

Ахметзянов Марсель Равилович

Научно-практические основы управления факторами почвенного плодородия при биологизации земледелия на серых лесных почвах лесостепи Среднего Поволжья

Специальность 06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ»)

Научный консультант:

Таланов Иван Павлович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты:

Ивенин Валентин Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», заведующий кафедрой земледелия и растениеводства

Каргин Василий Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева», заведующий кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции

Кузьминых Альберт Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Марийский государственный университет», профессор кафедры общего земледелия, растениеводства, агрохимии и защиты растений

Ведущая организация:

Ульяновский НИИСХ – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук

Защита диссертации состоится «24» ноября 2020 г. в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет», по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел/факс (84663) 46-1-31.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный аграрный университет» и на сайте www.ssaа.ru

Объявление о защите и текст автореферата размещены на официальном сайте Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации и на сайте СГАУ.

Автореферат разослан « » _____ 2020 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Троц Наталья Михайловна

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность направления исследований. Повысить продуктивность сельскохозяйственных растений можно лишь при условии сохранения и увеличения плодородия сельскохозяйственных угодий. Практика показывает, что невозможно сохранить и поддерживать 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.

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 изученности проблемы. 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).

В конкретных почвенно-климатических условиях происходит адаптация различных систем биологизации земледелия (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.

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 впервые 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.

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.

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 азотфиксации 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.

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 316 страницах компьютерного текста. Состоит из введения, 8 глав, выводов и предложений производству. Включает в себя 12 рисунков и графиков, 13 фотографий, 71 таблицу, 56 приложений. Библиографический список содержит 343 источников, в том числе 33 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.

Вклад соискателя в диссертационную работу составляет 85 %.

I. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В первой главе аналитического обзора литературы рассмотрены факторы повышения почвенного плодородия в системе земледелия, рассмотрены влияние сидеральных культур, соломы, многолетних трав и органических удобрений на повышение почвенного плодородия и урожайность сельскохозяйственных культур, приведены влияние различных способов основной обработки почвы в севооборотах при биологизации земледелия.

II. УСЛОВИЯ, ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвы опытного участка. Стационарные исследования проводились на опытном поле агрономического факультета Казанского ГАУ на серой лесной почве с содержанием гумуса (по Тюрину) – 3,59 %. 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/кг почвы; рН солевой вытяжки – 5,6; гидролитическая кислотность – 3,71 мг/экв; сумма поглощенных оснований – 26,73 мг/экв; насыщенность основаниями – 86,4 %. Перед закладкой опыта на участке преобладали малолетние двудольные сорняки от слабой до средней степени распространения (по шкале, предложенной ТСХА).

2.2. Программа исследований. Первая экспериментальная работа проведена в 1994-2002 годах. 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 – NPK (расчетно), 2 – навоз, 3 – солома, 4 – сидераты, 5 – солома + сидераты.

Агротехника вариантов: 1. 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»).

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

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 %. Уход за посевами многолетних трав проводился следующий: 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.

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 изучения 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), однолетние травы (N₃₆ P₆₉ K₁₈), озимой ржи на 4,0 т/га (N₅₅ P₁₂₅ K₈₅), гороха (N₄₃ P₈₅ K₃₅), яровой пшеницы на 3,0 т/га (N₁₉ P₂₀ K₃₅), овса на 3,0 т/га (N₃₈ P₈₈ K₃₄). (условное обозначение – «NPK расчетно»).

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

Третья экспериментальная работа выполнена в 1994-2002 гг. оценка продуктивность различных севооборотов. Для изучения поставленной цели исследования проводились 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); 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 %). Опыт заложен в четырехкратной повторности в двух закладках. Размещение вариантов систематическое. Учетная площадь делянок 70 м². Всего количество вариантов – 4, делянок – 32.

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 лущение стерни орудием БДТ (условное обозначение – «комбинированная»).

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.

Посев провели сеялкой СЗ-3,6 на глубину 4-5 см. Высеяли семена оригинальной 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.

2.3. Методика исследований. Фенологические наблюдения за культурами проводили по методике Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Учет густоты стояния растений на 1 м² путем подсчета на трех постоянных площадках по 0,33 м². 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°C до постоянного веса с последующим охлаждением в эксикаторе. 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. Определение плотности сложения почвы проводили общепринятыми методами, путем отбора проб буром. 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. Определение биологической активности почвы осуществляли методом аппликаций по степени разложения льняного полотна. Количество сорных растений подсчитывали в фазе полных всходов и перед уборкой урожая по площадкам 0,33 м². 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). 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. Структуру урожая определяли по пробным снопам, взятым с постоянных площадок каждой делянки в трех местах по 0,33 м². Массу 1000 зерен определяли по ГОСТу – 12042-80, натурной массы по ГОСТу – 10840 (98). 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. 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. Энергетическую оценку проводили по «Методике биоэнергетической оценки технологии производства продукции растениеводства» под редакцией Е.И. Базарова и Е.В. Глинки (1983). Расчеты экономической эффективности выполняли по методике ВНИИЭСХ.

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

3.1 Плотность почвы. 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 1).

