

На правах рукописи

Кузьминых Альберт Николаевич

**СИДЕРАЛЬНЫЕ ПАРЫ И СИСТЕМА СЕВООБОРОТОВ
ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ
ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Йошкар-Ола – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении
«Марийский государственный университет»

Научный консультант: доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Новоселов Сергей Иванович

Официальные оппоненты: **Ивенин Валентин Васильевич**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия», заведующий кафедрой земледелия и растениеводства

Каргин Василий Иванович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

Нафиков Макарим Махасимович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ДПО «Татарский институт переподготовки кадров агробизнеса»

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»

Защита состоится «__» апреля 2019 года в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 999.091.03 на базе ФГБОУ ВО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия», по адресу: 446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2; тел. 8-(846-63)-46-1-31.

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

Автореферат разослан «__»_____2019 года

Ученый секретарь

Троц Наталья Михайловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время одним из приоритетных направлений развития сельского хозяйства страны является рациональное использование обрабатываемых сельскохозяйственных земель и вовлечение в оборот залежных угодий. Выведенная ранее из хозяйственного оборота пашня обычно переходит в разряд бросовых земель – трансформируется в перелого и залежи, зарастает бурьянистой сорно-полевой растительностью, а некоторые – кустарниками и мелколесом. Залежи становятся резерваторами сорных растений, вредителей и возбудителей болезней сельскохозяйственных культур. В современном аграрно-индустриальном обществе залежь может представлять экологическую и экономическую угрозу (Дзыбов, 2016; Черкасов, Сосов, Матохин, 2013). Введение в оборот залежных земель требует обеспечения оптимальных для сельскохозяйственных культур агрофизических и агрохимических свойств почвы, благоприятного фитосанитарного состояния агроценозов, сохранения и повышения почвенного плодородия. Выполнение этих условий возможно при организации зональной системы земледелия, включающей введение научно-обоснованного севооборота, выбор оптимальной обработки почвы, разработку эффективной системы удобрения и защиты растений. В современных условиях в связи с резким сокращением использования сельхозпредприятиями страны органических и минеральных удобрений, в условиях дороговизны техногенных ресурсов и ухудшающейся экологической обстановки все более актуальной становится проблема биологизации земледелия. Одним из главных средств биологизации земледелия является использование сидератов (Беленков, Зеленев, Амантаев, 2014; Шрамко, Вихорева, 2015).

Разработка и обоснование применения зеленых удобрений при освоении залежных земель для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и воспроизводства плодородия почвы являются актуальными задачами современного земледелия, в том числе и в условиях Волго-Вятского региона.

Исследования являлись частью плана научной работы ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» (№№ гос. регистрации 01201152241 и 01201357008).

Цель исследований – разработка системы освоения залежных земель на основе использования сидеральных паров и приемов возделывания полевых культур в севообороте на дерново-подзолистой почве Волго-Вятского региона.

Задачи исследований:

1. Оценка современного состояния пахотных и залежных земель Волго-Вятского региона;
2. Исследовать влияние зеленого удобрения на микробиологическую активность почвы при освоении залежных земель;
3. Изучить влияние использования сидератов на агрофизические и агрохимические свойства почвы;
4. Определить влияние сидератов на фитосанитарное состояние агроценозов при освоении залежных земель;
5. Выявить влияние зеленых удобрений на урожайность и показатели качества сельскохозяйственных культур;
6. Оценка продуктивности севооборотов в зависимости от способов основной обработки почвы и применения удобрений;
7. Провести энергетическую и экономическую оценки эффективности использования сидератов при освоении залежных земель.

Научная новизна. Для условий дерново-подзолистой почвы Волго-Вятского региона на основе комплексных исследований научно обосновано использование сидератов при освоении залежных земель.

Установлено, что использование сидератов позволяет оптимизировать агрофизические свойства почвы, активизирует ее микробиологическую деятельность, обеспечивает снижение фитопатогенной нагрузки агроценозов, улучшает фитосанитарное состояние посевов сельскохозяйственных культур. Определены сидеральные культуры, обеспечивающие в условиях региона наилучшее фитосанитарное состояние агроценозов и максимальную продуктивность сельскохозяйственных культур. Установлена высокая эффективность использования сидератов в стабилизации органического вещества почвы, повышении урожайности и улучшении качества продукции сельскохозяйственных культур.

Предложены модели формирования урожайности озимой ржи в зависимости от поступления в почву органического вещества, элементов минерального питания, микробиологической активности почвы и распространения на посевах корневых гнилей. Определены зависимости распространения болезней на посевах озимой ржи от поступления в почву органического вещества и микробиологической активности почвы.

Теоретическая и практическая значимость. Дано научно-практическое обоснование использования сидератов при освоении залежных земель. Полученные данные вносят существенный вклад в развитие теоретических представлений о влиянии зеленых удобрений на агрофизические и микробиологические свойства дерново-подзолистой почвы, условия питания сельскохозяйственных культур и формирование высокопродуктивных агроценозов. Результаты исследований значительно углубляют научное представление о влиянии сидератов на фунгистатические свойства почв и фитосанитарное состояние агроценозов.

Итоги проведенных исследований могут быть использованы при разработке и совершенствовании технологий возделывания сельскохозяйственных культур, позволяют прогнозировать формирование величины и качества урожая при использовании сидератов.

Результаты исследований внедрены в АО ПЗ «Шойбулакский» Медведевского района и СПК СХА «Северная» Сернурского района Республики Марий Эл, и используются в учебном процессе в ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет».

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на анализе и обобщении известных достижений науки и передовой научно-технической информации, на принципах системного подхода к решению изучаемой проблемы. В работе использовались аналитически-обобщающий, экспериментальный (полевые опыты и лабораторные исследования почвенных и растительных образцов), статистический (математический анализ полученных результатов исследований), экономический и энергетический методы исследований.

Положения, выносимые на защиту:

1. Современное состояние пахотных и залежных земель в Волго-Вятском регионе;
2. Применение сидератов при освоении залежных земель как фактор обогащения почвы органическим веществом, увеличения урожайности и улучшения качества сельскохозяйственной продукции;
3. Зависимости урожайности озимой ржи от количества сидеральной массы, микробиологической активности почвы и пораженности болезнями;
4. Фитосанитарная функция зеленых удобрений при освоении залежных земель;
5. Системы основной обработки дерново-подзолистой почвы в севообороте при освоении залежных земель;
6. Агрофизические и агрохимические показатели плодородия дерново-подзолистой почвы в севооборотах с различными видами пара;
7. Продуктивность севооборотов с чистым, занятым и сидеральным парами по выходу кормовых единиц и их экономическая эффективность.

Степень достоверности и апробация работы. Результаты исследований подтверждаются достаточным объемом экспериментов, проведенными в 1998-2017 гг. на опытном поле и лабораториях Марийского государственного университета, математической обработкой экспериментальных данных методом дисперсионного и корреляционного анализов с использованием современных компьютерных программ, проверкой защищаемых положений в производственных условиях.

Материалы диссертации доложены и получили положительную оценку на всероссийской научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения В.П. Мосолова (Йошкар-Ола, 1998), республиканской научно-практической конференции (Казань, 1998), региональных научно-практических конференциях (Йошкар-Ола, 2000-2004), межрегиональных научно-практических конференциях (Йошкар-Ола, 2005, 2006), всероссийской научно-практической конференции (Ижевск, 2010), международных научно-практических конференциях (Йошкар-Ола, 2007-2018).

Результаты исследований прошли производственную проверку и внедрены на полях АО ПЗ «Шойбулакский» Медведевского района на площади 880 га и СПК СХА «Северная» Сернурского района Республики Марий Эл на площади 50 га.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований используются в учебном процессе кафедры общего земледелия, растениеводства, агрохимии и защиты растений ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», а также в учебном процессе ФГБОУ ДПО «Марийский институт переподготовки кадров агробизнеса».

Личный вклад автора: разработка программы исследований, проведение полевых и лабораторных опытов, анализ и обобщение полученных экспериментальных данных, их математическая обработка, внедрение результатов исследований в сельскохозяйственное производство, подготовка публикаций.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 48 печатных работах, из них 16 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, общим объемом 4,8 печатных листа (доля личного участия 3,75 п.л.).

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 408 страницах компьютерного текста, состоит из введения, десяти глав, выводов и рекомендаций производству, включает 78 таблиц, 4 рисунка, 126 приложений. Список литературы включает 338 наименований, в том числе 25 – иностранных авторов.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальная работа проведена в 1998-2017 гг. на опытном поле Марийского государственного университета. Были заложены следующие полевые опыты:

Опыт I. Влияние сидеральных паров на микробиологическую активность почвы, фитосанитарное состояние посевов и формирование урожая озимой ржи (2002-2004 гг.):

1. Чистый пар (без удобрений);
2. Чистый пар (навоз 40 т/га);

3. Чистый пар (мин. NPK на 3 т/га);
4. Сидеральный пар (горох);
5. Сидеральный пар (вика/овес).

Опыт II. Сравнительная оценка сидеральных культур (1998-2001 гг.):

1. Рапс;
2. Вика;
3. Горох;
4. Вика/рапс;
5. Вика/овес;
6. Горох/овес;
7. Горох/рапс.

Опыт III. Влияние норм высева вики и овса в смеси на урожайность и качество биологической массы (2008-2010 гг.):

1. – вика : овес – 1 : 5;
2. – вика : овес – 1 : 3;
3. – вика : овес – 1 : 1;
4. – вика : овес – 2 : 1;
5. – вика : овес – 3 : 1.

Опыт IV. Влияние паровых предшественников на фитосанитарное состояние агроценоза и урожайность озимой ржи (2010-2012 гг.):

1. Чистый пар;
2. Перелог;
3. Сидеральный пар;
4. Занятый пар.

