения почвы в соответствии с биологическими требованиями сельскохозяйственных культур. Особое значение при этом имеют вопросы диагностики переуплотнения, оценки рисков данного процесса для продуктивности растений и разработка системы профилактических мероприятий.

Основное негативное влияние повышенная плотность почвы оказывает на развитие корневой системы растений, что в дальнейшем отражается на различных биохимических и физиологических процессах во всем растительном организме. Воздействие уплотнения почвы на корни растений определяется еще и тем, что данный показатель связан с сопротивлением пенетрацией (твердостью) почвы. С увеличением плотности растет и твердость почвы, что приводит к ухудшению условий для роста корневой системы растений. Так, растения с мочковатой корневой системой (злаки) могут нормально развиваться при более высокой плотности, тогда как растения со стрежневой корневой системой (двудольные культуры) могут хорошо развиваться лишь при пониженной плотности сложения почвы. Особое значение оптимальная плотность сложения имеет для корнеплодных культур и картофеля.

Одним из механизмов, способных регулировать плотность сложения почвы и увеличивать продуктивность растений, является влага. С ростом

плотности почвы содержание влаги в ней снижается, что приводит в условиях переуплотнения, к острому дефициту доступной для растений воды. Другим важным механизмом, влияющим на величину плотности почвы, является зависимость сельскохозяйственных культур от содержания в почве и состава почвенного воздуха. При сильном уплотнении почв у растений часто отмечается развитие гипоксии (недостатка кислорода), что приводит к отмиранию корневой системы. Плотность почвы оказывает влияние и на активность почвенной микробиоты, роль которой в жизни сельскохозяйственных растений крайне велика. В частности, при увеличении плотности почвы происходит снижение численности полезной микрофлоры и увеличивается опасность развития фитопатогенных организмов, вызывающих инфицирование растений корневыми гнилями и другими опасными заболеваниями.

По обобщенным данным переуплотненная почва может сократить урожайность сельскохозяйственных культур на 50 % из-за уменьшения аэрации, плохого развития корневой системы, ограниченной доступности воды и питательных веществ для растений (А.Т. Вакер, 2013). По данным А.Г. Бондарева (1990) при увеличении плотности почвы на $0,01 \text{ г/см}^3$ выше оптимума у зерновых культур происходит резкое снижение урожайности, которое достигает в среднем $0,06 \text{ т/га}$.

По результатам научных исследований, проведенных в Казанском ГАУ, было установлено, что для серой лесной среднесуглинистой почвы увеличение плотности сложения на $0,01 \text{ г/см}^3$ выше уровня равного $1,16 \text{ г/см}^3$ приводит к снижению полевой всхожести семян яровой пшеницы примерно на 2,0 % (Р.И. Сафин и др., 2018). На выщелоченном чернозёме было установлено, что увеличение плотности с $0,9$ до $1,0 \text{ г/см}^3$ приводит к снижению урожайности яровой пшеницы на $0,19 \text{ т/га}$, а при плотности $1,1-1,2 \text{ г/см}^3$ потери возрастают до $0,6$ и $1,6 \text{ т/га}$. Для овса аналогичные потери урожая зерна достигают $2,7 \text{ т/га}$, при этом плотность почвы выше $1,2 \text{ г/см}^3$

является критической для прорастания семян зерновых культур (Т.А. Бешкильцева, 2008).

По данным И. В. Кузнецовой и Е. Б. Скворцовой (2013) при слабой степени уплотнения почвы урожайность сельскохозяйственных культур снижается незначительно. При средней степени уплотнения почвы (плотность 1,3-1,5 г/см³) снижение урожайности доходит до 20-30 %, а при сильной степени уплотнения почвы (1,5-1,6 г/см³) потери урожая (при прочих равных условиях) могут достигать 50-60 % от возможного уровня урожайности.

Переуплотнение почвы приводит к ухудшению водного режима растений, снижает интенсивность и продуктивность фотосинтеза, оказывает отрицательное влияние на устойчивость растений к стрессам (Е.И. Кошкин, 2010).

В наших исследованиях, проведенных в период с 1995 по 2002 гг., плотность сложения почвы была выше на фоне использования минеральных удобрений под всеми культурами севооборота (таблица 18).

Так, в слое почвы 0-10 см плотность сложения почвы колебалась от 1,17 до 1,22, в слое 10-20 см от 1,20 – до 1,30 г/см³. Заделка в почву растительной биомассы сидерата совместно с соломой зерновых культур способствовала снижению плотности почвы также под всеми культурами севооборота. Так, наименьшая плотность сложения почвы наблюдалась на фоне совместной заделки соломы и сидерата под озимой рожью в период весеннего возобновления вегетации в 1995-1996 гг. и составляла 1,15-1,18 г/см³. До 1998-1999 гг. плотность почвы на данном фоне продолжала увеличиваться и составила в 1999 году 1,19-1,24 г/см³.

В период с 1999 по 2000 гг. после посева гороха плотность почвы на фоне солома + сидерат резко снизилась и составила 1,13-1,26 г/см³. В дальнейшем с 2000 по 2002 гг. при посеве зерновых культур (яровая пшеница и овес) на фоне солома + сидераты плотность сложения почвы снова начала увеличиваться.

Таблица 18 - Плотность сложения почвы, г/см³, (1995-2002 гг.)

Культуры севооборота	Варианты опыта	Слой почвы, см	Плотность, г/см ³
Озимая рожь, весеннее возобновление вегетации (1995-96 гг.)	NPK (расчетно)	0-10	1,17
		10-20	1,20
	Солома + сидераты	0-10	1,15
		10-20	1,18
Яровая пшеница, выход в трубку (1996-97 гг.)	NPK (расчетно)	0-10	1,20
		10-20	1,28
	Солома + сидераты	0-10	1,18
		10-20	1,24
Однолетние травы, цветение (1997-98 гг.)	NPK (расчетно)	0-10	1,20
		10-20	1,30
	Солома + сидераты	0-10	1,19
		10-20	1,28
Озимая рожь, весеннее возобновление вегетации (1998-99 гг.)	NPK (расчетно)	0-10	1,21
		10-20	1,29
	Солома + сидераты	0-10	1,19
		10-20	1,24
Горох, цветение (1999- 2000 гг.)	NPK (расчетно)	0-10	1,19
		10-20	1,30
	Солома + сидераты	0-10	1,13
		10-20	1,26
Яровая пшеница, выход в трубку (2000-01 гг.)	NPK (расчетно)	0-10	1,19
		10-20	1,26
	Солома + сидераты	0-10	1,15
		10-20	1,22
Овес, выход в трубку (2001-02 гг.)	NPK (расчетно)	0-10	1,22
		10-20	1,27
	Солома + сидераты	0-10	1,17
		10-20	1,20

На фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений прослеживается аналогичная тенденция увеличения плотности сложения почвы под всеми культурами севооборота. Посев гороха в период 1999-2000 гг. способствовал некоторому снижению плотности сложения почвы, но меньшему по сравнению с вариантом совместной заделки соломы и сидератов.

Плотность сложения пахотного слоя почвы на варианте биологизации в слое почвы 0-10 см находилась в пределах 1,15-1,18 г/см³, тогда как на других вариантах она была выше, особенно на варианте без использования биофакторов – 1,17-1,22.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать однозначный вывод о том, что важными факторами снижения плотности сложения почвы являются заделка в почву органических удобрений (соломы) совместно с биомассой различных растительных остатков (сидераты) и посев зернобобовых культур (гороха), а посев зерновых колосовых культур на всех фонах минерального питания, напротив, способствует увеличению плотности сложения почвы.

Фоны биологизации земледелия (заделка соломы и сидеральной массы) оказывали положительное влияние на условия роста и развития всех изучаемых культур севооборота.

Структурно – агрегатный состав почвы перед посевом представлен в таблице 19.

Увеличению коэффициента структурности почвы под всеми культурами севооборота способствует совместная заделка соломы и сидератов. Так, коэффициент структурности на фоне биологизации земледелия варьировал от 0,99 (под яровой пшеницей) в период с 1996 по 1997 гг. до 1,51 (под овсом) в период с 2001 по 2002 гг. Причем четкой зависимости коэффициента структурности от высеваемой культуры во все годы исследований не прослеживалось.

На фоне внесения расчетных норм удобрений коэффициент структурности почвы варьировал в пределах от 0,74 до 1,19, четкой закономерности по годам и высеваемым культурам также не наблюдалось.

Содержание агрономически ценных агрегатов почвы в опыте достигало максимального показателя в вариантах биологизации земледелия (солома + сидерат) при посеве овса в период 2001-2002 гг. и гороха в период 1999-2000 гг. и составила, соответственно, 60,2 и 58,5 %.

Таблица 19 - Структурно-агрегатный состав серой лесной почвы за ротацию севооборота (1995-2002 гг.)

Культуры севооборота	Варианты опыта	Количество агрегатов 0,25-10 мм, %	Коэффициент структурности
Озимая рожь (1995-96 гг.)	НПК (расчетно)	54,3	1,19
	Солома + сидераты	54,2	1,18
Яровая пшеница (1996-97 гг.)	НПК (расчетно)	47,8	0,92
	Солома + сидераты	49,7	0,99
Однолетние травы (1997-98 гг.)	НПК (расчетно)	42,7	0,74
	Солома + сидераты	52,1	1,09
Озимая рожь (1998-99 гг.)	НПК (расчетно)	43,9	0,78
	Солома + сидераты	51,0	1,04
Горох (1999-2000 гг.)	НПК (расчетно)	44,2	0,79
	Солома + сидераты	58,5	1,41
Яровая пшеница (2000-01 гг.)	НПК (расчетно)	52,0	1,08
	Солома + сидераты	55,3	1,24
Овес (2001-02 гг.)	НПК (расчетно)	47,8	0,92
	Солома + сидераты	60,2	1,51

По полученным данным можно сделать вывод о том, что на улучшение количества агрегатов размерами 0,25-10 мм и коэффициента структурности большое влияние имеют факторы биологизации земледелия (заделка соломы совместно с сидератами) в сравнении с фоном, на котором применялись расчетные дозы минеральных удобрений.

При характеристике почвы большое значение придают количеству содержащихся в ней агрономически ценных водопрочных агрегатов, неразмываемых водой. Максимальным показателем водопрочности обладают структурные отдельности почвы диаметром 0,25-10,0 мм. Структурные почвы должны содержать в своем составе не менее 55 % таких частиц, характеризоваться содержанием достаточного количества воздуха, воды и доступных растениям питательных веществ. В таких почвах внутри комков находятся в основном капиллярные промежутки, между комками – некапиллярные промежутки, заполненные воздухом. По некапиллярным промежуткам вода легко и быстро проникает между агрегатами почвы, при этом создаются оптимальные условия для роста и развития сельскохозяйственных растений. Наличие в почве более 55 % водопрочных агрегатов обеспечивает такой почве комковато-зернистую структуру, облегчающую проникновение корней растений во все горизонты почвы, улучшающую процесс прорастания семян и снижающую затраты на механическую обработку такой почвы.

Почвы, не имеющие комковато-зернистой структуры, склонны к сильному заплыванию после дождей, они не проницаемы для кислорода, при высыхании распадаются на крупные агрегаты (глыбы).

Количество водопрочных структурных агрегатов в опыте в зависимости от фона питания и факторов биологизации земледелия перед посевом культур севооборота показаны в таблице 20.

Почва в севообороте под всеми высеваемыми сельскохозяйственными культурами не имела достаточного количества структурных водопрочных

агрегатов. Показано, что во всех вариантах опыта их было меньше 55 %, поэтому почвы опытного участка можно назвать бесструктурными. Нашей задачей было изучить влияние различных приемов биологизации земледелия на улучшение структурного состояния почвы.

Таблица 20 – Количество водопрочных структурных агрегатов в почве перед посевом, %

Культуры севооборота	Варианты опыта	Количество водопрочных структурных агрегатов
Озимая рожь (1995-96 гг.)	НПК (расчетно)	18,5
	Солома + сидераты	18,7
Яровая пшеница (1996-97 гг.)	НПК (расчетно)	18,4
	Солома + сидераты	19,0
Однолетние травы (1997-98 гг.)	НПК (расчетно)	15,7
	Солома + сидераты	18,1
Озимая рожь (1998-99 гг.)	НПК (расчетно)	16,0
	Солома + сидераты	19,3
Горох (1999-2000 гг.)	НПК (расчетно)	17,0
	Солома + сидераты	20,6
Яровая пшеница (2000-01 гг.)	НПК (расчетно)	27,4
	Солома + сидераты	31,3
Овес (2001-02 гг.)	НПК (расчетно)	25,9
	Солома + сидераты	32,7

Так, во все годы исследований под изучаемыми сельскохозяйственными культурами, выращиваемыми в севообороте, при совместной заделке соломы и сидератов происходило увеличение процентного содержания водопрочных агрегатов в почве опытного участка от 18,7 до 32,7 %. Максимальное

количество водопрочных агрегатов наблюдалось к концу ротации севооборота в период 2001-2002 гг. при посеве овса и составляло 32,7 %.

На фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений наблюдалась несколько иная тенденция. Так, в период с 1995 по 2002 гг. количество водопрочных структурных агрегатов в почве опытного участка также увеличивалось из года в год, но в значительно меньшем количестве по сравнению с фоном солома + сидерат. Количество водопрочных агрегатов на фоне NPK (расчетно) за период с 1995 по 1998 гг. уменьшилось с 18,5 % до 15,0 %, затем начался прирост количества структурных агрегатов с 15,0 до 27,4 % в период с 1998 до 2000 гг., затем в 2000 году снова произошло снижение их количества до 25,0 %.

Максимальное влияние на образование в почве агрономически ценных водопрочных структурных агрегатов имеет система биологизации путем одновременной заделки соломы зерновых культур и сидеральных культур.

Условия увлажнения в каждом отдельно взятом году оказывают прямое влияние на содержание доступной для растений влаги в почве. Содержание влаги в почве также сильно зависит от структурного состояния почвы, а, следовательно, и от приемов биологизации земледелия.

Динамика содержания влаги в почвах опытного участка во все годы исследований в зависимости от варианта биологизации земледелия и высеваемых культур приведена в таблице 21.

На основании проведенных исследований установлено, что заделка соломы и сидератов напрямую влияет на улучшение структуры почвы путем увеличения водопрочных агрегатов. Предполагалось, что содержание влаги в такой почве должно быть выше именно в варианте биологизации земледелия по сравнению с внесением расчетных доз минеральных удобрений.

В течение всего периода проведения исследований максимальное накопление доступной влаги во всех слоях почвы было в варианте биологизации земледелия при одновременной заделке соломы и сидерата по

сравнению с фоном внесения расчетных доз минеральных удобрений. Такая закономерность прослеживалась на всех культурах севооборота.

Таблица 21 – Содержание продуктивной влаги в почве, мм

Культуры севооборота	Варианты опыта	Слой почвы, см	Содержание продуктивной влаги в почве, мм
Озимая рожь, весеннее возобновление вегетации (1995-96 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 20	18,3
		0 – 100	91,5
	Солома + сидераты	0 – 20	18,4
		0 – 100	92,3
Яровая пшеница, выход в трубку (1996- 97 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 20	15,2
		0 – 100	49,5
	Солома + сидераты	0 – 20	17,9
		0 – 100	58,9
Однолетние травы, цветение (1997-98 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 20	13,1
		0 – 100	75,1
	Солома + сидераты	0 – 20	14,5
		0 – 100	77,9
Озимая рожь, весеннее возобновление вегетации (1998-99 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 20	31,5
		0 – 100	120,0
	Солома + сидераты	0 – 20	35,3
		0 – 100	129,0
Горох, цветение (1999- 2000 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 20	11,2
		0 – 100	111,0
	Солома + сидераты	0 – 20	12,5
		0 – 100	120,0
Яровая пшеница, выход в трубку (2000- 01 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 20	12,3
		0 – 100	116,0
	Солома + сидераты	0 – 20	14,3
		0 – 100	135,0
Овес, выход в трубку (2001-02 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 20	18,6
		0 – 100	93,0
	Солома + сидераты	0 – 20	21,2
		0 – 100	117,0

Максимальное количество доступной влаги в опыте наблюдалось в период 2000-2001 гг. под яровой пшеницей в варианте с заделкой соломы и сидерата и составляло 135,0 мм в слое 0-100 см. Наименьшее количество влаги в слое 0-100 см в варианте биологизации земледелия было в период 1996-1997 гг. под яровой пшеницей и составляло всего 58,9 мм.

4.2 Биологические показатели почвенного плодородия

Интенсивность разложения в почве биологических объектов, содержащих целлюлозу (солома и льняное волокно), под воздействием почвенной микробиоты в зависимости от применяемых агротехнологий показывает степень активности почвенной микрофлоры в полевых условиях.

Такой метод позволяет выявить не только степень активности почвенных микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, но и степень активности азота, содержащегося в почве.

Интенсивность процессов разложения целлюлозы в почве повышается при оптимальных условиях влажности и тепла в сравнении с засушливыми условиями. При этом с увеличением глубины почвенного горизонта активность почвенной целлюлозоразлагающей микробиоты в почве снижается. При совместном внесении минеральных удобрений и соломы активность почвенной микробиоты, разлагающей целлюлозу, увеличивается примерно на 9,4 % по сравнению с вариантом заделки соломы без удобрений. Максимальная активность целлюлозоразлагающих микроорганизмов отмечена в слое 0-30 см. Целлюлозоразлагающая микрофлора почв обеспечивает прибавку урожайности сельскохозяйственных культур в севообороте порядка 10% (В.М. Новиков, 2016).

Полученные нами данные по определению интенсивности разложения льняной ткани целлюлозоразлагающей почвенной микрофлорой показаны в таблице 22.

Таблица 22 – Разложение льняной ткани в почве под посевами, %
(через 45 дней после закладки)

Культуры севооборота	Варианты опыта	Слой почвы, см	Разложение льняной ткани, %
Озимая рожь (1995-96 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 10	21,1
		10 – 20	38,7
	Солома + сидераты	0 – 10	25,8
		10 – 20	42,1
Яровая пшеница (1996-97 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 10	22,8
		10 – 20	39,2
	Солома + сидераты	0 – 10	26,1
		10 – 20	41,5
Однолетние травы (1997-98 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 10	21,8
		10 – 20	40,4
	Солома + сидераты	0 – 10	23,4
		10 – 20	42,9
Озимая рожь (1998-99 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 10	20,4
		10 – 20	41,5
	Солома + сидераты	0 – 10	24,6
		10 – 20	47,5
Горох (1999-2000 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 10	21,5
		10 – 20	43,7
	Солома + сидераты	0 – 10	25,8
		10 – 20	49,8
Яровая пшеница (2000-01 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 10	22,7
		10 – 20	21,2
	Солома + сидераты	0 – 10	32,7
		10 – 20	25,4
Овес (2001-02 гг.)	NPK (расчетно)	0 – 10	21,2
		10 – 20	34,7
	Солома + сидераты	0 – 10	25,2
		10 – 20	45,7

Экспериментальные данные свидетельствуют, что применение факторов биологизации земледелия (солома + сидераты) по сравнению с вариантом расчетного внесения минеральных удобрений под всеми культурами севооборота усиливало интенсивность разложения льняной ткани в почве.

Максимальная интенсивность целлюлозоразлагающих микроорганизмов в опыте наблюдалась в слое 10-20 см.

Количество поступившей сухой биомассы растений в почву опытного участка за ротацию севооборота приведено в таблице 23.

Содержание поступающей сухой биомассы в почву тесно связано с условиями влаго- и теплообеспечения в конкретном году.

Таблица 23 – Поступление сухой биомассы растений в почву за ротацию севооборота (1995-2002 гг.), т/га

Культуры севооборота	Варианты		НСП ₀₅
	НPK (расчетно)	Солома + сидераты	
Озимая рожь (1995-96 гг.)	5,6	15,0	1995 г. – 0,42
			1996 г. – 0,49
Яровая пшеница (1996-97 гг.)	4,0	13,5	1996 г. – 0,36
			1997 г. – 0,46
Однолетние травы (1997-98 гг.)	2,1	9,5	1997 г. – 0,45
			1998 г. – 0,41
Озимая рожь (1998-99 гг.)	6,3	10,6	1998 г. – 0,27
			1999 г. – 0,23
Горох (1999-2000 гг.)	1,9	6,6	1999 г. – 0,17
			2000 г. – 0,20
Яровая пшеница (2000-01 гг.)	4,5	10,3	2000 г. – 0,29
			2001 г. – 0,25
Овес (2001-02 гг.)	5,6	11,9	2001 г. – 0,34
			2002 г. – 0,27
Всего за ротацию севооборота	30,0	77,4	

На фоне внесения расчетных норм минеральных удобрений максимальное поступление сухой биомассы растений в почву наблюдалось в период 1998-1999 гг. под озимой рожью и составило 6,3 т/га. Чуть ниже

данный показатель был в периоды 1995-1996 гг. под озимой рожью и 2001-2002 гг. под овсом, и составил по 5,6 т/га соответственно.

При одновременной заделке соломы и сидератов максимальное накопление сухой биомассы растений наблюдалось в период с 1995 по 1996 гг. под озимой рожью и составило 15,0 т/га. Немного меньше сухой биомассы растений было накоплено в период с 1996 по 1997 гг. под яровой пшеницей и составило 13,5 т/га. Большое содержание сухой биомассы растений в почве наблюдалось в конце ротации севооборота 2001 – 2002 гг. под овсом, и которое равнялось 11,9 т/га.

В целом, совместная заделка соломы и сидератов способствовала более интенсивному накоплению сухой биомассы растений в севообороте по сравнению с вариантом внесения расчетных норм минеральных удобрений и составляло, соответственно, 77,4 и 30,0 т/га.

Элементы биологизации земледелия оказывают прямое воздействие на баланс гумуса в почве. Для почв, бедных органическим веществом, гумусовый баланс должен сохраняться положительным в течение всего периода ротации севооборота и, в крайнем случае, – бездефицитным.

При определении баланса гумуса в почве учитывают его приходную и расходную части.

Так, в расходную часть баланса гумуса входит минерализация органического вещества различными сельскохозяйственными культурами севооборота, вынос продуктов распада органического вещества корневой системой растений, поверхностный и вертикальный сток питательных веществ из верхних горизонтов почвы.

В приходную часть баланса гумуса входит поступление органических веществ с корневыми и пожнивными остатками сельскохозяйственных растений, внесение навоза, заделка зеленой массы сидератов, процессы связывания диоксида углерода из воздуха сине-зелеными водорослями, обитающими в почве.

Другими словами, баланс гумуса в почве представляет собой разницу между приходной и расходной частью органического вещества почвы.

Данные по содержанию гумуса в почвах опытного участка за ротацию севооборота под различными культурами приведены в таблице 24.

Представленные результаты показывают, что на фоне расчетных доз минеральных удобрений максимальное содержание гумуса в почве опытного участка было максимальным в период с 1995 по 1996 и с 1996 по 1997 гг. и составляло по 3,59%, соответственно, под озимой рожью и яровой пшеницей.

Таблица 24 – Изменение содержания гумуса в почве за ротацию севооборота, %

Культуры севооборота	Варианты		НСР ₀₅
	НПК (расчетно)	Солома + сидераты	
Озимая рожь, (1995-96 гг.)	3,59	3,59	
Яровая пшеница, (1996-97 гг.)	3,59	3,59	
Однолетние травы, (1997-98 гг.)	3,58	3,58	1997 г. – 0,01
			1998 г. – 0,01
Озимая рожь, (1998-99 гг.)	3,58	3,60	1998 г. – 0,01
			1999 г. – 0,01
Горох, (1999-2000 гг.)	3,55	3,59	1999 г. – 0,02
			2000 г. – 0,01
Яровая пшеница, (2000-01 гг.)	3,56	3,63	2000 г. – 0,02
			2001 г. – 0,02
Овес, (2001-02 гг.)	3,52	3,60	2001 г. – 0,01
			2002 г. – 0,01
Изменение от исходного показателя	-0,07	+0,01	

В последующие годы ротации севооборота происходило постепенное снижение количества гумуса в пахотном горизонте почвы. В конце ротации севооборота по фону внесения расчетных доз минеральных удобрений баланс гумуса оказался отрицательным и составил – 0,07 %.

На фоне биологизации земледелия (солома + сидераты) в начале ротации севооборота в периоды с 1995 по 1996 и с 1996 по 1997 гг. под озимой рожью и яровой пшеницей содержание гумуса было аналогичным фону НРК и составляло по 3,59 % соответственно. В период с 1997 по 1998 гг. произошло некоторое снижение количества гумуса под однолетними травами до 3,58 %. Но в дальнейшем количество гумуса начало возрастать. И во все годы ротации севооборота баланс гумуса был положительным. Максимальное содержание гумуса в почвах севооборота наблюдалось в период с 2000 по 2001 гг. под яровой пшеницей и равнялось 3,63 %.

В целом за весь период ротации севооборота на фоне биологизации земледелия путем совместной заделки соломы и сидератов удалось достичь положительного баланса гумуса в почвах опытного участка, который составил + 0,01 %.

4.3 Фитосанитарное состояние посевов в зависимости от внесения расчетных норм НРК и совместной заделки соломы и сидерата

Элементы биологизации земледелия могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на фитосанитарную обстановку в посевах всех сельскохозяйственных культур севооборота. Так, например, внесение навоза, заделка зеленой массы сидеральных культур может увеличивать степень засоренности посевов. Заделка соломы зерновых культур может способствовать увеличению степени развития и распространения заболеваний растений и пораженности фитофагами.

Правильное чередование культур в севообороте, наоборот, может способствовать снижению засоренности посевов, уменьшению пораженности фитопатогенами и распространенности вредителей в посевах. Степень засоренности посевов сельскохозяйственных культур севооборота показана в таблице 25.

Таблица 25 – Засоренность посевов сельскохозяйственных культур в период ротации полевого севооборота

Культуры севооборота	Варианты				НСР ₀₅
	NPK (расчетно)		Солома + сидераты		
	шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²	
Озимая рожь, выход в трубку (1995-96 гг.)	15,2	16,7	15,0	16,3	1995 г. – 0,37
					1996 г. – 0,42
Яровая пшеница, выход в трубку (1996-97 гг.)	48,5	35,2	51,8	37,6	1996 г. – 1,16
					1997 г. – 1,20
Однолетние травы, цветение (1997-98 гг.)	85,2	26,5	89,7	27,4	1997 г. – 1,58
					1998 г. – 2,24
Озимая рожь, выход в трубку (1998-99 гг.)	21,6	9,2	28,6	12,3	1998 г. – 0,74
					1999 г. – 2,04
Горох, цветение (1999-2000 гг.)	77,4	29,6	89,7	29,3	1999 г. – 6,35
					2000 г. – 2,44
Яровая пшеница, выход в трубку (2000-01 гг.)	30	24,2	32	24,3	2000 г. – 0,92
					2001 г. – 0,80
Овес, выход в трубку (2001-02 гг.)	36	35,2	38	36,0	2001 г. – 1,14
					2002 г. – 0,61

Между вариантами «NPK (расчетно)» и «солома + сидераты» существенной разницы в уровне засоренности посевов в период ротации севооборота не наблюдалось.

На уровень засоренности посевов отмечено влияние лишь вида возделываемой сельскохозяйственной культуры и интенсивность ее гербицидной защиты. Так, максимальный уровень засоренности посевов наблюдался при возделывании однолетних трав и гороха в обоих вариантах биологизации земледелия.

В начале ротации севооборота распространенность корневых гнилей в посевах была минимальная и составляла 4,1 % на озимой ржи, в последующие годы происходило нарастание инфекции (таблица 26). Максимальная распространенность корневых гнилей на опытном участке

наблюдалась при возделывании гороха – 16,3 %, несколько ниже она была в посевах яровой пшеницы, размещенной на следующий год после уборки гороха – 15,0 %. В целом по севообороту распространенность корневых гнилей была невысокая.

Таблица 26 – Распространенность корневых гнилей в посевах сельскохозяйственных культур в севообороте, %

Озимая рожь, (1995-96 гг.)	Яровая пшеница, (1996-97 гг.)	Однолетние травы, (1997-98 гг.)	Озимая рожь, (1998-99 гг.)	Горох, (1999-2000 гг.)	Яровая пшеница, (2000-01 гг.)	Овес, (2001-02 гг.)
4,1	4,7	5,1	7,4	16,3	15,0	12,3

4.4 Качественные характеристики урожая сельскохозяйственных культур

Важным показателем, характеризующим эффективность тех или иных агроприемов, является качество полученного урожая сельскохозяйственных культур. Основные показатели качества зерна яровой пшеницы и озимой ржи приведены в таблицах 27 и 28.

Таблица 27 – Качество зерна яровой пшеницы

Показатели Варианты опыта	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Содержание клейковины, %	Группа качества
1996-1997 гг.				
НРК (расчетно)	40,5	49,0	25,1	II
Солома+сидераты	41,8	56,0	27,3	II
2000-2001 гг.				
НРК (расчетно)	36,5	60	27,5	II
Солома+сидераты	39,7	64	29,7	II

Данные таблицы 27 показывают, что совместная заделка соломы и сидератов во все годы возделывания яровой пшеницы способствовала увеличению массы 1000 зерен и стекловидности зерна. Отмечено повышение содержания сырой клейковины в зерне по сравнению с фоном расчетного внесения NPK. Качество клейковины оставалось неизменным по вариантам опыта.

Влияние факторов биологизации земледелия на качество зерна озимой ржи было схожим с яровой пшеницей (таблица 28). Так, совместная заделка соломы и сидератов во все годы возделывания озимой ржи способствовала увеличению натурной массы зерна, числа падения, зольности зерна, количества сырого протеина в зерне ржи по сравнению с фоном расчетного внесения NPK.

Таблица 28 – Качество зерна озимой ржи

Показатели Варианты опыта	Натура, г/л	Число падения, сек	Сырой протеин, %	Зольность, %	Влажность, %
1995-1996 гг.					
NPK (расчетно)	727	192	12,4	6,49	14,1
Солома+сидераты	742	198	13,9	7,02	14,0
1998-1999 гг.					
NPK (расчетно)	659	138	9,35	5,04	14,0
Солома+сидераты	672	170	10,18	6,01	14,0

Влажность зерна не изменялась в зависимости от варианта биологизации земледелия.

4.5 Урожайность сельскохозяйственных культур в севообороте

Итогом проделанной работы по изучению факторов биологизации земледелия является оценка их влияния на продуктивность как отдельных сельскохозяйственных культур, так и севооборота в целом (табл. 29).

Как показывают данные таблицы 29, совместная заделка соломы и сидератов способствовала росту продуктивности всех сельскохозяйственных культур и севооборота в целом.

Таблица 29 – Урожайность культур, тыс. зерновых единиц

Варианты опыта	Культуры севооборота														
	Озимая рожь (1995-96 гг.)		Яровая пшеница (1996-97 гг.)		Однолетние травы (1997-98 гг.)		Озимая рожь (1998-99 гг.)		Горох (1999-2000 гг.)		Яровая пшеница (2000-01 гг.)		Овес (2001-02 гг.)		Всего за ротацию севооборота
НРК (расчетно)	2,69		3,41		1,26		1,85		1,40		3,46		2,37		
Солома + сидераты	2,81		3,54		1,46		2,16		1,74		4,02		2,74		18,47
НСР ₀₅	1995 г.	0,06	1996 г.	0,08	1997 г.	0,03	1998 г.	0,05	1999 г.	0,04	2000 г.	0,07	2001 г.	0,08	
	1996 г.	0,09	1997 г.	0,11	1998 г.	0,04	1999 г.	0,06	2000 г.	0,05	2001 г.	0,13	2002 г.	0,06	

Из полученных результатов следует, что, прибавка урожайности в вариантах «солома + сидераты» к «НРК (расчетно)» озимой ржи в 1995-1996 гг. и 1998-1999 гг. составила 0,12 и 0,31 тыс. зерновых единиц, соответственно, яровой пшеницы в 1996-1997 гг. и 2000-2001 гг. 0,13 и 0,56 тыс. зерновых единиц соответственно, однолетних трав – 0,20, гороха – 0,34 и

овса – 0,37 тыс. зерновых единиц. Общая продуктивность севооборота на фоне заделки соломы и сидератов увеличилась на 2,03 тыс. зерновых единиц по сравнению с вариантом расчетного внесения минеральных удобрений.