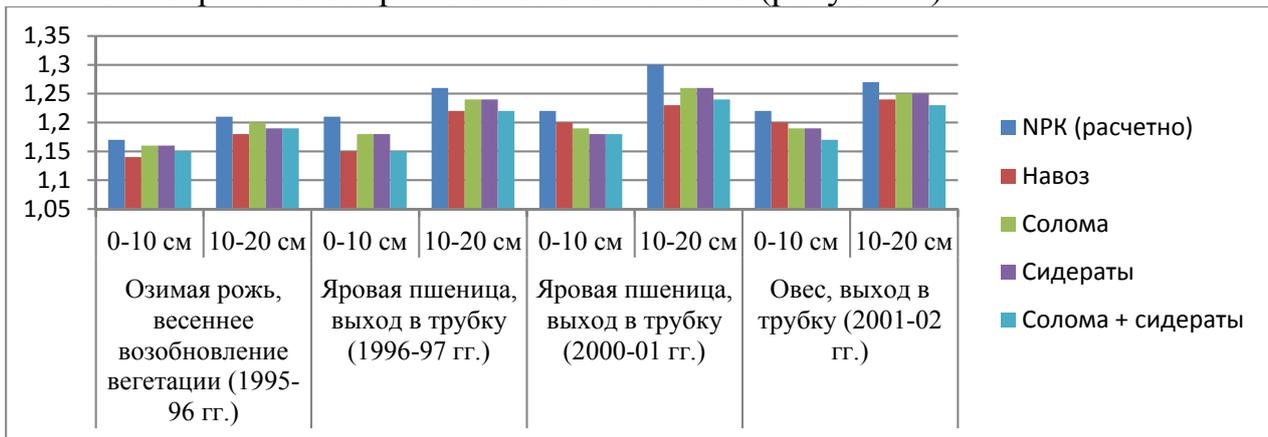


Рисунок - 1. Плотность сложения почвы, г/см³ (за 1995-2002 гг.)

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.

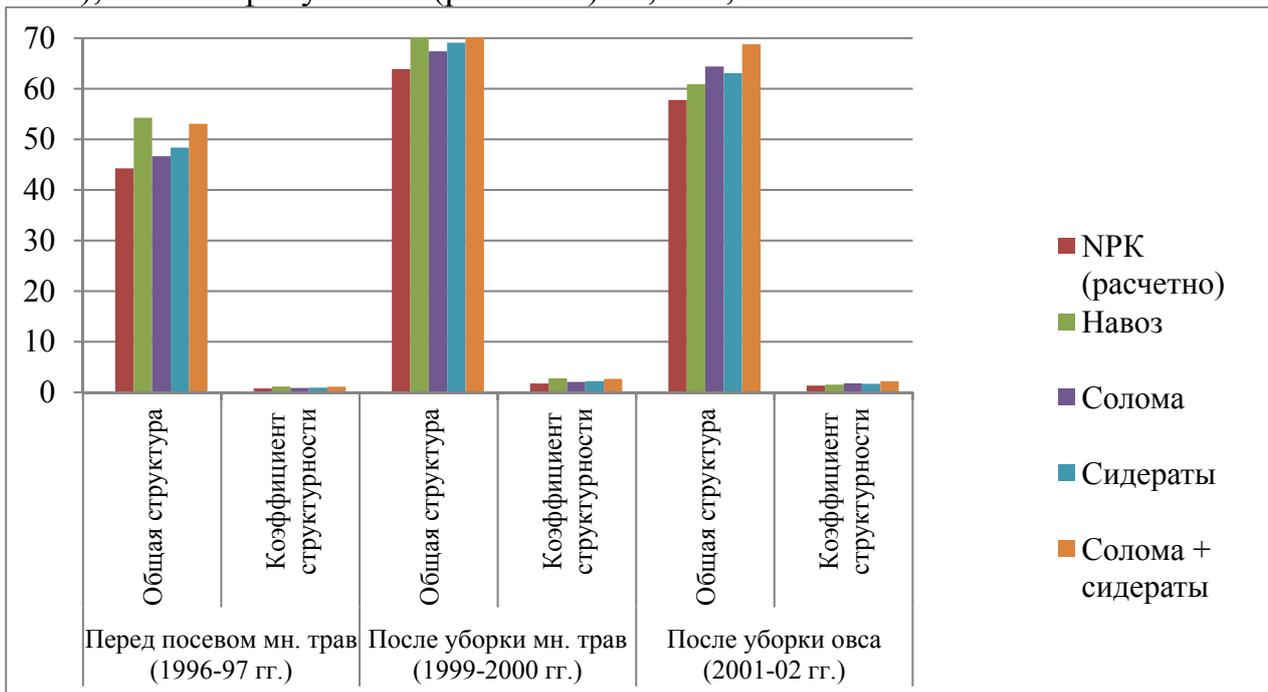


Рисунок - 2. Структурно-агрегатный состав почвы перед посевом, сухое просеивание

Анализ определения структурности почвы перед посевом культур в звене севооборота показали (рисунок 2), что большее содержание структурных агрегатов во все исследуемые годы больше 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 по фону «NPK (расчетно)».

После многолетних трав трехлетнего пользования по фонам с внесением навоза и растительной биомассы растений 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, соломы и сидерата составил 2,08-2,76, при – 1,77 по фону «NPK (расчетно)».

Используемые факторы биологизации показали свое более выгодное положение по сравнению с фоном «NPK (расчетно)» по количеству накопленной продуктивной влаги почвы (в фазу выхода в трубку растений) (рисунок 3).

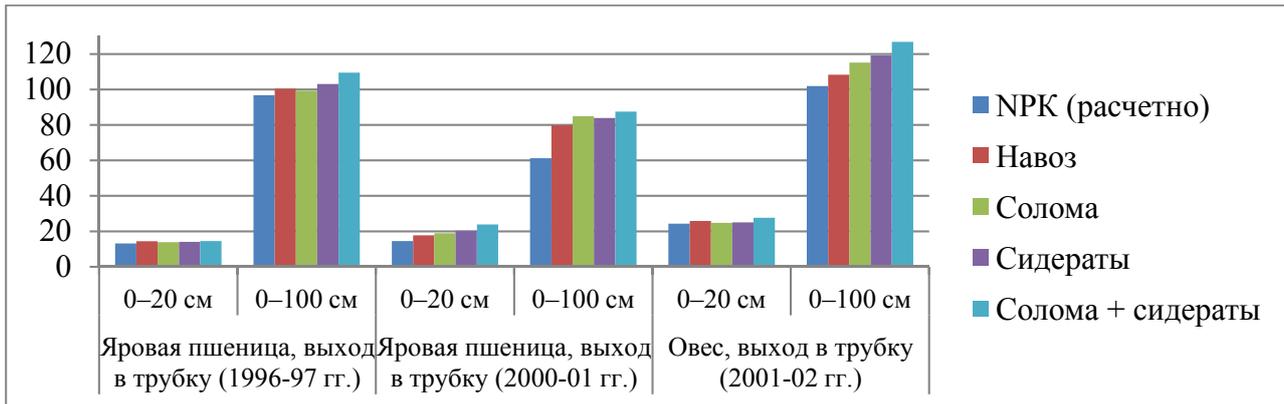


Рисунок - 3. Содержание продуктивной влаги в почве под посевами яровых культур, мм

Так, совместное использование соломы и сидератов, имело преимущество над остальными вариантами, особенно над фоном «NPK (расчетно)», превышение его 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.