Опыт V. Продуктивность полевых севооборотов в зависимости от вида пара и системы основной обработки почвы в севообороте (2010-2017 гг.):

Фактор А – система основной обработки почвы в севообороте:

А₁ – комбинированная;

А₂ – отвальная;

Фактор В – вид пара в севообороте:

В₁. – севооборот с чистым паром

(чистый пар → озимая рожь → картофель → ячмень);

В₂. – севооборот с занятым паром

(занятый пар → озимая рожь → картофель → ячмень);

В₃. – севооборот с сидеральным паром

(сидеральный пар → озимая рожь → картофель → ячмень);

Фактор С – минеральные удобрения:

С₁ – без удобрений;

С₂ – расчетные дозы удобрений.

Почва опытных участков дерново-подзолистая малогумусная среднесуглинистая на бескарбонатных покровных суглинках, содержание щелочно-гидролизуемого азота составило 73-144, подвижного фосфора – 181-320 и обменного калия – 112-215 мг/кг почвы, рН_{сол.} – 6,0-6,1. Повторность опытов трехкратная. Размещение делянок в повторностях систематическое. Общая площадь делянки на опытах №№ 1-4 составляла 50, а учетной – 45 м², на опыте № 5 – соответственно 105 и 50 м². Технологии возделывания культур в опытах были общепринятыми для зоны. Биомассу сидератов после предварительного двукратного дискования (БДТ-7) запахивали в почву на глубину 23-25 см (ПЛН-4-35) за месяц до посева озимой ржи. Обработка чистого пара велась по типу черного.

В опыте № 1 навоз 40 т/га вносили при паровании поля под весеннюю перепахку зяби. С сидеральной массой гороха и викоовсяной смеси в почву в среднем поступало 152,5 и 149,8 кг/га NPK соответственно. Минеральные удобрения вносились из расчета на получение 3 т/га зерна озимой ржи. Использовали озимую рожь сорта Татьяна. Норма высева составила 6,0 млн. шт./га.

В опыте № 2 использовали рапс сорта Липецкий, вику – Льговская 28, горох – Труженик, овес – Сельма, озимую рожь в 1998 г. – Татарская 1, в 2000 г – Волхова. Норма высева рапса составила 2,4, вики – 2,2, гороха – 1,2, викорапсовой смеси – 2,3, викоовсяной – 5,5, горохоовсяной – 5,0, горохорапсовой – 1,8 и озимой ржи 6,0 млн. шт./га.

В опыте № 3 посевной материал викоовсяных смесей готовили в соответ-

ствии со схемой опыта. Норма высева викоовсяной смеси с соотношением семян 1 : 5 составила соответственно 0,7 и 3,4 млн. всх. сем./га; 1 : 3 – 1 и 3 млн. всх. сем./га; 1 : 1 – 2 и 2 млн. всх. сем./га; 2 : 1 – 2,6 : 1,3 млн. всх. сем./га; 3 : 1 – 3 и 1 млн. всх. сем./га. Использовали вику сорта Льговская 28, а овса – Сельма.

В опыте № 4 перелог собой представлял задернелую пахотную землю, не обрабатываемой в течение 10-12 лет и заросшей сорно-полевой растительностью. В качестве парозанимающей и сидеральной культуры высевали викоовсяную смесь. С биологической массой зеленого удобрения и растительностью перелога в почву в среднем запахивалось соответственно 186,7 и 48,8 кг/га NPK. Использовали озимую рожь сорта Татьяна. Норма высева составила 6,0 млн. шт./га.

В опыте № 5 севооборота закладывали по перелогу. Основная (зяблевая) обработка почвы под культуры севооборотов выполнялась согласно схемы опыта. Комбинированная система основной обработки почвы включала мелкую обработку (БДТ-7) на глубину 10-12 см под зерновые культуры и отвальную вспашку (ПЛН-3-35) на глубину 24-25 см – под картофель, а отвальная система – ежегодную отвальную вспашку под все культуры севооборота. В качестве парозанимающей и сидеральной культуры высевали викоовсяную смесь. В первой ротации севооборота с надземной массой сидерата в почву поступало 144,0 кг/га NPK, в том числе N – 54,0, P – 27,0 и K – 63,0 кг/га, а во второй – 207,0 кг/га NPK, в том числе N – 54,0, P – 27,0 и K – 63,0 кг/га. Минеральные удобрения под озимую рожь вносили с нормой из расчета на получение 4,0 т/га зерна ($N_{60}P_{30}K_{90}$), картофель – 20,0 т/га клубней ($N_{80}P_0K_{140}$) и ячмень – 3,0 т/га зерна ($N_{30}P_0K_{25}$). Использовали озимую рожь сорта Татьяна, ячменя – Владимир и картофеля – Удача. Норма высева озимой ржи составила 6,0, ячменя – 5,5 млн. шт./га, посадки картофеля – 55 тыс. шт./га.

Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений проводили согласно методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1961). Динамику формирования листовой поверхности, фотосинтетический потенциал и чистую продуктивность фотосинтеза озимой ржи определяли по А. А. Ничипоровичу (Никитенко, 1982). Влажность почвы определялась термостат-

но-весовым методом (Васильев, 2004). Плотность сложения почвы определяли объемно-весовым методом. Структурно-агрегатный состав и водопрочные агрегаты почвы определяли методом сухого и мокрого просеивания по Н. И. Савинову (Вадюнина, Корчагина, 1986). Реакцию почвенного раствора определяли потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85). Содержание щелочно-гидролизующего азота в почве определяли по Корнфилду, подвижного фосфора – по Кирсанову на ФЭК и обменного калия – с помощью пламенного фотометра, используя вытяжку, приготовленную по Кирсанову (ГОСТ 26207-91) (Аринушкина, 1970). Микробиологическую активность почвы определяли по Е. М. Мишустину методом аппликации. Экспозиция – 60 дней (Емцев, 1993). Выделение и учет микромицетов 0-20 см слоя почвы проводили методом почвенных разведений. Почвенную суспензию высевали на питательную среду Чапека в чашках Петри. Содержание общего азота в растительной массе определяли с помощью реактива Несслера, фосфора – используя метод с аскорбиновой кислотой, калия – на пламенном фотометре, используя во всех трех видах анализа рабочий раствор озоленного растительного материала, приготовленного по Гинзбург и Щегловой. Количество сырого протеина в зерне определяли, перемножив содержание общего азота на коэффициент 5,7. Засоренность посевов культур определяли количественно-весовым методом. При учете засоренности почвы семенами сорняков пробы отбирали по Б. А. Доспехову, а выделение – по И. Н. Шевелеву (Васильев, 2004). Диагностику и учет заболеваемости озимой ржи вели методом маршрутных обследований. Распространение и степень развития листовых болезней проводили по А. Е. Чумакову и Т. И. Захаровой (1990). Анализ растений на пораженность корневыми гнилями проводили по методике В. А. Чулкиной, Е. Ю. Тороповой и Г. Я. Стецова (2009). Структуру урожая культур определяли по пробным снопам, взятым с постоянных площадок каждой делянки площадью 0,25 м², массу 1000 семян – по ГОСТ 28636-90. Уборку и учет урожая культур на делянках проводили сплошным комбайнированием с последующим перерасчетом полученной продукции в т/га. Математическую обработку результатов исследований проводили по Б. А. Доспехову (1985) на ПЭВМ с применением пакета программ прикладной ста-

тистики «Stat» (версия 2.6, ИВЦ МарГУ, 1993). Энергетическую оценку результатов исследований проводили по методике ВАСХНИЛ под редакцией Е. И. Базарова и Е. В. Глинки (1983). Экономическую эффективность возделывания культур рассчитывали на основании нормативных затрат и технологических карт, составленных с учетом цен на материально-технические ресурсы в годы проведения исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Состояние и использование пахотных земель в Волго-Вятском регионе и Республике Марий Эл

По состоянию на 1 января 2002 года площадь сельскохозяйственных угодий земель сельскохозяйственного назначения в Волго-Вятском регионе составляла 9902,5 тыс. га. Из них на долю пашни приходилось 72,3 % – 7167,6 тыс. га, а залежи 1,8 % – 180,0 тыс. га. За полтора десятилетия площадь сельскохозяйственных угодий региона уменьшилась на 11,1 %. По состоянию на 1 января 2016 года она составила 8801,8 тыс. га, в том числе пашни 6382,3 тыс. га, а залежных земель – 335,6 тыс. га. Если доля пашни в общей площади земель сельскохозяйственных угодий сельскохозяйственного назначения в среднем по региону осталась почти на прежнем уровне – 72,5 %, то доля залежи увеличилась до 3,8 %. Площади пашни в регионе уменьшились на 785,3 тыс. га, а залежных земель – увеличилась на 155,6 тыс. га. При этом наибольшее увеличение залежи было в Республике Марий Эл – на 94,4 тыс. га.