При проведении многофакторного корреляционно-регрессионного анализа была установлена положительная связь между содержанием водопрочных агрегатов ($r=0,761$) (%), и отрицательное влияние продуктивной влаги ($r=-0,238$) (мм) (%) и сорных растений (шт./м²) ($r=-0,591$) на урожайность, что характеризуется уравнением множественной регрессии:

$$y = 1,135 \cdot X_1 + -0,121 \cdot X_2 + -0,103 \cdot X_3 + -14,496 \pm 5,026, \quad (4.1)$$

где y – урожайность, тыс. зерновых единиц

X_1 – водопрочные агрегаты, %

X_2 – продуктивная влага, мм

X_3 – сорняки, шт./м²

Данные по влиянию элементов биологизации земледелия на накопление абсолютно-сухой биомассы сельскохозяйственными растениями в севообороте приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Абсолютно сухая биомасса растений, т/га

Озимая рожь, выход в трубку (1995-96 гг.)	Яровая пшеница, выход в трубку (1996-97 гг.)	Однолетние травы, цветение (1997-98 гг.)	Озимая рожь, выход в трубку (1998-99 гг.)	Горох, цветение (1999-2000 гг.)	Яровая пшеница, выход в трубку (2000-01 гг.)	Овес, выход в трубку (2001-02 гг.)
NPK (расчетно)						
1,1	0,95	0,65	0,83	0,76	3,69	3,88
Солома + сидераты						
1,27	1,15	0,79	1,06	0,85	4,13	4,67

Совместная заделка соломы и сидератов способствовала увеличению накопления всеми сельскохозяйственными растениями в севообороте

абсолютно-сухой массы по сравнению с фоном расчетного внесения минеральных удобрений.

Так, прибавка абсолютно сухой массы в варианте «солома + сидераты» озимой ржи во все годы возделывания составила 0,17-0,23 т/га, яровой пшеницы – 0,20-0,44 т/га, однолетних трав – 0,14 т/га, гороха – 0,09 т/га и овса – 0,79 т/га по сравнению с вариантом «NPK (расчетно)».

Наиболее отзывчивыми, давшими наивысшую прибавку абсолютно-сухой массы от совместной заделки соломы и сидератов, оказались яровая пшеница и озимая рожь по отношению к варианту расчетного внесения минеральных удобрений.

5.1 Экономическая и энергетическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур

Основными показателями, характеризующими эффективность тех или иных приемов и агротехнологий, являются показатели энергетической и экономической эффективности, приведенные на рисунке 14, приложении 6 и таблице 31.

При возделывании озимой ржи в 1995-1996 гг. коэффициент энергетической эффективности оставался неизменным в обоих изучаемых вариантах опыта. В 1998-1999 гг. коэффициент энергетической эффективности возделывания озимой ржи на фоне совместной заделки соломы и сидерата по сравнению с фоном расчетного внесения NPK был выше и составил 1,42 против 1,27. При возделывании других сельскохозяйственных культур в севообороте при совместной заделке соломы и сидератов в сравнении с вариантом расчетного внесения NPK коэффициент энергетической эффективности повышался. Так, коэффициент энергетической эффективности яровой пшеницы на фоне «солома + сидерат»

был – 1,71 в 1996-1997 гг. и – 3,35 в 2000-2001 гг., однолетних трав – 1,42, гороха – 1,52 и овса – 2,6.

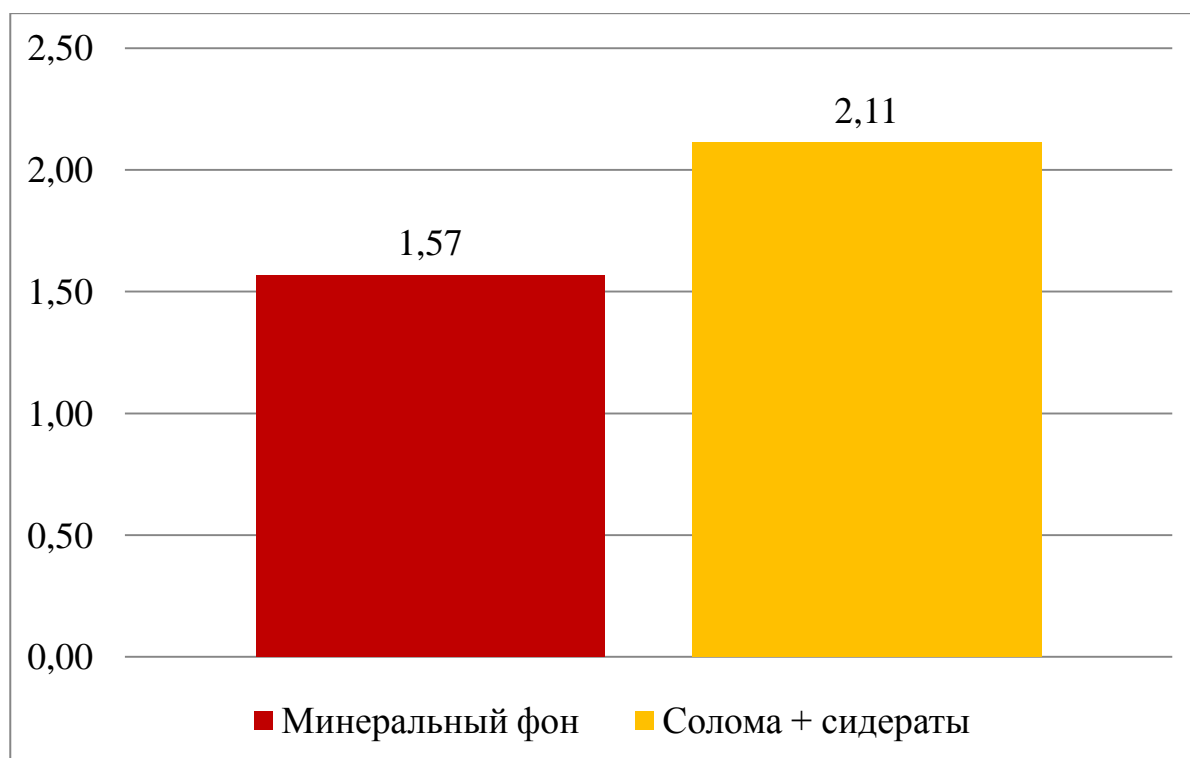


Рисунок 14. – Коэффициент энергетической эффективности за ротацию севооборота.

В среднем за ротацию севооборота на фоне совместной заделки соломы и сидерата коэффициент энергетической эффективности составил 2,11, а по фону расчетного внесения NPK – 1,57.

Полную характеристику эффективности агроприемов, севооборота в целом и каждого поля в отдельности дает расчет экономических показателей. Лишь после экономического анализа делаются выводы о возможности внедрения в производственную практику того или иного агрономического приема или их комплекса, разработанного для конкретного севооборота с целью увеличения продуктивности данного севооборота и каждой сельскохозяйственной культуры в отдельности, а также сохранения и увеличения плодородия почвы.

При экономическом анализе рассчитывают комплекс показателей, таких как выход продукции на единицу площади, прямые затраты на единицу

площади, величина чистого дохода на единицу площади, рентабельность производства.

Так, экономические показатели, полученные в наших опытах, приведены в таблице 31. Анализ показывает, что на изучаемых сельскохозяйственных культурах во все годы ротации севооборота совместная заделка соломы и сидератов способствовала повышению урожайности в сравнении с вариантом расчетного внесения минеральных удобрений. Например, урожайность озимой ржи в период 1995 – 1996 гг. была выше на фоне «солома + сидераты» на 0,12 тыс. зерновых единиц/га по сравнению с фоном «NPK (расчетно)», в 1998 -1999 гг. на 0,31 тыс. зерновых единиц/га, соответственно.

Прибавка урожайности яровой пшеницы в период 1996 – 1997 гг. на фоне «солома + сидераты» составила 0,13 к фону «NPK (расчетно)» в период 2000 – 2001 гг. – 0,56 тыс. зерновых единиц/га, соответственно.

Однолетние травы на фоне «солома + сидераты» дали прибавку урожайности 0,2 тыс. зерновых единиц/га к фону «NPK (расчетно)».

Прибавка урожайности гороха составила 0,34 тыс. зерновых единиц/га на фоне «солома + сидераты» к фону «NPK (расчетно)».

Внесение соломы и сидератов обеспечили прибавку урожайности овса перед расчетным внесением минеральных удобрений порядка 0,37 тыс. зерновых единиц/га.

В среднем за ротацию севооборота прибавка урожайности по всем культурам на фоне «солома + сидераты» по сравнению с фоном «NPK (расчетно)» составила 0,29 тыс. зерновых единиц/га.

Производственные затраты были максимальными по всем культурам севооборота во все годы проведения исследований на фоне расчетного внесения минеральных удобрений по сравнению с фоном совместной заделки

Таблица 31 – Экономическая эффективность возделывания культур за ротацию севооборота

Культура	Фон питания	Урожайность, тыс. зерновых единиц	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход с 1 га, руб.	Себестоимость продукции, руб./тыс. зерновых единиц	Уровень рентабельности, %
Озимая рожь (1995-96 гг.)	НПК (расчетно)	2,69	26900	10220	16680	37,99	163,21
	Солома + сидерат	2,81	28100	8891	19209	31,64	216,04
Яровая пшеница (1996-97 гг.)	НПК (расчетно)	3,41	34100	16120	17980	47,27	111,54
	Солома + сидерат	3,54	35400	14024	21376	39,62	152,42
Однолетние травы (1997-98 гг.)	НПК (расчетно)	1,26	12600	6540	6060	51,91	92,66
	Солома + сидерат	1,46	14600	6110	8490	41,85	138,95
Озимая рожь (1998-99 гг.)	НПК (расчетно)	1,85	18500	11850	6650	64,05	56,12
	Солома + сидерат	2,16	21600	11140	10460	51,57	93,90
Горох (1999-2000 гг.)	НПК (расчетно)	1,40	14000	8620	5380	61,57	62,41
	Солома + сидерат	1,74	17400	7800	9600	44,83	123,08
Яровая пшеница (2000-01 гг.)	НПК (расчетно)	3,46	34600	15860	18740	45,84	118,16
	Солома + сидерат	4,02	40200	14560	25640	36,22	176,10
Овес (2001-02 гг.)	НПК (расчетно)	2,37	23700	13620	10080	57,47	74,01
	Солома + сидерат	2,74	27400	11950	15450	43,61	129,29
В среднем за ротацию	НПК (расчетно)	2,35	23486	11833	11653	50,38	98,48
	Солома + сидерат	2,64	26386	10639	15746	40,32	148,00

соломы и сидератов. Максимальные производственные затраты были при возделывании яровой пшеницы за 1996-1997 гг., 2000-2001 гг. и при возделывании овса.

Показатель чистого дохода был выше на фоне совместной заделки соломы и сидератов по сравнению с фоном расчетного внесения минеральных удобрений. Важно, что на всех культурах эта тенденция сохранялась во все годы проведения исследований. Наивысший показатель чистого дохода был получен при выращивании яровой пшеницы во все годы ротации севооборота. Чуть ниже получен чистый доход на озимой ржи в период 1995-1996 гг.

Совместная заделка соломы и сидератов позволила снизить себестоимость единицы продукции по сравнению с фоном расчетного внесения минеральных удобрений на всех культурах севооборота и за весь период исследований.

Уровень рентабельности повышался на фоне «солома + сидераты» по сравнению с фоном «NPK (расчетно)» на всех культурах. Отмеченная тенденция во все годы ротации севооборота сохранялась. Так, максимальный уровень рентабельности получен при возделывании озимой ржи в период 1995-1996 гг., который составил 163,21 % по фону «NPK (расчетно)» и 216,04 % по фону «солома + сидераты».

В среднем за ротацию севооборота рентабельность по фону «NPK (расчетно)» составила – 98,48 %, а по фону «солома + сидерат» – 148,0 %.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что совместная заделка соломы и сидератов имеет преимущество перед внесением расчетных доз минеральных удобрений, так как способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур, стоимости валовой продукции, чистого дохода, рентабельности производства на фоне снижения производственных затрат и себестоимости единицы продукции.

5. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ СЕВООБОРОТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СОЛОМЫ И СИДЕРАТОВ

5.1 Агрофизические параметры почвенного плодородия

Исследованиями, проведенными в Ульяновской, Владимирской областях и Республики Удмуртия (А.Г. Дзюин, Г.П. Дзюин, 2016; А.А. Айтемиров, Т.Т. Бабаев, 2019; А.Х. Куликова, Е.А. Яшин, А.Е. Яшин, 2019), было доказано, что внесение в почву измельченной соломы и пожнивного сидерата в качестве органического удобрения значительно снижало дефицит элементов питания в почве. Запашка зеленой массы пожнивных культур, а также внесение навоза и измельченной соломы способствовали улучшению питательного режима почвы и агрофизических свойств. Зеленое удобрение и солома являются важным фактором воспроизводства плодородия почвы в современной земледелии. Их значение особенно возрастает в условиях острой нехватки традиционных форм органических удобрений, а также в связи с нарастающими экологическими угрозами и необходимостью, в связи с этим, широкого использования приемов биологизации земледелия. Однако влияние сидерации на плодородие почвы имеет комплексный характер, и в равной степени затрагивает вопросы оптимизации агрофизических, агрохимических и биологических показателей плодородия почвы. С сидерацией тесно связаны вопросы экологического плана: защиты почв от эрозии, снижение потерь биологического азота и других питательных элементов в грунтовые воды. В севооборотах в сравнении с черным паром содержание P_2O_5 снижалось на 25-77 мг/кг, K_2O – на 1-28 мг/кг, чем на вариантах с внесением пожнивного сидерата и соломы, отмечено повышение степени их подвижности на 0,02 и 0,01 мг/л, соответственно.

Результаты наших опытов показывают, что структурно-агрегатный состав почвы под посевами культур в севооборотах в начале ротации практически не изменился, как на фонах с внесением расчетных доз удобрений, так и на фонах с внесением пожнивного сидерата и соломы.

Содержание агрономически ценных структурных агрегатов по фонам питания и севооборотам существенно не различалось и колебалось в пределах 54,3 и 54,2 %, коэффициент структурности – 1,19 и 1,18, водопрочные агрегаты – 18,5 и 18,7 % (таблица 32). К концу ротации севооборотов существенно изменились показатели структурного состояния почв. Если в зернопаровом севообороте с внесением расчетных доз NPK общая структура почвы составила 47,8 %, коэффициент структурности 0,92 и водопрочных агрегатов 25,9 %, то показатели структурно-агрегатного состава почвы к концу севооборота снизились, соответственно, на 6,5 и 0,27, а количество водопрочных агрегатов повысилось на 7,4 %. На фоне с внесением пожнивного сидерата и соломы произошло увеличение показателей структуры почвы: общая структура повысилась на 2,0 %, коэффициент структурности на 0,12 % и водопрочных агрегатов – на 14,0 %. Более существенное изменение показателей структуры почвы произошло в зернотравяном севообороте с посевом многолетних трав на обоих фонах питания. На фоне внесения расчетных доз NPK к концу ротации севооборота содержание агрегатов размерами от 0,25 до 10,0 мм повысилась на 9,6 %, коэффициент структурности на 0,58 и водопрочных агрегатов на 23,5 %. Более высокие показатели структуры почвы (72,9 %), коэффициент структурности (2,69) и водопрочных агрегатов (49,3 %) получены на фоне совместного внесения пожнивного сидерата и соломы.

Следовательно, возделывание зерновых культур с заделкой пожнивного сидерата и соломы с включением многолетних трав в севооборотах существенно повышает показатели структурно-агрегатного состава почвы.

Таблица 32 - Структурно-агрегатный состав почвы под посевами культур в севооборотах (за 1995-2002 гг.)

Севообороты	Фоны питания	Начало ротации			Конец ротации			
		содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	коэффициент структурности	водопрочные агрегаты, %	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	коэффициент структурности	водопрочные агрегаты, %	
Зернопаровой	НПК (расчетно)	54,3	1,19	18,5	47,8	0,92	25,9	
	Солома + сидерат	54,2	1,18	18,7	56,2	1,30	32,7	
Зернотравяной	НПК (расчетно)	54,3	1,19	18,5	63,9	1,77	42,0	
	Солома + сидерат	54,2	1,18	18,7	72,9	2,69	49,3	
НСР ₀₅					2001 г.	2002 г.	2001 г.	2002 г.
1 пор.					4,20	3,28	4,10	3,20
2 пор.					3,00	2,34	2,32	1,81
А					2,10	1,64	2,05	1,60
В					2,12	1,66	1,64	1,28
АВ					20,04	15,63	10,92	8,51

5.2 Биологические показатели почвенного плодородия

Одним из главных агрохимических параметров почвенного плодородия считается содержание гумуса в почве.

Результаты изменения содержания гумуса в зернопаровом севообороте с внесением расчетных доз минеральных удобрений свидетельствуют о снижении содержания гумуса в почве к концу ротации севооборота на 0,07 % (таблица 33). Внесение пожнивного сидерата и соломы под зерновые культуры привело к незначительному (на 0,01%) увеличению концентрации гумуса. Аналогичные результаты изменения в содержании гумуса произошли в зернотравяном севообороте с внесением расчетных доз минеральных удобрений. Наиболее существенное увеличение этого показателя (на 0,14 %) в этом же севообороте произошло на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы.

Таблица 33 - Изменение содержания гумуса за ротацию севооборотов, %
(за 1995-2002 гг.)

Севообороты	Фоны питания	Начало ротации	Конец ротации		Изменение от исходного
			2001 г.	2002 г.	
Зернопаровой	НПК (расчетно)	3,59	3,52		-0,07
	Солома + сидерат	3,59	3,60		+0,01
Зернотравяной	НПК (расчетно)	3,59	3,60		+0,01
	Солома + сидерат	3,59	3,73		+0,14
НСП ₀₅			2001 г.	2002 г.	
1 пор.			0,01	0,01	
2 пор.			0,03	0,03	
А			0,01	0,01	
В			0,02	0,02	
АВ			0,17	0,11	

Таким образом, совместное внесение пожнивного сидерата и соломы и, особенно с включением многолетних трав в севообороте, приводит к увеличению содержания гумуса.

5.3 Засоренность посевов в севооборотах

Многочисленными исследованиями было доказано, что засоренность посевов затеняет культуры в агроценозах, поглощает продуктивную воду и элементы питания, ухудшает работу по уходу сельскохозяйственных культур. Все это приводит к непроизводительным затратам, снижает производительность труда, урожайность и качество урожая, повышает себестоимость продукции.

В наших исследованиях перед началом и в конце ротации севооборота был проведен подсчет сорняков и определена их воздушно-сухая масса. Из полученных данных следует отметить, что засоренность посевов в начале ротации севооборотов была практически одинаковой (15,2 и 15,0 шт./м²) с воздушно сухой массой сорняков (16,7 и 16,3 г/м²), как на фоне с внесением расчетных доз минеральных удобрений, так и на фоне с внесением пожнивного сидерата и соломы (таблица 34).

Таблица 34 - Изменение засоренности посевов за ротацию севооборота (за 1995-2002 гг.)

Севообороты	Фоны питания	Начало ротации		Конец ротации	
		шт./м ²	г/м ²	шт./м ²	г/м ²
Зернопаровой	НPK (расчетно)	15,2	16,7	36	35,2
	Солома + сидерат	15,0	16,3	38	36,0
Зернотравяной	НPK (расчетно)	15,2	16,7	16	14,7
	Солома + сидерат	15,0	16,3	18	16,2
НCP ₀₅				2001 г.	2002 г.
1 пор.				2,80	2,19
2 пор.				1,32	1,03
А				1,40	1,09
В				0,93	0,73
АВ				21,41	16,70

К концу ротации севооборотов максимальное содержание сорняков отмечалось в зернопаровом севообороте: на фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений она составила 36 шт./м² с воздушно-сухой массой 35,2 г/м², на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы, соответственно, 38 шт./м² и 36 г/м². В зернотравяном севообороте численность сорных растений (16 и 18 шт./м²) и воздушно-сухая масса сорняков (14,7 и 16,2 г/м²) практически не изменилась от показателей в начале ротации севооборота. Причиной снижения засоренности посевов в этом севообороте можно считать размещение многолетних трав, которые способствовали существенному снижению численности сорняков.

Следовательно, существенное снижение засоренности посевов в севообороте происходит тогда, когда возделываются культуры из различных агробиологических групп, в частности многолетние травы.

5.4 Продуктивность севооборотов

Валовой сбор урожая за ротации севооборотов показал, что на фонах с внесением расчетных доз минеральных удобрений в зернопаровом севообороте получено 16,44 тыс. зерновых единиц/га, а в зернотравяном севообороте – 15,83 тыс. зерновых единиц/га, или на 0,61 тыс. зерновых единиц/га меньше. Тогда как на фонах с внесением пожнивного сидерата и соломы зерновых культур урожайность культур была практически одинаковой и составила 18,47 и 18,43 тыс. зерновых единиц, соответственно (таблица 35).

Средняя урожайность существенно отличалась как по видам севооборота, так и по фонам питания. Если урожайность культур в среднем за ротацию зернопарового севооборота на фоне внесения расчетных доз НРК составила 2,35 тыс. зерновых единиц, то на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы она повысилась до 2,64 тыс. зерновых единиц (прибавка

0,29 тыс. зерновых единиц). Средняя урожайность культур в зернотравяном севообороте существенно повысилась и на фоне внесения NPK составила 3,17 тыс. зерновых единиц, на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы она повысилась до 3,69 тыс. зерновых единиц (прибавка 0,52).

Таблица 35 - Продуктивность севооборотов, тыс. зерновых единиц
(за 1995-2002 гг.)

Севообороты	Фоны питания	Всего за ротацию севооборота	Средняя	Отклонения от контроля
Зернопаровой	NPK (расчетно)	16,44	2,35	–
	Солома + сидерат	18,47	2,64	+0,29
Зернотравяной	NPK (расчетно)	15,83	3,17	–
	Солома + сидерат	18,43	3,69	+0,52

Следовательно, возделывание культур в зернотравяном севообороте с внесением пожнивного сидерата и соломы повышает продуктивность культур до 3,69 тыс. зерновых единиц, против 2,64 тыс. зерновых единиц в зернопаровом севообороте.

При проведении многофакторного корреляционно-регрессионного анализа была установлена положительная связь между содержанием водопрочных агрегатов ($r=0,995$) (%), гумусом ($r=0,930$) (%) и продуктивностью культур (y , тыс. зерновых единиц) и отрицательное влияние сорных растений на урожайность ($r=-0,868$), что характеризуется уравнением множественной регрессии:

$$y = -0,004 * X_1 + 4,644 * X_2 - 0,026 * X_3 - 12,949 \pm 0,0000002, \quad (5.1)$$

где y – урожайность, тыс. зерновых единиц

X_1 – водопрочные агрегаты, %

X_2 – гумус, %

X_3 – сорняки, шт./м².

5.5 Экономическая и энергетическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур

Для объективной оценки экономической эффективности возделывания культур в севооборотах и фонах питания нами ежегодно по технологической карте были подсчитаны производственные затраты на возделывание, рассчитаны себестоимость, чистый доход и уровень рентабельности каждой возделываемой культуры в севообороте. Средние данные, полученные в многолетних опытах, приведены в таблице 36. Возделывание культур в зернопаровом севообороте экономически эффективным оказалось на фоне

Таблица 36 – Экономическая эффективность возделывания культур в севооборотах (за 1995-2002 гг.)

Севообороты	Фоны питания	Урожайность, тыс. зерновых единиц	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход с 1 га, руб.	Себестоимость 1 ц продукции, руб./ц	Уровень рентабельности, %
Зернопаровой	НРК (расчетно)	2,35	23486,0	11833,0	11653	503,83	98,48
	Солома + сидерат	2,64	26386,0	10639,0	15746	403,23	148,00
Зернотравяной	НРК (расчетно)	3,17	29271,4	16120,0	13151,4	550,7	81,6
	Солома + сидерат	3,69	34528,6	14024,4	20504,2	406,2	146,2

внесения пожнивного сидерата и соломы, где производственные затраты были на 1194 руб./га ниже, чем на фоне с внесением расчетных доз НРК. При этом на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы чистый доход был выше, чем на минеральном фоне на 4093 руб./га, а уровень рентабельности составил 148,0 % против 98,48 на минеральном фоне. В зернотравяном севообороте экономические показатели по фонам питания были практически одинаковы, за исключением получения более высокой стоимости валовой продукции (на 5785,4 и 8142,6 руб./га) и чистого дохода (на 1498,4 и 4758,2 руб./га) по сравнению с зернопаровым севооборотом.

Следовательно, расчеты показали, что возделывание изучаемых культур экономически эффективно на фонах внесения пожнивного сидерата и соломы, как в зернопаровом, так зернотравяном севооборотах, уровень рентабельности составил 148,0 и 146,2 %.

При возделывании культур в более длительных опытах можно получить точные данные при расчетах затрат на производство и получаемую продукцию в энергии. Это дает возможность определить энергетическую эффективность, которая позволяет сравнить урожайность, полученную от действия различных факторов производства. В наших опытах максимальное количество энергии с урожаем за ротацию получено в зернопаровом севообороте с внесением пожнивного сидерата и соломы (33555 МДж/га), а меньше всего энергии (21926,7 МДж/га) получено в зернотравяном севообороте с внесением расчетных доз минеральных удобрений (таблица 37). Максимальный коэффициент энергетической эффективности (2,3) получен при возделывании культур в зернопаровом севообороте с внесением пожнивного сидерата и соломы, минимальный (1,55) – в зернотравяном севообороте с внесением расчетных доз минеральных удобрений.

Следовательно, возделывание культур является экономически и энергетически эффективным в севооборотах с внесением пожнивного сидерата и соломы.

Таблица 37 - Энергетическая эффективность возделывания культур в севооборотах (за 1995-2002 гг.)

Севообороты	Фоны питания	Показатели	Всего за ротацию	В среднем за ротацию
Зернопаровой	NPK (расчетно)	Получено энергии с урожаем, МДж/га	211588,0	30227
		Затрачено энергии, МДж/га	113331,0	16190
		Коэффициент энергетической эффективности	1,87	1,87
	Солома + сидерат	Получено энергии с урожаем, МДж/га	234885,0	33555
		Затрачено энергии, МДж/га	101172,0	14453
		Коэффициент энергетической эффективности	2,3	2,3
Зернотравяной	NPK (расчетно)	Получено энергии с урожаем, МДж/га	153482,0	21926,7
		Затрачено энергии, МДж/га	98769,0	14109,9
		Коэффициент энергетической эффективности	1,55	1,55
	Солома + сидерат	Получено энергии с урожаем, МДж/га	185884,0	26554,9
		Затрачено энергии, МДж/га	88566,5	12652,4
		Коэффициент энергетической эффективности	2,10	2,10

Проведя анализ оценки эффективности возделывания культур в севооборотах с внесением расчетных доз минеральных удобрений и внесением пожнивного сидерата и соломы, можно сделать следующие выводы:

- возделывание зерновых культур с заделкой пожнивного сидерата и соломы с включением многолетних трав в севооборотах существенно повышает показатели структурно-агрегатного состава почвы и увеличивает содержание гумуса в почве;

- возделывание культур в зернотравяном севообороте с внесением пожнивного сидерата и соломы повышает продуктивность культур до 3,69 тыс. зерновых единиц, против 2,64 тыс. зерновых единиц в зернопаровом севообороте;

- возделывание культур экономически и энергетически эффективно на фонах внесения пожнивного сидерата и соломы, как в зернопаровом, так зернотравяном севооборотах.

6. ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ БИОЛОГИЗАЦИИ СЕВООБОРОТОВ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

6.1 Агрофизические параметры почвенного плодородия сельскохозяйственных культур в севообороте

Мировое сообщество осознало необходимость защиты почв и определило уплотнение почвы, как одну из основных угроз, которая может привести к ее деградации. Все это способствовало росту внимания к данной проблеме, как со стороны ученых и представителей агросектора, так и со стороны государственных органов.

Согласно Государственному докладу «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2016 году» (Commission of the European Communities, 2002, Н.Л. Кураченко А.А. Лелякова, 2012, Государственный доклад, 2017) объемная масса дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почвы составляет $1,31 \text{ г/см}^3$ – $1,51 \text{ г/см}^3$, а серой лесной почвы тяжелосуглинистого гранулометрического состава – $1,45 \text{ г/см}^3$ – $1,57 \text{ г/см}^3$ (оптимальные значения для суглинистых почв $1,0$ – $1,3 \text{ г/см}^3$), т.е. имеет неудовлетворительную оценку. Поэтому проблема переуплотнения почв является одной из основных в земледелии Татарстана и требует разработки научно-обоснованных подходов к ее решению.

В длительном опыте на дерново-подзолистой среднесмытой почве в условиях Северо-востока России выявлена возможность замены отвальной системы обработки ресурсосберегающими обработками (мелкая, комбинированная) с целью получения продуктивности севооборота около $3,0 \text{ т з.ед./га}$ и сохранения почвенного плодородия. В севообороте с сидеральным паром мелкая обработка, не уступив по продуктивности отвальной и комбинированной ($3,08$ – $3,10 \text{ т з.ед./га}$), ухудшила агрохимические свойства

почвы. Комбинированная (мелкоотвальная) система обработки почвы оказалась более универсальной. Она была эффективна на почвах с разным плодородием, особенно (с положительным балансом NPK) на фоне внесения навоза. В севообороте с сидеральным паром (горчица) при внесении соломы и низкой дозы минеральных удобрений ($N_{180}P_{120}K_{120}$ за ротацию севооборота) коэффициент энергетической эффективности составил 3,35, расход горюче-смазочных материалов на зяблевую обработку – 10,1 л/га, производительность труда на зяби за – 7-часовую смену 15,4 га (Н.А. Пегова, В.М. Холзаков, 2015; Н.И. Владыкина, 2016).

Анализируя полученные нами результаты уплотнения почвы в севообороте по приемам основной обработки и фонам питания, можно констатировать, что по вспашке и на фонах с внесением расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность культур плотность сложения была выше, чем по комбинированной обработке и на фонах с внесением соломы и пожнивного сидерата (таблица 38).

Так, в слое 0-10 см на посевах озимой ржи плотность сложения почвы по вспашке составила $1,21 \text{ г/см}^3$, по сидерату – 1,18 и по фону с внесением соломы и сидерата – $1,16 \text{ г/см}^3$, тогда как по комбинированной обработке эти показатели составили 1,17, 1,16 и $1,15 \text{ г/см}^3$, соответственно. Аналогичные показатели плотности почвы отмечались и в слое 10-20 см: по вспашке они составили в зависимости от фонов питания 1,25, 1,23 и $1,21 \text{ г/см}^3$, а по комбинированной обработке они снизились, соответственно, на 0,04, 0,04 и $0,03 \text{ г/см}^3$.