3.2 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 %. 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 %. 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.

3.3 Питательный режим. 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 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 вариантах солома + сидерат, соответственно по слоям 0-10 и 10-20 см: 59,57 и 68,1 мг/кг.

Таблица 1. 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 | 10 - 20 | 0 - 10 | 10 - 20 | 0 - 10 | 10 - 20 |
| Минеральный | 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 | 65,15 | 52 | 58,36 | 67,2 | 41,95 | 45,7 |
| Солома + сидераты | 65,55 | 53,3 | 59,57 | 68,1 | 43,8 | 48,1 |

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 2).

Таблица 2. 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 | 10 - 20 | 0 - 10 | 10 - 20 | 0 - 10 | 10 - 20 |
| Минеральный | 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 | 40,72 | 39,4 | 34,8 | 23,7 | 24,9 |
| Солома + сидераты | 46,7 | 43,1 | 41,5 | 37,5 | 24,1 | 25,9 |

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 «NPK (расчетно)» – 128,1 мг/кг (таблица 3).

Таблица 3. Динамика обменного калия в пахотном слое под озимой рожью, мг/кг (в среднем за 1995-1996 гг.)

| Варианты опыта | Перед посевом | | Бутонизация | | Перед уборкой | |
|-------------------|---------------|---------|-------------|---------|---------------|---------|
| | 0 - 10 | 10 - 20 | 0 - 10 | 10 - 20 | 0 - 10 | 10 - 20 |
| Минеральный | 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 | 113,26 | 127,1 | 127,1 | 94,0 | 96,9 |
| Сидераты | 129,4 | 112,46 | 126,3 | 126,3 | 93,9 | 96,1 |
| Солома + сидераты | 130,1 | 119,5 | 128,5 | 128,5 | 96,5 | 99,7 |

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.

3.4. Биологические показатели почвенного плодородия. Проведенный учет поступивших 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 «NPK (расчетно)» (таблица 4). Наибольшее накопление сухих органических веществ отмечалось на фонах с внесением навоза и совместное внесение соломы и сидерата. Преимущество над минеральным фоном за ротацию севооборота составило 41,8-40,1 т/га.

Таблица 4. Поступление сухих органических веществ в почву в севообороте за ротацию (1995-2002 гг.), т/га

| Фон питания | Озимая рожь | Яровая пшеница | Многолетние травы 3 г.п. | Яровая пшеница | Овес | Всего |
|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|-------|
| NPK (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 (таблица 5) за ротацию севооборота произошло после использования многолетних трав на всех вариантах.

Таблица 5. 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.) |
|-------------------|-------------------------------------|--|---|
| NPK (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 |

На фоне «NPK (расчетно)» она повысилась на 0,02 %, после внесения перепревшего навоза – на 0,12 %.

Максимальное увеличение произошло при совместном внесении соломы и сидерата – 0,16 %.

В конце севооборота произошло снижение в содержании гумуса, на минеральном фоне на - 0,03% от первоначальных значений, с внесением навоза

и растительной биомассы растений она повысилась только на 0,01-0,12 %. Максимальное накопление гумуса отмечалось на фоне внесения соломы и сидерата – 0,12 %.

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

где: y – содержание гумуса, %; x – поступление сухих органических веществ, т/га.

Одним из важнейших показателей плодородия почвы является процесс разложения органического вещества в зависимости от фонов питания. 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.

3.5 Фитосанитарное состояние посевов. 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.

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)».

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:

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

где: y – распространенность корневых гнилей, %; x – засоренность, шт./м²;

для овса (2001-02 гг.) $r = 0,779$ (недостоверно 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;

3.6 Продуктивность сельскохозяйственных культур. 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 6).

Таблица 6. 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 мн. трав (в ср. за 1997-98 гг.) | 1,99 | 2,76 | 2,11 | 2,29 | 2,57 | 1997 г. | 0,16 |
| | | | | | | 1998 г. | 0,14 |
| Сено мн. 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 мн. 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 | | |

За ротацию севооборота прирост урожайности культур от внесения навоза и растительной биомассы к фону НРК (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:

$$y = 22,65 + 0,099 \cdot x \pm 0,011, \quad (3.5)$$

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.

3.7 Качественные характеристики зерновых культур. Сравнительно большая масса 1000 семян зерна яровой пшеницы, стекловидность и содержание клейковины отмечались при использовании навоза, соломы и сидератов. 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.

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 высоко rentабельным (110,6-273,6 %), за исключением овса – 39,9-92,5 %. 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 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.

Максимальная прибыль от возделывания культур в среднем за ротацию севооборота 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 %.

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.

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

4.1 Агрофизические параметры почвенного плодородия. В проведенных исследованиях в период с 1995 по 2002 гг. плотность сложения почвы была выше на фоне использования минеральных удобрений под всеми культурами севооборота. 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.

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 %. 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. 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 %.

4.2 Биологические показатели почвенного плодородия. Количество поступившего сухого органического вещества в почву опытного участка за ротацию севооборота приведено в таблице 7.

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.

Таблица 7. 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 | |

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.