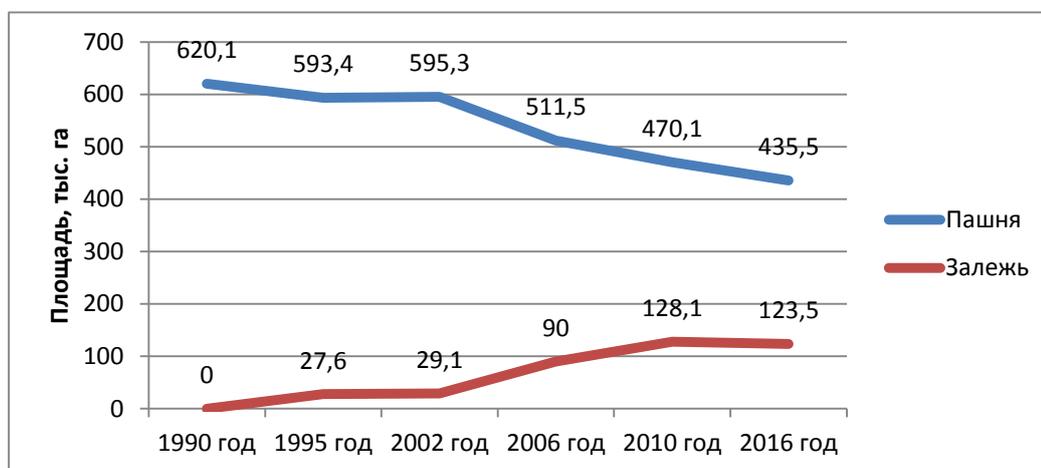


Рис. 1 – Динамика площади пашни и залежных земель в Республике Марий Эл

Негативные последствия реформирования сельского хозяйства 90-х годов прошлого и первого десятилетия нового века среди субъектов Волго-Вятского региона особенно сказались на Республике Марий Эл. Так, если площадь пашни в республике в 1990 году составляла 620,1 тыс. га, то по состоянию на 01.01.2016 года она уменьшилась на 29,8 % и составила 435,5 тыс. га (рис. 1). А залежных земель стало 123,5 тыс. га, что составляет 17,5 % от общей площади сельскохозяйственных угодий сельскохозяйственного назначения.

В последние годы в аграрном секторе Республики Марий Эл, да и в целом в Волго-Вятского региона, наметилась положительная тенденция вовлечения в оборот ранее заброшенных сельскохозяйственных угодий, что требует комплексного подхода к решению проблем рационального землепользования, рекультивации залежей и перелогов, расширенного воспроизводства плодородия почв, а также совершенствования агротехнологий.

Влияние сидеральных паров на микробиологическую активность почвы, фитосанитарное состояние посевов и формирование урожая озимой ржи

Рост и развитие озимой ржи. Исследованиями установлено, что использование сидератов влияло на полевую всхожесть и перезимовку озимой ржи. Полевая всхожесть озимой ржи в зависимости от варианта изменялась от 85,8 до 88,5 %, а процент перезимовавших растений от 53,5 до 61,4 %. При этом, полевая всхожесть и количество перезимовавших растений озимой ржи по сидеральному пару были существенно выше контрольного чистого пара. Корреляционные связи между полевой всхожестью, перезимовкой и поступлением в почву элементов питания были средними ($r = 0,46$ и $r = 0,37$).

В течение вегетации более высокую листовую поверхность озимая рожь формировала при возделывании по сидеральным и чистому с внесением навоза парам. Фотосинтетический потенциал на данных вариантах составил от 2215,8 до 2325,6 тыс. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{сут.}$, что было выше контроля на 41,7-44,4 %. Корреляционная связь между фотосинтетическим потенциалом и поступлением в почву с удобрением

ниями элементов питания была средней ($r = 0,67$). Чистая продуктивность фотосинтеза озимой ржи в зависимости от варианта составила от 1,94 до 2,73 г/м²×сут. Более высокая чистая продуктивность фотосинтеза при этом была на контроле.

Микробиологическая активность почвы. Исследования показали, что применение зеленого удобрения существенно повышало микробиологическую активность почвы (табл. 1). В сравнении с чистым контрольным паром, в среднем за годы исследований, сидерация увеличивала степень разложения льняного полотна в 1,5-3,5 раза.

Таблица 1 – Микробиологическая активность 0-20 см слоя почвы на озимой ржи (среднее за 2002-2004 гг.)

Паровой предшественник	Доля разложившейся ткани, %	Степень активности (по Е.Н. Мишустину)
Чистый пар (без уд. - контроль)	22,1	слабая
Чистый пар (навоз 40 т/га)	83,4	очень сильная
Чистый пар (мин. NPK на 3 т/га)	35,9	средняя
Сидеральный пар (горох)	79,3	сильная
Сидеральный пар (вика/овес)	75,4	сильная
НСР ₀₅	4,2	

Корреляционная связь между микробиологической активностью почвы и поступлением органического сухого вещества в почву была сильной ($r = 0,73$) и описывалась уравнением регрессии $y = 53,5 + 0,06x$.

Фитосанитарное состояние посевов. В среднем за годы исследований в посевах озимой ржи, по данным учета засоренности, преобладала группа малолетних сорняков (табл. 2).

Таблица 2 – Засоренность посевов озимой ржи, шт./м² (среднее за 2002-2004 гг.)

Паровой предшественник	Весеннее отрастание			Перед уборкой		
	все го	в том числе		все го	в том числе	
		мало-летних	много-летних		мало-летних	много-летних
Чистый пар (контроль)	38	32	6	24	20	4
Чистый пар (навоз 40 т/га)	56	49	7	31	28	3
Чистый пар (мин. NPK на 3 т/га)	40	34	6	21	17	4
Сидеральный пар (горох)	43	39	4	23	21	2
Сидеральный пар (вика/овес)	41	36	5	19	16	3
НСР ₀₅	2,8			2,7		

Максимальная засоренность посевов была при возделывании озимой ржи по чистому пару с внесением навоза. В период весеннего отрастания она составила

56 шт./м², а перед уборкой – 31 шт./м². Засоренность посевов озимой ржи, возделываемой по сидеральному гороховому и викоовсяному парам, в сравнении с использованием чистого пара с внесением навоза была существенно, на 23,3-38,8 %, ниже. Перед уборкой наименьшая засоренность посевов – 19 шт./м² была при использовании викоовсяного сидерата.

Урожайность и качество зерна озимой ржи. Исследования выявили, что возделывание озимой ржи по сидеральным парам позволило получить достоверное увеличение урожайности зерна (табл. 3).

Таблица 3 – Урожайность озимой ржи, т/га

Паровой предшественник	Годы			Средняя	+/- к контролю, т/га
	2002	2003	2004		
Чистый пар (без уд.- контроль)	1,63	1,59	1,40	1,54	
Чистый пар (навоз 40 т/га)	2,37	2,56	1,91	2,28	+ 0,74
Чистый пар (мин. NPK на 3 т/га)	2,00	2,34	1,90	2,08	+0,54
Сидеральный пар (горох)	1,80	2,03	1,81	1,88	+ 0,34
Сидеральный пар (вика/овес)	1,84	2,13	1,85	1,94	+ 0,40
НСР ₀₅	0,19	0,14	0,11		

В среднем за годы исследований урожайность зерна озимой ржи при возделывании гороховому сидеральному пару составила 1,88, а викоовсяному – 1,94 т/га, что способствовало прибавке урожайности зерна на 0,34 и 0,40 т/га. Корреляционная связь между урожайностью зерна озимой ржи и поступлением в почву с удобрениями элементов минерального питания была сильной ($r = 0,77$), а уравнение регрессии имело вид: $y = 1,9 + 0,0006x$. Также выявлены сильная связь между урожайностью зерна озимой ржи и ее фотосинтетическим потенциалом: $y = 0,87 + 0,0005x$ ($r = 0,81$), и средняя – с микробиологической активностью почвы: $y = 2,05 - 0,0001x$ ($r = 0,60$).

Проведенный анализ качества зерна показал, что более высокое качество зерна обеспечивалось при возделывании озимой ржи по чистому парам с внесением навоза и минеральных удобрений. Содержание сырого протеина составило соответственно 12,8 и 12,1 %, натура зерна – 670 и 676 г/л, и масса 1000 зерен – 32,5 и 32,2 г. На вариантах с применением зеленых удобрений качество зерна было несколько ниже. Между содержанием сырого протеина в зерне озимой ржи и по-

ступлением в почву с удобрениями элементов минерального питания выявлена сильная корреляционная связь ($r = 0,74$), а уравнение линейной регрессии имело вид: $y = 11,7 + 0,002x$.

Сравнительная оценка сидеральных агроценозов

Формирование клубеньков клубеньковых бактерий. Основным преимуществом использования бобовых культур в качестве зеленого удобрения является то, что они в симбиозе с клубеньковыми бактериями способствуют накоплению атмосферного азота, возвращает плодородие истощенной почве. Нами был изучен характер формирования клубеньков клубеньковых бактерий на горохе и вике сидеральных агроценозов (табл. 4).

Таблица 4 – Формирование клубеньков клубеньковых бактерий (среднее за 1998, 1999 и 2001 гг.)

Сидеральная культура	Фенологическая фаза					
	стеблевание		цветение		бобообразование	
	кг/га	млн. шт./га	кг/га	млн. шт./га	кг/га	млн. шт./га
Вика	13,90	5,55	14,10	5,65	4,90	1,95
Горох	8,63	1,71	10,40	2,10	4,33	0,88
Вика/рапс	6,76	2,70	19,40	7,73	13,00	5,17
Вика/овес	9,03	3,26	21,96	8,76	19,06	7,57
Горох/овес	7,56	1,53	10,20	2,06	4,43	0,91
Горох/рапс	4,43	0,88	11,23	2,24	3,60	0,75

Исследования показали, что формирование клубеньков клубеньковых бактерий на вариантах опыта относительно фаз развития бобовых культур было разным. К фазе цветения формировалось наибольшее количество клубеньков. Максимальное их количество выявлено на вике при высеве в смесях с овсом и с рапсом, и составило соответственно 21,96 и 19,40 кг/га или 8,76 и 7,73 млн. шт./га. На остальных вариантах было значительно меньше клубеньков.

Поступление элементов питания в почву с биомассой сидеральных культур. Результаты сравнительной оценки сидеральных культур показали, что в среднем за годы исследований более высокая урожайность биологической массы была получена при выращивании гороха (табл. 5).

Урожайность сырой биомассы составила 28,3, а абсолютно-сухой – 6,7 т/га,

в том числе надземной части – соответственно 27,7 и 6,7, пожнивно-корневых остатков – 0,60 и 0,18 т/га. Несколько ниже была урожайность биологической массы викоовсяной смеси: 22,9 – сырой и 5,7 т/га – абсолютно-сухой. Продуктивность остальных сидеральных культур существенно ниже.