В конце севооборота под культурами почва уплотнялась сильнее, например, на посевах овса по вспашке в слое 0-10 см плотность сложения на фоне внесения NPK составила $1,26 \text{ г/см}^3$, по сидерату – 1,24 и по варианту «солома + сидерат» – $1,20 \text{ г/см}^3$. По комбинированной обработке в зависимости от фона питания они снизились до 1,23, 1,21 и $1,19 \text{ г/см}^3$, соответственно. В слое 10-20 см плотность сложения почвы увеличивалась,

Таблица 38 - Плотность сложения почвы, г/см³ (за 2003-2010 гг.)

Культуры в фазе выхода в трубку	Обработка почвы	Слой почвы, см	Варианты		
			NPK (расчетно)	сидерат	солома + сидерат
Озимая рожь, (2003-2004 гг.)	Вспашка	0-10	1,21	1,18	1,16
		10-20	1,25	1,23	1,21
	Комбинированная	0-10	1,17	1,16	1,15
		10-20	1,21	1,19	1,18
Яровая пшеница, (2004-2005 гг.)	Вспашка	0-10	1,22	1,19	1,25
		10-20	1,28	1,26	1,27
	Комбинированная	0-10	1,18	1,15	1,21
		10-20	1,25	1,22	1,26
Однолетние травы, цветение (2005-2006 гг.)	Вспашка	0-10	1,22	1,20	1,18
		10-20	1,26	1,25	1,23
	Комбинированная	0-10	1,19	1,18	1,16
		10-20	1,23	1,22	1,20
Озимая рожь, (2006-2007 гг.)	Вспашка	0-10	1,18	1,19	1,17
		10-20	1,21	1,22	1,21
	Комбинированная	0-10	1,22	1,21	1,21
		10-20	1,27	1,26	1,24
Горох, цветение (2007-2008 гг.)	Вспашка	0-10	1,23	1,22	1,20
		10-20	1,32	1,31	1,29
	Комбинированная	0-10	1,22	1,20	1,19
		10-20	1,30	1,29	1,28
Яровая пшеница, (2008-2009 гг.)	Вспашка	0-10	1,23	1,22	1,20
		10-20	1,35	1,33	1,33
	Комбинированная	0-10	1,22	1,20	1,19
		10-20	1,34	1,31	1,30
Овес, (2009-2010 гг.)	Вспашка	0-10	1,26	1,24	1,20
		10-20	1,29	1,27	1,25
	Комбинированная	0-10	1,23	1,21	1,19
		10-20	1,27	1,24	1,23

однако варианты с комбинированной обработкой и внесением соломы и сидерата имели меньшую уплотненность, чем варианты вспашки с внесением расчетных доз минеральных удобрений.

Результаты определения структурно-агрегатного состава почвы в слое 0-20 см перед посевом культур в севообороте показали, что варианты с комбинированной основной обработкой почвы повышали показатели общей структуры и коэффициента структурности почвы на всех вариантах опыта (таблица 39). На посевах озимой ржи (2003-2004 гг.) структура почвы в слое 0-20 см по вспашке с внесением расчетных доз NPK составила 44,6 %, коэффициент структурности – 0,82, по комбинированной обработке она повысилась до значений 45,6 % и 0,84, соответственно. Внесение соломы зерновых культур и пожнивного сидерата существенно улучшали показатели структуры почвы. С внесением сидерата общая структура почвы по вспашке повысилась до 46,1 % (+1,5 %), коэффициент структурности – до 0,87 (+0,05), с внесением соломы и сидерата, соответственно, до 48,9 % (+4,3 %) и 0,99 (+0,17). Проведение комбинированной обработки на фоне внесения только сидерата и соломы + сидерата увеличили эти показатели по сравнению с фоном внесения расчетных доз NPK, соответственно, на 1,8 и 0,07 и 6,2 % и 0,25.

К концу ротации севооборота (овес 2009-2010 гг.) общая структура почвы и коэффициент структурности повышались, как на варианте со вспашкой, так и по комбинированной обработке, однако преимущество показателей структурно-агрегатного состава почвы оставалось по комбинированной обработке почвы с внесением соломы и пожнивного сидерата. Если по вспашке на фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений общая структура почвы составила 51,1 %, коэффициент структурности – 1,05, то по комбинированной обработке эти показатели составили 53,6 % и 1,16, на фоне внесения сидерата по вспашке – 54,6 % и

Таблица 39 - Структурно-агрегатный состав почвы в слое 0-20 см перед посевом культур (сухое просеивание)

Культуры севооборота	Обработка почвы	Показатели	Варианты			НСП ₀₅					
			НПК (расчетно)	сидерат	солома + сидерат	годы	1 пор.	2 пор.	A	B	AB
Озимая рожь, (2003-2004 гг.)	Вспашка	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	44,6	46,1	48,9	2003 г.	1,58	0,94	0,64	0,67	2,12
		коэффициент структурности	0,82	0,87	0,99						
	Комбинированная	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	45,6	47,4	51,8	2004 г.	1,31	0,79	0,53	0,56	1,35
		коэффициент структурности	0,84	0,91	1,09						
Яровая пшеница, (2004-2005 гг.)	Вспашка	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	50,8	53,6	57,8	2004 г.	1,55	0,93	0,63	0,66	6,49
		коэффициент структурности	1,04	1,16	1,40						
	Комбинированная	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	57,9	61,5	66,9	2005 г.	1,76	1,05	0,72	0,74	6,45
		коэффициент структурности	1,38	1,60	2,02						
Однолетние травы, (2005-2006 гг.)	Вспашка	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	49,8	52,1	54,3	2005 г.	1,76	1,06	0,72	0,75	2,23
		коэффициент структурности	0,99	1,09	1,19						
	Комбинированная	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	52,3	54,7	58,1	2006 г.	1,47	0,88	0,60	0,62	2,66
		коэффициент структурности	1,10	1,21	1,39						
Озимая рожь, (2006-2007 гг.)	Вспашка	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	42,8	48,7	53,3	2006 г.	1,32	0,80	0,54	0,56	2,13
		коэффициент структурности	0,75	0,95	1,14						
	Комбинированная	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	46,7	50,2	56,9	2007 г.	1,47	0,89	0,60	0,63	3,30
		коэффициент структурности	0,88	1,01	1,32						
Горох, (2007-2008 гг.)	Вспашка	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	44,2	51,8	56,4	2007 г.	1,36	0,83	0,55	0,59	3,62
		коэффициент структурности	0,79	0,96	1,16						
	Комбинированная	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	49,4	55,0	58,9	2008 г.	1,51	0,92	0,62	0,65	2,65
		коэффициент структурности	0,97	1,17	1,30						
Яровая пшеница, (2008-2009 гг.)	Вспашка	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	50,9	53,6	57,8	2008 г.	1,79	1,08	0,73	0,76	6,83
		коэффициент структурности	1,04	1,16	1,40						
	Комбинированная	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	57,9	61,5	66,9	2009 г.	1,52	0,91	0,62	0,64	6,10
		коэффициент структурности	1,38	1,60	2,03						
Овес, (2009-2010 гг.)	Вспашка	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	51,1	54,6	58,9	2009 г.	1,79	1,08	0,73	0,76	2,26
		коэффициент структурности	1,05	1,20	1,43						
	Комбинированная	содержание агрегатов 0,25-10 мм, %	53,6	57,2	61,2	2010 г.	1,52	0,91	0,62	0,65	2,12
		коэффициент структурности	1,16	1,34	1,58						

1,20, по комбинированной обработке – 57,2 % и 1,34. Более высокие показатели отмечались при внесении соломы и сидерата по вспашке: общая структура почвы составила 58,9 %, коэффициент структурности – 1,43, по комбинированной обработке – 61,2 % и 1,58 (больше на 2,3 % и 0,15), соответственно.

Следовательно, варианты с комбинированной обработкой почвы и внесением сидерата и соломы значительно повышали показатели структуры почвы, особенно в конце ротации севооборота.

Уплотнение почвы является чрезвычайно острой экологической проблемой (M. Pagliai, N. Vignozzi, S. Pellegrini, 2004). Это одна из главных причин водной эрозии и затопления (гипоксии растений) (M. Gieska, R.R. Ploeg, P. Schweigert, N. Pinter, 2003). Кроме того, этот процесс прямо или косвенно увеличивает выщелачивание питательных веществ и пестицидов в грунтовые воды и увеличивает выброс углекислого газа и закиси азота (парниковых газов) в атмосферу (C. Bessou, B. Mary, J. Léonard, M. Roussel, E. Gréhan and B. Gabrielle, 2010).

Как и плотность сложения почвы, твердость пахотного слоя была меньше на вариантах комбинированной обработки почвы в севообороте по сравнению со вспашкой, а внесение пожнивного сидерата и соломы способствовало снижению твердости почвы (таблица 40).

Твердость пахотного слоя почвы под посевами культур в севообороте в фазе кущения зерновых культур и в фазе бутонизация однолетних трав (бобовый компонент) и гороха была не высокой, однако существенно снижалось от внесения соломы и пожнивного сидерата. На посевах озимой ржи (2003-2004 гг.) в слое 0-10 см по вспашке на фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений твердость пахотного слоя составила 6,0 кг/см², на фоне внесения пожнивного сидерата она снизилась до 5,4, кг/см². На фоне внесения соломы и пожнивного сидерата величины рассматриваемого показателя равнялась всего 3,9 кг/см², а на варианте комбинированной

Таблица 40 - Твердость пахотного слоя почвы под посевами культур в севообороте, кг/см²

Культуры в фазе кущения	Обработка почвы	Слой почвы, см	Варианты		
			NPK (расчетно)	сидерат	солома + сидерат
Оз. рожь, (2003-2004 гг.)	Вспашка	0-10	6,0	5,4	3,9
		10-20	17,7	16,2	11,8
	Комбинированная	0-10	5,2	4,5	3,1
		10-20	16,6	15,1	10,4
Яровая пшеница, (2004-2005 гг.)	Вспашка	0-10	5,7	5,4	4,5
		10-20	17,0	16,3	15,5
	Комбинированная	0-10	5,3	4,9	3,8
		10-20	15,0	14,4	13,6
Однолетние травы, бутонизация (2005-2006 гг.)	Вспашка	0-10	5,9	5,3	5,0
		10-20	16,9	16,2	15,6
	Комбинированная	0-10	5,2	4,8	4,6
		10-20	16,1	15,6	14,9
Озимая рожь, (2006- 2007 гг.)	Вспашка	0-10	7,5	6,1	6,1
		10-20	13,4	13,0	12,9
	Комбинированная	0-10	8,5	6,3	7,1
		10-20	15,7	15,2	15,0
Горох, бутонизация (2007-2008 гг.)	Вспашка	0-10	6,3	5,9	4,2
		10-20	17,2	15,7	13,8
	Комбинированная	0-10	5,8	5,2	4,3
		10-20	15,3	14,6	13,3
Яровая пшеница, (2008-2009 гг.)	Вспашка	0-10	5,7	5,2	5,1
		10-20	17,0	16,3	16,1
	Комбинированная	0-10	6,4	5,9	5,9
		10-20	15,0	14,4	14,0
Овес, (2009-2010 гг.)	Вспашка	0-10	5,6	5,3	4,9
		10-20	17,1	16,5	15,3
	Комбинированная	0-10	5,3	5,1	4,1
		10-20	14,8	14,3	13,6

обработки почвы по фонам питания эти показатели составили 5,2, 4,5 и 3,1 кг/см². В слое 10-20 см твердость почвы по вспашке на фоне внесения минеральных удобрений составила 17,7 кг/см², на фоне внесения сидерата – 16,2 и на фоне внесения сидерата и соломы – 11,8 кг/см², тогда как по комбинированной обработке эти показатели по фонам питания составили, соответственно, 16,6, 15,1 и 10,4 кг/см². Аналогичные результаты были получены и на других культурах в севообороте.

Проанализировав показатели плотности сложения, структурно-агрегатного состава и твердости пахотного слоя под посевами изучаемых культур в севообороте по вариантам основной обработки и фонам питания, можно сделать вывод, что комбинированная обработка, внесение соломы и сидерата способствуют улучшению агрофизических показателей почвы, тем самым обеспечивают лучшие условия для роста и развития культур в севообороте (рисунок 15, 16, 17).



Рисунок 15. – Отвальная обработка



Рисунок 16. – Безотвальная обработка.

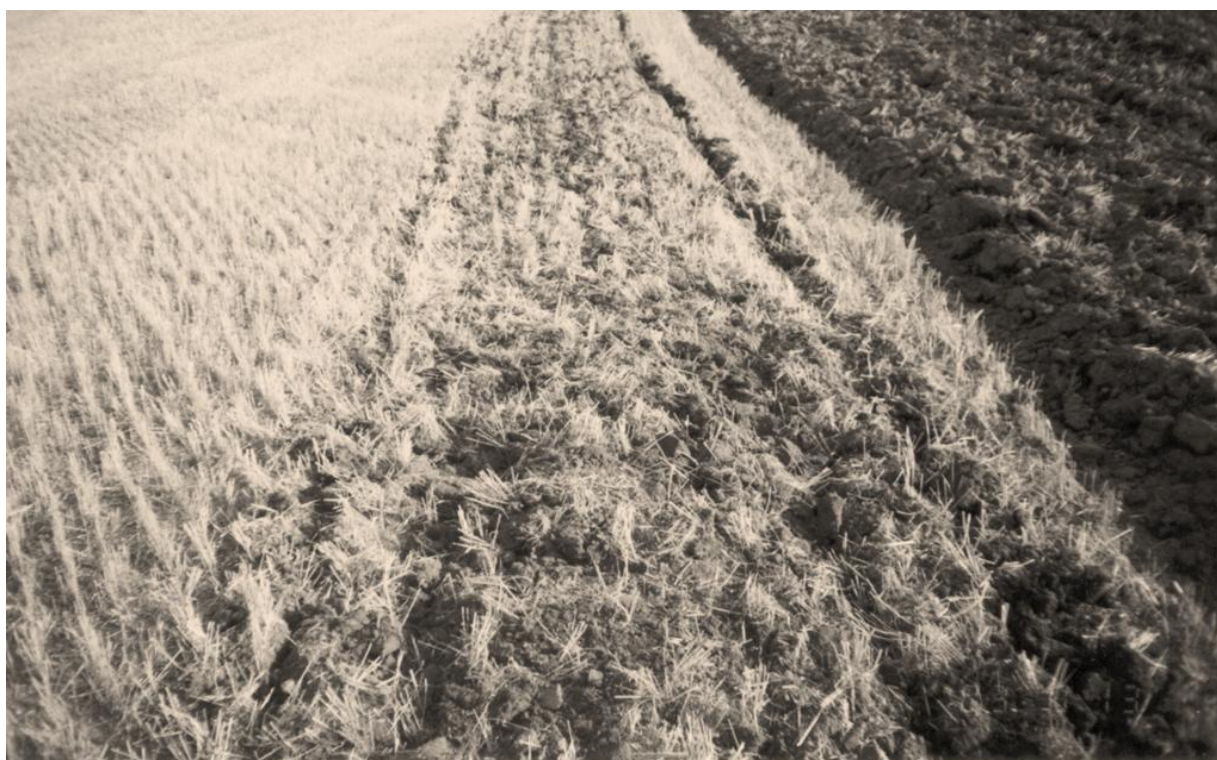


Рисунок 17. – Комбинированная система обработки

6.2 Содержание продуктивной влаги под посевами культур в севообороте

Приёмы использования различных технологий в повышении содержания продуктивной влаги под посевами культур в севообороте и сохранение её в течение вегетации - это основа получения высоких урожаев в зоне неустойчивого увлажнения, к каким относится Республика Татарстан. В наших опытах по содержанию продуктивной влаги под культурами севооборота преимущество имела комбинированная обработка почвы с внесением сидерата и совместного внесения соломы и сидерата (таблица 41).

Запасы продуктивной влаги перед посевом культур в звене севооборота были неодинаковыми. В период весеннего возобновления вегетации озимой ржи (2003-2004 гг.) по вспашке содержалось 184 мм продуктивной влаги на фоне внесения минеральных удобрений на планируемую урожайность, по комбинированной обработке на этом же фоне она увеличилась на 7 мм. Более высокие показатели продуктивной влаги, как по вспашке (209 мм), так и по комбинированной обработке (214 мм), отмечались при внесении пожнивного сидерата, а максимальные показатели выявлены при совместном внесении соломы и пожнивного сидерата по вспашке (217 мм) и по комбинированной обработке (224 мм).

Внесение пожнивного сидерата и соломы увеличило запасы продуктивной влаги на посевах озимой ржи (2003-2004 гг.) – на 33 мм, на яровой пшенице (2004-2005 гг.) – на 8-13 мм, на посевах однолетних трав (2005-2006 гг.) – на 5-8 мм, на озимой ржи (2006-2007 гг.) – на 21 мм, на горохе (2007-2008 гг.) – на 14-13 мм, на яровой пшенице (2008-2009 гг.) – на 8-15 мм и на овсе (2009-2010 гг.) - на 16-19 мм, по сравнению с расчетным фоном NPK.

Таблица 41 - Содержание продуктивной влаги в слое 0-100 см почвы под посевами культур в севообороте, мм

Культуры, фаза развития	Обработка почвы	Варианты		
		НПК (расчетно)	сидерат	солома + сидерат
Озимая рожь, весеннее возобновление вегетации (2003-2004 гг.)	Вспашка	184	209	217
	Комбинированная	191	214	224
Яровая пшеница, выход в трубку (2004-2005 гг.)	Вспашка	103	105	111
	Комбинированная	108	117	121
Однолетние травы, бутонизация (2005-2006 гг.)	Вспашка	76	79	81
	Комбинированная	78	83	86
Озимая рожь, весеннее возобновление вегетации (2006-2007 гг.)	Вспашка	165	178	186
	Комбинированная	169	191	190
Горох, бутонизация (2007-2008 гг.)	Вспашка	100	127	114
	Комбинированная	113	138	129
Яровая пшеница, выход в трубку (2008-2009 гг.)	Вспашка	93	104	101
	Комбинированная	95	116	110
Овес, выход в трубку (2009-2010 гг.)	Вспашка	81	88	97
	Комбинированная	89	97	108

Следовательно, приемы комбинированной обработки почвы с внесением пожнивного сидерата и соломы существенно повышают содержание продуктивной влаги в почве, по сравнению со вспашкой и внесением расчетных доз NPK на запланированные урожаи культур в севообороте.

6.3 Биологические показатели почвенного плодородия

Проведенный учет поступивших в почву пожнивных и корневых остатков после уборки культур в севообороте можно показал, что наибольшее накопление сухих органических веществ отмечалось на вариантах комбинированной основной обработки почвы на фонах с внесением пожнивного сидерата и соломы (таблица 42). Преимущество комбинированной основной обработки почвы с внесением пожнивного сидерата и соломы над вспашкой с фоном «NPK (расчетно)» за ротацию севооборота составило 17,0 т/га. Большое накопление сухой биомассы растений отмечалось после озимой ржи (7,1 и 8,3 т/га) и после овса (7,9 и 8,6 т/га) на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы, а минимальные её значения отмечались на фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений после гороха (2,7 и 2,9 т/га). Максимальное количество пожнивных и корневых остатков после уборки культур в севообороте отмечалось после озимой ржи (2003-2004 гг.) 8,3 т/га и овса (2009-2010 гг.) 8,6 т/га по комбинированной обработке с внесением соломы и пожнивного сидерата.

Содержание пожнивных и корневых остатков в среднем за два года после однолетних трав на посевах озимой ржи (2006-2007 гг.) по отвальной обработке на фоне «NPK (расчетно)» составило 3,8 т/га, на фоне применения промежуточного сидерата – 4,6 т и на фоне использования измельченной соломы и сидерата – 6,3 т/га. По комбинированной обработке, соответственно,

Таблица 42 - Поступление сухой биомассы растений в почву за ротацию севооборота (2003-2010 гг.), т/га

Культуры	Обработка почвы	Варианты			НСР ₀₅					
		НРК (расчетно)	сидерат	солома + сидерат	годы	1 пор.	2 пор	А	В	АВ
Озимая рожь (2003-2004 гг.)	Вспашка	5,6	6,1	7,1	2003 г.	0,07	0,04	0,03	0,03	0,86
	Комбинированная	6,2	6,9	8,3	2004 г.	0,06	0,03	0,02	0,02	0,62
Яровая пшеница (2004-2005 гг.)	Вспашка	4,0	4,3	6,9	2004 г.	0,04	0,03	0,02	0,02	0,75
	Комбинированная	4,5	4,9	7,7	2005 г.	0,06	0,04	0,02	0,03	0,27
Однолетние травы (2005-2006 гг.)	Вспашка	3,9	4,2	6,5	2005 г.	0,05	0,03	0,02	0,02	0,37
	Комбинированная	4,0	4,3	7,2	2006 г.	0,05	0,03	0,02	0,02	0,45
Озимая рожь (2006-2007 гг.)	Вспашка	3,8	4,6	6,3	2006 г.	0,04	0,03	0,02	0,02	0,87
	Комбинированная	3,9	4,9	7,8	2007 г.	0,05	0,03	0,02	0,02	0,96
Горох (2007-2008 гг.)	Вспашка	2,7	3,8	5,7	2007 г.	0,03	0,02	0,01	0,02	0,78
	Комбинированная	2,9	4,1	7,2	2008 г.	0,04	0,03	0,02	0,02	0,90
Яровая пшеница (2008-2009 гг.)	Вспашка	4,2	4,9	7,1	2008 г.	0,06	0,04	0,02	0,03	0,56
	Комбинированная	4,7	5,5	7,9	2009 г.	0,05	0,03	0,02	0,02	0,53
Овес (2009-2010 гг.)	Вспашка	5,6	6,3	7,9	2009 г.	0,07	0,04	0,03	0,03	0,72
	Комбинированная	5,9	6,8	8,6	2010 г.	0,06	0,03	0,02	0,02	0,63

– 3,9, 4,9 и 7,8 т/га. Из-за дополнительного внесения биомассы (пожнивного сидерата и соломы) поступление органического вещества по вспашке на фоне пожнивного сидерата в среднем за два года составило 7,51 и 8,15 т/га, на фоне внесения соломы и сидерата – 9,59-9,99 т, против 3,75-3,84 т/га на минеральном фоне.

Проведя анализ поступления сухих органических веществ в почву от внесения растительной биомассы за ротацию севооборота можно констатировать, что больше их накопилось на фоне совместного использования соломы и пожнивного сидерата – 37,4 т/га, пожнивного сидерата 54,7 т/га, и 32,1 т/га на фоне «NPK (расчетно)» по комбинированной системе обработки почвы, против 47,5, 34,2 и 29,8 т/га по вспашке, соответственно.

Следовательно, комбинированная обработка почвы с внесением соломы и пожнивного сидерата способствует большему поступлению сухих органических веществ в почву за ротацию севооборота, тем самым создает благоприятные условия для питания почвенных микроорганизмов, накоплению и сохранению продуктивной влаги, а её минерализация дополнительно обеспечивает культуры элементами питания.

Изменение содержания гумуса в севообороте произошло на всех вариантах опыта (таблица 43).

На фонах внесения расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность культур в севообороте увеличение содержания гумуса составило 0,03 %, от внесения пожнивного сидерата по вспашке - на 0,04 %, по комбинированной обработке разница снизилась до + 0,01 %.

Аналогичное увеличение гумуса (на 0,02 %) произошло на обоих вариантах обработки почвы на фоне совместного внесения соломы и пожнивного сидерата.

Таблица 43 - Изменение содержания гумуса в почве
за ротацию севооборота, %

Варианты	В начале ротации, (2002-2003 гг.)		В конце ротации, (2009-2010 гг.)		Изменение от исходного показателя
Вспашка					
НПК (расчетно)	3,52		3,55		+ 0,03
Сидерат	3,54		3,58		+ 0,04
Солома + сидерат	3,60		3,62		+ 0,02
Комбинированная система					
НПК (расчетно)	3,55		3,58		+ 0,03
Сидерат	3,61		3,62		+ 0,01
Солома + сидерат	3,66		3,68		+ 0,02
НСП ₀₅	2002 г.	2003 г.	2009 г.	2010 г.	
1 пор.	0,04	0,04	0,04	0,04	
2 пор.	0,02	0,02	0,02	0,02	
А	0,02	0,01	0,02	0,01	
В	0,01	0,01	0,01	0,01	
АВ	0,05	0,05	0,03	0,05	

Следовательно, в наших исследованиях варианты основной обработки почвы не оказали существенное влияние на изменение содержания гумуса в почве. Применение минеральных удобрений, сидерата и совместного использования соломы и сидерата незначительно увеличили его содержание от исходного показателя.

6.4 Агрохимические параметры почвенного плодородия

При рассмотрении динамики элементов питания по фазам роста растений, мы приводим результаты исследований только по яровой пшенице, так как основные значения в содержании элементов различны, но закономерности распределения элементов примерно схожи по приемам

основной обработки почвы и фонам питания. Содержание азота перед посевом яровой пшеницы было больше на фоне внесения соломы + сидерата. В верхнем слое 0-10 см она равнялась – 66,6 мг/кг, в слое 10-20 см – 42,8 мг/кг, в то время как по отвальной обработке на фоне внесения NPK на 3,0 т/га, содержание азота составило 43,2 мг/кг в слое 0-10 см и 22,2 мг/кг в слое почвы 10-20 см (таблица 44).

Аналогичное преимущество на фоне совместного внесения соломы и сидерата и комбинированной обработки почвы отмечалось по содержанию фосфора и калия над вариантом внесения NPK на 3,0 т/га и проведением отвальной обработки. Фоны питания с внесением только пожнивного сидерата по содержанию элементов питания незначительно уступали варианту с внесением соломы и сидерата, но превышали варианты с внесением расчетных доз NPK на всех вариантах обработки почвы.

В период вегетации растений запасы элементов питания в почве уменьшались из-за расходов на формирование урожая яровой пшеницы, однако по вариантам основной обработки почвы и фонам питания общая тенденция сохранилась. Следует отметить, что более интенсивно использовался фосфор на формирование урожая в начальные фазы роста, а обменный калий, наоборот, во второй половине вегетации яровой пшеницы. В динамике азота произошло некоторое повышение его содержания в пахотном слое почвы к фазе колошения яровой пшеницы, что можно объяснить активацией жизнедеятельности почвенной микрофлоры, а к концу вегетации отмечено его уменьшение.

По отвальной обработке на фоне внесения NPK на 3,0 т/га к уборке урожая содержалось 42,6 мг/кг азота, 238,5 мг фосфора и 187,8 мг/кг калия, тогда как на варианте «солома + сидерат» в сочетании с комбинированной обработкой почвы, эти показатели составили 93,4 мг, 290,7 и 212,4 мг/кг почвы, соответственно. Кроме того, на вариантах использования комбинированной обработки почвы по сравнению со вспашкой, отмечалось

Таблица 44 - Содержание элементов питания в почве под яровой пшеницей (2004-2005 гг.), мг/кг

Обработка почвы	Слои почвы, см	N-NO ₃			P ₂ O ₅			K ₂ O		
		перед посевом	колошение	перед уборкой	перед посевом	колошение	перед уборкой	перед посевом	колошение	перед уборкой
NPK (расчетно)										
Вспашка	0-10	43,2	55,9	27,2	143,4	127,7	123,0	137,2	136,6	92,2
	10-20	22,2	24,5	15,4	122,2	124,7	115,5	110,2	104,2	95,6
Комбинированная	0-10	49,9	64,4	35,3	149,9	135,2	130,2	140,3	138,9	95,3
	10-20	25,3	29,0	17,4	125,6	129,0	117,4	114,5	106,9	97,6
Пожнивной сидерат										
Вспашка	0-10	52,4	68,9	40,5	155,4	139,9	135,8	141,9	140,6	96,9
	10-20	34,0	40,6	26,6	137,1	140,6	126,7	115,6	108,3	97,3
Комбинированная	0-10	63,8	77,5	49,1	162,4	150,3	145,8	148,6	146,8	100,3
	10-20	38,1	45,5	32,6	142,7	145,5	132,6	119,5	111,1	99,7
Солома + сидерат										
Вспашка	0-10	58,5	73,6	45,4	158,5	143,0	139,2	147,6	145,2	101,1
	10-20	38,2	48,4	33,0	145,8	148,5	132,9	120,3	112,0	101,6
Комбинированная	0-10	66,6	82,7	54,1	166,7	153,0	151,3	155,5	154,1	105,9
	10-20	42,8	54,0	39,3	151,2	153,9	139,4	124,5	117,0	106,5

большее содержание элементов питания в слое 10-20 см, что дает возможность рассчитывать на более эффективное использование элементов питания растениями в периоды между выпадением осадков.

По результатам исследований можно отметить, что более высокое содержание элементов питания было на фонах с внесением соломы и пожнивного сидерата на вариантах с использованием комбинированной системы обработки почвы.

6.5 Фитосанитарное состояние посевов

При производстве зерна в регионе товаропроизводители сталкиваются со многими трудностями, среди которых важное место отводится распространению сорняков. Кроме того, на количестве и качестве сельскохозяйственной продукции отрицательно сказывается распространение болезней и вредителей, наносящих существенный ущерб урожаю (А.А. Иващенко, 2007). В системе мер по повышению продуктивности сельскохозяйственных культур особое место занимают мероприятия по контролю фитосанитарного состояния посевов (О.М. Доронина, 2015).

На необходимость усиления борьбы с сорной растительностью указывают данные по динамике засоренности пашни. Согласно многолетним научным исследованиям (А.В. Вражнов, 2009), при средней и сильной засоренности на посевах зерновых недобирается от 25 до 40 % урожая. Сорная растительность отмечена на 75,8 % полей зерновых культур, причем в средней и сильной степени засорено более 53,2 % пашни, которые требуют непременно проведения специальных защитных мероприятий.

В наших экспериментах количество однолетних сорняков в опытах не превышало 56 шт./м²; многолетних – не более 0,8 растений на единицу площади. Видовой состав сорного компонента представлен доминирующими растениями: из малолетних однодольных – овсюгом (*Avena fatua*), просом куриным (*Echinochloa crusgalli*), щетинниками сизым (*Setaria pumila*) и

зеленым (*Setaria viridis*); малолетними двудольными – марью белой (*Chenopodium album*), подмаренником цепким (*Galiuma parine*), щирицей запрокинутой (*Amaranthus retroflexus*) и гречишкой вьюнковой (*Fallopiacon volvulus*). Среди многолетних сорняков – осотом желтым (*Sonchus arvensis*), бодяком полевым (*Cirsium arvensis*) и вьюнком полевым (*Convolvulus arvensis*).

Засорённость посевов в севообороте изменялась в зависимости от агроклиматических условий вегетационного периода, приемов основной обработки почвы и фонов питания. Многолетние стационарные наблюдения показали, что засоренность посевов в фазе выхода в трубку зерновых культур в севообороте в среднем по вариантам охарактеризована как очень слабая. По вспашке на озимой ржи (2003-2004 гг.) в зависимости от фонов питания она составила 34-41 шт./м², по комбинированной обработке снизилась до 20-26 шт./м², воздушно-сухая масса сорняков составила, соответственно, 31,4-38,9 и 19,1-24,7 г/м² (таблица 45). По остальным культурам севооборота наблюдается аналогичная картина, где численность сорняков на вариантах с отвальной обработкой превосходили варианты с комбинированной обработкой.