Содержание гумуса в почве опытного участка за ротацию севооборота под различными культурами показывает, 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 8). 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 %.

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 NPK 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 %.

Таблица 8. Изменение содержания гумуса в почве за ротацию севооборота, %

| Культуры севооборота | Варианты | | НСР ₀₅ |
|-----------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|
| | НРК (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 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 вариантов биологизации земледелия в период ротации полевого севооборота. В начале ротации севооборота пораженность растений корневыми гнилями в посевах была минимальная и составляла 4,1 % на озимой ржи (таблица 9), в последующие годы происходило нарастание инфекции. 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 9. Пораженность растений корневыми гнилями, %

| 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 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 (таблица 10).

Прибавка урожайности в варианте «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.

Таблица 10. Урожайность культур, ц/га (в зерновых единицах)

| 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 | |

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 11.

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 «НРК (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.

Таблица 11. 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 |

4.6 Экономическая и энергетическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур. 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.

Максимальный уровень рентабельности получен при возделывании озимой ржи в (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 %.

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

5.1 Агрофизические параметры почвенного плодородия. 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 % . 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.

5.2 Биологические показатели почвенного плодородия. Результаты изменения содержания гумуса в зернопаровом севообороте (таблица 12) с внесением расчетных доз минеральных удобрений свидетельствуют о снижении содержания гумуса в почве к концу ротации севооборота на 0,07 %, то внесение пожнивного сидерата и соломы под зерновые культуры привело к незначительному (на 0,01 %) увеличению гумуса.

Таблица 12. - 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 | NPK (расчетно) | 3,59 | 3,52 | | -0,07 |
| | Солома + сидерат | 3,59 | 3,60 | | +0,01 |
| Зернотравяной | NPK (расчетно) | 3,59 | 3,60 | | +0,01 |
| | Солома + сидерат | 3,59 | 3,73 | | +0,14 |
| НСР ₀₅ | | | 2001 г. | 2002 г. | |
| 1 пор. | | | 0,01 | 0,01 | |
| 2 пор. | | | 0,03 | 0,03 | |
| A | | | 0,01 | 0,01 | |
| B | | | 0,02 | 0,02 | |
| AB | | | 0,17 | 0,11 | |

Аналогичные результаты изменения в содержании гумуса произошли в зернотравяном севообороте с внесением расчетных доз минеральных удобрений. Наиболее существенное увеличение содержания гумуса (на 0,14 %) в этом же севообороте произошло на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы.

5.3 Засоренность посевов в севооборотах. 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. 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.

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 13).

Таблица 13. Продуктивность севооборотов, тыс. зерновых единиц (за 1995-2002 гг.)

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

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 НПК 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 НПК составила 3,17 тыс. зерновых единиц, на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы она повысилась до 3,69 тыс. зерновых единиц (прибавка 0,52). Возделывание культур в зернотравяном севообороте с внесением пожнивного сидерата и соломы повышает продуктивность культур 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. Возделывание культур в зернопаровом севообороте экономически эффективным оказалось на фоне внесения пожнивного сидерата и соломы, где производственные затраты были на 1194 руб./га ниже, чем на фоне с внесением расчетных доз НПК. 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.

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 %.

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. 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.

VI. 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. 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.

Так, в слое 0-10 см на посевах озимой ржи плотность сложения почвы по вспашке составила 1,21 г/см³, по сидерату – 1,18 и по фону с внесением соломы и сидерата – 1,16 г/см³, тогда как по комбинированной обработке эти показатели составили 1,17, 1,16 и 1,15 г/см³, 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 г/см³, а по комбинированной обработке они снизились, соответственно, на 0,04, 0,04 и 0,03 г/см³. В конце севооборота под культурами почва уплотнялась сильнее, например, на посевах овса по вспашке в слое 0-10 см плотность сложения на фоне внесения НРК составила 1,26 г/см³, по сидерату – 1,24 и по варианту «солома + сидерат» – 1,20 г/см³. По комбинированной обработке в зависимости от фона питания они снизились до 1,23, 1,21 и 1,19 г/см³, соответственно. В слое 10-20 см плотность сложения почвы увеличивалась, 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. 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 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.

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 обработки почвы по фоновым питанием 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 фоновым питанием составили, соответственно, 16,6, 15,1 и 10,4 кг/см². Аналогичные результаты были получены и на других культурах в севообороте.

6.2 Содержание продуктивной влаги под посевами культур в севообороте. 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.

6.3 Биологические показатели почвенного плодородия. Наибольшее накопление сухих органических веществ отмечалось на вариантах комбинированной основной обработки почвы, на фонах с внесением пожнивного сидерата и соломы (таблица 14).

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 – 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.

Таблица 14. Поступление сухой биомассы растений в почву за ротацию севооборота (1995-2002 гг.), т/га

| Культуры | Обработка почвы | Варианты | | | НСП ₀₅ | | | | | |
|----------------------------------|-----------------|----------------|---------|------------------|-------------------|--------|--------|------|------|------|
| | | НПК (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 |

Изменение содержания гумуса в севообороте произошло на всех вариантах опыта (таблица 15).

Таблица 15. Изменение содержания гумуса в почве за ротацию севооборота, %

| Варианты | В начале ротации, (2002-2003 гг.) | В конце ротации, (2009-2010 гг.) | Изменение от исходного |
|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------|
| 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 | | | |
| Минеральный | 3,55 | 3,58 | + 0,03 |
| Сидерат | 3,61 | 3,62 | + 0,01 |
| Солома + сидерат | 3,66 | 3,68 | + 0,02 |

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 %.

6.4 Агрохимические параметры почвенного плодородия. 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.

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.

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 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.

6.5 Фитосанитарное состояние посевов. Засоренность (таблица 16) в фазе выхода в трубку зерновых культур в севообороте в среднем по вариантам охарактеризована как очень слабая.