Наибольшее количество элементов минерального питания растений поступало в почву с биологической массой гороха – 318,5 кг/га NPK, в том числе азота – 184,5, фосфора – 42,3 и калия – 91,7 кг/га.

Таблица 5– Урожайность абсолютно-сухой массы сидеральных культур и поступление элементов питания в почву (среднее за 1998, 1999 и 2001 гг.)

Сидеральная культура	Урожайность абсолютно-сухой массы, т/га			Поступление элементов питания, кг/га			
	надземная масса	пожн. и корн. остатки	всего	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего
Рапс	3,1	0,28	3,4	73,6	25,9	58,8	158,3
Вика	5,1	0,22	5,3	140,0	37,7	88,0	265,7
Горох	6,5	0,18	6,7	184,5	42,3	91,7	318,5
Вика/рапс	3,5	0,23	3,7	84,0	27,8	61,7	173,5
Вика/овес	4,9	0,75	5,7	121,1	36,2	84,3	241,6
Горох/овес	4,4	0,75	5,2	117,4	31,8	68,7	217,9
Горох/рапс	4,7	0,22	4,9	124,8	33,0	65,6	223,5
НСР ₀₅			0,1				

Среди смешанных посевов большее поступление элементов питания обеспечивала вика в смеси с овсом – 241,6 кг/га. С биомассой сидеральных культур остальных вариантов запахивалось несколько меньше элементов минерального питания растений.

Рост и развитие озимой ржи. Сравнительную оценку сидеральных культур – рапса, гороха и викоовсяной смеси вели также по их влиянию на характер роста и развития, микробиологическую активность почвы и урожайность следующей культуры звена севооборота – озимой ржи.

Исследования, показали, что полевая всхожесть и процент перезимовки озимой ржи были выше при использовании на сидерат гороха и викоовсяной смеси. Полевая всхожесть семян при этом составила соответственно 82,9 и 81,9 %, а перезимовало 68,2 и 67,4 % растений. Корреляционные связи между полевой всхожестью, перезимовкой озимой ржи и поступлением элементов питания с

биомассой сидератов имели сильную прямую зависимость ($r = 0,99$ и $r = 0,99$).

Учет динамики площади листьев озимой ржи показал, что наибольшая листовая поверхность была сформирована при возделывании ее по гороховому и викоовсяному сидерату. Фотосинтетический потенциал за период от весеннего отрастания до полного созревания озимой ржи, в среднем за годы исследований, составил 1948,4 и 1880,7 тыс. $\text{м}^2/\text{га} \times \text{сут}$. Корреляционная связь между фотосинтетическим потенциалом озимой ржи и поступлением элементов питания с биомассой сидератов имела сильную прямую зависимость ($r = 0,99$). Чистая продуктивность фотосинтеза озимой ржи в зависимости от варианта составила от 4,04 до 4,44 $\text{г}/\text{м}^2 \times \text{сут}$.

Микробиологическая активность почвы. Микробиологическая активность почвы на вариантах опыта определялась используемым сидератом (табл. 6).

Таблица 6 – Микробиологическая активность 0-20 см слоя почвы на озимой ржи (среднее за 1998 и 2000 гг.)

Сидеральная культура	Доля разложившейся ткани, %	Степень активности (по Е. Н. Мишустину)
Рапс	30,8	средняя
Горох	49,3	средняя
Вика/овес	42,2	средняя
НСР ₀₅	3,1	

В среднем за годы исследований более высокая доля разложившейся ткани была на вариантах с использованием на сидерат гороха – 49,3 % и викоовсяной смеси – 42,2 %. При использовании рапсового сидерата активность микробиологических процессов была существенно ниже. Корреляционная связь между микробиологической активностью почвы и поступлением с зеленым удобрением сухого органического вещества имела сильную прямую зависимость ($r = 0,99$), а уравнение регрессии следующий вид: $y = 19,1 + 4,8x$.

Урожайность и качество зерна озимой ржи. Проведенные исследования показали, что более высокая урожайность зерна озимой ржи была получена при возделывании ее по гороховому и викоовсяному сидеральным парам (табл. 7). В среднем за годы исследований урожайность зерна озимой ржи при использовании на сидерат гороха составила 3,64 т/га. При применении на зеленое удобрение ви-

коовсяной смеси – 3,31 т/га. Прибавка к контролю составила соответственно 0,73 и 0,40 т/га.

Таблица 7 – Урожайность зерна озимой ржи, т/га

Сидеральная культура	Годы		Средняя	± к контролю, т/га
	1998	2000		
Рапс (контроль)	2,34	3,47	2,91	-
Горох	3,11	4,17	3,64	+0,73
Вика/овес	2,65	3,96	3,31	+0,40
НСР ₀₅	0,44	0,12		

Исследования показали, что урожайность зерна озимой ржи имела сильную прямую степень зависимости от количества поступления в почву с биомассой сидерата абсолютно-сухого органического вещества $y = 2,23 + 0,22x$ ($r = 0,99$), элементов минерального питания $y = 1,41 + 0,004x$ ($r = 0,97$), микробиологической активности почвы $y = 1,34 + 0,04x$ ($r = 0,99$) и фотосинтетического потенциала культуры $y = 0,004x - 5,35$ ($r = 0,95$).

Качество зерна озимой ржи оценивали по содержанию сырого протеина, натуре и массе 1000 зерен. Выявлено, что при возделывании озимой ржи по гороховому и викоовсяному сидеральным парам обеспечивалось более высокое качество зерна. Содержание сырого протеина составило соответственно 11,2 и 11,1 %, натура зерна – 706,0 и 705,2 г/л и масса 1000 семян – 32,2 и 31,5 г. Корреляционная связь между содержанием сырого протеина в зерне озимой ржи и поступлением элементов питания в почву с биологической массой сидеральных культур имела сильную прямую зависимость ($r = 0,99$), а уравнение регрессии следующий вид: $y = 10,5 + 0,001x$.

Влияние норм высева вики и овса в смеси на урожайность и качество биологической массы

Урожайность биологической массы. Проведенные в 2008-2010 гг. исследования показали, что более высокая урожайность викоовсяной смеси была получена при высеве с соотношением 1 : 1. Урожайность зеленой массы составила 13,1 т/га, в том числе вики в структуре массы – 5,6 и овса – 7,5 т/га, а абсолютно-сухой – 3,6 т/га, в том числе вики и овса соответственно 1,7 и 1,9 т/га (табл. 8).

Таблица 8 – Урожайность зеленой массы викоовсяных смесей, т/га
(среднее за 2008-2010 гг.)

Соотношение семян вика : овес	Зеленая масса	Абсолютно-сухая масса	Вика		Овес	
			зеленая масса	абсолютно-сухая масса	зеленая масса	абсолютно-сухая масса
1 : 5	12,5	3,4	5,1	1,6	7,4	1,8
1 : 3	12,0	3,3	5,2	1,6	6,8	1,7
1 : 1	13,1	3,6	5,6	1,7	7,5	1,9
2 : 1	12,7	3,5	6,2	1,8	6,5	1,7
3 : 1	12,2	3,3	6,1	1,8	6,1	1,5
НСР ₀₅	0,3	0,1				

Несколько меньшей была урожайность викоовсяной смеси, высеянной с соотношением 2 : 1. Урожайность зеленой массы составила 12,7, а абсолютно-сухой – 3,5 т/га. На остальных вариантах урожайность викоовсяных смесей была существенно ниже.

Качество надземной биомассы. Химический анализ сидеральной биологической массы викоовсяных смесей показал, что содержание азота зависело от доли в смесях бобового компонента – вики. Максимальное его содержание было на варианте с соотношением вики к овсу при посеве 3 : 1 и составило 2,83 % (табл. 9). На остальных вариантах, по мере уменьшения доли вики в смеси, наблюдается снижение содержания азота.

Таблица 9 – Химический состав надземной биологической массы викоовсяных смесей и содержание NPK в урожае (среднее за 2008-2010 гг.)

Соотношение семян вика : овес	Химический состав, %			NPK в урожае, кг/га			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего
1 : 5	2,32	0,72	1,79	78,9	24,5	60,8	164,2
1 : 3	2,41	0,70	1,78	79,5	23,1	58,7	161,3
1 : 1	2,52	0,66	1,79	90,7	23,8	64,4	178,9
2 : 1	2,65	0,71	1,76	92,7	24,8	61,6	179,1
3 : 1	2,83	0,65	1,77	93,3	21,4	58,4	173,1

По содержанию фосфора и калия в биомассе викоовсяных смесей явных закономерностей в зависимости от соотношения норм высева не выявлено. Фосфора содержалось от 0,65 до 0,72 %, а калия – 1,76-1,79 %. И при этом различия между вариантами, как по наличию фосфора, так и калия были незначительными.

Результаты исследований выявили, что более высокое количество элементов минерального питания к моменту запашки на зеленое удобрение накапливала биологическая масса викоовсяной смеси высеванные с соотношениями 1 : 1 и 2 : 1. – 178,9 и 179,1 кг/га.

Фитосанитарное состояние агроценоза озимой ржи при освоении залежных земель

Засоренность посевов. Результаты исследований выявили, что засоренность посевов была средней. На посевах преобладали малолетние сорняки (табл. 10).

Таблица 10 – Засоренность посевов озимой ржи, шт./м² (среднее за 2010-2012 гг.)

Паровой предшественник	Весеннее отрастание			Перед уборкой		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		мало- летних	много- летних		мало- летних	много- летних
Чистый пар	32	22	10	25	15	10
Перелог	41	25	16	36	22	14
Сидеральный пар	36	23	13	32	19	13
Занятый пар	45	26	19	39	23	16
НСР ₀₅	3,0			2,4		

Исследования показали, что при освоении перелога использование сидерального пара уменьшало засоренность посевов озимой ржи на 18,0-20,0 % в сравнении с возделыванием культуры по занятому пару и на 10,0-12,2 % – непосредственно по перелогу.