Более контрастная картина засоренности посевов наблюдается по фонам питания, где большая ее величина во всех полях севооборота отмечалась на фоне с внесением соломы и пожнивного сидерата. Так, например, на посевах яровой пшеницы (2008-2009 гг.) засоренность посевов по вспашке на фоне с внесением расчетных доз минеральных удобрений составила 32 шт./м² с воздушно-сухой массой сорняков 32,2 г/м², на фоне с внесением пожнивного сидерата – только 23 шт./м² и 27,4 г/м². На варианте с внесением соломы и пожнивного сидерата она повысилась до 46 т/м² и 33,7 г/м², соответственно. По комбинированной обработке отмечается схожая ситуация, где большая засоренность посевов 41 шт./м² и воздушно-сухая

масса сорняков (29,2 г/м²) отмечались на фоне с внесением соломы и пожнивного сидерата.

Таблица 45 - Засоренность посевов в зависимости от обработки почвы и фона питания

Культуры	Обработка почвы	Показатели	Фон питания		
			НРК (расчетно)	сидерат	солома + сидерат
Озимая рожь, выход в трубку (2003-2004 гг.)	Вспашка	шт./м ²	37	34	41
		г/м ²	35,8	31,4	38,9
	Комбинированная	шт./м ²	26	20	24
		г/м ²	24,7	19,1	23,3
Яровая пшеница, выход в трубку (2004-2005 гг.)	Вспашка	шт./м ²	50	40	63
		г/м ²	21,1	16,5	27,7
	Комбинированная	шт./м ²	36	28	45
		г/м ²	14,9	12,9	19,3
Однолетние травы, бутонизация (2005-2006 гг.)	Вспашка	шт./м ²	40	35	45
		г/м ²	28,2	23,9	29,7
	Комбинированная	шт./м ²	34	27	38
		г/м ²	21,5	19,8	22,9
Озимая рожь, выход в трубку (2006-2007 гг.)	Вспашка	шт./м ²	40	31	51
		г/м ²	30,2	22,7	33,2
	Комбинированная	шт./м ²	44	35	56
		г/м ²	29,4	21,8	28,7
Горох, бутонизация (2007-2008 гг.)	Вспашка	шт./м ²	15	8	18
		г/м ²	15,8	15,8	18,8
	Комбинированная	шт./м ²	26	16	17
		г/м ²	13,3	13,3	17,9
Яровая пшеница, выход в трубку (2008-2009 гг.)	Вспашка	шт./м ²	32	23	46
		г/м ²	32,2	27,4	33,7
	Комбинированная	шт./м ²	30	22	41
		г/м ²	23,3	20,3	29,2
Овес, выход в трубку (2009-2010 гг.)	Вспашка	шт./м ²	29	22	32
		г/м ²	30,2	24,8	35,4
	Комбинированная	шт./м ²	22	17	29
		г/м ²	23,1	18,7	30,4

Таким образом, варианты с комбинированной основной обработкой почвы в севообороте с внесением пожнивного сидерата способствовали

снижению засоренности посевов, по сравнению с отвальной обработкой и применением минеральных удобрений и внесением соломы и пожнивного сидерата. Предпосевная обработка почвы под посев пожнивного сидерата после уборки основной культуры способствовала максимальному прорастанию сорных растений осенью, а весной - до посева культурных растений. На фонах питания с заделкой соломы и сидерата происходило их временная консервация, а массовое их распространение произошло в период вегетации зерновых культур. В целом же после обработки посевов гербицидами сорняки в опытах были практически уничтожены, а вновь появившиеся сорняки не имели большую вегетативную массу и на формирование урожая существенного влияния не оказали.

Запас семян сорняков в пахотном слое почвы в начале ротации севооборота был высоким и составлял по вспашке в зависимости от фонов питания от 87,6 до 369,3 млн. шт./га, по комбинированной обработке – 96,2-301,7 млн. шт./га (таблица 46). Максимальная их численность отмечалась на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы: по вспашке в слое 0-10 см составила 107,6, в слое 10-20 см - 369,3 млн. шт./га, по комбинированной обработке в слое 0-10 см – 117,9, в слое 10-20 см – 301,7 млн. шт./га.

Численность семян сорняков на обоих вариантах основной обработки почвы к концу ротации севооборота сократилась: по вспашке в слое 0-10 см до 46,7-56,9 млн. шт./га, в слое 10-20 см – до 129,0-139,0 млн. шт./га, по комбинированной обработке в слое 0-10 см – до 46,1-58,3 млн. шт., в слое 10-20 см – до 107,0-129,0 млн. шт./га. Наибольшее сокращение семян сорняков от исходного показателя по вспашке в слое 0-20 см произошло на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы на 54,8 %, по комбинированной обработке на этом же фоне – 53,9 %. Наименьшее снижение выявлено на фоне внесения минеральных удобрений на планируемую урожайность (на 45,8 %) по вспашке и по комбинированной основной обработке почвы (на 46,9 %).

Таблица 46 - Изменение количества семян сорных растений в пахотном слое почвы в начале и в конце ротации севооборота, млн. шт./га (2003-2010 гг.)

Варианты	Слой почвы, см	В начале севооборота	В конце севооборота	Процент уменьшения от исходного
Вспашка				
NPK (расчетно)	0-10	87,6	51,6	41,1
	10-20	260,4	129,0	50,5
	0-20	174,0	90,3	45,8
Сидерат	0-10	81,1	46,7	42,4
	10-20	267,6	131,0	51,0
	0-20	174,4	88,9	46,7
Солома + сидерат	0-10	107,6	56,9	47,1
	10-20	369,3	139,0	62,4
	0-20	238,5	98,0	54,8
В среднем	-	-	-	49,1
Комбинированная обработка почвы				
NPK (расчетно)	0-10	96,2	49,8	48,2
	10-20	204,2	111,0	45,6
	0-20	150,2	80,4	46,9
Сидерат	0-10	90,4	46,1	49,0
	10-20	207,8	107,0	48,5
	0-20	149,1	76,6	48,8
Солома + сидерат	0-10	117,9	58,3	50,6
	10-20	301,7	129,0	57,2
	0-20	209,8	93,7	53,9
В среднем	-	-	-	49,9

Следовательно, применяемые приемы агротехники возделывания культур в севообороте позволили нам сократить численность семян

сорняков практически наполовину от исходного содержания их в пахотном слое почвы.

Большой проблемой на посевах зерновых были и остаются корневые гнили. В годы эпифитотий потери урожая зерна могут достигать 60 %. Внесение в севообороте измельченной соломы предшествующих зерновых культур способствует повышению численности сапрофитной микрофлоры, в том числе увеличению антагонистов, снижению патогенов в почве, что снижает пораженность растений корневыми гнилями и повышает их урожайность. Совместное внесение органических и минеральных удобрений оказывает влияние на почвенный фунгистазис (А.М. Ямалеева, 2015).

В посевах зерновых культур наиболее распространенным и вредоносным видом болезней является обыкновенная (гельминтоспориозная) корневая гниль, вызываемая несовершенным грибом *Bipolaris sorokiniana* и фузариозная корневая гниль (*Fusarium spp.*). Ущерб от данных болезней значителен. В результате развития корневых гнилей зерновых культур урожайность может снижаться до 40-50%, содержание клейковины в зерне пшеницы – на 4,5-10%. Результаты учета пораженности растений корневой гнилью в севообороте (таблица 47) показали, что в фазу выхода в трубку на посевах зерновых и в фазе бутонизации гороха распространение болезни составило 10-57 %, развитие болезни – 3,4-17,9 %, несмотря на применение рекомендуемых протравителей.

Максимальное поражение растений среди исследуемых зерновых культур отмечалось на посевах яровой пшеницы (2008-2009 гг.) по вспашке с внесением соломы и пожнивного сидерата. Распространение болезни составило 46 %, развитие 14,7 %, по комбинированной обработке они увеличились до 52 и 15,8 %, соответственно, что превышало ЭПВ (экономический порог вредности равный, 10 %) на 4,7 и 5,8 %. Минимальное поражение растений корневыми гнилями отмечалось на посевах овса:

распространение болезни по вспашке составило 22 %, развитие болезни – 7,2 %, по комбинированной обработке – 23 и 8,7 %, соответственно.

Таблица 47 - Пораженность растений культур в севообороте корневыми гнилями в фазе выхода в трубку, %

Культуры	Обработка почвы	Показатели	Варианты		
			НРК (расчетно)	сидерат	солома + сидерат
Озимая рожь, (2003-2004 гг.)	Вспашка	P	13	10	14
		R	5,10	4,70	6,00
	Комбинированная	P	20	19	24
		R	6,40	5,80	7,60
Яровая пшеница (2004-2005 гг.)	Вспашка	P	15	13	17
		R	8,6	5,9	8,9
	Комбинированная	P	15	11	16
		R	8,5	5,7	8,7
Озимая рожь (2006-2007 гг.)	Вспашка	P	32	21	41
		R	8,1	4,2	11,3
	Комбинированная	P	37	26	53
		R	9,8	6,1	16,2
Горох, бутонизация (2007-2008 гг.)	Вспашка	P	44	34	53
		R	12,1	9,4	14,2
	Комбинированная	P	50	38	57
		R	13,9	11,7	17,9
Яровая пшеница (2008-2009 гг.)	Вспашка	P	36	25	46
		R	9,2	6,7	14,7
	Комбинированная	P	43	29	52
		R	12,7	7,9	15,8
Овес (2009- 2010 гг.)	Вспашка	P	18	11	22
		R	4,8	3,4	7,2
	Комбинированная	P	20	13	23
		R	6,9	3,5	8,7

Примечание: P- распространение, R- развитие болезни.

Это обуславливается тем, что корневые выделения овса способны к подавлению болезней растений (корневых гнилей). В целом же насыщение

севооборота зерновыми культурами увеличивает распространение и развитие корневых гнилей, тем самым приводит к недобору урожая.

6.6 Урожайность сельскохозяйственных культур и качество зерна зерновых культур

В годы проведения исследований более высокие урожаи получены на фоне комбинированной основной обработки почвы. При внесении расчетных доз минеральных удобрений по вспашке урожайность озимой ржи (2003-2004 гг.) составила 2,79 тыс. зерновых единиц, яровой пшеницы (2004-2005 гг.) – 2,87, однолетних трав (2005-2006 гг.) – 1,63, озимой ржи (2006-2007 гг.) – 3,65, гороха (2007-2008 гг.) – 1,95, яровой пшеницы (2008-2009 гг.) – 2,87 и овса (2009-2010 гг.) – 1,78 тыс. зерновых единиц. По комбинированной обработке величина этих показателей выросла на 0,25, 0,31, 0,24, 0,27, 0,18, 0,26 и 0,13 тыс. зерновых единиц, соответственно (таблица 48). Независимо от приёмов основной обработки почвы, увеличение урожая всех культур в севообороте получено от применения пожнивного сидерата.

Применение пожнивного сидерата и соломы убедительно доказало на важность этого приема в повышении урожайности, что, вероятно, связано с лучшим сохранением и обеспечением растений продуктивной влагой и элементами питания в течение вегетации, особенно на вариантах с комбинированной обработкой почвы.

На фоне внесения соломы и пожнивного сидерата, по сравнению с внесением расчетных доз минеральных удобрений, по вспашке прибавка урожая зерна озимой ржи (2003-2004 гг.) составила 0,49 тыс. зерновых единиц, яровой пшеницы (2004-2005 гг.) – 0,6, озимой ржи (2006-2007 гг.) – 0,76, гороха (2007-2008 гг.) – 0,63, яровой пшеницы (2008-2009 гг.) – 0,47 и овса – 0,39 тыс. зерновых единиц.

Таблица 48 - Урожайность сельскохозяйственных культур, тыс. зерновых единиц

Культуры	Обработка почвы	Варианты			НСР ₀₅					
		НРК (расчетно)	сидерат	солома + сидерат	годы	делянок 1 пор.	делянок 2 пор	А	В	АВ
Озимая рожь (2003-2004 гг.)	Вспашка	2,79	3,04	3,28	2003 г.	0,16	0,15	0,06	0,11	0,27
	Комбинированная	3,04	3,34	3,61	2004 г.	0,12	0,12	0,05	0,09	0,20
Яровая пшеница (2004-2005 гг.)	Вспашка	2,87	3,21	3,47	2004 г.	0,13	0,13	0,05	0,09	0,41
	Комбинированная	3,18	3,64	3,77	2005 г.	0,17	0,17	0,07	0,12	0,22
Однолетние травы (2005-2006 гг.)	Вспашка	1,63	1,64	1,65	2005 г.	0,07	0,08	0,03	0,05	0,17
	Комбинированная	1,87	1,89	1,90	2006 г.	0,07	0,08	0,03	0,05	0,22
Озимая рожь (2006-2007 гг.)	Вспашка	3,65	3,92	4,41	2006 г.	0,18	0,17	0,07	0,12	0,29
	Комбинированная	3,92	4,37	4,84	2007 г.	0,18	0,19	0,07	0,13	0,35
Горох (2007-2008 гг.)	Вспашка	1,95	2,20	2,58	2007 г.	0,10	0,10	0,04	0,07	0,17
	Комбинированная	2,13	2,42	2,74	2008 г.	0,11	0,11	0,04	0,07	0,14
Яровая пшеница (2008-2009 гг.)	Вспашка	2,87	3,12	3,34	2008 г.	0,15	0,15	0,05	0,11	0,23
	Комбинированная	3,13	3,37	3,65	2009 г.	0,13	0,13	0,05	0,09	0,21
Овес (2009-2010 гг.)	Вспашка	1,78	1,94	2,17	2009 г.	0,10	0,10	0,04	0,07	0,15
	Комбинированная	1,91	2,13	2,36	2010 г.	0,08	0,08	0,03	0,05	0,12

Более высокие прибавки урожая зерновых культур были получены от применения комбинированной основной обработки почвы по сравнению со вспашкой и внесением расчетных доз минеральных удобрений: у озимой ржи (2003-2004 гг.) – на 0,82 тыс. зерновых единиц, яровой пшеницы (2004-2005 гг.) – на 0,9, озимой ржи (2006-2007 гг.) – на 1,19, гороха (2007-2008 гг.) – на 0,79, яровой пшеницы (2008-2009 гг.) – на 0,78 и овса (2009-2010 гг.) – на 0,58 тыс. зерновых единиц.

Максимально высокая урожайность зерна в опыте была получена на фоне комбинированной обработки почвы с внесением соломы предшественника и пожнивного сидерата на посевах озимой ржи (2006-2007 гг.) 4,84 тыс. зерновых единиц. Увеличение урожайности озимой ржи на этом варианте, по сравнению с вариантом отвальной обработки почвы и внесения только минеральных удобрений составила 1,19 тыс. зерновых единиц. А самая низкая урожайность зерна в севообороте 2,79 тыс. зерновых единиц получена на посевах озимой ржи (2003-2004 гг.) с отвальной обработкой почвы и внесением расчетных доз минеральных удобрений. Минимальная урожайность зерна овса, как по вариантам основной обработки почвы, так и по фонам питания, получена в острозасушливом в вегетационном периоде 2010 года.

Таким образом, варианты с комбинированной обработкой почвы больше накапливая продуктивной влаги в почве и снабжая элементами питания растения в течение вегетации за счет минерализации соломы и пожнивного сидерата в севообороте, способствовали формированию более высокого урожая зерна, по сравнению с фоном внесения только пожнивного сидерата и внесения расчетных доз минеральных удобрений в отдельности.

При проведении многофакторного корреляционно-регрессионного анализа была установлено, что на фоне «NPK (расчетно)» на формирование урожайности положительное влияние оказывала продуктивная влага ($r=0,677$), в меньшей степени засоренность ($r=0,479$) и небольшое

отрицательное действие имела структурность почвы ($r=-0,141$). На фоне «сидераты» данное действие было следующим – продуктивная влага ($r=0,650$), засоренность ($r=0,368$), структурность почвы ($r=-0,132$). На фоне «солома + сидераты» действие продуктивной влаги ($r=-0,141$) и структурности почвы ($r=0,034$) почти не сказывалось, а засоренность посевов имела значительное влияние ($r=0,677$). Указанные взаимосвязи выражались следующими уравнениями множественной регрессии:

для «NPK (расчетно)»

$$y=0,159*X_1+0,248*X_2+0,658*X_3+-33,428\pm 4,124, \quad (6.1)$$

«сидераты»

$$y=0,187*X_1+0,380*X_2+1,204*X_3+-69,968\pm 4,262, \quad (6.2)$$

«солома + сидераты»

$$y=-2,786*X_1+0,222*X_2+1,106*X_3+-42,614\pm 3,905, \quad (6.3)$$

где y – урожайность, тыс. зерновых единиц

X_1 – продуктивная влага, мм

X_2 – засоренность, шт./м²

X_3 – структурность почвы, %

Приведенные экспериментальные данные показывают, что на варианте сочетания комбинированной обработки почвы с внесением соломы и пожнивного сидерата натура зерна яровой пшеницы (2004-2005 гг.) составила 756 г/л, стекловидность – 67 %, содержание клейковины – 31,2 %, против 745 г/л, 60 %, и 27,5 %, соответственно, по отвальной обработке с внесением расчетных доз минеральных удобрений (таблица 49).

Аналогичные результаты качества зерна получены от урожая пшеницы 2008-2009 гг. Во всех вариантах опыта зерно яровой пшеницы имело клейковину второй группы качества.

Таблица 49 - Качество зерна яровой пшеницы

Варианты опыта	Показатели	Натура, г/л	Стекловидность, %	Содержание клейковины, %	Группа качества
2004-2005 гг.					
NPK (расчетно)	Вспашка	745	60	27,5	II
	Комбинированная	750	61	28,2	II
Сидерат	Вспашка	751	61	28,2	II
	Комбинированная	754	64	29,1	II
Солома + сидераты	Вспашка	753	65	29,8	II
	Комбинированная	756	67	31,2	II
2008-2009 гг.					
NPK (расчетно)	Вспашка	745	61	27,5	II
	Комбинированная	750	62	28,2	II
Сидерат	Вспашка	752	65	28,2	II
	Комбинированная	755	67	29,1	II
Солома + сидераты	Вспашка	752	64	28,1	II
	Комбинированная	759	68	30,4	II

Определение качества зерна озимой ржи (2003-2004 гг.) и (2006-2007 гг.) (таблица 50) показало, что на вариантах с комбинированной обработкой почвы и внесением соломы и сидерата содержание белка было выше на 1,90 и 1,76 %, сырого протеина на 2,33 и 2,17 % и натуры зерна на 28 и 22 г/л, чем на вариантах с отвальной обработкой и внесением расчетных доз минеральных удобрений. Варианты с внесением только пожнивного сидерата имели преимущество над фоном с внесением расчетных доз минеральных удобрений, но уступали фону с совместным внесением соломы и пожнивного сидерата.

Таблица 50 - Качество зерна озимой ржи

Показатели		Натура, г/л	Число падения, сек.	Сырой протеин, %	Белок, %	Зольность, %
Варианты опыта						
2003-2004 гг.						
NPK (расчетно)	Вспашка	661	147	9,78	10,98	5,41
	Комбинированная	674	159	10,14	12,01	5,89
Сидерат	Вспашка	667	157	10,01	11,34	5,87
	Комбинированная	680	171	11,20	12,07	6,11
Солома + сидераты	Вспашка	675	167	10,98	11,95	6,01
	Комбинированная	689	189	12,11	12,88	6,37
2006-2007 гг.						
NPK (расчетно)	Вспашка	665	144	9,84	11,71	5,39
	Комбинированная	672	154	10,30	12,34	5,61
Сидерат	Вспашка	671	170	10,18	12,77	6,01
	Комбинированная	680	188	11,35	13,21	6,10
Солома + сидераты	Вспашка	679	172	11,24	12,51	6,09
	Комбинированная	687	192	12,01	13,47	6,21

6.7 Экономическая и энергетическая оценка возделывания культур в севообороте

Важное научное и практическое значение в современных условиях сельскохозяйственного производства заслуживает разработка эффективных приемов биологизации для различных видов полевых севооборотов в сочетании с рациональными системами зяблевой обработки почвы и фонов питания, что позволяет экономно и рационально использовать природные ресурсы.

Возделывание культур по вспашке с внесением расчетных доз минеральных удобрений повышало производственные затраты по сравнению с вариантами с внесением пожнивного сидерата и совместного внесения соломы и сидерата за ротацию севооборота на 1248 и 1155 руб./га. По комбинированной обработке величина затрат возрастала, соответственно, на 1294 и 1454 руб./га (таблица 51). На этих же вариантах произошло увеличение себестоимости продукции по вспашке с внесением расчетных доз NPK по сравнению с комбинированной обработкой на 77,52 руб./ц, на фоне внесения пожнивного сидерата – на 74,63 руб./ц и на фоне совместного внесения соломы и пожнивного сидерата – на 71,13 руб./ц.

С получением более высоких урожаев сельскохозяйственных культур в среднем за ротацию севооборота по комбинированной основной обработке почвы и меньших затраченных средств на их производство на фоне внесения расчетных доз NPK чистый доход был выше на 3169 руб./га. На фоне внесения пожнивного сидерата он вырос – на 3857 руб./га и на фоне совместного внесения соломы и пожнивного сидерата на 3939 руб./га по сравнению с вариантами использования отвальной обработки.

Оценивая экономическую эффективность возделывания культур в севообороте, можно констатировать, что при использовании комбинированной основной обработки почвы с совместным внесением соломы и пожнивного сидерата уровень рентабельности составил 181,65 %, против 80,52 % на вариантах со вспашкой и внесением расчетных доз NPK на планируемые урожаи сельскохозяйственных культур.

Среди возделываемых культур в севообороте наиболее эффективным оказалось выращивание озимой ржи (2006-2007 гг.) идущей по однолетним травам, где чистый доход по вспашке с внесением расчетных доз NPK составил 20960 руб./га, уровень рентабельности 134,88 %. По комбинированной обработке эти показатели повышались, соответственно, на 3790 руб./га и на 36,32 %. Наиболее высокие показатели получены на фоне

совместного внесения соломы и пожнивного сидерата, чистый доход по вспашке составил 30600 руб./га, уровень рентабельности 226,67 %, по комбинированной обработке – соответственно, 35970 руб./га и 289,38 %.

Проведенные расчеты энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур в севообороте показали высокую эффективность использования расчетных доз минеральных удобрений, внесения пожнивного сидерата и совместного внесения соломы и пожнивного сидерата как на вариантах с отвальной вспашкой, так и по комбинированной обработке почвы, где коэффициент энергетической эффективности составил 1,37 – 1,85 (рисунок 18, приложение 7).

Максимальное количество энергии с урожаем в севообороте получено на посевах яровой пшеницы (2004-2005 гг.) на варианте с комбинированной обработкой почвы и с внесением соломы и пожнивного сидерата (81494, МДж/га). Минимальную (24400 МДж/га) энергетическую окупаемость имели посевы гороха (2007-2008 гг.) с внесением расчетных доз минеральных удобрений, коэффициент энергетической эффективности на этих вариантах составил, соответственно, 3,35 и 1,34.

Следовательно, более экономически и энергетически эффективным возделывание культур в севообороте оказалось на вариантах с использованием комбинированной основной обработки почвы и внесением соломы и пожнивного сидерата, по сравнению с другими изучаемыми приемами, где почва имела меньшую уплотненность, более высокие показатели структуры, больше накапливала продуктивную влагу и элементы питания, что, в конечном счете, привело к повышению урожайности и качества зерна зерновых культур.

Таблица 51 - Экономическая эффективность возделывания культур в севообороте

Культуры севооборота	Варианты		Урожайность, тыс. зерновых единиц/га	Стоимость валовой продукции руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход с 1 га, руб.	Себестоимость продукции, руб./тыс. зерновых единиц	Уровень рентабельности, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Озимая рожь (2003-2004 гг.)	NPK (расчетно)	Вспашка	2,79	27900	15540	12360	5569,9	79,54
		Комбинированная	3,04	30400	14450	15950	4753,3	110,38
	Сидерат	Вспашка	3,04	30400	13800	16600	4539,5	120,29
		Комбинированная	3,34	33400	12900	20500	3862,3	158,91
	Солома + сидераты	Вспашка	3,28	32800	13500	19300	4115,9	142,96
		Комбинированная	3,61	36100	12430	23670	3443,2	190,43
Яровая пшеница (2004-2005 гг.)	NPK (расчетно)	Вспашка	2,87	28700	16485	12215	5743,9	74,10
		Комбинированная	3,18	31800	15987	15813	5027,4	98,91
	Сидерат	Вспашка	3,21	32100	15213	16887	4739,3	111,00
		Комбинированная	3,64	36400	14123	22277	3879,9	157,74
	Солома + сидераты	Вспашка	3,47	34700	15421	19279	4444,1	125,02
		Комбинированная	3,77	37700	13874	23826	3680,1	171,73
Однолетние травы (2005-2006 гг.)	NPK (расчетно)	Вспашка	1,63	16300	9456	6844	5801,2	72,38
		Комбинированная	1,87	18700	8754	9946	4681,3	113,62
	Сидерат	Вспашка	1,64	16400	8546	7854	5211,0	91,90
		Комбинированная	1,89	18900	8012	10888	4239,2	135,90
	Солома + сидераты	Вспашка	1,65	16500	8561	7939	5188,5	92,73
		Комбинированная	1,90	19000	7854	11146	4133,7	141,91
Озимая рожь (2006-2007 гг.)	NPK (расчетно)	Вспашка	3,65	36500	15540	20960	4257,5	134,88
		Комбинированная	3,92	39200	14450	24750	3686,2	171,28
	Сидерат	Вспашка	3,92	39200	13800	25400	3520,4	184,06
		Комбинированная	4,37	43700	12900	30800	2951,9	238,76
	Солома + сидераты	Вспашка	4,41	44100	13500	30600	3061,2	226,67
		Комбинированная	4,84	48400	12430	35970	2568,2	289,38

Продолжение таблицы 51

1	2	3	4	5	6	7	8	9
(Горох 2007-2008 гг.)	NPK (расчетно)	Вспашка	1,95	19500	13254	6246	6796,9	47,13
		Комбинированная	2,13	21300	12120	9180	5690,1	75,74
	Сидерат	Вспашка	2,20	22000	12452	9548	5660,0	76,68
		Комбинированная	2,42	24200	11452	12748	4732,2	111,32
	Солома + сидераты	Вспашка	2,58	25800	13254	12546	5137,2	94,66
		Комбинированная	2,74	27400	12100	15300	4416,1	126,45
Яровая пшеница (2008-2009 гг.)	NPK (расчетно)	Вспашка	2,87	28700	16485	12215	5743,9	74,10
		Комбинированная	3,13	31300	15987	15313	5107,7	95,78
	Сидерат	Вспашка	3,12	31200	15213	15987	4876,0	105,09
		Комбинированная	3,37	33700	14123	19577	4190,8	138,62
	Солома + сидераты	Вспашка	3,34	33400	15421	17979	4617,1	116,59
		Комбинированная	3,65	36500	13874	22626	3801,1	163,08
Овес (2009- 2010 гг.)	NPK (расчетно)	Вспашка	1,78	17800	10401,6	7398,4	5843,6	71,13
		Комбинированная	1,91	19100	9629,4	9470,6	5041,6	98,35
	Сидерат	Вспашка	1,94	19400	9400,6	9999,4	4845,7	106,37
		Комбинированная	2,13	21300	8813,2	12486,8	4137,7	141,68
	Солома + сидераты	Вспашка	2,17	21700	9417,1	12282,9	4339,7	130,43
		Комбинированная	2,36	23600	8639,4	14960,6	3660,8	36,61
В среднем за ротацию	NPK (расчетно)	Вспашка	2,51	25057	13880	11177	5539,4	80,52
		Комбинированная	2,74	27400	13054	14346	4764,2	109,90
	Сидерат	Вспашка	2,72	27243	12632	14611	4636,8	115,66
		Комбинированная	3,02	30229	11760	18468	3890,5	157,04
	Солома + сидераты	Вспашка	2,99	29857	12725	17132	4261,9	134,64
		Комбинированная	3,27	32671	11600	21071	3550,6	181,65

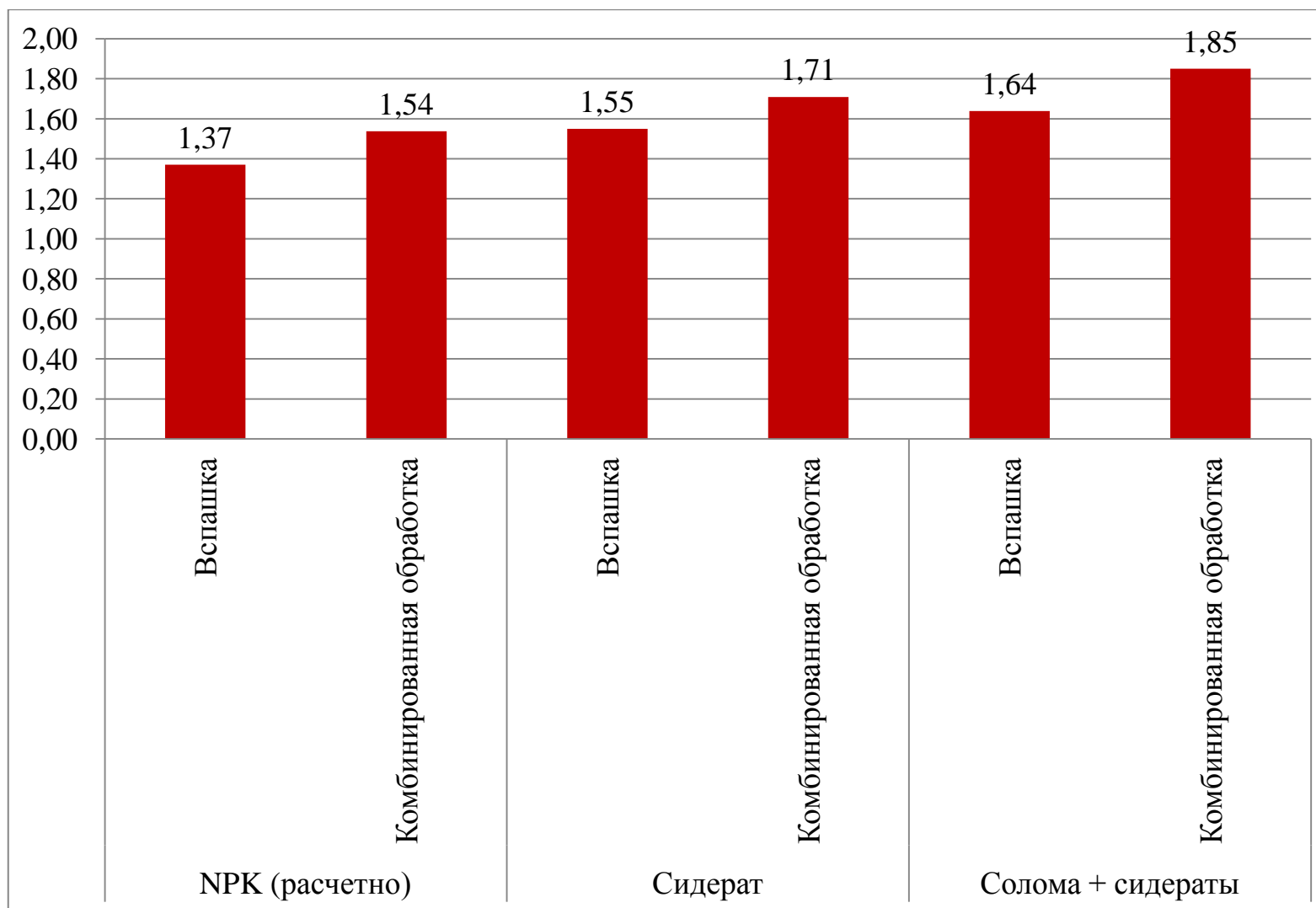


Рисунок 18. Коэффициент энергетической эффективности возделывания культур в севообороте

7. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПАРОВАНИМАЮЩИХ СИДЕРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

7.1. Агрофизические параметры почвенного плодородия

Важнейшей задачей сельскохозяйственного производства Республики Татарстан остается поиск путей повышения продуктивности земледелия. Результаты наших исследований показали, что в условиях постоянно нарастающей потребности в сельскохозяйственной продукции на фоне обострения экологических проблем в земледелии требуется дальнейшее внедрение приемов биологизации. Одним из факторов окультуривания почвы в земледелии республики является использование в севообороте сидеральных культур. Растения – сидераты являются экологически чистым органическим удобрением, важным фактором биологизации и экологизации земледелия. Сидерация почвы способствует улучшению агрофизических показателей почвы, увеличению численности почвенных микроорганизмов, источником питания для сельскохозяйственных культур.