Таблица 16. Засоренность посевов, шт./м²

| Культуры | Обработка почвы | Показатели | Варианты | | |
|--|-----------------|--------------------------------------|----------------|---------|------------------|
| | | | NPK (расчетно) | сидерат | солома + сидерат |
| Озимая рожь, выход в трубку (2003-04 гг.) | Вспашка | шт./м ² /г/м ² | 37/35,8 | 34/31,4 | 41/38,9 |
| | Комбинированная | шт./м ² /г/м ² | 26/24,7 | 20/19,1 | 24/23,3 |
| Яровая пшеница, выход в трубку (2004-05 гг.) | Вспашка | шт./м ² /г/м ² | 50/21,1 | 40/16,5 | 63/27,7 |
| | Комбинированная | шт./м ² /г/м ² | 36/14,9 | 28/12,9 | 45/19,3 |
| Однолетние травы, бутонизация (2005-06 гг.) | Вспашка | шт./м ² /г/м ² | 40/28,2 | 35/23,9 | 45/29,7 |
| | Комбинированная | шт./м ² /г/м ² | 34/21,5 | 27/19,8 | 38/22,9 |
| Озимая рожь, выход в трубку (2006-07 гг.) | Вспашка | шт./м ² /г/м ² | 40/30,2 | 31/22,7 | 51/33,2 |
| | Комбинированная | шт./м ² /г/м ² | 44/29,4 | 35/21,8 | 56/28,7 |
| Горох, бутонизация (2007-08 гг.) | Вспашка | шт./м ² /г/м ² | 15/15,8 | 8/15,8 | 18/18,8 |
| | Комбинированная | шт./м ² /г/м ² | 26/13,3 | 16/13,3 | 17/17,9 |
| Яровая пшеница, выход в трубку (2008-09 гг.) | Вспашка | шт./м ² /г/м ² | 32/32,2 | 23/27,4 | 46/33,7 |
| | Комбинированная | шт./м ² /г/м ² | 30/23,3 | 22/20,3 | 41/29,2 |
| Овес, выход в трубку (2009-10 гг.) | Вспашка | шт./м ² /г/м ² | 29/30,2 | 22/24,8 | 32/35,4 |
| | Комбинированная | шт./м ² /г/м ² | 22/23,1 | 17/18,7 | 29/30,4 |

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). По остальным культурам севооборота наблюдается аналогичная картина, где численность сорняков на вариантах с отвальной обработкой превосходили варианты с комбинированной обработкой.

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.

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 17).

Таблица 17. Изменение количества семян сорных растений в пахотном слое почвы в начале и в конце севооборота, млн. шт./га (2003-2010 гг.)

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

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. Результаты учета пораженности растений корневой гнилью в севообороте показали, что в фазу выхода в трубку на посевах зерновых и фазе бутонизации гороха распространение растений составило 10-57 %, развитие болезни – 3,4-17,9 %, несмотря на применение 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. 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 (таблица 18). 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. Независимо от приёмов основной обработки почвы, увеличение урожая всех культур в севообороте получено от применения пожнивного сидерата.

При проведении многофакторного корреляционно-регрессионного 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. 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.

Таблица 18. Урожайность сельскохозяйственных культур, тыс. зерн.ед.

| Культуры | Обработка почвы | Варианты | | | НСР ₀₅ | | | | | | |
|--|-----------------|-------------------|---------|---------------------|-------------------|---------------|---------------|------|------|----|------|
| | | НРК (расчетно) | сидерат | солома + сидерат | годы | дел.1 пор. | дел.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 | | | 0,27 |
| | 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 |

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.

При проведении многофакторного корреляционно-регрессионного анализа было 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:

$$\begin{aligned} &\text{для «NPK (расчетно)»} \\ &y=0,159*X_1+0,248*X_2+0,658*X_3+-33,428\pm 4,124, \end{aligned} \quad (6.1)$$

$$\begin{aligned} &\text{«сидераты»} \\ &y=0,187*X_1+0,380*X_2+1,204*X_3+-69,968\pm 4,262, \end{aligned} \quad (6.2)$$

$$\begin{aligned} &\text{«солома + сидераты»} \\ &y=-2,786*X_1+0,222*X_2+1,106*X_3+-42,614\pm 3,905, \end{aligned} \quad (6.3)$$

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.

6.7 Экономическая и энергетическая оценка возделывания культур в севообороте. 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. 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 планируемую урожай сельскохозйственных 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 сельскохозйственных 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.

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 посева гороха (2007-2008 гг.) с внесением расчетных доз минеральных удобрений, коэффициент энергетической эффективности на этих вариантах составил, соответственно, 3,35 и 1,34.

VII. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПАРОЗАНИМАЮЩИХ СИДЕРАТОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

7.1 Агрофизические параметры почвенного плодородия. По чистому пару в слое 0-10 см составляла 1,18 г/см³, по гречишному сидеральному пару – 1,15 г/см³, по рапсовому сидеральному пару – 1,13 г/см³, в 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.

В содержание структурно-агрегатного состава 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 %. Коэффициент структурности по чистому пару составил 0,84, гречишному пару – 1,49 и по рапсовому пару – 1,45.

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

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 %.

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.

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. 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. 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 %. 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 %. 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 %.

7.5 Продуктивность озимой пшеницы. Соотношение продуктивности надземной массы и корневой системы растений в фазе кушения 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. 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).

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 снизилось 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. 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.

В целом за два года максимальная урожайность зерна (таблица 19) была получена по сидеральному пару с посевом гречихи 28,8 ц/га, что на 4,9 и 4,5 ц/га выше, чем по чистому и сидеральному пару с посевом рапса.

Таблица 19. Урожайность озимой пшеницы за 2011-2012 гг., т/га

| Варианты опыта | Урожайность, ц/га | Прибавка, ц/га (+) |
|--------------------------|-------------------|--------------------|
| 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 влажностью 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:

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

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, %.

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

Оценка энергетической эффективности возделывания озимой пшеницы показала, 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).