Развитие и распространение болезней. Применяемые в опыте паровые предшественники влияли на поражаемость озимой ржи снежной плесенью, корневой гнилью, гельминтоспориозной и септориозной листовыми пятнистостями, и спорыньей. Снежная плесень на посевах имела равномерно-рассеянный характер, чему способствовали благоприятные условия перезимовки. Развитие инфекции в зависимости от варианта составило от 1,2 до 2,7 % (табл. 11). Более слабое развитие снежной плесени было на варианте озимой ржи, возделываемой по перелогу – 1,2 %, что очевидно было связано с большим количеством слаборазложившегося органического вещества. На остальных вариантах – выше. Распространение снеж-

ной плесени на посевах озимой ржи составило от 9,3 до 10,1 %, и разница между вариантами опыта была, в целом, не существенной.

Таблица 11 – Поражение озимой ржи снежной плесенью и спорыньей, %
(среднее за 2010-2012 гг.)

Паровой предшественник	Снежная плесень (весеннее отрастание)		Спорынья (восковая спелость)
	R	P	P
Чистый пар	2,7	10,1	1,2
Перелог	1,2	10,0	1,3
Сидеральный пар	2,0	9,3	1,0
Занятый пар	2,5	9,9	1,3
НСР ₀₅		0,8	0,1

Примечание: **R** – развитие болезни, **P** – распространение болезни

Корреляционная связь между распространением снежной плесени на посевах озимой ржи и поступлением в почву органического абсолютно-сухого вещества с растительной массой паровых предшественников имела сильную обратную зависимость ($r = -0,99$), а уравнение регрессии вид: $y = 10,1 - 0,23x$. Аналогичная сильная обратная зависимость выявлена и с микробиологической активностью почвы: $y = 11,1 - 0,02x$ ($r = -0,91$).

Распространение спорыньи на посевах озимой ржи составило в зависимости от варианта от 1,0 до 1,3 %. При этом на посевах озимой ржи, возделываемой по сидеральному пару, распространение инфекции было минимальным, а на остальных вариантах – существенно выше. Корреляционная связь между распространением на посевах озимой ржи спорыньи и поступлением в почву органического абсолютно-сухого вещества с растительной массой паровых предшественников, а также микробиологической активностью почвы имели сильную обратную зависимость, соответственно: $y = 1,4 - 0,1x$ ($r = -0,80$) и $y = 1,8 - 0,009x$ ($r = -0,84$).

Наблюдения за фитосанитарным состоянием посевов озимой ржи выявили, что развитие корневой гнили в зависимости от парового предшественника и фазы развития составило от 2,8 до 15,6 %, а распространение – 10,2-25,7 % (табл. 12). При этом меньше корневой гнили на посевах было при возделывании озимой ржи по сидеральному пару, а максимально по занятому.

Таблица 12 – Поражение озимой ржи корневой гнилью, %
(среднее за 2010-2012 гг.)

Паровой предшественник	Фенологическая фаза					
	весеннее отрастание		колошение		молочно-восковая спелость	
	R	P	R	P	R	P
Чистый пар	4,0	12,9	7,0	18,6	12,9	24,0
Перелог	2,8	10,2	6,2	18,2	13,1	20,3
Сидеральный пар	3,7	11,1	6,0	15,7	13,0	22,2
Занятый пар	4,5	13,1	8,2	20,1	15,6	25,7
НСР ₀₅		0,3				1,2

Примечание: **R** – развитие болезни, **P** – распространение болезни

Корреляционная связь между распространением на посевах озимой ржи корневой гнили и поступлением в почву органического абсолютно-сухого вещества с растительной массой паровых предшественников имела среднюю обратную зависимость ($r = - 0,64$). Аналогичная, но уже сильная обратная зависимость, выявлена и с микробиологической активностью почвы ($r = - 0,77$). Уравнения регрессии имели соответственно виды: $y = 18,7 - 0,73x$ и $y = 23,3 - 0,08x$.

Результаты диагностики пораженности посевов озимой ржи листовыми пятнистостями показали, что развитие и распространение гельминтоспориозной пятнистости в зависимости от варианта и фазы развития составило соответственно 2,8-7,2 и 10,0-16,8 %, а септориозной – 0,7-3,5 и 2,5-8,9 % (табл. 13).

Таблица 13 – Поражение озимой ржи листовой гельминтоспориозной и септориозной пятнистостями, % (среднее за 2010-2012 гг.)

Паровой предшественник	Фенологическая фаза											
	весеннее отрастание				колошение				молочно-восковая спелость			
	гельминтоспориозная		септориозная		гельминтоспориозная		септориозная		гельминтоспориозная		септориозная	
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
Чистый пар	2,8	10,2	1,0	3,2	4,2	15,1	2,0	7,3	5,1	16,8	3,5	8,9
Перелог	3,2	10,9	1,1	3,1	4,3	14,2	2,1	6,9	7,0	15,4	3,3	8,0
Сидеральный пар	2,8	10,0	0,7	2,5	4,0	13,9	1,5	4,5	6,8	16,5	2,9	8,5
Занятый пар	2,9	11,2	1,3	3,3	4,5	16,1	2,3	6,5	7,2	16,3	3,5	8,6
НСР ₀₅						0,2		0,2				

Примечание: **R** – развитие болезни, **P** – распространение болезни

В течение вегетации развитие и распространение гельминтоспориозной и

септориозной пятнистостей листьев было минимальным на посевах озимой ржи, возделываемой по сидеральному пару, а максимальным – по занятому пару. Корреляционная связь между распространением на посевах озимой ржи гельминтоспориозной пятнистости и поступлением в почву органического абсолютно-сухого вещества с растительной массой паровых предшественников имела среднюю обратную зависимость ($r = - 0,65$). Аналогичная, но уже сильная, обратная зависимость выявлена и с микробиологической активностью почвы ($r = - 0,79$). Уравнения регрессии имели соответственно следующий вид: $y = 14,2 - 0,2x$ и $y = 15,8 - 0,03x$. Корреляционные связи между распространением на посевах озимой ржи септориозной пятнистости и поступлением в почву органического абсолютно-сухого вещества с растительной массой паровых предшественников, а также микробиологической активностью почвы имели сильную обратную зависимость ($r = - 0,99$ и $r = - 0,96$). Уравнения регрессии имели соответственно следующий вид: $y = 6,3 - 0,3x$ и $y = 7,9 - 0,03x$.

Формирование фитопатогенного потенциала почвы. Использование сидератов способствовало увеличению численности микромицетов в пахотном слое почвы. Количество почвенной грибов при возделывании озимой ржи по сидеральному пару в период весеннего отрастания было на 42,2 % больше в сравнении с использованием чистого пара, на 40,9 % – перелога и на 51,6 % – занятого пара (табл. 14). А в фазу колошения и полной спелости – больше соответственно на 33,5; 42,6; 41,7 и 50,6; 47,9; 59,0 %. Корреляционная связь между содержанием на вариантах озимой ржи почвенных микромицетов и поступлением в почву органического абсолютно-сухого вещества с растительной массой паровых предшественников имела сильную прямую зависимость ($r = 0,90$), уравнение регрессии вид: $y = 3,9x + 9,4$.

Структурный анализ микромицетного состава выявил, что выделенные грибы являются, главным образом, сапротрофами. Это микромицеты рода *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Mucor piriformis* Fischer., а также *Rhizopus nigricans* Ehr. и гриб-антагонист *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz.

Из патогенных грибов на варианте озимой ржи, возделываемой по занятому

Таблица 14 – Динамика микромицетного состава слоя почвы 0-20 см на озимой ржи, тыс. КОЕ/г абс. сухой почвы (среднее за 2010-2012 гг.)

Варианты	Всего	в том числе								
		патогены			сапротрофы					
		<i>Fusarium</i> spp.	<i>Drechslera sorokiniana</i>	всего	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Mucor piriformis</i>	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Rhizopus nigricans</i>	<i>Trichoderma</i> spp.	всего
Весеннее отрастание										
Чистый пар	13,1	0,2	0	0,2	0,9	0,3	3,7	7,7	0,3	12,9
Перелог	13,2	0	0	0	1,1	0	7,0	4,5	0,6	13,2
Сидеральный пар	22,3	0	0	0	0,8	0,3	10,0	9,0	2,2	22,3
Занятый пар	11,2	0,3	0,1	0,4	0,2	0	2,4	7,6	0,6	10,8
Колошение										
Чистый пар	21,5	0,4	0	0,4	1,5	0,2	12,5	6,4	0,5	21,1
Перелог	18,2	0	0	0	1,9	0	10,1	5,0	1,2	18,2
Сидеральный пар	31,7	0	0	0	2,6	0,4	16,0	7,3	5,4	31,7
Занятый пар	19,8	0,7	0,6	1,3	2,1	0	5,6	9,8	1,0	18,5
Полная спелость										
Чистый пар	9,3	0,5	0	0,5	0,6	0,1	6,6	0,6	0,9	8,8
Перелог	7,5	0	0	0	0,8	0	5,5	1,0	0,2	7,5
Сидеральный пар	17,8	0	0	0	1,0	0,2	9,4	5,6	1,6	17,8
Занятый пар	8,9	1,3	0,3	1,6	0,5	0	6,0	0,3	0,5	7,3

НСР₀₅ вес. отр. – 1,5;

НСР₀₅ колош. – 2,3 ;

НСР₀₅ полн. спел. – 1,9

пару, выявлены *Fusarium graminearum* Sch. в количестве в зависимости от фазы развития от 0,3 до 1,3 тыс. КОЕ/г абс. сухой почвы тыс. и *Drechslera sorokiniana* Sacc. – 0,1-0,3 тыс. КОЕ/г абс. сухой почвы. На варианте озимой ржи, возделываемой по чистому пару, обнаружен *Fusarium graminearum* Sch. – от 0,2 до 0,5 тыс. КОЕ/г абс. сухой почвы в зависимости от фазы развития.