Для изучения влияния сидеральных паров на озимую пшеницу нами были проведены сравнительные исследования традиционной сидеральной культуры – горчицы белой и сравнительно мало изученной (в качестве сидерального пара) – гречихи на сидерат (рисунок 19, 20, 21, 22).

Плотность сложения почвы под посевами озимой пшеницы в течение вегетации были оптимальными для роста и развития растений в период весеннего возобновления вегетации растений. Однако по чистому пару в слое 0-10 см составляла $1,18 \text{ г/см}^3$, по гречишному сидеральному пару – $1,15 \text{ г/см}^3$, по рапсовому сидеральному пару – $1,13 \text{ г/см}^3$, в слое 10-20 см эти показатели составили, соответственно, 1,25, 1,21 и $1,20 \text{ г/см}^3$ (таблица 52). Это свидетельствует о том, что внесение сидеральной массы снижает показатели плотности сложения почвы на всю глубину пахотного слоя. В фазе колошения

показатели плотности сложения в слое почвы 0-10 см увеличились до 1,22-1,16 г/см³, в слое почвы 10-20 см – до 1,28-1,23 г/см³, перед уборкой урожая в слое 0-10 см – до 1,27-1,19 г/см³, в слое 10-20 см – до 1,32-1,26 г/см³.



Рисунок 19. – Опыт по изучению влияния парозанимающих культур.



Рисунок 20. – Сидеральный гречишный пар.



Рисунок 21. – Сидеральный рапсовый пар.



Сидеральный пар

Чистый пар

Рисунок 22. Озимая пшеница размещенная по разным парам.

Следовательно, на вариантах с внесением сидеральной массы, особенно рапса, плотность сложения почвы была ниже, чем по чистому пару.

Таблица 52 - Плотность сложения почвы под посевами озимой пшеницы, г/см³
(2011-2012 гг.)

Варианты опыта	Возобновление весенней вегетации		Колошение		Перед уборкой	
	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см	0-10 см	10-20 см
Чистый пар (контроль)	1,18	1,25	1,22	1,28	1,27	1,32
Гречиха	1,15	1,21	1,18	1,24	1,23	1,28
Яровой рапс	1,13	1,20	1,16	1,23	1,19	1,26

По структурно-агрегатному составу почвы перед посевом озимой пшеницы просматривается аналогичная картина, где содержание агрегатов 0,25-10 мм по чистому пару в слое 0-20 см составило 45,53 %, по гречишному пару – 59,63 % и по рапсовому пару – 59,18 % (таблица 53).

Таблица 53 - Структурно-агрегатный состав почвы перед посевом озимой пшеницы (2010-2011 г.)

Варианты опыта	Содержание агрегатов 0,25-10 мм, %			Коэффициент структурности
	0-10 см	10-20	0-20	
Чистый пар (контроль)	45,15	45,90	45,53	0,84
Гречиха	61,55	57,70	59,63	1,49
Яровой рапс	61,15	57,15	59,18	1,45
	НСП ₀₅	2010 г.	3,72	
		2011 г.	3,94	

Коэффициент структурности по чистому пару составил 0,84, гречишному пару – 1,49 и по рапсовому пару – 1,45.

Следовательно, внесение сидеральной массы улучшает показатели структурно-агрегатного состава почвы.

7.2. Содержание продуктивной влаги в почве

Наши опыты подтверждают мнения многих ученых о том, что возделывание сидеральных культур вместо чистого пара повышает содержание продуктивной влаги в почве. В фазе выхода в трубку растений озимой пшеницы варианты с сидеральным гречишным и рапсовым паром по содержанию продуктивной влаги в слое 0-100 см превысили чистый пар на 25,9 и 18,6 мм, соответственно, в фазе восковой спелости на 27,5 и 15,2 мм (таблица 54).

Таким образом, лучшим вариантом по накоплению и сохранению продуктивной влаги в течение вегетации растений на формирование урожая был сидеральный пар с посевом гречихи.

Таблица 54 - Содержание продуктивной влаги
в слое 0-100 см, мм, (2011-12 гг.)

Варианты опыта		Фазы развития	
		Выход в трубку	Восковая спелость
Чистый пар (контроль)		146,2	84,1
Гречиха		172,1	111,6
Яровой рапс		164,8	99,3
НСР ₀₅	2011 г.	12,3	7,7
	2012 г.	10,1	5,8

7.3. Фитосанитарное состояние посевов

Пораженность растений озимой пшеницы корневыми гнилями была высокой. Уже в фазе выхода в трубку распространение болезни по вариантам опыта составила 37,3-27,5 %, развитие болезни – 8,4-11,9 %, в фазе восковой спелости развитие болезни достигло 56,82-42,87 %, развитие болезни – до 21,52-12,74 % (таблица 55).

Минимальное поражение растений озимой пшеницы корневыми гнилями происходило по рапсовому сидеральному пару в фазе выхода в трубку: распространение болезни составило 27,5 %, развитие болезни – 8,4 %, против 37,3 и 11,9 % на посевах по чистому пару. В фазе восковой спелости культуры пораженность растений увеличилась по рапсовому пару до 42,87 %, развитие болезни – до 12,74 %, тогда как по чистому пару эти показатели возросли до 56,82 и 21,52 %, соответственно. По результатам исследований следует отметить, что среди используемых паровых полей лучшим по снижению пораженности растений корневыми гнилями является сидеральный рапсовый пар.

Таблица 55 - Пораженность растений корневыми гнилями, 2011-2012 гг., %

Вариант	Фазы развития культуры			
	выход в трубку		восковая спелость	
	R	P	R	P
Чистый пар (контроль)	11,9	37,3	21,52	56,82
Гречиха	9,5	34,3	17,67	50,00
Яровой рапс	8,4	27,5	12,74	42,87

Засоренность посевов озимой пшеницы в фазе возобновления вегетации была не высокой и по чистому пару составила 28 шт./м², по занятым парам с посевом гречихи и рапса 18 и 22 шт./м² (таблица 56).

Таблица 56 - Засоренность посевов озимой пшеницы, шт./м² (2011-2012 гг.)

Варианты опыта		Возобновление весенней вегетации	Перед уборкой
Чистый пар (контроль)		28	17
Гречиха		18	9
Яровой рапс		22	12
НСР ₀₅	2011 г.	1,37	0,78
	2012 г.	1,88	1,05

После обработки посевов гербицидами засоренность посевов резко сократилась и к уборке составила всего от 9 до 17 сорняков, которые по вариантам опыта были выше по чистому пару (17 шт./м²) и занятому пару с посевом рапса (12 шт./м²).

7.4. Уреазная активность почвы под посевами озимой пшеницы

Многими исследователями уреазная активность рассматривается в качестве показателя самоочищающей способности почвы. Которая она представляет собой важную экологическую функцию почвы, за счет которой обеспечивается защита самого почвенного покрова и сопредельных сред, как от химического, так и от бактериального загрязнения. Быстрое нарастание активности уреазы и высокий уровень ее в почвенных образцах свидетельствуют о высокой устойчивости этого фермента к ингибирующим факторам; потому следует полагать, что этот фермент играет большую роль в самоочищении почв.

Активность почвенной уреазы зависит от содержания в почве тяжёлых металлов. Ферменты, в том числе уреазы, очень чувствительны к внешнему молекулярному и ионному окружению. Тяжёлые металлы ингибируют фермент, снижая тем самым уреазную активность почвы. Чем больше содержание токсиканта, тем больше снижается уреазная активность.

Поскольку фермент быстро реагирует на катион тяжёлого металла, изменение уреазной активности почвы может служить начальным показателем негативного воздействия тяжёлых металлов на почву.

Активность почвы представляет собой процессы, происходящие в почве при участии микроорганизмов (азотфиксация, аммонификация, денитрификация, нитрификация) или при воздействии ферментов, выделенных (аллелопатия) в почву почвенными организмами, в том числе корнями растений.

В наших опытах высокая активность уреазы под посевами озимой пшеницы в 2011 г. отмечена по чистому пару, в слое почвы 0-10 см она составила 80 %, и меньшая по занятым парам гречихи 60 % и рапса 21,7 % (рисунок 23). В слое 10-20 см активность уреазы почвы была невысокой и составила по чистому пару 25 %, по гречишному пару она повысилась до 43,3 %, а по рапсовому пару снизилась до 20 %.

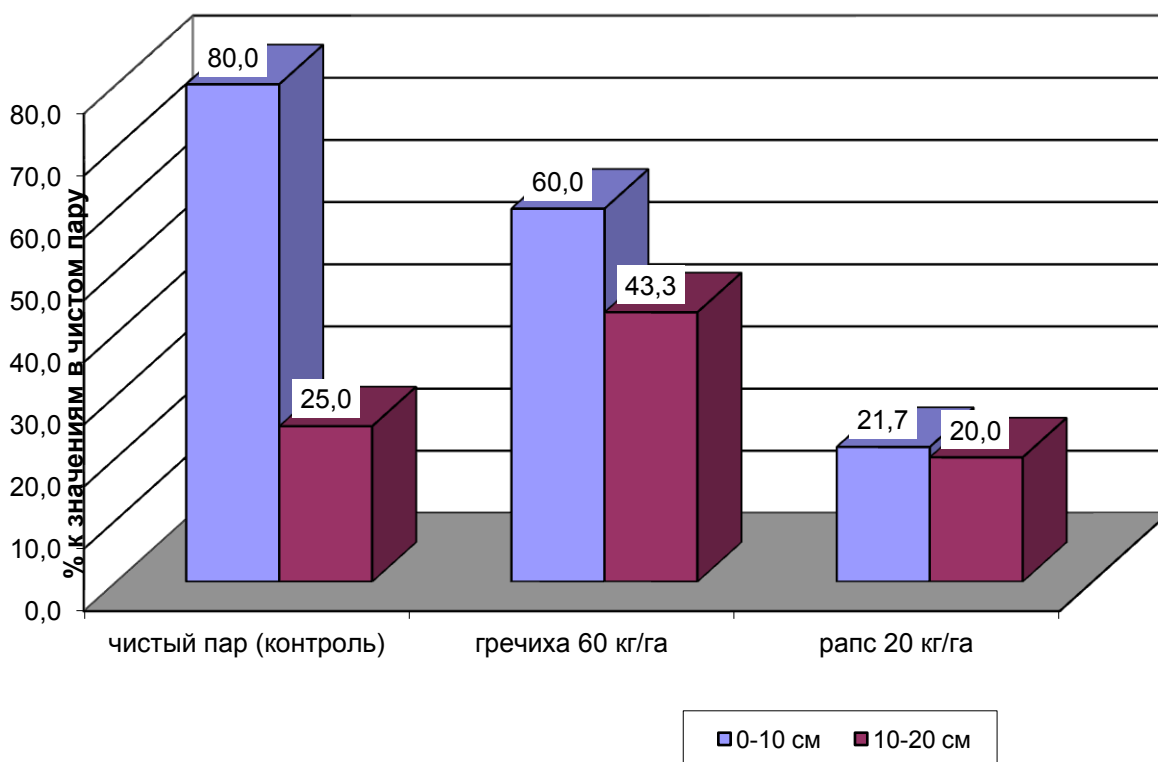


Рисунок 23. – Активность уреазы почвы под посевами озимой пшеницы, 2011 г.

Высокая активность почвенной уреазы в 2012 г., как в слое 0-10, так и в слое 10-20 см, отмечается достаточным увлажнением почвы, которое по чистому пару составило 100 %, по сидеральному пару с гречихой в слое 0-10 см – 100 %, в слое 10-20 см – 120 % и по сидеральному пару с рапсом, соответственно, в слое 0-10 см 138,3 %, в слое 10-20 см – 107,5 % (рисунок 24).

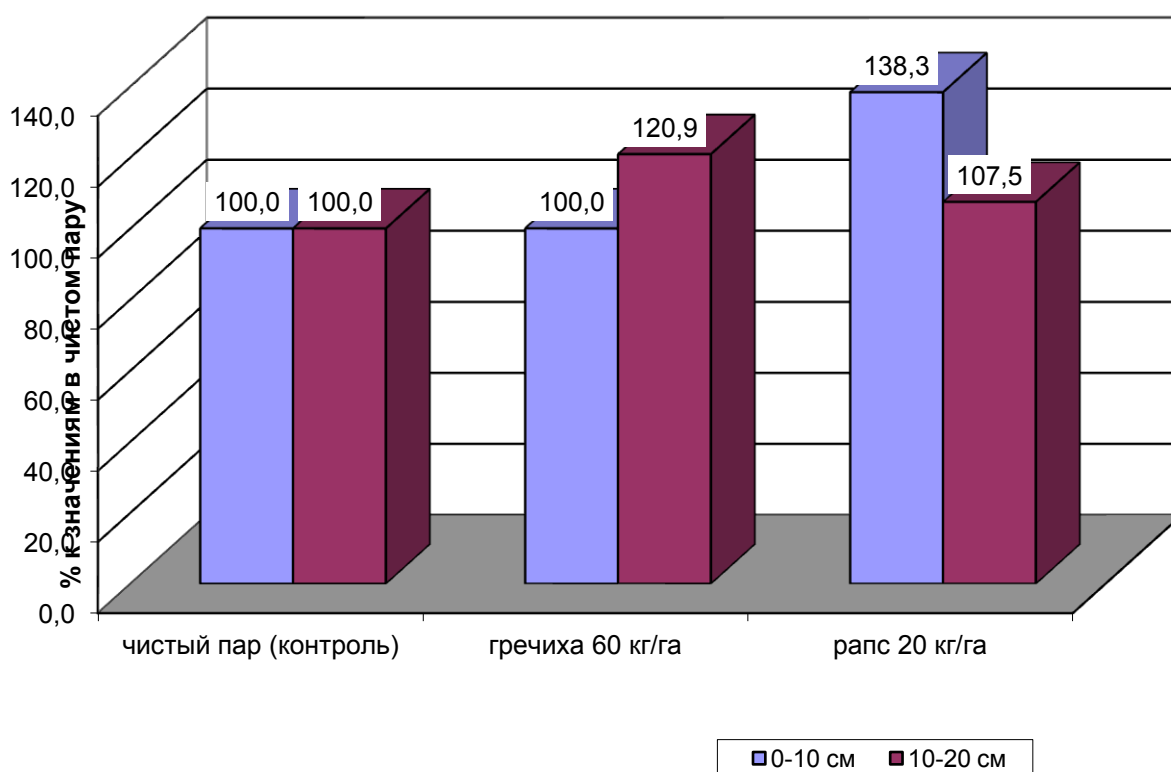


Рисунок 24. – Активность уреазы почвы под посевами озимой пшеницы, 2012 г.

Следовательно, способность почвы самоочищаться от химического и бактериального загрязнения, разлагать мочевины на углекислый газ и аммиак лучше проявилась по чистому пару, а в достаточно увлажненном году (2012 г.) по сидеральным парам.

7.5. Продуктивность озимой пшеницы

Соотношение продуктивности надземной массы и корневой системы растений в фазе кущения озимой пшеницы в 2011 г. показывает, что эта величина была выше по чистому пару в 3,5 раза, чем по парозанимающим (сидеральным) культурам, с посевом гречихи и рапса в 3,2 раза (таблица 57).

К фазе выхода в трубку у озимой пшеницы масса корней в зависимости от парозанимающей культуры увеличилась в 12,5 -14,5 раз, надземная масса растений – в 16,6-30,6 раз. Максимальное нарастание корневой системы озимой пшеницы (25,65 г/м²) отмечалось по чистому пару, а надземной массы (156,15 г/м²) по сидеральному пару с гречихой. Высокое соотношение корневой системы отмечалось по чистому пару (1:4,7), а максимальное нарастание надземной массы происходило на варианте с посевом гречихи как сидерального пара (1:7,7).

Следовательно, максимальное соотношение надземной массы и корневой системы озимой пшеницы отмечалось на варианте с посевом гречихи на сидеральную массу в соотношении 1: 7,7.

Количество растений озимой пшеницы перед уходом в зиму 2011-2012 гг. по чистому пару составило – 203 шт./м², по сидеральному пару с посевом гречихи – 322 шт./м² и 307 шт./м² по рапсовому сидеральному пару. Изреженность посевов была связана с тем, что за осенний период выпало недостаточное количество осадков. К уборке урожая густота растений снизилась по вариантам опыта до 149-172 шт./м² и только за счет оптимального кущения (2,0-2,3) количество стеблей с продуктивным колосом к уборке по чистому пару составило 318 шт./м², по сидеральному пару с гречихой – 366 и по сидеральному пару с рапсом 334 шт./м² (таблица 58). Максимальная масса 1000 семян (35,0 г) сформировалась на варианте с использованием гречишного пара, тогда как по чистому пару и сидеральному пару с посевом ярового рапса составили, соответственно, 33,5 и 33,0 г.

Таблица 57 - Продуктивность надземной массы и корневой системы озимой пшеницы
в зависимости от видов паров, г/м² (2011-2012 гг.)

Вариант	Фаза выход в трубку			Фаза восковой спелости		
	Масса корней	Масса надземной части	Соотношение надземной массы и корневой системы	Масса корней	Масса надземной части	Соотношение надземной массы и корневой системы
Чистый пар (контроль)	2,05	7,25	1:3,5	25,65	120,50	1:4,7
Гречиха	1,60	5,10	1:3,2	20,25	156,15	1:7,7
Яровой рапс	0,45	1,45	1:3,2	21,00	131,65	1:6,3

Таким образом, варианты с использованием сидерального пара с гречихой сформировали большую плотность стояния растений к уборке и массу 1000 семян по сравнению с другими изучаемыми парами.

Таблица 58 - Количество растений на единице площади и элементы структуры урожая озимой пшеницы (за 2011-2012 гг.)

Показатели	Варианты опыта		
	чистый пар (контроль)	гречиха	яровой рапс
Число растений перед уходом в зиму, шт./м ²	203	322	307
Количество растений перед уборкой, шт./м ²	159	172	149
Количество стеблей с колосьями, шт.	318	366	334
Коэффициент кустистости	2,0	2,1	2,3
Количество семян в 1 колосе, шт.	23	23	22
Высота растений, см	50,0	48,5	46,5
Масса 1000 семян, г	33,5	35,0	33,0

Низкая полевая всхожесть семян и отсутствие кущения озимой пшеницы в острозасушливом 2010 г. привели к низкой урожайности зерна в 2011 г, которая варьировала в пределах 1,76-2,01 т/га (таблица 59).

В среднем за два года максимальная урожайность зерна была получена по сидеральному пару с посевом гречихи (2,88 т/га), что на 0,49 и 0,45 т/га выше, чем по чистому и сидеральному пару с посевом рапса.

Таблица 59 - Урожайность озимой пшеницы за 2011-2012 гг., т/га

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га (\pm)
2011 г.		
Чистый пар (контроль)	1,88	-
Гречиха	2,01	+0,13
Яровой рапс	1,76	-0,12
НСР ₀₅	0,13	
2012 г.		
Чистый пар (контроль)	2,71	-
Гречиха	3,63	+0,92
Яровой рапс	2,74	+0,03
НСР ₀₅	0,21	
В среднем за 2011-12 гг.		
Чистый пар (контроль)	2,39	-
Гречиха	2,88	+0,49
Яровой рапс	2,43	+0,04

Коэффициент корреляции между продуктивной влагой и урожайностью озимой пшеницы $r = 0,883$ (достоверно при $P=0,05$, $t_{\text{факт}} = 5,944$, $t_{\text{теор}} = 2,230$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 25,67 + 0,180 \cdot x \pm 0,030, \quad (7.1)$$

где: y – урожайность, т/га;

x – продуктивная влага, мм.

Значения для засоренности составили $r = -0,705$ (достоверно при $P=0,05$, $t_{\text{факт}} = 3,142$, $t_{\text{факт}} = 2,230$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 25,67 + -0,508 \cdot x \pm 0,162, \quad (7.2)$$

где: y – урожайность, т/га;

x – засоренность, шт./м².

Значения для содержания агрегатов размерами 0,25-10 мм составили $r = 0,626$ (достоверно при $P=0,05$, $t_{\text{факт}} = 2,540$, $t_{\text{факт}} = 2,230$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 25,67 + 0,221 * x \pm 0,087, \quad (7.3)$$

где: y – урожайность, т/га;

x – структурность почвы, %.

Значения для пораженности корневыми гнилями составили $r = 0,478$ (достоверно при $P = 0,05$, $t_{\text{факт}} = 0,478$, $t_{\text{факт}} = 2,230$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 25,67 + +0,060 * x \pm 0,126, \quad (7.4)$$

где: y – урожайность, т/га;

x – пораженность корневыми гнилями, %.

Значения для уреазной активности почвы составили $r = 0,668$ (достоверно при $P = 0,05$, $t_{\text{факт}} = 0,2,842$, $t_{\text{факт}} = 2,230$), а уравнение регрессии имело следующий вид:

$$y = 25,67 + +0,345 * x \pm 0,121, \quad (7.5)$$

где: y – урожайность, т/га;

x – уреазная активность почвы, %.

Таким образом, варианты с посевом гречихи в качестве сидеральной культуры способствовали формированию более высокого урожая зерна озимой пшеницы.

7.6. Экономическая эффективность и энергетическая оценка возделывания озимой пшеницы

Производственные затраты рассчитанные по технологической карте, показали, что их величина была ниже по сидеральному рапсовому пару 11650 руб./га, а больше всего – по чистому пару 15540 руб./га (таблица 60). Однако, вследствие формирования высокой урожайности зерна по сидеральному гречишному пару стоимость валовой продукции выросла до 28800 руб./га, чистый доход составил 15900 руб./га, себестоимость зерна снизилось до 447,92 руб./ц, а уровень рентабельности составил 123,26 %. По чистому и сидеральному пару с посевом рапса получены более низкие показатели: стоимость валовой

Таблица 60 - Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы

Варианты	Урожайность, ц/га	Стоимость валовой продукции, руб./га	Производственные затраты, руб./га	Чистый доход с 1 га, руб.	Себестоимость 1 ц продукции, руб./ц	Уровень рентабель ности, %
2011 г.						
Чистый пар (контроль)	18,8	18800	15540	3260	826,60	20,98
Гречиха	20,1	20100	12900	7200	641,79	55,81
Яровой рапс	17,6	17600	11650	5950	661,93	51,07
2012 г.						
Чистый пар (контроль)	27,1	27100	15540	11560	573,43	74,39
Гречиха	36,3	36300	12900	23400	355,37	181,40
Яровой рапс	27,4	27400	11650	15750	425,18	135,19
В среднем за 2011-2012 гг.						
Чистый пар (контроль)	23,9	23900	15540	8360	650,21	53,80
Гречиха	28,8	28800	12900	15900	447,92	123,26
Яровой рапс	24,3	24300	11650	12650	479,42	108,58

продукции составила 23900 и 24300 руб./га, себестоимость зерна 650,21 и 479,42 руб./ц, уровень рентабельности – 53,8 и 108,58 %, соответственно.

Следовательно, в наших опытах возделывание озимой пшеницы было экономически эффективным по сидеральному пару с посевом гречихи, по сравнению с чистым паром и сидеральным паром с посевом рапса.

Оценка энергетической эффективности возделывания озимой пшеницы показала (таблица 61), что лучшим вариантом среди изучаемых паров также оказался сидеральный пар с посевом гречихи. На этом варианте было меньше затрачено энергии на возделывание культуры (17852,0 МДж/га), получено больше энергии с урожаем (18952,0 МДж/га), а коэффициент энергетической эффективности составил 1,06, по сравнению с чистым (0,75) и сидеральным паром с посевом рапса (0,76).

Таким образом, анализ возделывания озимой пшеницы по чистому и сидеральным парам показал, лучшим вариантом оказался сидеральный пар с посевом гречихи, на котором сформирована большая урожайность за счет лучшего сохранения продуктивной влаги, меньшей засоренности посевов и хороших агрофизических показателей почвенного плодородия.

Таблица 61 - Энергетическая оценка возделывания озимой пшеницы

Варианты	Показатели	
Чистый пар (контроль)	Получено энергии с урожаем, МДж/га	14851,0
	Затрачено энергии, МДж/га	19850,0
	Коэффициент энергетической эффективности	0,75
Гречиха	Получено энергии с урожаем, МДж/га	18952,0
	Затрачено энергии, МДж/га	17852,0
	Коэффициент энергетической эффективности	1,06
Яровой рапс	Получено энергии с урожаем, МДж/га	13652,0
	Затрачено энергии, МДж/га	18013,0
	Коэффициент энергетической эффективности	0,76

8. СИСТЕМА БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ХОЗЯЙСТВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Разработка и начало внедрения в земледелие научно-обоснованных севооборотов и элементов биологизации происходили в Татарстане еще со второй половины XIX века, но массовое практическое использование таких приемов началось в 30-х годах XX века. Уже в 1960-70 годах, разработка научно обоснованной системы севооборотов с использованием различных приемов управления почвенным плодородием (сидераты, многолетние травы, биоудобрения и т.д.) было полностью завершено и стало неотъемлемой частью системы земледелия всех агропромышленных предприятий республики. Созданная тогда система севооборотов позволила стабилизировать производство продукции растениеводства, а также значительно улучшить фитосанитарное состояние агроценозов. Однако, уже в конце XX века и в начале XXI века, негативные процессы в экономике и социальной сфере привели к тому, что нарушения принципов научно-обоснованного чередования сельскохозяйственных культур и строгого соблюдения требований агротехнологии их возделывания, во многих хозяйствах, стали носить массовый характер. Причем, связано это было не только с объективными, но и с целым рядом субъективных причин. К числу основных субъективных причин можно отнести большое количество собственников и разных форм организации производства (при частой их смене), что наряду с высокой волатильностью цен на продукцию растениеводства и выраженным диспаритетом цен с материально-техническими, значительно сократили как объемы использования севооборотов, так и применение биологических ресурсов.

Столетия развития мировой агрономической науки и практики, наглядно доказали, что севообороты являются не только фундаментальной основой управления факторами почвенного плодородия, продуктивности растений и фитосанитарного состояния агроценоза, но и являются основой устойчивого развития любого агробизнеса, связанного с растениеводством. Именно поэтому, перед земледелием Республики Татарстан в ближайшие годы стоит стратегическая задача – осуществить эффективный, научно-обоснованный переход к введению и освоению адаптированных к изменившимся природным и экономическими условиям севооборотов, что позволит не только обеспечить устойчивый рост продуктивности сельскохозяйственных культур при сохранении уровня почвенного плодородия, но и значительно улучшить агроэкологические условия в сельской местности.

Именно на основе таких подходов, коллегия министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан рекомендовала включить выводы наших полевых опытов в книгу «Система земледелия Республики Татарстан» и использовать агрономической службе предприятий АПК РТ в своей работе (Ф.Ф. Мингазов и др., 2013).

В качестве возможных этапов предлагается:

- к 2020 году в основном завершить введение севооборотов во всех хозяйствах Республики Татарстан;
- к 2022 году довести долю освоенных севооборотов до 65-70 %;
- к 2025 году полностью решить задачу освоения севооборотов.

Зональные особенности системы полевых севооборотов представлены в таблице 62.

Таблица 62 - Некоторые особенности полевых севооборотов
в различных агропроизводственных зонах Республики Татарстан
(Система земледелия Республики Татарстан, 2013 г.)

Мероприятие	Агропроизводственная зона				
	Предкамье	Предволжье	Западное Закамье	Юго- Восточное Закамье	Восточное Закамье и Предкамье
Основной тип полевого севооборота	Зернотравяные севообороты или Зернопаропропашные	Зернопаропропашные, Зернопропашной	Зернопаровые или Зернопаропропашные	Зернопаропропашные	Зернопаропропашные
Тип пара	Сидеральный	Сидеральный	Чистый	Чистый или сидеральный	Чистый или сидеральный
Длительность ротации	5-8 лет	5-7 лет	4-5 лет	5-6 лет	5-7 лет
Средний размер поля, га	до 150	до 200	до 250-300	до 200	до 150-200
Эффективность сидератов	++++	++++	+++	+++	++++
Эффективность промежуточных культур	++++	+++	++	+++	+++

Примечание: ++ – слабая; +++ – средняя; ++++ – высокая.

В качестве одной из основ чередования культур в севооборотах выступает необходимость временного разрыва для размещения культуры на данном поле. С учетом проведенных исследований и обобщения производственного опыта были установлены оптимальные параметры возвращения культур на прежнее место адаптированные для условий РТ (таблица 63).

Проведенные исследования и расчеты показывают, что устойчивое развитие земледелия возможно только на основе системы севооборотов, базирующегося на комплексе научно-обоснованных и экономически эффективных полевых и кормовых севооборотов, с широким применением

биологических ресурсов и средств для воспроизводства плодородия почв и защиты растений. Значительное место при этом приобретают вопросы оптимизации минерального питания и адаптивных систем защиты растений, а также максимального внедрения дифференцированных (разноглубинных) систем обработки почвы. Предусматриваемые в рамках таких подходов включение в севообороты многолетних бобовых и бобово-злаковых трав, рациональное внесение органических удобрений, при росте использования сидератов и промежуточных культур позволяет значительно повысить устойчивость производства в условиях повторяющихся в последние годы неблагоприятных агрометеорологических явлений (засух и т.д.).

Таблица 63 - Возможные периоды возврата полевых культур на прежнее место в различных агропроизводственных зонах Республики Татарстан (Система земледелия Республики Татарстан, 2013 г.)

Культура	Агропроизводственная зона				
	Предкамье	Предволжье	Западное Закамье	Юго- Восточное Закамье	Восточное Закамье и Предкамье
Озимые зерновые	1-2	1	1	1	1-2
Яровая пшеница	2-3	1-2	1-2	1-2	2-3
Яровой ячмень	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3
Горох	3-4	3	3	3	3-4
Яровой рапс	4-5	3-4	3-4	4-5	4-5
Сахарная свекла		4-5	3-5	4-5	4-5
Картофель	3-4	2-3	2-3	2-3	3-4
Кукуруза	1-2	1	1	1	1-2
Подсолнечник	6-7	5-6	5-6	6-7	6-7

Считаем, что в условиях глобальных климатических изменений и растущей техногенной нагрузки на агроценозы, при уменьшении объемов внесения органических удобрений в системе земледелия Татарстана в задачи управления почвенными организмами входят:

– создание эффективных, устойчивых микробно-растительных систем и условий для их эффективного функционирования с целью оптимизации минерального питания и защиты растений;

– управление растительными остатками для обеспечения поступления сухого органического вещества в почву (менеджмент соломы, корневых и прикорневых остатков);

– увеличение общей супрессивности почвы в отношении фитопатогенов, причем как в отношении паразитической, так и сапротрофной стадий развития;

– усиление способности почв к трансформации дioxь безопасных соединений в отношении ксенобиотических и других поллютантов

– повышение биологической активности и разнообразия почвенных организмов, т.е. создание «живой почвы».