VIII. СИСТЕМА БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ХОЗЯЙСТВАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

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. Использование сидератов и приемов управления биологическими ресурсами (солома, биопрепараты и т.д.) позволяет отчасти компенсировать недостаточное внесение традиционных органических удобрений и способствует уменьшению темпов и объемов разрушения органического вещества почв. При этом используется способность сидератов за счет возврата в почву органических веществ с корневыми и пожнивными остатками, добиваться взаимодействия между почвенной средой и растениями сходного с процессами в естественных условиях.

Результаты проведенных производственных опытов в хозяйствах Республики Татарстан и их дальнейшее внедрение представлены в таблицах 20, 21, 22, 23, которые подтверждают результаты наших опытов в том, 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 20. Урожайность озимой пшеницы сорта Скипетр в агрофирмах АО «Агросила» Республики Татарстан в 2017-19 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 21. Урожайность 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 | 32,1 | 40,4 | 69,1 | 74,2 |

Таблица 22. 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 |
| Биологизированный севооборот (сидеральный пар, солома + пожнивной сидерат) | 27,2 | 26,8 | 34,1 | 43,4 | 32,9 | +6,3 | 65,1 |

Таблица 23. 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 | | | | прибавка к чистому пару, ± | Уровень рентабельности, % |
|--|-------------------|---------|---------|---------|----------------------------|---------------------------|
| | 2017 г. | 2018 г. | средняя | средняя | | |
| 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 |

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 лушение стерни орудием БДТ;

- в качестве сидерального пара под озимую пшеницу наряду с широко распространенными культурами (яровой рапс) использовать гречиху.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Основные результаты диссертации, опубликованные в статьях в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ:

1. **Ахметзянов М.Р.** Приемы биологизации и развитие яровой пшеницы и многолетних трав / Х.Х. Хабибрахманов, **М.Р. Ахметзянов** // Земледелие. 2004. – №3. – С.29.

2. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность агротехнических приемов формирования урожайности (статья) / И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов** // Зерновое хозяйство. 2006. – № 5. –С.19

3. **Ахметзянов М.Р.** Динамика органического вещества серой лесной почвы в зависимости от способов основной обработки почвы и факторов биологизации / М.К. Вылчу, Р.З. Набиуллин, **М.Р. Ахметзянов** // Агрехимический вестник, 2007. –№4. – С.3

4. **Ахметзянов М.Р.** Влияние приёмов основной обработки почвы и фонов питания на продуктивность культур в звене севооборота / И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов**, О.И. Макарова, И.И. Ярмиев // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2009. – №3 (13). – С. 115-117.

5. **Ахметзянов М.Р.** Биологизация земледелия – основа высокопродуктивного сельского хозяйства / И.И. Файзуллин, Р.З. Набиуллин, **М.Р. Ахметзянов** // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2011. – №1 (19). – С. 153-156.

6. **Ахметзянов М.Р.** Отзывчивость озимой ржи на приемы основной обработки и внесение расчетных доз удобрений в условиях Среднего Поволжья / И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов**, И.А. Борздыко, С.М. Васильева // *Зерновое хозяйство России*, 2014 г. – №2. – С. 48-52.

7. **Ахметзянов М.Р.** Влияние фонов питания на продуктивность овса / И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов** // *Вестник Казанского ГАУ*, 2014 г. – №1 (31). – С. 88-90.

8. **Ахметзянов М.Р.** Фитосанитарное состояние посевов и урожайность озимой ржи / И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов**, Л.Т. Вафина // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2016. – №1 (39). – С. 5-9.

9. **Ахметзянов М.Р.** Влияние факторов биологизации на урожайность озимой ржи в условиях Предкамья РТ / **М.Р. Ахметзянов** // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2017. – №2 (44). – С.9-13.

10. **Ахметзянов М.Р.** Влияние систем основной обработки почвы и фонов питания на продуктивность культур звена полевого севооборота / **М.Р. Ахметзянов**, И.П. Таланов // *Достижения науки и техники АПК*. – 2019 – №5. – С. 10-13.

11. **Ахметзянов М.Р.** Влияние растительной биомассы растений и приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели почвы и продуктивность культур / **М.Р. Ахметзянов**, Г.К. Хузина, И.П. Таланов // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2019. – №1 (52). – С.11-17.

12. **Ахметзянов М.Р.** Влияние приемов основной обработки почвы и растительной биомассы на продуктивность культур в звене севооборота / **М.Р. Ахметзянов**, И.П. Таланов // *Плодородие*. – 2019. – №5 (110). – С.41-45.

13. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации и биологизации земледелия / **М.Р. Ахметзянов**, И.П. Таланов // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2019. – №4 (55). – С.10-14.

14. **Ахметзянов М.Р.** Продуктивность зернотравяного севооборота в зависимости от заделки навоза, соломы и промежуточного сидерата / **М.Р. Ахметзянов**, И.П. Таланов // *Вестник Казанского ГАУ*. – 2019. – №4 (56). – С.10-14.

15. **Ахметзянов М.Р.** Продуктивность озимой пшеницы при использовании различных паров на серых лесных почвах в условиях Республики Татарстан / **М.Р. Ахметзянов**, И.П. Таланов, Л.И. Сафина (Гатауллина) // *Плодородие*. – 2020. – № 1 (112). – С.40-43.

Статьи, опубликованные в других научных журналах и сборниках материалов международных и всероссийских научно-практических конференций:

16. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность биологизации земледелия в условиях Лесостепи Поволжья / Р.З. Набиуллин, М.М. Мурзаханов, Б.Г. Идиятов, Р.Ш. Мугаллимов, **М.Р. Ахметзянов** // В сб.: Биологические и технологические

аспекты повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Казань, 1998. – С.54-59.