Сидерация способствовала оздоровлению пахотного слоя почвы от патогенных микромицетов. При использовании зеленого удобрения в пахотном слое почвы усиливалась активация сапрофитной микрофлоры, играющей большую роль в повышении биологической активности почвы и являющейся антагонистами патогенных почвенных грибов – возбудителей многих болезней культурных растений, в том числе *Fusarium graminearum* Sch. и *Drechslera sorokiniana* Sacc. Корреляционная связь между содержанием в 0-20 см слое почвы патогенных микромицетов и ее микробиологической активностью имела среднюю обратную зависимость ($r = -0,67$), а уравнение регрессии следующий вид: $y = 2,3 - 0,02x$.

Микробиологическая активность почвы. Микробиологическая активность пахотного слоя почвы в целом была высокой. Более сильная активность почвенных микроорганизмов наблюдалась на варианте озимой ржи возделываемой по сидеральному пару – разложилось 86,0 % льняного полотна и степень активности при этом была очень сильной. Исследования показали, что применение зеленого удобрения существенно повышало микробиологическую активность почвы. В сравнении с чистым паром, в среднем за годы исследований, сидерация увеличила степень разложения льнополотна в 1,5 раза, с перелогом – в 1,3 и с занятым паром – в 1,6 раза. Корреляционная связь между микробиологической активностью почвы и поступлением в почву органического абсолютно-сухого вещества с растительной массой паровых предшественников имела сильную прямую зависимость ($r = 0,97$). Аналогичная, сильная прямая сила связи выявлена и с содержанием микромицетов в пахотном слое почвы ($r = 0,90$). Уравнения регрессии соответственно имели вид: $y = 49,4 + 10,3x$ и $y = 27,3 + 2,4x$.

**Влияние видов пара на урожайность и качество
зерна озимой ржи при освоении залежных земель**

Урожайность и структура урожая Результаты проведенных исследований показали, что использование сидерального пара позволяет получать достоверную прибавку урожая зерна (табл. 15). В среднем за годы исследований урожайность зерна озимой ржи при возделывании по сидеральному пару составила 2,72 т/га, а по занятому и чистому парам – ниже соответственно на 32,8 и 30,6 %, перелогу – на 26,9 %.

Таблица 15 – Урожайность зерна озимой ржи, т/га

Паровой предшественник	Годы			Средняя	+/- к контролю, т/га
	2010	2011	2012		
Чистый пар (контроль)	1,83	1,86	1,98	1,89	-
Перелог	1,85	1,90	2,22	1,99	+0,10
Сидеральный пар	2,59	2,96	2,61	2,72	+0,83
Занятый пар	1,74	1,82	1,93	1,83	-0,06
НСР ₀₅	0,12	0,13	0,12		

Установлено, что урожайность озимой ржи имела сильную прямую степень зависимости от количества поступления в почву с биомассой паровых предшественников абсолютно-сухого органического вещества $y = 1,61 + 0,3x$ ($r = 0,85$), элементов минерального питания $y = 1,77 + 0,005x$ ($r = 0,99$), микробиологической активности почвы $y = 0,23 + 0,02x$ ($r = 0,98$) и фотосинтетического потенциала $y = 0,001x - 0,87$ ($r = 0,96$), а также среднюю обратную силу связи с распространением корневых гнилей $y = 4,8 - 0,15x$ ($r = -0,66$).

Анализ структуры урожая показал, что более высокая урожайность зерна озимой ржи, возделываемой по сидеральному пару, обеспечивалась такими элементами, как количеством продуктивных стеблей на 1 м² – 312,9 шт./м², продуктивной кустистостью – 3,3, количеством зерен в колосе – 39,9 шт. и массой зерен с одного колоса – 1,36 г. На остальных вариантах показатели структуры урожая были несколько ниже.

Качество зерна озимой ржи. При возделывании озимой ржи по сидеральному пару улучшалось качество ее зерна. Увеличение содержания сырого протеина в зерне в сравнении с возделыванием по занятому и чистому пару составило на

14,7 и 11,4 %, по перелогу – на 8,2 % (табл. 16).

Корреляционная связь между содержанием сырого протеина в зерне озимой ржи и поступлением элементов питания в почву с биологической массой паровых предшественников имела сильную прямую зависимость ($r = 0,91$), а уравнение регрессии следующий вид: $y = 10,6 + 0,009x$.

Таблица 16 – Качество зерна озимой ржи (среднее за 2010-2012 гг.)

Паровой предшественник	Содержание сырого протеина, %	Число падения, с	Активность α -амилазы	Класс качества по числу падения	Масса 1000 семян, г
Чистый пар	10,9	185,7	нормальная	II	39,9
Перелог	11,3	185,4	нормальная	II	37,3
Сидеральный пар	12,3	190,3	нормальная	II	40,9
Занятый пар	10,5	182,3	нормальная	II	39,0
НСР ₀₅	0,3				

При возделывании озимой ржи по сидеральному пару также были выше число падения и масса 1000 семян. Активность фермента α -амилазы на всех вариантах опыта была нормальной и зерно по качеству было отнесено ко второму классу (группе А).

Продуктивность полевых севооборотов в зависимости от вида пара и системы основной обработки почвы в севообороте на залежи

Засоренность агроценозов. Перед закладкой севооборотов в 2010 году количество семян сорных растений в пахотном слое почвы опытного участка в среднем составило 34,5 тыс. шт./м², в том числе в слое почвы 0-10 см – 14,2 и 10-20 см – 20,3 тыс. шт./м² (табл. 17). Исследования показали, что изучаемые агроприемы влияли на динамику потенциального запаса семян сорных растений в почве. К концу второй ротации севооборота наибольшее снижение количества семян сорняков было в севообороте с чистым паром, на 6,4-30,2 % в зависимости от системы основной обработки почвы. Уменьшение засоренности почвы также отмечалось при использовании отвальной системы обработки почвы в севооборотах с занятым и сидеральными парами – соответственно на 16,9 и 6,7 %. Увеличение засоренности почвы семенами сорняков наблюдалось при применении ком-

бинированной системы обработки почвы в севооборотах с занятым и сидеральным парами – на 22,6 и 17,9 % соответственно.

Таблица 17 – Влияние видов пара и системы основной обработки почвы в севообороте на засоренность пахотного (0-20 см) слоя почвы (2010-2017 гг.)

Вид пара в севообороте	Система основной обработки почвы в севообороте	Количество семян сорных растений, тыс. шт./м ²					
		перед закладкой севооборота			в конце второй ротации севооборота		
		все-го	в том числе		все-го	в том числе	
			0-10 см	10-20 см		0-10 см	10-20 см
Чистый пар	Комбинированная	34,5	14,2	20,3	32,3	17,5	14,8
	Отвальная	34,5	14,2	20,3	24,1	9,8	14,3
Занятый пар	Комбинированная	34,5	14,2	20,3	42,3	23,6	18,7
	Отвальная	34,5	14,2	20,3	28,7	11,2	17,5
Сидеральный пар	Комбинированная	34,5	14,2	20,3	40,7	22,1	18,6
	Отвальная	34,5	14,2	20,3	32,2	15,4	16,8

Установлено, что отвальная система обработки почвы в севообороте в зависимости от вида пара уменьшала засоренность пахотного слоя на 20,9-32,2 %. Выявлено, что при использовании комбинированной системы обработки почвы в севооборотах опыта увеличивалась доля семян сорных растений в верхнем 0-10 см слое почвы.

Агрофизические свойства почвы. Использование зеленых удобрений улучшило агрофизические свойства почвы. Так, если перед закладкой севооборота объемная масса пахотного слоя почвы на всех вариантах опыта была одинаковой – 1,34 г/см³, то к концу второй ротации плотность сложения изменилась, хотя в целом соответствовала агрофизическим показателям дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы и составила в зависимости от варианта от 1,23 до 1,33 г/см³.

При этом выявлено, что более оптимальные для сельскохозяйственных культур значения объемной массы складывались при использовании в севообороте сидерального пара – 1,23-1,25 г/см³. Тогда как на вариантах с чистым паром плотность сложения была выше на 1,6 %, а с занятым – на 6,4-7,3 % в зависимости от системы основной обработки почвы в севообороте. Установлено, что применение отвальной системы основной обработки под культуры севооборота способствовало созданию более благоприятной плотности сложения почвы. В зави-

симости от вида пара в севообороте объемная масса пахотного слоя почвы на вариантах с использованием отвальной системы обработки почвы была на 0,01-0,02 г/см³ ниже в сравнении с комбинированной.

Результаты исследований показали что, использование сидерального пара в севообороте улучшило структурно-агрегатное состояние пахотного слоя почвы (табл. 18). В конце второй ротации севооборота содержание агрономически ценных агрегатов почвы размером 0,25-10,0 мм при использовании сидератов и комбинированной обработки почвы в севообороте составило 63,2 %, а отвальной системы – 65,1 %. Тогда, как с занятым паром в севообороте – соответственно 62,4 и 64,1 %, с чистым паром – 58,2 и 63,9 %.

Таблица 18 – Влияние видов пара и системы основной обработки почвы в севообороте на структурно-агрегатный состав пахотного (0-20 см) слоя почвы (конец второй ротации севооборота, 2017 г.)