В качестве показателей биологической активности почв обычно используются: а) численность и биомасса разных групп почвенной биоты, их продуктивность; б) ферментативная активность почв; в) активность основных процессов, связанных с круговоротом элементов, г) некоторые энергетические данные, количество и скорость накопления некоторых продуктов жизнедеятельности почвенных организмов.

Различные полевые культуры существенно отличаются между собой как по соотношению товарной и нетоварной частей, так и по их химическому составу. С точки зрения содержания азота особенно выделяется все бобовые культуры, затем просо и гречиха. При этом наименьшее содержание его отмечается у пшеницы. Фосфора больше накапливается в растениях гороха и гречихи, калия – у гречихи и проса. Возврат растительных остатков, содержащих в своем составе как макро-, так и микроэлементы позволяет значительно повысить микробиологическую активность почвы, что приводит к росту и ее супрессивности в отношении патогенов.

С учетом урожая зерна, только потенциал соломы злаковых культур в среднем по годам в РТ можно оценить в 4-5 млн. т ежегодно. При среднем содержании в соломе 0,5 % азота, 0,25 % – фосфора, 0,8 % – калия и 35-40 % углерода, при рациональном её использовании потенциальный возврат макроэлементов в почву может составить 20 тыс. т азота, 10 тыс. фосфора и 32 тыс. калия. Вместе с тем, процесс разложения соломы, микроорганизмами затрудняя широкое соотношение в соломе C/N, которое достигает 100.

Оптимальное соотношение для активного размножения целлюлозолитической микрофлоры C/N – 10-20. Поэтому на первом этапе после внесения соломы наблюдается снижение в почве доступного для растений азотного питания в результате иммобилизации – биологического закрепления минерального азота в размножающихся микроорганизмах. Для зернобобовых культур (у которых азота в растительных остатках в 2-3 раза больше) соотношение в соломе C/N более благоприятно для развития микроорганизмов.

Проведенные в РТ многолетние исследования показали, что ПО содержанию органического вещества 1 т соломы эквивалентна примерно 3,5-4,0 т навоза. С учетом необходимости стабилизации содержания гумуса в основных агроклиматических зонах РТ возврат соломы злаковых культур в почву должен быть на уровне 60-80 %, остатков зернобобовых – 100 %.

Разработанная нами интегрированная системы управления микробиологической активностью почвы для обеспечения оптимальных условия для формирования урожая сельскохозяйственных культур включает в себя следующие :

1. Формирование в почве популяции полезных микроорганизмов за счет применения предпосевной обработки семян и семенного материала специальными биопрепаратами (инокуляция семян) на основе различных штаммов микроорганизмов:

– на зерновых культурах – баковыми смесями биоудобрений (на основе ассоциативных diaзотрофов и фосформинерализующих микроорганизмов (в чистом виде или в смеси друг с другом)) с добавлением молибденсодержащих микроудобрений или гуматов;

– на бобовых культурах – обязательная обработка семян биоудобрениями на основе адаптированных к местным условиям, высокоэффективных штаммов клубеньковых бактерий с добавлением молибденсодержащих микроудобрений и специализированных стимуляторов роста.

2. Опрыскивание посевов различными биопрепаратами в период вегетации с учетом агробиологических особенностей культуры:

– на зерновых культурах – баковыми смесями биопрепаратов (на основе ассоциативных diaзотрофов и фосформинерализующих микроорганизмов (в чистом виде или в смеси друг с другом), а также с другими группами полезных бактерий), в том числе с гербицидами в фазу кущения, а также в фазу колошения.

3. Опрыскивание стерни зерновых культур после уборки урожая до лущения и основной обработки почвы биопрепаратами на основе ассоциативных diaзотрофов или грибов рода Триходерма с добавлением гуматов.

Рекомендованные биопрепараты по зонам Республики Татарстан представлены в таблице 64.

Проведенные исследования позволяют нам сделать вывод о том, что главным и наиболее доступным направлением управления органическим веществом и общей биологической активностью почвы, для большинства хозяйств и агропроизводственных зон Республики Татарстан, остается использование сидерации.

Использование сидератов и приемов управления биологическими ресурсами (солома, биопрепараты и т.д.) позволяет отчасти компенсировать

отмечаемое недостаточное внесение как традиционных органических удобрений, так и минеральных туков, При этом данный прием способствует уменьшению темпов и объемов разрушения органического вещества почв. Положительная способность сидератов (за счет возврата в почву органических веществ с корневыми и пожнивными остатками) обеспечивать взаимодействия между почвенной средой и растениями максимально приближенным к естественным условиям способами, позволяет повысить самоочищающуюся способность почв от патогенов, снижает засоренность и улучшает агрофизические свойства почвы. Кроме того, ряд сидератов повышают доступность для культурных растений почвенного фосфора.

Таблица 64 - Эффективность биопрепаратов на зерновых культурах
(Система земледелия Республики Татарстан, 2013 г.)

Группа биопрепаратов	Предкамье	Предволжье	Западное Закамье	Восточное и Юго- Восточное Закамье
Азотофиксирующие бактериальные удобрения (Азотовит, Ризоагрин и т.д.)	++++	+++	++	+++
Фосфорные бактериальные удобрения (Бактофосфин и др.)	+++	++++	++++	++++

Примечание: ++ – слабая; +++ – средняя; ++++ – высокая.

На зеленые удобрения в Татарстане обычно рекомендуется использовать два типа сидератов – в качестве самостоятельной и промежуточной культуры (таблица 65).

Конечно, применение только сидератов, не позволяет полностью решить вопрос о стабилизации и постепенном повышении уровня

почвенного плодородия. Наиболее мощным приемом управления органическим веществом почвы остается внесение органических удобрений – навоза и компостов.

Таблица 65 - Возможные сидераты для Республики Татарстан
(Система земледелия Республики Татарстан, 2013 г.)

Тип сидератов	Группа сидератов	Культура	Особенности	Рекомендуемые последующие культуры
Самостоятельные в сидеральном пару	Подсевные культуры	донник белый многолетний люпин клевер луговой	запахиваются поздно весной или летом за 1 месяца до посева озимых	Озимые зерновые
	Озимые сидераты	озимая рожь озимой рапс озимая рожь + вика мохнатая	надземная масса скашивается на высоком срезе (не менее 20-25 см) на корм; заделка за 1 месяц до посева озимых	После озимой ржи – оз. рожь или тритикале, после рапса – оз. пшеница
	Яровые сидераты	рапс яровой, гречиха, горох	заделка до образования семян не позднее, чем за 3 недели до посева озимых зерновых	Озимые зерновые
Промежуточные сидеральные культуры	Подсевные сидераты	донник белый	подсеваются весной под озимую рожь или однолетние травы	Яровые зерновые
	Пожнивные сидераты	горчица белая, редька масличная, рапс яровой	высеваются сразу после уборки озимых зерновых и зернобобовых культур	Яровые зерновые
	Поукосные сидераты	горчица белая, редька масличная, рапс яровой, люпин узколистный	сеются после уборки оз. ржи на зеленый корм или после скашивания однолетних трав	Яровые зерновые
	Озимые сидераты	озимая рожь, смесь озимой ржи с викой мохнатой, озимый рапс	посев после уборки яровых зерновых	Картофель

Главная задача в сидеральном пару – обеспечить оптимальную минерализацию растительных остатков до посева озимых культур. Оптимальная глубина заделки сидеральных культур в пару на глинистых и суглинистых почвах 12-15 см. Биомасса растений на ранних этапах разлагается быстрее, поэтому может заделываться на большую глубину. Для лучшей минерализации зеленой массы сидераты скашивают или прикатывают, а затем измельчают дисковыми боронами в двух направлениях. Заделку осуществляют комбинированными или отвальными орудиями.

При использовании промежуточных сидеральных культур необходимо учитывать сроки и способы основной обработки почвы. С учетом меньшей, чем у культур сидерального пара биомассы, могут заделываться сразу непосредственно дисковыми боронами (в двух направлениях) или после их скашивания (прикатывания).

В году с большим количеством осадков за 10-12 дней до заделки сидератов, возможна обработки их глифосатсодержащими гербицидами для десикации.

Особенности ряда сидеральных культур (таблица 66):

Для использования в качестве зеленого удобрения горчицу заделывают в почву во время полного цветения. Тяжелосуглинистые почвы при этом становятся более рыхлыми, лучше поглощают весенние талые воды, в них увеличивается количество органического вещества.

Как отмечалось выше, наиболее мощным приемом повышения содержания органического вещества почвы остается внесение органических удобрений на основе продуктов жизнедеятельности животных. Однако в современных условиях (в связи с большими транспортными затратами) данный прием в земледелии Республики Татарстан используется в ограниченных масштабах. Одновременно, вопрос утилизации отходов животноводческих комплексов в практической деятельности предприятий

АПК РТ приобретает особую остроту как с экологической, так и санитарной точек зрения.

Таблица 66 - Оценка эффективности сидерации для различных агропроизводственных зон Республики Татарстан (Система земледелия Республики Татарстан, 2013 г.)

Тип сидератов	Группа сидератов	Предкамье	Предволжье	Западное Закамье	Юго-Восточное Закамье	Восточное Закамье и Предкамье
Самостоятельные в сидеральном пару	подсевные культуры	+++++	++++	+++	++++	+++++
	озимые сидераты	++++	+++	++++	++++	++++
	яровые сидераты	++++	++++	++++	+++++	++++
Промежуточные сидеральные культуры	подсевные сидераты	++++	++++	+++	++++	++++
	пожнивные сидераты	+++++	+++++	++++	++++	+++++
	поукосные сидераты	++++	++++	+++	++++	++++
	озимые сидераты	+++++	++++	++++	++++	++++

Примечание: +++ – средняя; ++++ – хорошая, +++++ – отличная.

Для оптимизации применения органических удобрений в системе земледелия Татарстана рекомендуется использовать следующие направления повышения эффективности навоза и компостов:

- получение и внесение гранулированных органоминеральных удобрений с заданными физико-химическими характеристиками и свойствами для конкретных сельскохозяйственных культур;
- применение ускоренной ферментации навоза на площадках и в закрытых сооружениях до стадии перегноя, с последующим внесением на поля, а также внедрение вермикультуры (особенно для небольших животноводческих ферм);

– при бесподстилочном содержании животных эффективно применение технологии разделение навоза на фракции с компостированием твердой и стабилизацией жидкой фракции. Такие компосты использовать в прифермских севооборотах, жидкие – вносить на поля полевых севооборотов;

– расширенное производство и применение торфо-навозных компостов (в Татарстане расположено 800 торфяников общей площадью более 35 тысяч гектаров);

– утилизация отходов птицефабрик методами пассивного компостирования (производство органических смесей: птичий помет + торф, птичий помет + древесные опилки, птичий помет + другие местные органические отходы) или сушки.

Эффективность навоза и компостов во многом зависит от нормы, времени, места и способов его внесения. На нечерноземных почвах Республики Татарстан норма внесения навоза обычно составляет 20-40 т/га. В менее увлажненных и засушливых районах она снижается до 15-25 т/га.

В условиях применения разноглубинной комбинированной системы обработки почвы заделка органических удобрений возможна:

– для твердых форм навоза и компостов – применение глубокой безотвальной обработки почвы (с предварительным дискованием) в паровом поле или отвальной обработки под пропашные культуры (картофель, сахарная свекла);

– для жидких органических удобрений – внесение на поля многолетних трав; а также совместно с сидератами и в системе управления растительными остатками (соломой).

Результаты проведенных производственных опытов в хозяйствах Республики Татарстан и их дальнейшее внедрение представлены в таблицах 67, 68, 69, 70, рисунок 25, которые подтверждают результаты наших научных опытов. Доказано, что внесение сидеральных культур, соломы и проведение комбинированной обработки почвы существенно повышает урожайность

сельскохозяйственных культур по сравнению с общепринятой технологией возделывания культур в севообороте.

Таблица 67 - Урожайность озимой пшеницы сорта Скипетр в агрофирмах АО «Агросила» Республики Татарстан в 2017-2019 гг. в зависимости от вида используемых паров

Вид пара	Урожайность, ц/га					Уровень рентабельности, %
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	средняя	прибавка к чистому пару, ±	
Чистый пар	37,8	43,4	42,1	41,1	–	45,8
Сидеральный пар (горчица)	43,4	57,1	53,4	51,3	+10,2	68,4
Сидеральный пар (редька масличная)	41,7	54,2	50,9	48,9	+7,8	59,6

Таблица 68 - Урожайность озимой ржи сорта Радонь в ООО «Светлая долина» Елабужского муниципального района Республики Татарстан в 2017-2018 гг. в зависимости от вида севооборота

Вид севооборота	Урожайность, ц/га				Уровень рентабельности, %
	2017 г.	2018 г.	средняя	прибавка к чистому пару, ±	
Севооборот с чистым паром	23,4	22,1	22,8	–	39,1
Биологизированный севооборот (сидеральный пар, солома + пожнивной сидерат)	27,1	33,4	30,3	+7,5	55,8

Таблица 69 - Урожайность озимой ржи сорта Тантана в ООО «Колос»
 Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан в 2015-2018
 гг. в зависимости от вида используемых паров

Вид пара	Урожайность, ц/га					прибавка к чистому пару, ±	Уровень рентабельности, %
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	средняя		
Севооборот с чистым паром	24,5	21,5	28,3	32,1	26,6	–	42,4
Биологизирован ный севооборот (сидеральный пар, солома + пожнивной сидерат)	27,2	26,8	34,1	43,4	32,9	+6,3	65,1



Рисунок 25. – Посев озимой ржи по сидеральному пару в ООО «Колос»
 Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан.

Таблица 70 - Урожайность яровых культур в ООО «Колос» Нижнекамского муниципального района Республики Татарстан в среднем за 2015-18 гг. в зависимости от способов обработки почвы

Способ обработки почвы	Урожайность, ц/га		Уровень рентабельности, %	
	яровая пшеница	ячмень	яровая пшеница	ячмень
Вспашка	24,6	29,1	48,9	52,4
Комбинированная система обработки почвы	32,1	40,4	69,1	74,2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Содержание структурных агрегатов размерами 0,25-10 мм перед посевом культур в звене севооборота было больше на вариантах с внесением навоза и совместной заделки «NPK + солома + сидерат» – 46,7-72,9 %, при – 44,3-63,9 % по минеральному расчетному фону. Коэффициент структурности с внесением навоза, «NPK + солома + сидерат» составил 0,87-2,69, при – 0,79-1,77 по фону «NPK (расчетно)». На этих же фонах в пахотном слое почвы большее содержалось агрономически ценных структурных агрегатов – 67,4-73,4 %, при – 63,9 по минеральному фону. Коэффициент структурности с внесением навоза, «NPK + солома + сидерат» составил 2,08-2,76, при – 1,77 по минеральному фону.

2. По приемам основной обработки и фонам питания плотность сложения почвы по вспашке и на фонах с внесением расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность культур была выше, чем по комбинированной обработке и на фонах с внесением «NPK + солома + пожнивной сидерат». Использование сидеральной культуры по сравнению с чистым паром улучшает показатели плотности сложения почвы под посевом озимой пшеницы.

3. По чистому пару в слое 0-10 см плотность сложения составляла – 1,18 г/см³, по гречишному сидеральному пару – 1,15 г/см³, по рапсовому пару – 1,13 г/см³, слое 10-20 см эти показатели составили, соответственно, 1,25, 1,21 и 1,20 г/см³. В фазе колошения показатели плотности сложения в слое почвы 0-10 см увеличились до 1,22-1,16 г/см³, в слое почвы 10-20 см до 1,28-1,23 г/см³, перед уборкой урожая в слое 0-10 см до 1,27-1,19 г/см³, в слое 10-20 см – до 1,32-1,26 г/см³.

4. Лучшим вариантом для накопления и сохранения продуктивной влаги в течение вегетации растений был сидеральный пар с посевом гречихи. В фазе выхода в трубку растений озимой пшеницы варианты с сидеральным

гречишным паром повысили содержание продуктивной влаги в слое 0-100 см по сравнению с чистым паром – на 25,9 мм, в фазе восковой спелости – на 27,5 мм.

5. Приемы комбинированной обработки почвы с внесением NPK, пожнивного сидерата и соломы существенно повышают содержание продуктивной влаги в почве по сравнению со вспашкой и внесением расчетных доз NPK на запланированные урожаи культур в севообороте.

6. На фонах внесения расчетных доз минеральных удобрений на планируемую урожайность культур в севообороте наблюдалось увеличение содержания гумуса на 0,03 %, от внесения пожнивного сидерата по вспашке - на 0,04 %, по комбинированной обработке она составила + 0,01 %.

7. Способность почвы самоочищаться от химического и бактериального загрязнения, разлагать мочевины на углекислый газ и аммиак лучше проявилась по чистому пару, а в достаточно увлажненном году (2012 г.) по сидеральным парам.

8. Фоны питания с внесением навоза, «NPK + солома» и «NPK + солома + пожнивной сидерат» улучшили разложение льняной ткани по сравнению с минеральным фоном в слое 0-10 см на 2,9-6,0 %, в слое 10-20 см – на 1,8-5,7 %.

9. В смешанных посевах многолетних трав постепенно происходит вытеснение многолетних бобовых трав злаковыми травами. Наибольшее вытеснение бобовых трав на третий год пользования происходит на фонах питания с внесением «NPK + солома и сидерат» – 36,7 %, против – 54,2 % на первый год пользования по минеральному фону.

10. Учет поступивших в почву пожнивных и корневых остатков после уборки многолетних трав показал, что большее их накопление отмечалось на фонах с внесением навоза, соломы и сидерата и составило 10,8-12,1 т/га, при – 10,1 по минеральному фону.

Максимальное количество пожнивных и корневых остатков после уборки культур в севообороте отмечалось после озимой ржи (2003-2004 гг.) 8,3 т/га и овса (2009-2010 гг.) 8,6 т/га по комбинированной обработке с внесением минеральных удобрений, соломы и пожнивного сидерата.

11. Поступление сухих органических веществ в почву за ротацию севооборота было больше на фоне внесения навоза (70,2 т/га) и пожнивного сидерата и соломы (68,5 т/га), против 28,4 т/га по фону «NPK (расчетно)».

12. Содержание элементов питания (NO_3 , P_2O_5 , K_2O) в период весеннего отрастания растений оказалось больше на фонах с внесением «NPK + солома + сидерат», несколько ниже на вариантах внесения «NPK + солома» и «NPK + пожнивной сидерат», чем на фоне внесения расчетных доз минеральных удобрений. Преимущество в содержании элементов питания на фоне внесения «NPK + солома + сидерат» и комбинированной обработки почвы отмечалось по содержанию фосфора и калия над вариантом внесения расчетных доз NPK на 3,0 т/га и проведением отвальной обработки.

13. К концу ротации зернопарового севооборота с внесением расчетных доз минеральных удобрений произошло снижение содержания гумуса на 0,07 %. На фоне с внесением «NPK + пожнивной сидерат + солома» оно увеличилось на 0,01 %, после многолетних трав на минеральном фоне повысилось на 0,02 %, после внесения перепревшего навоза – на 0,12 %. На изменение содержания гумуса в почве варианты основной обработки почвы существенного влияния не оказали.

14. Высокая засоренность посевов отмечалась на фоне с внесением расчетных доз NPK и составила 43,0 шт./м² с воздушно сухой массой 15,1 г. Минимальная засоренность посевов отмечалась на фонах с совместным внесением «NPK + пожнивной сидерат + солома» 38,1 шт./м² и 9,4 г воздушно сухой биомассы.

15. На фонах с внесением NPK и пожнивного сидерата, как в отдельности, так и в сочетании с соломой отмечено снижение развития

корневых гнилей до 4,9, 7,0 и 10,3 %, против 5,1, 9,4 и 11,5 % на расчетных фонах питания с внесением минеральных удобрений.

16. Внесение полуперепревшего навоза, измельченной соломы предшественника, пожнивного сидерата и совместное внесение соломы и сидерата позволили увеличить урожайность озимой ржи на 0,2-5,0 зерновых единиц, яровой пшеницы – на 1,2-6,8 зерновых единиц, многолетних трав – на 1,2-7,3 зерновых единиц, яровой пшеницы – на 2,5-5,4 ц, овса – на 2,4-5,3 ц/га по сравнению с внесением расчетных доз минеральных удобрений.

17. На фоне «NPK + солома + пожнивной сидерат» в сравнении с внесением расчетных доз минеральных удобрений улучшались качественные показатели: масса 1000 семян – на 0,6-4,3 и 0,8-4,3 г, стекловидность зерна на 0,4-2,5 и 1,1-3,9 %, содержания клейковины – на 0,9-1,8 %. По всем вариантам опыта группа качества полученного зерна яровой пшеницы соответствовала II классу.

18. В среднем за ротацию севооборота максимальная прибыль от возделывания культур получена на фоне совместного внесения «NPK + солома + пожнивной сидерат» и составила 22835,6 руб./га, уровень рентабельности 162,8 %, против 15540,0 руб./га на расчетном минеральном фоне с уровнем рентабельности 96,4 %. На этих же вариантах лучшими были и показатели энергетической эффективности возделывания сельскохозяйственных культур.

19. Большая урожайность и сравнительно высокая рентабельность озимой пшеницы была на варианте с использованием гречихи в качестве сидерального пара и составила 2,88 т/га при 2,39 и 2,43 т/га по чистому пару и яровому рапсу, соответственно. Рентабельность составила 123,26 % против 53,8 и 108,58 % по чистому пару и яровому рапсу.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для устранения проблемы снижения гумуса в севооборотах на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья необходимо:

- наряду с внесением расчетных доз удобрений, шире использовать посевы многолетних трав и заделку измельченной соломы и пожнивного сидерата;

- заменить традиционную постоянную зяблевую вспашку на комбинированную систему основной обработки почвы в севообороте с чередованием различных способов и глубины обработки: под озимую рожь – поверхностная обработка орудием БДТ-3 на глубину 8-10 см; под яровые зерновые – безотвальное рыхление плугом ПН-4-35 со стойками СИБИМЭ на глубину 22-24 см, под однолетние травы и горох – вспашка плугом ПН-4-35 на глубину – 24-26 см. На всех вариантах перед основной обработкой почвы проводить лущение стерни орудием БДТ;

- в качестве сидерального пара под озимую пшеницу наряду с широко распространенными культурами (яровой рапс) использовать гречиху.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумов, Н.И. Влияние основной обработки и гербицида «Гризлак» на фитосанитарное состояние посевов, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобкова // Вестник ОрелГАУ. – 2012. – №4 (37). – С.26-29.
2. Абакумов, Н.И. Засоренность посевов проса посевного в зависимости от приемов обработки почвы / Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобкова // Образование, наука и производство. – 2015. – № 3 (12). – С.20-22.
3. Абакумов, Н.И. Экономическая эффективность систем основной обработки почвы в зерновом севообороте / Н.И. Абакумов, Ю.А. Бобкова // Вестник ОрелГАУ. – 2015. – № 4 (55). – С.65-69.
4. Абрамов, Н.В. Воспроизводство плодородия почв УРФО / Н.В. Абрамов // АПК России. – 2017. – Т. 24. – № 5. – С.1055-1065.
5. Абрамов, Н.В. Производительность агроэкосистем и состояние почвенного плодородия в Северном Зауралье / Н.В. Абрамов // Тюмень. – 2010. – 213 с.
6. Аверьянов, Г.Д. Влияние обработки почвы на урожайность зерновых культур в Верхнем Поволжье / Г.Д. Аверьянов, М.С. Матюшин, А.И. Шаряпова // Минимальная обработка почвы – М.: 1984. – С.204-211.
7. Авров, О.Е. Использование соломы в сельском хозяйстве / О.Е. Авров, З.М. Мороз // – Л.: Колос. – 1979. – 199 с.
8. Азизов, З.М. Влияние приемов основной обработки почвы на плодородие чернозема южного / З.М. Азизов // Аграрная наука. – 2010. – №11. – С.12-14.
9. Айтемиров, А.А. Урожайность зелёной массы сидератов и накопление корневой массы основными культурами в условиях орошения Терско-сулакской подпровинции / А.А. Айтемиров, Т.Т. Бабаев // Горное сельское хозяйство. – 2018. – № 3. – С.51-57.

10. Акулов, А.А. Севооборот – как биологический фактор системы земледелия /А.А. Акулов // Достижение науки и техники. – 2005. – № 5. – С.21-22.
11. Александрова, Л.Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л.Н. Александрова // – М: Наука. – 1980. – 287 с.
12. Алексеев, Е.К. Зеленые удобрения в нечерноземной зоне / Е.К. Алексеев // – М.: Агропром, 1959. – 278 с.
13. Алмазов, Б.Н. Основные элементы системы удобрения овощных культур и картофеля в севообороте в условиях VII и VIII ротаций на слабо выщелоченном черноземе Алтая / Б.Н. Алмазов, Л.Т. Холуяко // Агрохимия. – 1993. – № 10. – С 46-53.
14. Ангиясев, О. Г. Технологические требования использования соломы на удобрение / О.Г. Ангиясев // Земледелие. – 1981. - № 11. – С.51-52.
15. Андреев, В.Л. Ресурсосбережение при основной обработке почвы / В.Л. Андреев, С.Л. Демшин, Р.Р. Нуризянов // Земледелие. – 2008. – № 1. – С.22-23.
16. Ахметзянов, М.Р. Особенности роста и развитие многолетних трав при различных биологических фонах в условиях Предкамья Татарстана: автореф. дис. ...канд. сельскохозяйств. наук: 06.01.01 / Ахметзянов Марсель Рашидович – Кинель, 2003. – 17 с.
17. Ахметзянов, М.Р. Роль биологических факторов в повышении плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур / М.Р. Ахметзянов, И.П. Таланов // Казань. Изд-во Казанского ГАУ, 2010. – 152 с.
18. Ахметзянов, М.Р. Влияние биомассы растений и приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели почвы и продуктивность культур в звене севооборота / М.Р. Ахметзянов, Г.К. Хузина, И.П. Таланов // Вестник Казанского ГАУ. – 2019. – №1(52). – Казань. – С.11-15.
19. Бабич, А.А. Животноводство: проблема кормов / А.А. Бабич // – М.: Знание. – 1991. – 64 с.

20. Баздырев, Г.И. Современная концепция борьбы с сорными растениями в системе земледелия Нечерноземной зоны РСФСР / Г.И. Баздырев / Известия ТСХА. – 1990. – №6. – С.17-30.

21. Баландин, Д.А. Биотехнологии как инновационное направление развития АПК региона / Д.А. Баландин, Л.Е. Красильникова // Научное обозрение. – 2014. – № 9-2. – С.535-538.

22. Бегеулов, М.Ш. Влияние зеленого удобрения на урожайность и технологические свойства зерна озимой пшеницы и ячменя в зерновых севооборотах Центрального района Нечерноземной зоны: автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук : 06.01.01 /Бегеулов Марат Шагабанович. – М.: – 1998. – 20 с.

23. Безуглова, О.С. Гумусное состояние почв юга России / О.С. Безуглова // – Ростов-на Дону: Изд-во СКНЦ ВШ. – 2001. – 228 с.

24. Беленков, А.Ю. Влияние сроков и глубины обработки залежи на урожайность зерновых культур / А.Ю. Беленков, А.Ю. Лисина, В.В. Ивенин, В.П. Заикин // Земледелие. – 2008. – № 7. – С.28.

25. Белюченко, И.С. Оценка воздействия отходов животноводства на прилегающие ландшафты (Прикубанский округ г. Краснодар) методами химического анализа / И.С. Белюченко, С.Б. Баранова, В.В. Громыко, М.В. Яценко, А.А. Гайдай и др. // Экол. пробл. Кубани. – 2006. – № 32. – С.237-268.

26. Беляк, В.Б. Биологизация сельскохозяйственного производства / В.Б. Беляк // Пенза. – 2008. – 320 с.

27. Берестецкий, О.А., Фунгистатический потенциал почвы в связи с ее биогенностью / О.А. Берестецкий, О.А. Возняковская, А.К. Труфанова // Микология и фитопатология. – 1986. – Т.20. – № 5. – С.386-391.

28. Берзин, А.М. Зеленое удобрение в Красноярском крае / А.М. Берзин, А.А. Шпедт // Земледелие. – 2001. – №5. – С.13.

29. Бешкильцева, Т.А. Влияние плотности почвы на продуктивность овса и ячменя / Т.А. Бешкильцева // Аграрный вестник Урала. – 2008. – №9. – С.49-50.

30. Богатырева, Е.В. Влияние биопрепаратов на темпы разложения солоmistых остатков озимой пшеницы и продуктивность чернозёма обыкновенного в зоне неустойчивого увлажнения / Е.В. Богатырева // Земледелие. – 2008. – № 8. – С.34-36.

31. Болотов, А.Т. Избранные труды / А.Т. Болотов // – М.: Агропромиздат. – 1988. – 414 с.

32. Бондарев, А.Г. Физические свойства почв как теоретическая основа прогноза их уплотнения / А.Г. Бондарев // Влияние сельскохозяйственной техники на почву. – М.: Наука, 1981. – С 80–85.

33. Борисова, Е.Е. Роль в севооборотах многолетних трав / Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 8 (51). – С.12-19.

34. Бустанов, З.Т. Экономическая эффективность при возделывании сидератов / З.Т. Бустанов, К. Хамданов, М.К. Хамданова, Ф.И. Расулова // Современные тенденции развития науки и техники. – 2015. – № 6-3. – С.119-122.

35. Васильев, А.А. Влияние сидератов на фитосанитарное состояние агроэкосистем картофеля / А.А. Васильев // Пермский аграрный вестник – 2014 – №3 (7) – С.3-10.

36. Васильев, О.А. Биологизация земледелия в травопольном севообороте / О.А. Васильев, А.О. Васильев, А.Н. Ильин // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №4(7). – С.10-15.

37. Васюков, П.П. Влияние традиционной и минимальных систем обработки почвы на изменения почвенного плодородия / П.П. Васюков, Г.В. Чуварлеева, Г.М. Лесовая, А.А. Мнатсаканян // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 3 (7). – С.50-59.

38. Васюков, П.П. Новая система земледелия / П.П. Васюков, В.И. Цыганков. – Изд-во «Эдви». - Краснодар, 2012. – 151 с.
39. Верниченко, Л.Ю. Влияние соломы на почвенные процессы и урожай сельскохозяйственных культур / Л.Ю. Верниченко, Е.Н. Мишустин // – Сб.: Использование соломы как органические удобрения. – М.: Наука. – 1980. – С.3-33.
40. Вильямс, В.Р. Почвоведение / В.Р. Вильямс // Земледелие с основами почвоведения. – М. – 1939. – 447 с.
41. Вильямс, В.Р. Травопольная система земледелия на орошаемых землях / В.Р. Вильямс // Собрание сочинений. М.: Гос. изд-во с.-х. литература. – 1951. – Т. 8. – С.192-217.
42. Витер, А.Ф. Изменение плодородия обыкновенного чернозема ЦЧЗ под влиянием приемов основной обработки / А.Ф. Витер, А.М. Новичихин // Вестник с.-х. науки. – 1984. – № 1. – С.77-85.
43. Владыкина, Н.И. Мелкая и комбинированная обработка почвы в севообороте с различными видами пара / Н.И. Владыкина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2016. – №2 (51). – С.34-40.
44. Возняковская, Ю.М. Рациональные приемы применения зеленого удобрения / Ю.М. Возняковская, Ж.П. Попова // Земледелие. – 1993. – № 2. – С.14-16.
45. Возняковская, Ю.М. Сидераты как фактор биологизации земледелия / Ю.М. Возняковская, Ж.П. Попова, М.Н. Новиков, В.М. Тутилин, А.М. Тамонов // Земледелие. – 1999. – № 1. – 44 с.
46. Волкова, И.А. Технологическая эффективность использования агроресурсного потенциала / И.А. Волкова // Аграрная наука. – 2012. – № 7 – С.6-8.
47. Воробьев, С.А. Севооборот и плодородие дерново-подзолистых почв / С.А. Воробьев // Вестник с.-х. науки. – 1982. – № 4. – С.75-86.