17. **Ахметзянов М.Р.** Рост и развитие многолетних трав при биогенных факторах / **М.Р. Ахметзянов**, Х.Х. Хабибрахманов, Р.З. Набиуллин, И.И. Лотфуллин // В сб.: Сборник научных работ, посвященных юбилею агрономического факультета КГСХА. Казань 1999. – С.103-104.

18. **Ахметзянов М.Р.** Последействие многолетних трав в посевах яровой пшеницы / **М.Р. Ахметзянов**, Х.Х. Хабибрахманов, Р.З. Набиуллин, И.И. Лотфуллин // В сб.: Сборник научных работ, посвященных юбилею агрономического факультета КГСХА. Казань 1999. – С.163-165.

19. **Ахметзянов М.Р.** Биологизация земледелия в условиях Лесостепи Поволжья / Х.Х. Хабибрахманов, Р.З. Набиуллин, Р.В. Миникаев, М.М. Мурзаханов, Б.Г. Идиятов, Р.Ш. Мугаллимов, **М.Р. Ахметзянов** // В сб.: Химия и окружающая среда «Сборник научных трудов, посвященный 80-летию кафедры общей химии Казанской государственной сельскохозяйственной академии» // Казань, 2000. С. 73-78.

20. **Ахметзянов М.Р.** Исследования биологизации системы земледелия в условиях плакорно-равнинного ландшафта Татарстана» / Х.Х. Хабибрахманов, Р.З. Набиуллин, Р.В. Миникаев, М.М. Мурзаханов, Б.Г. Идиятов, Р.Ш. Мугаллимов, **М.Р. Ахметзянов**, Ф.М. Гаянов, А.И. Хайруллин, И.И. Лотфуллин // В сб.: Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы развития прикладных исследований и пути повышения их эффективности в сельскохозяйственном производстве» посвященной 80-летию ТатНИИСХ. Казань, 2001. – С. 255-257.

21. **Ахметзянов М.Р.** Многолетние травы – важный фактор биологизации земледелия / И.И. Лотфуллин, Р.З. Набиуллин, **М.Р. Ахметзянов** // В сб.: IV научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов Республики Татарстан. Казань, 2001. – С.61.

22. **Ахметзянов М.Р.** Продуктивность многолетних трав при биологизации / **М.Р. Ахметзянов**, Р.З. Набиуллин, Р.М. Шафигуллин // В сб.: IV научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов Республики Татарстан. Казань, 2001. – С.62.

23. **Ахметзянов М.Р.** Биологизация – современное направление земледелия / Ф.М. Гаянов, **М.Р. Ахметзянов**, Р.З. Набиуллин // В сб.: IV научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов Республики Татарстан. Казань, 2001. – С. 69

24. **Ахметзянов М.Р.** Влияние биофакторов на продуктивность многолетних трав / **М.Р. Ахметзянов**, Х.Х. Хабибрахманов, Р.З. Набиуллин // В сб.: Материалы региональной научно-практической конференции, посвященной 30-летию аграрно-технологического института. Выпуск IV. Йошкар-Ола, 2002. – С. 45-47.

25. **Ахметзянов М.Р.** Развитие многолетних трав по различным био-факторам / **М.Р. Ахметзянов**, Х.Х. Хабибрахманов, Р.З. Набиуллин // В сб.: Труды Международной конференции «Роль почвы в формировании естественных

и антропогенных ландшафтов», посвященной 75-летию кафедры почвоведения Казанского государственного университета. Казань, 2003. – С.251-253.

26. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность биологизации земледелия в условиях Республики Татарстан / Х.Х. Хабибрахманов, Р.З. Набиуллин, А.И. Хайруллин, Ф.М. Гаянов, Р.М. Шафигуллин, **М.Р. Ахметзянов**, И.И. Лотфуллин, А.И. Шакуров, В.Н. Хузин // В сб.: Труды Международной конференции «Роль почвы в формировании естественных и антропогенных ландшафтов», посвященной 75-летию кафедры почвоведения Казанского государственного университета. Казань, 2003. – С.452-455.

27. **Ахметзянов М.Р.** Особенности роста и развитие многолетних трав при различных биологических фонах в условиях Предкамья Татарстана / **М.Р. Ахметзянов** // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук. – Кинель, 2003. – 17 с.

28. **Ахметзянов М.Р.** Влияние различных биологических факторов на рост и развитие многолетних трав при биологизации земледелия / **М.Р. Ахметзянов**, Р.З. Набиуллин // Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых 6-7 апреля 2004 г. «Молодые ученые – агропромышленному комплексу». – Казань: Изд-во «Фэн», 2004. – С.43-46.

29. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность применения биофакторов на продуктивность культур в различных севооборотах / **М.Р. Ахметзянов**, Р.Р. Нигматзянов // Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых и специалистов сельского хозяйства. – Москва, 2006 г. – С.262-267.

30. **Ахметзянов М.Р.** Некоторые агроприемы возделывания сахарной свеклы в Республике Татарстан / А.И. Хайруллин, **М.Р. Ахметзянов** // Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых и специалистов сельского хозяйства. – Москва, 2006 г. – С.254-260.

31. **Ахметзянов М.Р.** Отзывчивость озимой ржи на применение биологических факторов при различных способах основной обработки почвы в условиях Предкамья Республики Татарстан / **М.Р. Ахметзянов**, И.И. Ярмиев, О.И. Макарова, И.П. Таланов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: Мосоловские чтения: материалы Международной научно-практической конференции. Вып. 10. Марийский государственный университет. – Йошкар-Ола, 2008. – С.76-78.

32. **Ахметзянов М.Р.** Биологизация севооборотов – основа ресурсосберегающего земледелия / М.Р. Ахметзянов, И.И. Ярмиев, О.И. Макарова // Повышение эффективности растениеводства и животноводства – путь к рентабельному производству. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых: сб. ст. – Казань, 2008. -с. 63-68

33. **Ахметзянов М.Р.** Отзывчивость яровой пшеницы на применение биологических факторов при различных способах основной обработки почвы в условиях Предкамья Республики Татарстан / **М.Р. Ахметзянов**, И.И. Ярмиев // Инновационное развитие агропромышленного комплекса. Материалы всероссийской научно-практической конференции: сб. ст. – Казань, 2009. – С.9-14.

34. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность некоторых способов основной обработки почвы под горох / И.И. Ярмиев, М.Р. Ахметзянов // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки практики в современных условиях и пути их решения. Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых: сб. ст. – Казань, 2009. – С.312-315.

35. **Ахметзянов М.Р.** Использование факторов биологизации на продуктивность культур в звене севооборота / И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов**, О.И. Макарова // Роль аграрной науки в инновационном развитии агропромышленного комплекса. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию агрономического факультета Казанского ГАУ: сб. ст. – Казань, 2009. – С.162-165.

36. **Ахметзянов М.Р.** Влияние различных биологических факторов на урожайность многолетних трав второго года пользования / В. Р. Гараев, И.И. Мингазов, **М.Р. Ахметзянов** // Достижения научно-исследовательской работы студентов в области агропромышленного комплекса. Материалы студенческой конференции агрономического факультета ФГОУ ВПО «Казанский ГАУ»: сб.ст. – Казань, 2009. – С.50-52.

37. **Ахметзянов М.Р.** Влияние различных биологических факторов в сочетании с минеральными удобрениями на урожайность гороха / Д. Гатауллин, И.Р. Хатыпов, **М.Р. Ахметзянов** // Достижения научно-исследовательской работы студентов в области агропромышленного комплекса. Материалы студенческой конференции агрономического факультета ФГОУ ВПО «Казанский ГАУ»: сб.ст. – Казань, 2009. – С.65-67.

38. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность некоторых способов основной обработки почвы под горох / И.Н. Усманов, И.И. Юзаев, **М.Р. Ахметзянов**, О.И. Макарова // Достижения научно-исследовательской работы студентов в области агропромышленного комплекса. Материалы студенческой конференции агрономического факультета ФГОУ ВПО «Казанский ГАУ»: сб.ст. – Казань, 2009. – С.171-173.

39. **Ахметзянов М.Р.** Роль биологических факторов в повышении плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур / **М.Р. Ахметзянов**, И.П. Таланов // Монография. – 152 с. 2010 г.

40. **Ахметзянов М.Р.** Влияние биофакторов на агрофизические показатели пахотного горизонта / И.И. Файзуллин, И.И. Хафизов, И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов** // Студенческая наука – аграрному производству. Материалы студенческой (региональной) научной конференции. Казань, 2010. – С.170-175.

41. **Ахметзянов М.Р.** Для повышения плодородия почв эффективно применение растительной биомассы / И.П. Таланов, **М.Р. Ахметзянов** // Инновационное развитие агропромышленного комплекса. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Казань, 2010. – С.106-111.

42. **Ахметзянов М.Р.** Структура посевных площадей (глава 4) / Р.В. Миникаев, В.Ф. Мареев, **М.Р. Ахметзянов**, Р.И. Сафин, Ф.Ф. Мингазов // В книге: Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Казань, 2013. – С.34-39.

43. **Ахметзянов М.Р.** Оптимизация системы севооборотов (глава 5) / Ф.Ф. Мингазов, В.Н. Фомин, **М.Р. Ахметзянов**, Р.И. Сафин // В Книге: Система земледелия Республики Татарстан: В 3-Х частях. Казань, 2013. – С.40-47.

44. **Ахметзянов М.Р.** 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 // В книге: Система земледелия Республики Татарстан: В 3-х частях. Казань, 2013. – С.55-61.

45. **Ахметзянов М.Р.** Влияние чистого и сидеральных паров на рост и развитие озимой пшеницы / **М.Р. Ахметзянов**, И.М. Файзуллин, Р.З. Салахов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства. Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, посвященной 95-летию агрономического факультета. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2014. – С.131-134.

46. **Ахметзянов М.Р.** Влияние различных паров на урезную активность почвы под посевами озимой пшеницы / Л.И. Гатауллина, **М.Р. Ахметзянов**, Р.И. Сафин // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства продукции сельского хозяйства. Материалы международной научно-практической конференции Казанского ГАУ, посвященной 95-летию агрономического факультета. – Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2014. – С.134-136.

47. **Ахметзянов М.Р.** Эффективность повышения плодородия почвы и продуктивности яровой пшеницы от применения растительной биомассы / **М.Р. Ахметзянов**, И.П. Таланов // Материалы 11 международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора Лапшина С.А. – 2016 г. Изд-во Мордовского университета. – С.307-311.

48. **Ахметзянов М.Р.** Контроль переуплотнения почвы в ресурсосберегающем земледелии / Р.И. Сафин, К.А. Хафизов, Б.Г. Зиганшин, А.Р. Валиев, Р.В. Миникаев, Р.М. Низамов, Р.Н. Хафизов, Г.С. Сайфиева, И.Г. Манюкова, **М.Р. Ахметзянов**, Л.З. Каримова, А.В. Дмитриев // Методические рекомендации. Казанский государственный аграрный университет. Казань, 2018. – 48 С.

49. **Ахметзянов М.Р.** Влияние различных видов паров на озимую пшеницу / **М.Р. Ахметзянов**, Л.И. Сафина, Р.И. Сафин, И.Г. Манюкова // Сборник: Сельское хозяйство и продовольственная безопасность: технологии, инновации, рынки, кадры. Научные труды международной научно-практической конференции посвященный 100-летию аграрной науки, образования и просвещения в Среднем Поволжье. Казань, 2019. – С.19-25

Подписано к печати 28.07.2020.

Формат 148x210. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 2,2. Тираж 100 экз.

Отпечатано в типографии ООО «Куранты»,

420029, г. Казань, Сибирский тракт, 34, корпус 14, офис 317, тел. 8-843-211-40-50.