Вид пара в севообороте (А)	Система основной обработки почвы в севообороте (В)	Содержание агрегатов, %			Коэффициент структурности
		0,25-10,0 мм	> 10,0 мм	< 0,25 мм	
Чистый пар	Комбинированная	58,2	31,8	10,0	1,39
	Отвальная	63,9	27,0	9,1	1,77
Занятый пар	Комбинированная	62,4	28,6	9,0	1,65
	Отвальная	64,1	27,1	8,8	1,78
Сидеральный пар	Комбинированная	63,2	28,7	8,1	1,69
	Отвальная	65,1	27,8	7,1	1,86
НСР _{0,5} фактор А фактор В					0,10
					0,06

Выявлено, что при использовании чистого пара в севообороте, в сравнении с применением занятого и сидерального, наблюдалось уменьшение в пахотном слое агрономически ценных агрегатов на 11,1 % и увеличение пылевидных частиц почвы размером менее 0,25 мм на 23,4 % – при проведении комбинированной основной обработки почвы в севообороте, и соответственно на 3,4 и 28,1 % – при использовании отвальной системы.

Результаты исследований показали, что применение отвальной системы обработки почвы в севообороте в сравнении с комбинированной обработкой улучшило агрегатный состав пахотного слоя. В зависимости от вида пара увеличение частиц размером 0,25-10,0 мм составило на 1,7-5,7 % и уменьшение пылевидной

фракции – на 0,2-1,0 %. Коэффициент структурности пахотного слоя почвы составил в зависимости от варианта от 1,39 до 1,86. При этом более высоким он был при использовании в севообороте сидерального пара и отвальной системы основной обработки почвы.

Исследованиями установлено, что виды пара и системы основной обработки почвы в севообороте оказали влияние на содержание в пахотном слое водопрочных агрегатов (табл. 19). Более высокое содержание водопрочных агрегатов было при использовании в севообороте сидерального пара: 39,2 % – с применением отвальной системы основной обработки почвы в севообороте и 36,0 % – комбинированной.

Таблица 19 – Влияние видов пара и системы основной обработки почвы в севообороте на содержание водопрочных агрегатов в пахотном (0-20 см) слое почвы (конец второй ротации севооборота, 2017 г.)

Вид пара в севообороте (А)	Система основной обработки почвы в севообороте (В)	Количество водопрочных агрегатов, %	
		10-0,25 мм	< 0,25 мм
Чистый пар	Комбинированная	30,2	69,8
	Отвальная	33,4	66,6
Занятый пар	Комбинированная	32,8	67,2
	Отвальная	35,6	64,4
Сидеральный пар	Комбинированная	36,0	64,0
	Отвальная	39,2	60,8
НСР _{0,5} фактор А		2,4	
	фактор В	2,0	

Применение отвальной системы основной обработки почвы в севообороте, в зависимости от вида пара, увеличило содержание в пахотном слое почвы водопрочных агрегатов на 8,5-10,6 %.

Агрохимические показатели плодородия почвы. Исследования показали, что к концу второй ротации севооборота в пахотном слое почвы на всех вариантах опыта наблюдалось снижение содержания азота на 28,5-36,9 %, фосфора – на 16,0-29,2% и калия – на 6,5-21,5 % (табл. 20).

Выявлено, что использование в севооборотах сидерального пара в сравнении с применением чистого и занятого паров положительно влияло на содержание азота в почве. Использование расчетных доз минеральных удобрений под

культуры севооборота также благоприятно влияло на пищевой режим почвы.

Таблица 20 – Влияние видов пара, системы основной обработки почвы в севообороте и удобрений на агрохимические показатели пахотного слоя почвы (конец второй ротации севооборота, 2017 г.)

Система основной обработки почвы в севообороте	Вид пара в севообороте	Удобрение	Содержание, мг/кг			рН	
			N _{лг.}	P ₂ O ₅	K ₂ O		
Комбинированная	Чистый	без удобрений	64	259	119	6,0	
		НРК	66	250	138	6,0	
	Занятый	без удобрений	61	269	128	6,1	
		НРК	68	264	131	6,1	
	Сидеральный	без удобрений	64	240	112	6,1	
		НРК	64	221	125	6,1	
	Отвальная	Чистый	без удобрений	60	250	119	5,9
			НРК	62	243	130	5,9
Занятый		без удобрений	64	245	119	6,1	
		НРК	65	235	131	6,0	
Сидеральный		без удобрений	66	230	110	6,0	
		НРК	67	231	122	6,0	

Реакция почвенного раствора за две ротации севооборота не изменилась на вариантах с занятым и сидеральным парами на фоне комбинированной системы основной обработки почвы и с занятым паром без использования минеральных удобрений на фоне отвальной системы основной обработки, и составила 6,1. Более высокое снижение рН, на 0,2 ед., было при использовании в севообороте чистого пара на фоне отвальной системы основной обработки почвы, реакция почвенного раствора к концу второй ротации составила 5,9.

Перед закладкой севооборота в пахотном слое почвы опытного участка содержалось 8,8 % общего органического вещества и 1,9 % гумуса (табл. 21). Результаты исследований показали, что изучаемые элементы агротехники повлияли как на содержание общего органического вещества в пахотном слое почвы, так и гумуса. К концу второй ротации севооборота органического вещества в зависимости от варианта стало меньше на 17,1-42,1 %, гумуса – на 0,3-5,3 %.

Выявлено, что большее снижение общего органического вещества в пахотном слое почвы было при комбинированной основной обработке почвы в севообороте, а гумуса – при отвальной, вспашка способствовала большей минерализации гумуса. Также установлено, что при использовании в севооборотах чистого и

занятого паров, в сравнении с применением сидерата, наблюдалось большее снижение органического вещества и гумуса в почве.

Таблица 21 – Влияние видов пара, системы основной обработки почвы в севообороте и удобрений на содержание органического вещества и гумуса в пахотном слое почвы (2010-2017 гг.)

Система основной обработки почвы в севообороте	Вид пара в севообороте	Удобрение	Перед закладкой севооборота		В конце второй ротации севооборота	
			общее орган. вещество, %	гумус, %	общее орган. вещество, %	гумус, %
Комбинированная	Чистый	без удобр.	8,8	1,90	5,3	1,82
		NPK	8,8	1,90	5,7	1,84
	Занятый	без удобр.	8,8	1,90	5,1	1,83
		NPK	8,8	1,90	5,8	1,83
Отвальная	Сидеральный	без удобр.	8,8	1,90	5,8	1,87
		NPK	8,8	1,90	6,5	1,89
	Чистый	без удобр.	8,8	1,90	6,4	1,80
		NPK	8,8	1,90	7,0	1,83
	Занятый	без удобр.	8,8	1,90	6,7	1,80
		NPK	8,8	1,90	7,1	1,81
Сидеральный	без удобр.	8,8	1,90	6,9	1,87	
	NPK	8,8	1,90	7,2	1,88	

Применение зеленого удобрения положительно повлияло на содержание органического и гумуса в почве – снижение было минимальным. В конце второй ротации севооборота в почве на фоне комбинированной системы основной обработки почвы содержание общего органического вещества составило 5,8-6,5 % гумуса 1,87-1,89 %, а отвальной – соответственно 6,9-7,2 % и 1,87-1,88 %.

Следует также отметить, что использование минеральных удобрений положительно влияло содержание общего органического вещества и гумуса в почве.

Продуктивность полевых севооборотов. Вид пара, система основной обработки почвы в севообороте и использование минеральных удобрений влияли на энергетическую продуктивность севооборотов (табл. 22).

Установлено, что в среднем за годы исследований в зависимости от варианта и с учетом продукции занятого пара выход кормовых единиц за ротацию севооборота составил от 9,36 до 15,73 тысяч с одного гектара. При этом более высо-

кий сбор кормовых единиц обеспечил севооборот с занятым паром: 15,71 тыс. корм. ед./га – при использовании комбинированной системы обработки почвы в севообороте и 15,73 тыс. корм. ед./га – отвальной.

Таблица 22 – Продуктивность полевых севооборотов, тыс. корм. ед./га
(в среднем за две ротации, 2010-2017 гг.)

Система основной обработки почвы в севообороте (А)	Вид пара в севообороте (В)	Удобрение (С)	Культура севооборота				Сбор кормовых единиц
			вика/овес	озимая рожь	картофель	ячмень	
Комбинированная	Чистый пар	без удобр.	-	2,89	4,06	2,41	9,36
		НРК	-	4,67	6,14	3,48	14,29
	Занятый пар	без удобр.	1,76	2,51	4,12	2,50	10,89
		НРК	1,76	4,21	6,26	3,50	15,73
Отвальная	Сидеральный пар	без удобр.	-	3,02	4,77	2,56	10,35
		НРК	-	4,77	6,66	3,56	14,99
	Чистый пар	без удобр.	-	2,86	4,37	2,63	9,86
		НРК	-	4,74	6,13	3,56	14,43
	Занятый пар	без удобр.	1,76	2,56	4,18	2,63	11,13
		НРК	1,76	4,11	6,25	3,59	15,71
	Сидеральный пар	без удобр.	-	3,21	4,70	2,68	10,59
		НРК	-	4,94	6,70	3,64	15,28
НСР _{0,5}	А			0,14	0,17	0,21	
	В			0,09	0,15	0,09	
	С			0,05	0,14	0,06	

Несколько ниже была продуктивность севооборота с сидеральным паром и применением минеральных удобрений: 14,89 тыс. корм. ед./га – при использовании комбинированной системы основной обработки почвы и 15,28 тыс. корм. ед./га. – отвальной системы. Наименьшая продуктивность была севооборота с чистым паром.

Использование же минеральных удобрений при возделывании культур увеличило в среднем за две ротации севооборота выход кормовых единиц с одного гектара пашни на 29,2-35,0 %, в зависимости от варианта.

Энергетическая и экономическая эффективность использования сидератов

Энергетическая оценка. Анализ энергетической оценки выращивания си-

деральных культур в 1998, 1999 и 2001 гг. показал, что энергия, накапливаемая биомассой сидератов значительно превышала суммарные затраты энергии, расходуемой на их выращивание. Коэффициент энергетической эффективности в зависимости от варианта в среднем за годы исследований составил от 1,5 до 2,5 ед. Более эффективным было возделывание на сидерат рапса.