48. Воронцов, В.А. Системы основной обработки чернозёма в Тамбовской области / В.А. Воронцов, Л.Н. Вислобокова, Ю.П. Скорочкин // Земледелие. – 2012. – № 7. – С.19-21.

49. Вражнов, А.В. Пути повышения эффективности зернового производства на Южном Урале / А.В. Вражнов // Освоение адаптивно-ландшафтных систем и агротехнологий на целинных землях Куртымыш. ГПУ «Куртымышская типография, – 2009. – С.13-26.

50. Вронских, М.Д. Защита полевых культур от вредителей и болезней / М.Д. Вронских // – Кишинев, 1988. – 298 с.

51. Гамзиков, Г.П. Длительное применение удобрений и извести в плодосменном севообороте на серой лесной почве Прибайкалья / Г.П. Гамзиков, Н.Н. Дмитриев, В.Т. Мальцев, Е.Н. Дьяченко // Плодородие. – 2014. – № 6. – С.25-27.

52. Ганькин, А.В. Влияние многолетних трав на агрохимические свойства почвы и урожайность последующих культур / А.В. Ганькин, Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, Г.И. Шестеркин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2005. – № 2. – С.5-6.

53. Геер, Б. Нехимические методы борьбы с сорняками в органическом земледелии / Б. Геер // Вестник с.-х. науки. – 1991. – № 10. – С.23-26.

54. Гончаров, В.М. Количественный подход к комплексной агрофизической оценке почвенного покрова / В.М. Гончаров, Е.В. Фаустова, В.Г. Тымбаев // Вестник Томского государственного университета. – 2008. – Т.315. – С.206-313.

55. Горбунова, М.В. Влияние обработки почвы на ее структурно-агрегатный состав / М.В. Горбунова, В.Т. Лобков // Russian Agricultural Science Review. – 2015. – Т. 5. – № 5-1. – С.243-245.

56. Горянин, О.И. Влияние современных технологий возделывания на агрофизические свойства чернозема обыкновенного в Среднем Поволжье / О.И. Горянин // Известия Оренбургского ГАУ. – 2012. – №3 (35). – С.23-26.

57. Горянин, О.И. Дифференцированная система обработки почвы как элемент адаптивной системы земледелия Самарской области / О.И. Горянин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5 (49). – С.23-25.

58. Горянин, О.И. Агротехнологические основы повышения эффективности возделывания полевых культур на черноземе обыкновенном Среднего Заволжья: автореф. дис. ... д-ра сельскохоз. наук: 06.01.01 / Горянин Олег Иванович – Саратов, 2016. – 40 с.

59. Государственный доклад «О состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2016 году». – Казань: Минэкологии и природных ресурсов РТ. – 508 с.

60. Греков, Н.И. Эколого-экономическая эффективность использования земельных ресурсов / Н.И. Греков, Э.А. Климентова, А.А. Дубовицкий // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3. – С.155-160.

61. Гуревич, С.М. Действие минеральных удобрений на мощном Черноземье / С.М. Гуревич // – М.: Госхимиздат. – 1962. – 255 с.

62. Гусев, Г.С. Продуктивность севооборотных звеньев при использовании пожнивной сидерации и соломы на удобрение: дис. ... канд. сельскохоз. наук.: 06.01.01 / Гусев Георгий Сергеевич. – М., 1975. – 183 с.

63. Денисов, Е.П. Улучшение агрофизических свойств черноземов под влиянием многолетних трав / Е.П. Денисов, А.П. Солодовников, А.С. Монин // Кормопроизводство. – 2006. – №3. – С.19-21.

64. Деревягин, В.А., Технологии использования соломы на удобрение / В.А. Деревягин, С.М. Куленичев // Химизация сельского хозяйства. – 1990. – №1. – С.41-44.

65. Дзюин, А.Г. Применение биоресурсов в севооборотах / А.Г. Дзюин, Г.П. Дзюин // В сборнике: Всероссийской научно-практической

конференции, посвященной 75-летию образования Владимирского НИИСХ Россельхозакадемии. Владимирский НИИСХ. – 2013. – С.151-154

66. Дзюин, Г.П. Биологизация земледелия в северо-восточной зоне Нечерноземья / Г.П. Дзюин, А.Г. Дзюин // Ижевск: ФГБНУ Удмуртский НИИСХ. – 2014. – 202 с.

67. Дзюин, А.Г. Последействие сидератов и соломы в севообороте / А.Г. Дзюин, Г.П. Дзюин // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2015. – № 6 (49). – С.38-42.

68. Довбан, К.И. Зеленые удобрения – опыт и перспективы / К.И. Довбан, В.В. Бузмаков // Земледелие. – 1981. – №1. – С.60-62.

69. Довбан, К.И. Применение зеленых удобрений в интенсивном земледелии / К.И. Довбан // – Минск: Урожай. – 1981. – 206 с.

70. Довбан, К.И. Зеленое удобрение / К.И. Довбан // – М.: Агропромиздат. – 1990. – 208 с.

71. Довбан, К.И. Сидерация в интенсивном земледелии / К.И. Довбан, В.К. Довбан, Ф.Г. Бардинов // – М. : ВНИИТЭИагропром. - 1992. – 68 с.

72. Довбан, К.И. Экологические аспекты сидерации / К.И. Довбан // Химизация сельского хозяйства. – 1992. – № 4. – С.28-32.

73. Доронина, О.М. Продуктивность кукурузы в зависимости от степени засоренности / О.М. Доронина // АПК России, – 2015. – Т 72, № 1, – С.80-82.

74. Дронова, Т.Н. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв / Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – №2. – С.63-72.

75. Дубовицкий, А.А. Экономические основы сохранения почвенного плодородия / А.А. Дубовицкий, Э.А. Климентова // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2016. – № 6 (14). – С.8-13.

76. Дудкин, В. М. Севооборот и удобрение – основные факторы управления формированием урожая / В. М. Дудкин, А. С. Акименко, И. В. Дудкин, Ю. Б. Логачев // Земледелие. – 2002. – № 1. – С.25-26.

77. Дуткин, И.В. Обработка почвы и потенциальная засоренность посевов. / И.В. Дуткина, З.М. Шмата // Земледелие. – 2007. – №6. – С.38-39.

78. Дьяченко, Е.Н. Влияние сидерации на плодородие серой лесной почвы и урожайность пшеницы в плодосменном севообороте / Е.Н. Дьяченко, А.Т. Шевелев // Вестник ИрГСХА. – 2018. – № 86. – С.15-24.

79. Егорова, Г.С. Многолетние травы как восстановители почвенного плодородия и основа кормопроизводства / Г.С. Егорова, Л.В. Петрунина // Плодородие. – 2008. – № 6 (45). – С.38-39.

80. Ельцев, В.П. Влияние соломы на микробиологические процессы в почве при ее использовании в качестве органического удобрения / В.П. Ельцев, Л.К. Ницэ // Использование соломы как органические удобрения. – М.: Наука. – 1980. – С.70-101.

81. Епифанов, В.И. Корм полноценный и удобрение хорошее / В.И. Епифанов // Хозяин. – 1992. – С.33.

82. Еремин, Д.И. Возможности ускорения разложения соломы яровой пшеницы в условиях лесостепной зоны Зауралья / Д.И. Еремин, А.А. Ахтямова // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 4 (40). – С.35-38.

83. Ерофеев, Н.С. Использование соломы в качестве непосредственного удобрения / Н.С. Ерофеев, И.С. Востров// – М.: Изв. АН СССР. – 1964. – С.668-676.

84. Еськова, А.И. Система биологизации земледелия в Нечерноземной зоне / А.И. Еськова // М.: ФГНУ «Росинформагротех». – 2007. – 296 с.

85. Жердева, О.В. Совершенствование методики оценки эффективности использования земельных ресурсов сельскохозяйственного

назначения / О.В. Жердева, М.А. Столярова // Теория и практика общественного развития. – 2013. - № 7. – С.212-215.

86. Жуков, Ю.П. Баланс питательных веществ как прогнозно-экологический показатель плодородия почв и продуктивности культур / Ю.П. Жуков // Агрохимия. – 1996. – № 7. – С.35-45.

87. Жумабеков, Э.Ж. Севообороты – основа плодородия и урожая / Э.Ж. Жумабеков // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2018. – № 2 (47). – С.96-105.

88. Жученко, А.А. Адаптивная стратегия устойчивого развития сельского хозяйства России в XXI веке / А.А. Жученко // Теория и практика. Т. 1 и 2. М.: Агрорус. – 2009-2011. – 816 и 624 с.

89. Забелло, Д.А. Биологизация систем земледелия / Д.А. Забелло, Г.П. Рабцевич // – М.: Наука. – 1994. – 198 с.

90. Заглядова, М.Х. Сохранение сельскохозяйственных угодий как фактор устойчивого развития АПК / М.Х. Заглядова, Д.А. Баландин // Российское предпринимательство. – 2013. – № 9. – С.85-90.

91. Захаренко, В.А. Фитосанитарный мониторинг агроэкосистем и его научно–методическое обеспечение в России / В.А. Захаренко // М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, – 2010. – С.124-138.

92. Зезин, Н.Н. Почвозащитная технология возделывания сельхозкультур на Среднем Урале / Н.Н. Зезин, Б.Н Саласин // Екатеринбург. – 1997. – 39 с

93. Зеленин, И.Н. Озимые культуры для сидеральных паров на черноземах выщелоченных лесостепной зоны Среднего Поволжья / И.Н. Зеленин // Достижение науки и техники АПК. – 2014. – № 5. – С.7-10.

94. Иванов, Ю.Д. Доступный способ поддержания баланса гумуса в почве / Ю.Д. Иванов, В.А. Сергиенко, В.А. Фролов // Земледелие. – 1988. – №5. – С.34-36.

95. Иванова, Н.Н. Агрехимические свойства аллювиальных почв под многолетними травами и картофелем / Н.Н. Иванова, И.Ф. Каргин, А.А. Зубарев, Д.И. Иванов // Российский научный мир. – 2015. – № 1 (5). – С.79-87.
96. Иващенко, А.А. За новые подходы в гербологии / А.А. Иващенко, 2007 // Защита растений. – 2007. – № 10. – С.7-10.
97. Ивенин, В.В. Роль чистых и занятых паров при интенсивном возделывании яровой пшеницы / В.В. Ивенин, А.В. Ивенин, А.Ю. Белов, А.П. Саков // Земледелие. – 2011. – № 5. – С.31-32.
98. Игдови́ков, В.Г. Программа кормового белка в действии / В.Г. Игдови́ков, Д.В. Якушев // Вестник с.-х. науки. – 1991. – № 10. – С.38-43.
99. Казанбеков, И.А. Водный режим и продуктивность сидератов в зависимости от основной обработки чернозема типичного / А.И. Казанбеков, Е.Г. Котлярова, А.И. Титовская // Вестник аграрной науки. – 2017. – № 6 (69). – С.9-15.
100. Казаков, Г.И. Обработка почвы в Среднем Поволжье: монография / Г.И. Казаков. – Самара: Изд-во Самарской ГСХА, – 2008. – 251 с.
101. Казаков, Г.И. Почвозащитная обработка в Среднем Поволжье / Г.И. Казаков, В.А. Корчагин // Земледелие. – 2009. – № 1. – С.26-28.
102. Калининская, Т.А. Влияние соломы на деятельность азотфиксирующих микроорганизмов почвы / Т.А. Калининская // Использование соломы как органические удобрения. – М.: Наука. – 1980. – С.48-54.
103. Караваев, М.А. Влияние многолетних трав на урожайность зерновых культур и плодородие светло-каштановой почвы в восточной зоне Ростовской области: автореф. дисс. канд. с.х. наук: 06.01.09 / Караваев Михаил Александрович. – Волгоград. – 2005. – 20 с.
104. Каращук, И.М. Возделывание травосмесей многолетних трав / И.М. Каращук // – Воронеж, – 1952. – С.5-58.

105. Картамышев, Н.И. Почвозащитная обработка почвы в Центрально-Черноземном районе / Н.И. Картамышев и др. // Науч. тр. ВНИИЗХ: Всесоюз. науч. - исслед. ин-т зернового хоз-ва. – 1982. – С.116-122.

106. Картамышев, Н.И. Проблемы переуплотнения почв и пути их решения / Н.И. Картамышев, А.А. Тарасов // Курск – 1997. – 105 с.

107. Кащеев, А.Н. Севообороты и обработка почвы в лесостепи Среднего Поволжья / А.Н. Кащеев // Саратов. – 1989. – 68 с.

108. Каюмов, М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / М.К. Каюмов // – М.: Агропромиздат. – 1989. – 320 с.: ил.

109. Кильдюшкин, В.М. Совершенствование систем основной обработки почвы. / В.М. Кильдюшкин, В.К. Бугаевский // Земледелие, 2007, – №2. – С.24-25.

110. Кирюшин, В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования / В.И. Кирюшин // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – № 3. – С.19-25.

111. Кирюшин, В.И. Минимизация обработки почвы: перспективы и противоречия / В.И. Кирюшин // Земледелие. – 2006. – № 5. – С.12–14.

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

113. Кислицына, А.П. Гумусное состояние почв в выводном поле под многолетними травами / А.П. Кислицына, А.А. Вязьминова // В сборнике: Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. – 2017. – С.26-30.

114. Климентова, Э.А. Эффективность использования земли в сельскохозяйственном производстве Тамбовской области / Э.А. Климентова, А.А. Дубовицкий, Н.И. Греков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2013. – №4. – С.77-81.

115. Ковда, В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В.А. Ковда //– М.: Наука. –1981. – С.21-58.

116. Козлова, Л.М. Севооборот как биологический прием сохранения плодородия и повышения продуктивности пашни / Л.М. Козлова, Т.С. Макарова Ф.А. Попов, А.В. Денисова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 1. – С.19–21.

117. Кольбе, Г. Солома как удобрение (пер. с нем. Кудюкина А.А.) / Г. Кольбе, Г. Штумне // – М.: Колос. – 1972. – 88 с.

118. Конев, А.А. Система биологизации земледелия / А.А. Конев // – Новосибирск: Новосибирский ГАУ. – 2004. – 51 с.

119. Кормилицын, В.Ф. Значение сидерации в воспроизводстве плодородия тёмно-каштановой почвы Поволжья в условиях орошения / В.Ф. Кормилицын // Доклады ВАСХНИЛ. – 1988. – № 10. – С.21-24.

120. Корнилов, И.М. Влияние систем обработки почвы на засоренность посевов в севообороте / И.М. Корнилов // Защита и карантин растений. – 2015. – № 4. – С.44-45.

121. Корчагин, В.А. Накопление и расходование почвенной влаги по плоскорезной обработке / В.А. Корчагин // Обработка почвы в степном Заволжье. – Куйбышев. – 1980. – С.57-64.

122. Корчагин, В.А. Ресурсосберегающие технологические комплексы возделывания яровой пшеницы в степных районах Среднего Поволжья / В.А.Корчагин, О.И. Горянин, В.Г. Новиков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2005. – С.37-39.

123. Корчагин, А.А. Влияние систем обработки на водный режим серой лесной почвы / А.А. Корчагин, Л.И. Ильин, Т.С. Бибик, Р.Д. Петросян, А.А. Марков // Земледелие. – 2015. – № 8. – С.22-25.

124. Косолапова, А.И. Влияние систем удобрения на агрохимические показатели дерново-подзолистой почвы и накопление тяжелых металлов /

А.И. Косолапова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2012. – № 6 (31). – С.19-22.

125. Котелькина, Л.Л. Влияние предшественников льна-долгунца в севообороте на урожайность льнопродукции и качество волокна / Л.Л. Котелькина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2008. – №11 (191). – С.12-17.

126. Кошкин, Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур / Е.И. Кошкин // Учебник с ил. – М. : Дрофа, 2010. – 638 с.

127. Кружков, Н.К. Пожнивное зеленое удобрение и плодородие дерново-подзолистой почвы в зерновых севооборотах / Н.К. Кружков // - Автореф. дис... канд. с.- х. наук. – М., 1978. – 18 с.

128. Кудеяров, В.Н. Современное состояние почв агроценозов России, меры по их оздоровлению и рациональному использованию / В.Н. Кудеяров, М.С. Соколов, А.П. Глинушкин // Агрехимия – № 6. – 2017. – С.3-11.

129. Кузин, Е.Н. Сидераты повышают плодородие черноземных почв / Е.Н. Кузин, Г.Е. Гришин, Ю.А. Ивальчев // Земледелие. – 1999. – № 3. – С.15-17.

130. Кузьменко, Н.Н. Влияние насыщенности льняного севооборота органическими и минеральными удобрениями на плодородие почвы, продуктивность севооборота и качество продукции / Н.Н. Кузьменко // В сборнике: Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур. Материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЛ. – 2017. – С.96-102.

131. Кулешов, Н.И. Особенности роста и развития козлятника разных лет жизни / Н.И. Кулешов // Кормопроизводство. – 2005. – №10. – С.20-23.

132. Куликова, А.Х. Влияние систем основной обработки почвы на содержание и качественный состав гумуса чернозема выщелоченного / А.Х. Куликова, Н.Г. Захарова // Плодородие. – 2010. – №5 (56). – С.19-20.

133. Кульбида, В.В. Пожнивные посевы на корм и зелёное удобрение / В.В. Кульбида, А.А. Артюшенко // Земледелие. – 1991. – № 11. – С.50-52.

134. Куприченков, М.Т. Солома – ценное органическое удобрение / М.Т. Куприченков, Т.Н. Антонова, А.А. Голованов // Земледелие. – 2000. – №5. – С.23-27.

135. Кураченко Н.Л. Влияние основной обработки на агрофизические параметры черноземов Красноярской лесостепи [Текст]: научное издание / Н. Л. Кураченко А.А. Лелякова // Вестник БурГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2012. – № 4. – С.26-32.

136. Левин, Ф.И. Влияние промежуточных культур на биологическую активность почвы и мобилизацию элементов питания / Ф.И. Левин, С.М. Белозеров // Биологические науки. – 1985. – №8. – С.101-104.

137. Летучий, А.В. Влияние основной обработки почвы на урожайность кукурузы в условиях правобережья Саратовской области / А.В. Летучий, О.В. Коннова // Аграрные конференции. – 2017. – № 3. – С.48-51.

138. Листопадов И.Н. Минимализация, а не упрощение / И.Н. Листопадов И.Н. // Земледелие. – 2007. – № 1. – С.25-27.

139. Лифаненкова, Т.П. Изменение продуктивности зерно-травяно-пропашного севооборота в зависимости от системы удобрений / Т.П. Лифаненкова // Земледелие. – 2012. – №1. – С.14-17.

140. Лобков, В.Т. Почвоутомление при выращивании полевых культур / В.Т. Лобков // – М.: Колос. – 1994. – 112 с.

141. Лобков, В.Т. Экономическая и биоэнергетическая оценка факторов биологизации в звене севооборота / В.Т. Лобков, Н.И. Абакумов, А.Н. Кружков // Вестник Орловского аграрного университета. – 2009. – № 4(19). – С.10-14.

142. Лозановская, И.Н. Теория и практика использования органических удобрений / И.Н. Лозановская, Д.С. Орлов, П.Д. Попов // – М.: Агропромиздат, – 1987. – 96 с.

143. Лошаков, В.Г. Баланс питательных веществ в интенсивных специализированных зерновых севооборотах / В.Г. Лошаков, Ю.Д. Иванова, С.Ф. Иванова // Известия ТСХА. – 1979. – № 1. – С.29-32.

144. Лошаков, В.Г. Промежуточные культуры в севооборотах Нечерноземной зоны / В.Г. Лошаков // – М.: Россельхозиздат, 1980. – 132 с.

145. Лошаков, В. Г. Промежуточные культуры, как фактор интенсификации земледелия и окультуривания дерново-подзолистых почв: дис... д-ра с. –х. наук / Лошаков Владимир Григорьевич – М., 1981. – 406 с.

146. Лошаков, В.Г. Биологическая активность в специализированном севообороте при использовании пожнивного сидерата и соломы в качестве удобрений / В.Г. Лошаков, В.Т. Емцев // Известия ТСХА. –1986. – №44. – С.10-17.

147. Лошаков, В.Г. Продуктивность зерновых севооборотов с пожнивной сидерацией / В.Г. Лошаков, С.Ф. Иванова, Р.Ю. Асхабов, А.И. Пашков, Л.В. Пашков // Сб.: Оптимизация перспективной системы земледелия Нечерноземной зоны. – М., 1987. – С.24-30.

148. Лошаков, В.Г. Промежуточные культуры – важный элемент - интенсивных зональных систем земледелия / В.Г. Лошаков // В кн.: Агрономические основы специализации севооборотов. – М., 1987. – С.29-40.

149. Лошаков, В.Г. Севооборот и биологизация земледелия / В.Г. Лошаков // Вестник с.-х. науки. – 1992. – №2. – С.19-25.

150. Лошаков, В.Г. Баланс питательных веществ в специализированных зерновых севооборотах и при бессменном возделывании зернофуражных культур / В. Г Лошаков, Ф. Элмер, С. Ф. Иванова, Ю. Н. Синих // Известия ТСХА. –1996. – Вып.1. – С.41-56.

151. Лошаков, В.Г. Проблемы теории и практики севооборота. / Теория и практика современного севооборота: сборник трудов. – М.: Изд. МСХА – 1996. – С.9-14.

152. Лошаков, В.Г. Сидерация как фактор биологизации и природоподобных технологий в земледелии / В.Г. Лошаков // Биogeосистемные технологии – 2015. – Т. 4. – №6, – С.374-395.

153. Лошаков, В.Г. Зеленое удобрение в земледелии России / Под ред. В.Г. Сычева // М.: Изд. ВНИИА. – 2015. – 300 с.

154. Лошаков, В.Г. Экологические фитосанитарные функции зеленого удобрения / В.Г. Лошаков // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 5. – С.30-42.

155. Лошаков, В.Г. Зеленое удобрение в длительных опытах геосети / В.Г. Лошаков // Материалы Международной научной конференции. Под ред. В.Г. Сычева. – 2018. – С.208-220.

156. Лукашов, В.Н. Роль многолетних трав в повышении плодородия и эффективности использования легких почв Калужской области / В.Н. Лукашов, А.Н. Исаков // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 5-1. – С.190-193.

157. Лукин, С.В. Динамика основных агрохимических показателей плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России / С.В. Лукин // Агрохимия. – 2011. – № 6. – С.11-18.

158. Лукин, С.В. Микроэлементы в почвах ЦЧО / С.В. Лукин // Земледелие. – 2015. – № 6. – С.26-28.

159. Лыков, А.М. Воспроизводство плодородия почв в Нечерноземной зоне / А.М. Лыков // М.: Россельхозиздат. – 1982. – 143 с.

160. Лыков, А.М. Органическое вещество и плодородие почвы / А.М. Лыков // Актуальные проблемы земледелия. – М.: Колос. – 1984. – С.34-42.

161. Лыков, А.М. Урожайность полевых культур и содержание азота в почве бессменных посевов / А.М. Лыков, А.Ф. Сафонов, В.А. Лапочкин // Изменение плодородия почв в условиях интенсивного использования. – М.: Колос, 1981. – 187 с.

162. Макаров, В.И. Козлятник восточный в Марий Эл / В.И. Макаров, А.Г. Михайлова // Йошкар-Ола: Марийский государственный университет. – 2007. – 167 с.

163. Мартынович, Л.И. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного центральной лесостепи правобережья Украины / Л.И. Мартынович, Н.Н. Мартынович // Агрохимия. – 1992. – № 9. – С.53-62.

164. Матюк, Н.С. Роль сидератов и соломы в стабилизации процессов трансформации органического вещества в дерново-подзолистой почве / Н.С. Матюк, О.В. Селицкая, С.С. Солдатова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С.63-74.

165. Мельник, А.Ф. Адаптивные технологии и прогноз урожайности озимой пшеницы в условиях Орловской области / А.Ф. Мельник, А.И. Золотухин // Вестник ОрелГАУ. – 2007. – Т. 6. № 3. – С.8-10.

166. Мельников, В.И. О реализации основных положений программы биологизации земледелия в Белгородской области / В.И. Мельников // Материалы конференции «Биологизация сельского хозяйства и органическое земледелие». – Белгород. – 2015. – С.3-4.

167. Мерзлая, Г.Е. Агроэкологическая оценка нетрадиционных органических удобрений / Г.Е. Мерзлая // Экологический вестник России. – 2006. – № 4. – С.3-14.

168. Мерзлая, Г.Е. Последствие различных сочетаний органических и минеральных удобрений при выращивании ячменя на темно-серой лесной почве / Г.Е. Мерзлая, М.А. Габибов // Агрохимия. – 1998. – № 5. – С.76-78.

169. Мерзлая, Г.Е. Сравнительная эффективность систем удобрения в севообороте на дерново-подзолистой песчаной почве / Г.Е. Мерзлая, Н.М. Белоус, М.Г. Драганская // Агрохимия. – 2002. – № 1. – С.42-47.

170. Методические рекомендации по использованию сидеральных культур с целью сохранения почвенного плодородия / Под общей редакцией

Л.М. Козловой. – Киров: ЗНИИСХ Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, 2009. – 53 с.

171. Милюткин, В.А. Использование сидератов в лесостепи Поволжья / В.А. Милюткин, А.А. Марковский, Р.В. Науметов // Земледелие. – 1999. – № 5. – С.45.

172. Минакова, О.А. Влияние длительного применения минеральных удобрений и навоза на гумусовое и азотное состояние чернозема выщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи центрально-черноземной зоны / О.А. Минакова, Л.В. Тамбовцева, А.И. Громовик // Агрохимия. – 2011. – № 5. – С.18-25.

173. Мингазов, Ф.Ф. Использование биологических ресурсов (Глава 7) / Ф.Ф. Мингазов, Р.С. Шакиров, Л.В. Павлова, В.Н. Фомин, М.Р. Ахметзянов, Р.И. Сафин, И.Р. Валеев // Система земледелия Республики Татарстан. инновации на базе традиций: Часть 1. Общие аспекты системы земледелия. – Казань, 2013. – С.55-61.

174. Мингалев, С.К. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в системах земледелия Среднего Урала / С.К. Мингалев // Екатеринбург: УрГСХА. – 2004. – 322 с.

175. Минеев, В.Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В.Г. Минеев, Б. Добрецени, Т. Мазур // – М.: Колос. - 1993. – 415 с.

176. Минеев, В.Г. Эколого-агрохимические аспекты биологизации земледелия / В.Г. Минеев // Агрохимия. – 1995. – № 4. – С.108-115.

177. Михайлина, В.И. Влияние органических удобрений на плодородие почв // ВНИИТЭИСХ / В.И. Михайлина // – М., 1983. – 63 с.

178. Михайлина, В.И. Современные направления использования зеленых удобрений в земледелии / В.И. Михайлина // Достижения с.-х. науки и практики. – 1984. – № 6. – С.31-38.

179. Мишустин, Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин // – М.: Наука – 1972. – С.342.

180. Мишустин, Е.Н. Экологические последствия применения агрохимикатов (удобрения) / Е.Н. Мишустин, Е.М. Лебедев, Н.И. Черенков // Тез. докл. Всесоюзн. совещ. – Пущино. 1982. – С. 4-6.

181. Найденов, А.С. Влияние разных систем обработки почвы на урожайность культур в зернопропашном севообороте / А.С. Найденов, А.Р. Бурбель // Земледелие и жизнь. – 2011. – № 16. – С.24.

182. Наими О.И. Гумусное состояние и биологическая активность чернозёмов обыкновенных (североприазовских) при длительном сельскохозяйственном использовании / О.И. Наими // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (53). – С.161-164.

183. Наими, О.И. Динамика ферментативной активности чернозема обыкновенного при внесении соломы / О.И. Наими, О.С. Безуглова, Е.А. Полиенко // В сб. материалов научно-практич. конф. «Здоровые почвы – гарант устойчивого развития». – 2018. – С.73-77.

184. Наполов, В.В. Влияние различных способов обработки почвы на показатели плодородия и урожайность / В.В. Наполов, Г.В. Наполова, О.Д. Дмитриева // Russian Agricultural Science Review. – 2015. – Т. 6. № 6-1. – С.45-49.

185. Наполова, Г.В. Изменения в содержании клейковины при различных способах обработки почвы и посева / Г.В. Наповалова, В.В. Наповалов // Russian Agricultural Science Review. – 2015. – Т. 6. № 6-1. – С.41-44.

186. Насиев, Б.Н. Влияние внесения органических удобрений на агрофизические свойства темно-каштановых почв (Западный Казахстан) / Б.Н. Насиев // Почвоведение. – 2013. – № 9. – С.1128.

187. Неуймин, С.К. Сельскохозяйственная освоенность как фактор устойчивого развития сельских территорий / С.К. Неуймин, Д.С. Неуймин //

Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1. – С.121-126.

188. Николаев, В.А. Влияние пожнивного зеленого удобрения на агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы и продуктивность зерновых севооборотов: автореф. дисс. канд. наук: 06.01.01 / Николаев Владимир Анатольевич // М.: ТСХА. – 1999. – 24 с.

189. Новиков В.М. Влияние агротехнологических приемов и погодных условий на биологическую активность темно-серой лесной почвы при возделывании зернобобовых и крупяных культур / В.М. Новиков // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – №4 (20). – С.116-120.

190. Новиков, А.И. Роль сидератов в воспроизводстве почв Верхневолжья / А.И. Новиков, Н.А. Лопачев, А.Н. Панова // Вестник ОрелГАУ. – 2011. – №4 (31). – С.10–11.

191. Новоселов, Ю.Е. Научные основы интенсификации полевого кормопроизводства / Ю.Е. Новоселов // Создание устойчивой кормовой базы на полевых землях. – ВНИИ кормов. – М.: – 1987. – С.3-14.

192. Овсянников, Ю.А. Экологическое земледелие (необходимость и особенности) / Ю.А. Овсянников // – Екатеринбург: Диамант. – 1992. – 146 с.

193. Окорков, В.В. Некоторые пути повышения эффективности применения удобрений / В.В. Окорков // Приложение к журналу «Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 3. – С.64-72.

194. Орлов, Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д.С. Орлов // – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1990. – 325 с.

195. Осадчий, В.К. Энергетическая и экологическая оценка технологий земледелия / В.К. Осадчий // Техника в сельском хозяйстве. – 1989. – № 3. – С.11-12.

196. Осенний Н.Г. Гумусное состояние чернозема южного при длительном применении в севообороте различных систем обработки почвы,

удобрений, сидератов и соломы / Н.Г. Осенний, Л.С. Веселова, А.В. Ильин // Крымский агротехнологический университет. – 2011. – №137. – С.61-66.

197. Парахин, Н.В. Многолетние травы: и корма, и удобрения, и защита почв / Н.В. Парахин // Животноводство России. – 2003. – №3. – С.30-31.

198. Пегова, Н.А., Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистой почвы / Н.А. Пегова, В.М. Холзаков // Аграрная наука Северо-Востока. – 2015. – № 1 (44). – С.35-39.

199. Пестряков, А.М. На принципах разноглубинности и многовариантности. / А.М. Пестряков // Земледелие. – 2007. – №2. – С.19-21.

200. Петелин, А.Д. Влияние систем основной обработки почвы на урожайность культур севооборота / А.Д. Петелин, С.К. Мингалев // Молодежь и наука. – 2018. – № 6. – С.48.

201. Петриченко, В.Ф. Удобрение соломой / В.Ф. Петриченко // Зерно. – 2006. – № 6. – С.66-69.

202. Пилипенко, Н.Г. Влияние редьки масличной в занятых и сидеральных парах на фитосанитарное состояние посевов зерновых культур в полевом севообороте / Н.Г. Пилипенко, О.Т. Андреева // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – № 4 (20). – С.253-260.

203. Пискунова, Х.А. Сидеральные предшественники, удобрения и урожайность озимой пшеницы / Х.А. Пискунова, А.В. Федорова, Т.С. Ершова // Земледелие. – 2012. – № 2. – С.20-21.

204. Подоляк, А.Г. Многолетние травы как экологическое звено при сохранении плодородия торфяных почв, загрязненных радионуклидами / А.Г. Подоляк, Е.Г. Сарасеко, Т.В. Арастович, О.В. Сузько, С.А. Тагай, Т.В. Ласько, В.В. Головешкин // Мелиорация. – 2011. – № 1 (65). – С.165-175.

205. Попов, А.В. Биологизация земледелия в Северо-Западной зоне / А.В. Попов, Н.П. Аврова // Земледелие. – 2001. – № 3. – С.16-17.

206. Постников П.А. Ресурсосберегающие обработки почвы в зернотравяном севообороте / П.А. Постников, И.С. Бызов // Научное наследие

Т. С. Мальцева и современные проблемы земледелия России : мат. междунар. научно-практ. конф., посвящ. 115-й год. со дня рожд. Т. С. Мальцева. Курган: изд-во Курганской ГСХА. – 2011. – С.73-76.

207. Постников, П.А. Биологизированные севообороты – залог повышения урожая/П.А. Постников // Земледелие. – 2010. – № 1. – С.7-8.

208. Постников, П.А. Плодородие темно-серой почвы и продуктивность севооборотов при различных системах удобрений / П.А. Постников, В.В. Попова, О.В. Васина // АПК России. – 2016. – Т. 23. № 4. – С.113-116.

209. Приходько, А.В. Альтернативные источники улучшения плодородия почвы в условиях Крыма / А.В. Приходько, А.Н. Сусский, С.А. Моляр // Таврический вестник аграрной науки. – 2016. – № 2 (6). – С.24-35.

210. Пружин, М.К. Развитие систем альтернативного земледелия за рубежом / М.К. Пружин // Научно-техн. бюл. ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии. – 1990. – С.5-32.

211. Прянишников, Д.Н. Мои воспоминания / Д.Н. Прянишников // – М.: Сельхозгиз, 1961. – 312 с.

212. Прянишников, Д.Н. Об удобрении полей и севооборотов / Д.Н. Прянишников // – М., 1962. – 255 с.

213. Пупонин, А.И. Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны / А.И. Пупонин // - М.: Колос, 1984. – 84 с.

214. Пухидская, Н.С. Микробиологическая и ферментативная активность почвы при применении удобрений / Н.С. Пухидская, Л.Г. Комаревцева // – Пермь. – 1986. – С.77-81.

215. Пыткин, А.Н. Проблемы управления развитием агропромышленного комплекса / А.Н. Пыткин, М.Х. Заглядова // *Arg Administrandi* («Искусство управления»). – 2013. – № 2. – С.70-76.

216. Рабочев, И.С. Минимальная обработка почвы и борьба с ее переуплотнением. / И.С.Рабочев // М.: Знание. – 1980. – 64 с.

217. Рогова, Т. А. Влияние зеленых удобрений на биологические показатели плодородия дерново-подзолистой почвы и урожайность ячменя при бессменных посевах и в специализированном зерновом севообороте. – Дис... канд. с.-х. наук / Т.А. Рогова // – М.: 1987. – 183 с.

218. Ромашкевич И.Ф. Использование соломы на удобрение / И.Ф. Ромашкевич // Земледелие. – 1966. – № 8. – С.72-76.

219. Русакова, И.В. Изменение микробиологических показателей плодородия дерново-подзолистой почвы при использовании соломы и пожнивного сидерата / И.В. Русакова, Н.П. Шабардина // Владимирский земледелец. – 2012. – №1. – С. 12-15.

220. Рымарь, В.Т. Технологии использования соломы и растительных остатков в условиях ЦЧЗ / В.Т. Рымарь, В.М. Гармашев // Технология использования соломы и растительных остатков агроценозов на удобрение. – Владимир. – 2008. – С.97-100.

221. Сабитов, М.Н. Научно-производственные аспекты основной обработки почвы и применение средств химизации при возделывании озимой пшеницы / М.Н. Сабитов, А.Н. Захаров // бюл. ВИУА. – 2002. – №116. – С.365-368.

222. Саенко, Н.П. Использование незерновой части урожая зерновых колосовых культур в качестве органического удобрения в условиях Крыма / Н.П. Саенко // Агроекологічний журнал. – 2012. – № 1. – С.48-53.

223. Салихов, А. С. Влияние покровных культур на величину и качество смеси многолетних трав / А. С. Салихов, Г. Г. Шамсутдинов // Инф. Листок ЦНТИ. № 161-82. – Июнь, – 1982. – 2 с.

224. Салихов, А.С. Продуктивность полевых севооборотов при различном насыщении их зерновыми культурами в условиях Предкамской зоны Республики Татарстан / А.С. Салихов, М. Касимов, О. Умнов // Теория и практика современного севооборота. – М.: Изд. МСХА, 1996.– С.107-117.

225. Салихов, А.С. Севообороты: агроэкономические основы, пути совершенствования / А.С. Салихов. – Казань : Дом печати, 1997. – 88 с.

226. Салихов, А.С. Многолетние травы в кормовых и полевых севооборотах / А. С. Салихов, Р. Г. Хабибуллин, О. Л. Шайтанов // Кормопроизводство. – 1998. – № 1. – 12 с.

227. Салихов, А.С. Меры повышения плодородия земель в Республике Татарстан / А.С. Салихов, Ш. А. Алиев // Земледелие. – 2000. – № 3. – С.15-16.

228. Салихов, А.С. Ресурсосберегающие технологии и экономические нормативы производства продукции растениеводства в условиях РТ. Казань, 2002. – 278 с.

229. Салихов, А.С. Способы основной обработки почвы и урожайность яровых зерновых культур / А.С. Салихов, М.Д. Кадыров // Земледелие. – 2004. – № 4. – С.12-13.

230. Салихов, А.С. Ресурсосберегающие приемы в земледелии Среднего Поволжья / А.С. Салихов. – Казань: Изд-во Казанск. гос. ун-та, 2008. – 200 с.

231. Саранин, К.И. Влияние приемов обработки, севооборота и удобрений на агрохимические свойства почвы и урожайность с.-х. культур / К.И. Саранин, В.Я. Коновалова, Ю.И. Корнеев // Сб.научн. трудов НИИСХ ЦРНЗ. – М.: 1978. – Вып.43. – С.13-27.

232. Саранин, К.И. Рожь в Нечерноземье. / К.Е. Саранин, И.И. Беляков // – М.: Россельхозиздат, – 1986. – 120 с.

233. Саранин, К.И. Пожнивные сидераты в Нечерноземье / К.И. Саранин // Земледелие. – 1990. – №1.– С.39-42.

234. Свиридов, В.И. Эколого-экономическое обоснование оптимальной структуры посевных площадей для повышения эффективности использования и сохранения почвенных ресурсов / В.И. Свиридов, В.Г. Комов // Вестник

Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. № 2. – С.71-77.

235. Сдобников, С.С. Комбинированная обработка почвы с послойным внесением органических удобрений. / С.С. Сдобников, В.Ф. Кирдин // Вестник с.-х. науки. – 1990. – №4. – С.48.

236. Седяков, В.М. Сравнительная оценка злаковых, бобово-злаковых. бобовых травостоев при их укосном использовании / В.М. Седяков, А.Н. Журавлева, Р.И. Чашина // Сб. науч. тр. – Л.: – 1991. – С.57-58.

237. Семенов, В.М. Агроэкологические функции растительных остатков в почве / В.М. Семенов, А.К. Ходжаев // Агрохимия. – 2006. – № 7. – С.63-81.

238. Серeda, Н.А. Эффективность многолетних трав и сидератов в воспроизводстве агрофизических свойств чернозема / Н.А. Серeda, Р.А. Акбиров // Плодородие. – 2010. – № 1 (52). – С.27-28.

239. Синявский, В.А. Почва и рациональное использование биоресурсов / В.А. Синявский // АПК России. – 2015. – Т.71. – С.112-117.

240. Скорляков, В.И. Агротехнические аспекты применения комплексов «Конкорд» на Кубани / В.И. Скорляков // Техника в сельском хозяйстве. – 2001. – №1. – С.22-25.

241. Славгородская, Д.А. Влияние органоминерального компоста на физические и агрохимические свойства чернозема обыкновенного / Д.А. Славгородская // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2012. – Т. 8. – № 2. – С.5-11.

242. 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 (48). – С.16-20.

243. Сокаев К.Е. Баланс питательных веществ в земледелии Республики Северная Осетия Алания / К.Е. Сокаев // «Агрохимический вестник – 2004. – №1. – С.9-11.

244. Сокаев К.Е. Мониторинг кислотности пахотных почв в РСО – Алания / К.Е. Сокаев // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. – 2013. Т.18. – №4. – С.28-31.

245. Сокаев, К.Е., Динамика плодородия почв Республики Северная Осетия – Алания / К.Е. Сокаев, В.В. Бестаев // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – №12. – С.56-60.

246. Сокаев, К.Е. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных угодий Республики Северная Осетия-Алания / К.Е. Сокаев // Владикавказ. – 2017. – 178 с.

247. Сорокин И.Б. Зеленое удобрение в подтаежной зоне Сибири / И.Б. Сорокин, Э.В. Титова, Е.А. Сиротина, Л.В. Петрова // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 5. – С.38-41.

248. Спиваков, А.А. Технология регулирования режима органического вещества почвы в ландшафтном земледелии ЦЧР / А.А. Спиваков, А.Ю. Квасов, А.А. Харьковский, А.В. Горбачева, В.И. Турусов // Рекомендации «Технология регулирования режима органического вещества почвы в ландшафтном земледелии ЦЧР» – Воронеж: Истоки. – 2010. – 44 с.

249. Сычев, В.Г. О балансе питательных веществ в земледелии России / В.Г. Сычев, С.А. Шафран // Плодородие. – 2017. – № 1(94). – С.1-4.

250. Сычев, В.Г. Результаты мониторинга урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности севооборотов и изменения свойств почв в длительных опытах Географической сети / В.Г. Сычев, М.В. Беличенко, В.А. Романенков // Плодородие. – 2017. – № 6. – С.2-7.

251. Сычев, В.Г. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрений на основных типах почв / В.Г. Сычев, Л.К. Шевцова, Г.Е. Мерзлая //Агрохимия. – 2018. – № 2. – С.3-21.

252. Таланов, И.П. Влияние основной обработки почвы и фонов питания на микробиологическую активность почвы и питательный режим

посевов озимой ржи / И.П. Таланов, Р.Р. Хусаинов // *Зерновое хозяйство России*. – 2013. – № 1(25). – С.65-70.

253. Таланов, И.П. Использование факторов биологизации на продуктивность культур в звене севооборота / И.П. Таланов, М.Р. Ахметзянов, О.И. Макарова // *Материалы международной научно-практической конференции агрономического факультета Казанского ГАУ*. – Казань. – 2009. – С.162-165.

254. Таланов, И.П. Эффективность некоторых способов основной обработки почвы в сочетании с различными биологическими факторами // И.П. Таланов, И.И. Ярмиев, М.Р. Ахметзянов // *Материалы Всероссийской научно – практической конференции*. – № 5. – Казань - 2009. – С.196-200.

255. Тарасенко, В.С. Экология Крыма. Угрозы устойчивому развитию. План действий / В.С. Тарасенко // – Симферополь: ИТ «Ариал». – 2014. – 176 с.

256. Тепцова, А.С. Эколого-экономическая эффективность аграрного производства / А.С. Тепцова, А.А. Дубовицкий // *Научные труды Вольного экономического общества России*. – 2014. – Т.184. – С.132-141.

257. Тимирязев, К.А. Сочинения. Т. 3. / К.А. Тимирязев // – М.: Сельхозгиз., 1941. – 451 с.

258. Тихонович, И.А. Микробиологические аспекты плодородия почвы и проблемы устойчивого земледелия / И.А. Тихонович, Ю.В. Круглов // *Почвоведение*. – 2006. – № 5 (32). – С.9-12.

259. Туев, Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования / Н.А. Тулиев // – М.: Агропромиздат. – 1989. – 239 с.

260. Турусов, В.И. Воспроизводство плодородия почвы в ландшафтном земледелии / В.И. Турусов, В.М. Гармашов, Е.В. Теслина, О.А. Абанина, Т.И. Михина // *Владимирский земледелец*. – 2013. – № 4 (66). – С.8-11.

261. Турусов, В.И. Сидеральные пары как основной способ биологизации севооборотов в почвенно-климатических условиях Юго-

востока ЦЧЗ / В.И. Турусов, О.А. Богатых, Н.В. Дронова // Материалы XI международного симпозиума НП «Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов». 2017. – С.168-173.

262. Тюлин, А.Ф. Органоминеральные коллоиды в почве, их генезис и значение для корневого питания высших растений / А.Ф. Тюлин // – М.: Изд-во АН СССР. – 1958. – 50 с.

263. Уткаева, В.Ф. Изменение агрофизических свойств почв пойм при различных антропогенных нагрузках / В.Ф. Уткаева, Е.Б. Скворцова, П.М. Сапожников, В.Н. Щепотьев // Почвоведение. – 2009. – № 2. – С.167-177.

264. Файзуллин, И.И. Биологизация земледелия – основа высокопродуктивного хозяйства / И.И. Файзуллин, Р.З. Набиуллин. М.Р. Ахметзянов // Вестник Казанского ГАУ. – 2011. – №1(19). – С.153-156.

265. Федоров, В.А. Солома как удобрение на черноземной почве. Использование соломы как органические удобрения / В.А. Федоров // – М.: Наука. – 1980. – С.192-198.

266. Фролова, Л.Д. Многолетние травы в земледелии Владимирской области / Л.Д. Фролова, М.Н. Новиков // Владимирский земледелец. – 2017. – № 2 (80). – С.24-25.

267. Хадеев, Т.Г. Биологизация земледелия – фактор оптимизации затрат / Т.Г. Хадеев, И.П. Таланов, В.Н. Фомин, С.Л. Кунаева // Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Казань, Изд-во КГАУ. – 2010. – С.124-129.

268. Хадеев, Т.Г. Приемы обработки почвы и фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы / Т. Г. Хадеев, И. П. Таланов, В. Н. Фомин // Защита и карантин растений. – 2010. – № 6. – С.30-32.

269. Хадеев, Т.Г. Влияние фонов питания и приемов основной обработки почвы на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Т.Г. Хадеев, И.П. Таланов, П.А. Чекмарев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3 (21). – С.136-138.

270. Хадеев, Т.Г. Эффективность повышения плодородия почв и продуктивности зерновых культур от применения растительной биомассы / Т.Г. Хадеев, И.П. Таланов, В.Н. Фомин // Материалы международной научно-практической конференции посвященной 90-летию ТатНИИСХ – Казань. – 2010. – С. 341-347.

271. Хазиев, Ф.Х. Влияние сельскохозяйственного накопления на некоторые свойства чернозема типичного карбонатного / Ф.Х. Хазиев // Почвоведение. – 1998. – № 3. – С.328-333.

272. Халиуллин, К.З. Минимализация обработки почвы в Республике Башкортостан / К.З. Халиуллин, М.М. Давлетшин, Т.И. Хаматшин // Земледелие. – 2007. – №3. – С.18-20.

273. Харьков, Г.Д. Изучение азотного питания клевера лугового при разработке энергосберегающих технологий выращивания на кормовые и селенные цели / Г.Д. Харьков, И.В. Пайкова, В.И. Антонив, М.Г. Мутовина, В.И. Якутин // Агрохимия. – 1991. – № 8. – С.3-7.

274. Хусаинов, С.В. Продуктивность многолетних бобовых и злаковых трав в аридных условиях Волгоградской области // III Международная научно-производственная конференция «Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений» / С.В. Хусаинов, Г.С. Егорова // – Пенза, – 2000. – С.286-287.

275. Цилюрик, А.И. Влияние систем обработки почвы на водный режим чернозёмов северной степи Украины / А.И. Цилюрик // Вестник Прикаспия. – 2014. – № 2 (5). – С.24-29.

276. Червань, А.Н. Данные агрофизических свойств почв в формировании почвозащитных систем земледелия с применением Гистехнологий на примере Браславского района Витебской области / А.Н. Червань, В.Б. Цырибко, А.М. Устинова // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 1(56). – С.25-36.

277. Черепухина, И.В. Микробиологические и биохимические процессы в почве при запашке соломы / И.В. Черепухина, Н.В. Безлер // – Beau Bassin: LAP LAMBERT Academic Publishing RU. – 2017. – 174 с.

278. Черкасов, Г.Н. Влияние способа основной обработки на качество зерна озимой пшеницы / Г.Н. Черкасов, Д.В. Дубовин // Земледелие. – 2007. – №6. – С.10-11.

279. Чернов, М.П. Влияние многолетних трав и сроков их вспашки на плодородие светло-серых лесных почв и урожайность яровых зерновых культур в Волго-Вятском регионе: автор. дисс. канд. с.х. наук: 06.01.01 / Чернов Максим Петрович – М., 2004. – 22 с.

280. Чмиль, А.Н. Необходим экологический мониторинг в земледелии / А.Н. Чмиль // Земледелие. – 1992. – № 2. – С.18-21.

281. Чуданов, И.А. Основы минимализации обработки черноземных почв Среднего Заволжья / И.А. Чуданов, В.П. Васильев // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат. – 1990. – С.101-107.

282. Чуданов, И.А. Почвозащитная обработка в севооборотах степного Заволжья. / И.А. Чуданов // Минимализация обработки почвы. М.: Колос, 1984. – С.237-244.

283. Чурзин, В.Н. Роль многолетних трав в повышении плодородия светло-каштановых почв Нижнего Поволжья / В.Н. Чурзин, Г.С. Егорова // Аграрная наука. – 2004. – №6. – С.8.

284. Чуян, О.Г. Оценка агроклиматического потенциала продуктивности пашни для модели управления агрохимическими свойствами почв / О.Г. Чуян, Г.М. Дериглазова // Земледелие. – 2018. – № 7. – С.6-11.

285. Шакиров, Р.С. Сидераты и солома - дополнительный источник почвенной органики / Р.С. Шакиров // Земледелие. – 1999. – №4. – С.38.

286. Шакиров, Р.С. Адаптивно-биологизированные системы удобрений в полевых севооборотах // Земледелие. – 1999. – № 2. – С.18-20.

287. Шакиров, Р.С. Адаптивно-биологизированные системы удобрений в полевых севооборотах // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития прикладных исследований и пути повышения их эффективности в сельскохозяйственном производстве» / Р.С. Шакиров // – Казань. – 2001. – С.214-218.

288. Шакиров, Р. С. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия в Республике Татарстан / Р. С. Шакиров, Р. И. Шамсутдинов // Земледелие. – 2006. – № 1. – С.2-3.

289. Шариков, Е.С. Биологические факторы питания растений / Е.С. Шариков, Х.Г. Асхадулин // Земледелие. – № 3. – 2006. – С.8-9.

290. Шарков, И.Н. Воспроизводство гумуса как составная часть системы управления плодородием почвы / И.Н. Шарков, А.А. Данилова, А.С. Прозоров, Л.М. Самохвалова, Т.И. Бушмелева, А.Г. Шепелев // Методическое пособие. Под редакцией И.Н. Шаркова. Новосибирск. – 2010. – 25 с.

291. Шарков, И.Н. Влияние агротехнических приемов на изменение содержания гумуса в пахотных почвах / И.Н. Шарков, А.А. Данилова // Агрохимия. – 2010. – № 12. – С.72-81.

292. Шарков, И.Н. Минерализация и баланс органического вещества в почвах агроценозов Западной Сибири: автореферат док. биологических наук: / И.Н. Шарков // – Новосибирск. – 1977. – 38 с.

293. Шевелуха, В.С. Идеи и проблемы сельского хозяйства / В.С. Шевелуха, А.Т. Болотова // Вести, с.-х. науки. – 1989. – № 6. – С.101-106.

294. Шевченко, С.Н. Ресурсосберегающие технологии обработки почвы на черноземах Среднего Поволжья / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин // Земледелие. – 2008. – №3. – С.26-27.

295. Шелюто, А.А. Влияние сидератов и заправки соломы на агрофизические показатели плодородия почвы и урожайность культур севооборота. Проблемы экологии в сельском хозяйстве / А.А. Шелюто, Б.В. Шелюто // Тезисы докладов. Часть 1. Пенза. – 1993. – С.86-88.

296. Шептухов, В.Н. Минимализация и прямой посев в технологиях возделывания культур / В.Н. Шептухов // М., – 2005. – 197 с.

297. Шеуджен, А.Х. Удобрения, почвенные грунты и регуляторы роста растений / А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, В.В. Прокопенко // Майкоп: ГУРИПП «Адыгея». – 2005. – 404 с.

298. Шикула, Н.К. Влияние длительной бесплужной обработки почвы на содержание и качество гумуса / Н.К. Шикула и Ф.Т. Моргун // - Земледелие. – 1987. – №2. – С.24-26.

299. Шлома, М.Г. Рационально использовать угодья / М.Г. Шлома, А.А. Зайцев // Земледелие. – 1986. – № 10. – С.5-6.

300. Шрамко, Н.В. Факторы устойчивого развития земледелия в Верхневолжье [Текст] / Н. В. Шрамко // Земледелие. – 2011. – № 4. – С.34-35.

301. Шрамко, Н.В. Роль бобовых трав в изменении гумусированности дерново-подзолистых почв Верхневолжья / Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2016. – № 3 (19). – С.125-132.

302. Шрамко, Н.В. Агроекономическая эффективность возделывания зерновых культур на дерново-подзолистых почвах в севооборотах Верхневолжья / Н.В. Шрамко, Г.В. Вихорева // Владимирский земледелец. – 2017. – № 3 (81). – С.9-14.

303. Эседулаев, С.Т. Козлятник восточный как предшественник зерновых и технических культур в севооборотах Верхневолжья / С.Т. Эседулаев // Зерновое хозяйство России. – 2014. – № 5. – С.63-67.

304. Эседуллаев, С.Т. Ресурсосберегающие приемы повышения производства сельскохозяйственной продукции на дерново-подзолистых почвах / С.Т. Эседуллаев // Владимирский земледелец. – 2016. – № 1 (75). – С.43-50.

305. Эседуллаев, С.Т. Влияние многолетних бобовых трав на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность звена севооборота

в условиях Верхневолжья / С.Т. Эседуллаев // Адаптивное кормопроизводство. – 2017. – № 2. – С.39-46.

306. Эседуллаев, С.Т. Особенности аккумуляции азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах в Верхневолжье / С.Т. Эседуллаев, Н.В. Шмелева // Плодородие. – 2016. – № 6 (93). – С.16-18.

307. Ямалеева, А.М. Степень поражения зерновых культур корневой гнилью в зависимости от предшествующей культуры / А.М. Ямалеева // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. № 4 (4), – С.54-59.

308. Ямалтдинова, В.Р. Влияние систем удобрений на урожайность культур полевого севооборота и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве / В.Р. Ямалтдинова, Н.М. Мудрых, И.А. Самофалова // Вестник Башкирского государственного университета. – 2016. – №1 (37). – С.21-25.

309. Яппаров, А.Х. Обеспечение воспроизводства почвенного плодородия в Республике Татарстан / А.Х. Яппаров, Ш.А. Алиев // Проблемы агрохимии и агроэкологии. – 2009. – № 4. – С.11-13.

310. Яшутин, Н.В. Биоземледелие (научные основы, инновационные технологии и машины) / Н.В. Яшутин, А.П. Дробышев, А.И. Хоменко // – Барнаул: АГАУ. – 2008. – 191 с.

311. Булигін С.Ю. Грунтово-економічна та екологічна оцінка збитків від спалювання стерні / С.Ю. Булигін // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 7. – С.62-65.

312. Baker, A.T. Soil Compaction and Agricultural Production: A Review/ A.T. Baker// Proceedings of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO) Nigeria Symposium, Akure 2014 November 3 – 6, Akure, Nigeria. – 2013. – P.182 – 187.

313. Balesdent, J. Effect of tillage on soil organic carbon mineralization estimated from ^{13}C abundance in maize fields / J. Balesdent, A. Mariotti, D.

Boisgontier // Journal of Soil Science. – 1990. – Vol. 41, Issue 4, December. – P.587-596.

314. Berendonk, C. “Fangen” Nematoden und fixieren Stickstoffe / C. Berendonk // Landw. Z. Rheinland. – 1988. – Bd. 155. – №18. – P.10-11.

315. Bessou C. Modelling soil compaction impacts on nitrous oxide emissions in arable fields / C. Bessou, B. Mary, J. Léonard, M. Roussel, E. Gréhan and B. Gabrielle // European Journal of Soil Science. – 2010. – Vol.61. – P.348-363.

316. Bobkova, Y.A. The change of broomcorn millet (*Panicum Miliaceum* L.) productivity structure under the conditions of different tillage intensity / Y.A. Bobkova, N.I. Abakumov, M.R. Mikhaylov // Vestnik OrelGAU. – 2013. T. 43. – № 4. P.20-25.

317. Buchner W. Umweltschonender Maisanbau durch Dauerbegrünung / W. Buchner // Mais, – 1986 Bd. 14. – № 2. P.31-34.

318. COM (Commission of the European Communities). Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. – Brussels, – 2002. – 35 pp.

319. Dawkist, S. Cover crop us Nitrogen for cotton: an economic analysis / S. Dawkist, K.W. Paxton // – Louisiana Agr., 1983, 27. – №11. – P.38-39.

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

321. Dexter, A.R. & Bird, N.R.A. Methods for predicting the optimum and the range of water contents for tillage based on the water retention curve. Soil and Tillage Research. – 2001. – Vol. 57. – P.203-212.

322. Elern B. Einordnung der organischen Düngung in komplexe Verfahren zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit / B. Elern // Feldwirtschaft. 1997. – № 8. P.325-329.

323. Ensminger, M.E. Feeds and Nutrition / M.E. Ensminger, J.E. Oldfield, W.W. Helmeann // 2 ed. California, USA. – 1990. – 1544 pp.

324. Gabbasova, I.M. The use of local fertilizers supplemented with *Trichoderma koningii* oudem. At no-till vs. Conventional tillage of agrochernozem in southern ural / I.M. Gabbasova, R.R. Suleimanov, T.T. Garipov, G.A. Gimaletdinova, Z.G. Prostyakova // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya. – 2018.53(5), - P.1004-1012.

325. Gieska M., Physikalische Bodendegradierung in der Hildesheimer Börde und das Bundes-Bodenschutzgesetz / Gieska, M., van der Ploeg, R.R., Schweigert, P., Pinter, N. // Berichte über Landwirtschaft. – 2003. – Vol. 81. – P.485-511.

326. Hakansson, I. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction / I. Hakansson, J. Lipiec // Soil Tillage Res. – 2000. – Vol.53. – P.71-85.

327. Håkansson, I. & Reeder, R.C. Subsoil compaction by vehicles with high axle load – extent, persistence and crop response. Soil and Tillage Research. –1994. – Vol.29. – P.277-304.

328. Hamzaa, M.A. Soil compaction in cropping systems A review of the nature, causes and possible solutions / M.A. Hamzaa, W.K. Anderson // Soil & Tillage Research. – 2005. – Vol.82. – P.121-145.

329. Helms, G.L. Government programs and adoption of conservation tillage practices on non-irrigated wheat farms / G.L. Helms, D. Bailey, T.F. Glover // American Journal of Agricultural Economics. – 1987. – Vol. 69. – №. 4. – P.786-795.

330. Hinterholzer Zwei Bauern beherrschen die Erosion // Traktor aktuell. – 1986. – №3. – P.20-21.

331. Kantze, Dr. Strohdüngung auf Moorboden? / Dr. Kantze // Landwirtschaftsblatt Weser-Ems. – 1984. – Bd.131. – №23. – P.14-17.

332. Kunze, A. Erreichtes Stand, Probleme und Perspektiven schonender Bodenbearbeitung / A. Kunze, C. Beznard // *Feldwirtschaft*, – 1991. – №32,1. – P.3-5.

333. Mangalassery, S. Effect of inorganic fertilisers and organic amendments on soil aggregation and biochemical characteristics in a weathered tropical soil / S. Mangalassery, D. Kalaivanan, P.S. Philip // *Soil and Tillage Research*. – 2019.187, P.144-151.

334. Martínez-Durazo, F. The influence of anthropogenic organic matter and nutrient inputs on the food web structure in a coastal lagoon receiving agriculture and shrimp farming effluents / A. Martínez-Durazo, J. Páez-Osuna, M.F. Soto-Jiménez, F. García-Hernández // *Science of the Total Environment*. – 2019. – P.635-646.

335. Мишустин Е.Н. Мікробні співтовариства і їхнє функціонування в ґрунті. /Е.Н. Мишустин // К.: Наукова думка. – 1981. – С.3-13.

336. Morris, R.A. Organic farming Prospekt compared vvieth conceptional faring / R.A. Morris // *Phosphorus in Agr.* – 1996. P.36–82.

337. 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. – P.409-412.

338. Pagliai M. Soil structure and the effect of management practices / Pagliai, M., Vignozzi, N. & Pellegrini, S. // *Soil and Tillage Research*. – 2004. – Vol. 79. – P.131-143.

339. Sharipov, A.K. Improving the mechanism of management of regional economy in agroindustrial complex / A.K. Sharipov, S.A. Naubetova, S.S. Kulshenbaeva, A.E. Dairbekova, M.K. Baimyrzaeva // *Espacios*. – 2018. 39(22).

340. Shrestha, D.S., Singh, G. & Gebresenbet, G. Optimizing design parameters of a mouldboard plough D.S. Shrestha, G. Singh, G. Gebresenbet // *Journal of Agricultural Engineering*. – 2001.– Vol.78. – P.377-389.

341. Sidhu, D. Soil compaction in conservation tillage: Crop impacts / D. Sidhu, S.W. Duiker // *Agronomy Journal*. – 2006. – Vol.98. – P.1257-1264.

342. Slendergerger N. Top / N. Slendergerger // Agrar. 1998. 12. P. 48–50.

343. Tine, W.W. Green manuring / W.W. Tine, R.J. Blevins // Outlook on Agriculture, – 1999. – Vol. 13. – № 1. – P.20–33.