При анализе энергетической эффективности возделывания озимой ржи 1998 и 2000 гг. исследований установлено, что энергия, полученная с урожаем, превышала суммарные затраты энергии, расходуемые на ее возделывание. Коэффициент энергетической эффективности в зависимости от варианта составил от 2,0 до 2,5 ед. В среднем за годы исследований наибольший коэффициент энергетической эффективности был при возделывании озимой ржи по рапсовому сидеральному пару.

Возделывание озимой ржи в 2002-2004 гг. было энергетически выгодным. Коэффициент энергетической эффективности в зависимости от парового предшественника в среднем за годы исследований составил от 1,2 до 1,6 ед. При этом более высокий коэффициент энергетической эффективности был при возделывании озимой ржи по чистому контрольному пару.

Анализ энергетической эффективности возделывания озимой ржи в 2010-2012 гг. исследований выявил, что энергия, полученная с урожаем, превышала суммарные затраты энергии, расходуемые на ее возделывание. Коэффициент энергетической эффективности в зависимости от варианта составил от 1,1 до 2,1 ед. Более эффективным было возделывание озимой ржи по перелогу.

Таким образом, выращивание сидеральных культур и возделывание по ним озимой ржи с энергетической точки зрения было энергетически эффективным, выгодным ($k_{\text{энерг.}} > 1$).

Экономическая оценка. Результаты анализа экономической эффективности выращивания сидеральных культур в среднем за 1998, 1999 и 2001 годы исследований показали, что возделывать культуры на зеленое удобрение было выгодным. Рентабельность производства в зависимости от вида культуры составила от 88,4 до 199,4 %. При этом более выгодным было выращивание на сидерат рап-

са и викорапсовой смеси, а более затратным – горох и горохоовсяную смесь.

Анализ расчета экономической эффективности возделывания викоовсяных смесей на зеленое удобрение в 2008-2010 гг. исследований показал, что возделывание викоовсяных смесей на сидерат было экономически эффективным. Рентабельность в зависимости от варианта составила от 86,7 до 139,2 %. Более рентабельным было возделывание викоовсяной смеси с соотношением семян при посеве 1 : 5. На остальных вариантах возделывание было менее рентабельным.

Возделывание озимой ржи по сидеральным парам в 1998 и 2000 гг. исследований было рентабельным – 52,0-241,2 %. Наиболее высокая рентабельность была при выращивании озимой ржи по рапсовому сидеральному пару. На остальных вариантах возделывание озимой ржи было менее рентабельным.

Расчет экономической эффективности возделывания озимой ржи в 2002-2004 гг. исследований показал, что рентабельность в зависимости от парового предшественника составила от 2,1 до 126,8 %. Более рентабельным было возделывание озимой ржи по чистому парам: на контрольном варианте и с применением минеральных удобрений – 126,8 и 114,2 %. На остальных вариантах возделывание озимой ржи было менее рентабельным.

Результаты анализа экономической эффективности возделывания озимой ржи 2010-2012 гг. выявили, что выращивание культуры было выгодным. Рентабельность в зависимости от парового предшественника в среднем за годы исследований составила от 28,1 до 81,4 %. Более высокую рентабельность обеспечило возделывание озимой ржи по перелугу. На остальных вариантах возделывание озимой ржи было менее рентабельным.

Оценка экономической эффективности севооборотов в зависимости от вида пара, системы основной обработки и применения минеральных удобрений 2010-2017 гг. исследований выявила эффективность используемых агроприемов. Рентабельность в зависимости от варианта в среднем за две ротации севооборота составила от 25,9 до 85,8 %. Более высокая рентабельность севооборотов была при использовании сидерального пара. При комбинированной системе обработки почвы и применении расчетных доз минеральных удобрений она составила 85,8 %,

без использования – 38,4 %, а отвальной системе – соответственно 82,6 и 36,7 %. Использование сидерального пара позволило получить на 9,0-35,7 % больше чистого дохода с севооборота в сравнении применением чистого и занятого паров.

Результаты проведенных расчетов позволяют заключить, что использование в севооборотах сидерального пара и возделывание по ним сельскохозяйственных культур энергетически и экономически выгодно.

ВЫВОДЫ

1. Экономические трудности, сложившиеся в аграрном секторе Российской Федерации в период реформирования, за последние полтора десятилетия вызвали сокращение в Волго-Вятском регионе на 11,0 % пахотных и увеличение на 86,4 % залежных земель, в том числе в Республике Марий Эл площадь пашни уменьшилась на 26,9 %, а залежи возросла в 4,2 раза;

2. Сидерация способствовала фитосанитарному оздоровлению агроценозов сельскохозяйственных культур. При возделывании озимой ржи по сидеральному пару, при освоении залежных земель, снижение засоренности посевов составило 10,0-20,0 %, развития и распространения снежной плесени – соответственно 20,0-36,0 и 6,1-7,9 %, корневой гнили – до 26,7 и 7,5-19,9 %. Корреляционные связи между распространением на посевах озимой ржи болезней, содержанием в почве патогенных микромицетов и микробиологической активностью почвы имели сильную обратную зависимость;

3. Использование зеленого удобрения увеличивало численность микромицетов в 0-20 см слое почвы. Количество почвенных грибов при возделывании озимой ржи по перелугу с предварительной его сидерацией в зависимости от фазы развития культуры составило от 17,7 до 31,7 тыс. КОЕ/г абсолютно сухой почвы, что выше в сравнении с содержанием их по перелугу без использования зеленого удобрения на 15,8-57,9 %, чистому пару на 32,2-47,8 и занятому – на 37,6-50,0 %;

4. Сидерация повышала микробиологическую активность почвы. Доля разложившейся льняной ткани при возделывании озимой ржи по сидеральному пару

в среднем за годы исследований составила 86,0 %, что на 32,9 % выше, чем при размещении культуры по перелогу, на 57,5 % – по чистому и на 59,8 % – по занятому парам. Корреляционная связь между содержанием в пахотном слое почвы микромицетов и микробиологической активностью почвы имела сильную прямую зависимость;

5. Использование сидерального пара в севообороте улучшало агрофизические свойства дерново-подзолистой почвы. Оптимальная для сельскохозяйственных культур плотность сложения складывалась при применении в севообороте викоовсяного сидерата и составила к концу второй ротации севооборота 1,23-1,25 г/см³, что на 1,6-7,3 % ниже в сравнении с использованием чистого и занятого паров;

6. Применение сидерата в севообороте улучшало структурно-агрегатное состояние пахотного слоя почвы. Содержание агрономически ценных агрегатов почвы размером 0,25-10 мм при использовании зеленого удобрения составило в конце второй ротации севооборота в зависимости от системы основной обработки почвы 63,2-65,1 %, что на 1,3-8,0 % выше в сравнении с применением чистого и занятого паров. Более высокий коэффициент структурности пахотного слоя почвы – 1,86 был при использовании сидерального пара и отвальной системы основной обработки почвы в севообороте;

7. Использование сидерального пара в севообороте увеличивало содержание водопрочных агрегатов в пахотном слое почвы. Их количество в конце второй ротации севооборота составило 36,0-39,2 %, что на 8,9-16,2 % было выше в сравнении с почвой севооборотов с чистым и занятым парами;

8. Применение зеленого удобрения положительно влияло на содержание общего органического вещества и гумуса в почве. В конце второй ротации севооборота максимальное содержание общего органического вещества – 5,8-7,2 % и гумуса – 1,87-1,89 % было в пахотном слое почвы севооборота с сидеральным паром;

9. Использование сидерата существенно увеличивало урожайность сельскохозяйственных культур. Урожайность зерна озимой ржи, размещенной по сиде-

ральному пару была на 22,1-43,9 % выше в сравнении с возделыванием по чистому пару, на 48,6 % – по занятому и на 26,9 % – по перелогу. Увеличение содержания сырого протеина в зерне озимой ржи в сравнении с выращиванием по чистому, занятому парам и перелогу составило на 13,2 %, 14,7 % и 8,2 %;

10. Применение сидерального пара повышало энергетическую продуктивность севооборота. Возделывание озимой ржи в севообороте с сидеральным паром в сравнении с применением в севооборотах чистого и занятого паров увеличивало энергетическую продуктивность на 2,1-20,3 %, картофеля – на 6,1-14,9 % и ячменя – на 1,4-5,9 %, и позволило получить соответственно 3,02-4,94; 4,70-6,70 и 2,56-3,64 тыс. корм. ед./га;

11. Отвальная система обработки почвы в севообороте способствовала эффективно вести борьбу с сорняками. В конце второй ротации севооборота количество семян сорных растений в пахотном слое было на 20,9-32,2 % меньше в сравнении с комбинированной системой обработки почвы;

12. Применение отвальной системы обработки почвы в севообороте улучшало агрофизические свойства пахотного слоя. В конце второй ротации севооборота плотность сложения почвы была ниже на 0,01-0,02 г/см³, количество агрономически ценных частиц почвы размером 0,25-10 мм было больше на 1,7-5,7 %, а водопрочных агрегатов – на 8,5-10,5 % в сравнении с комбинированной обработкой;

13. Возделывание озимой ржи по сидеральному пару было энергетически и экономически выгодным. Коэффициент энергетической эффективности в зависимости от годов исследований и вида сидерата составил от 1,2 до 2,5 ед., а рентабельность – в среднем 72,7 %.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

На основании комплексных исследований по изучению эффективности использования сидератов при освоении залежных дерново-подзолистых почв Волго-Вятского региона рекомендуем:

1. С целью стабилизации органического вещества почвы, активизации мик-

робиологической активности почвы, повышения урожайности и улучшения качества продукции сельскохозяйственных культур введение севооборота начинать с сидерального пара;

2. На зеленое удобрение возделывать горох или викоовсяную смесь, высеваемую с соотношениями 1 : 1 или 2 : 1, обеспечивающих наибольшее поступление в почву органической массы (до 7,0 т/га абсолютно-сухого вещества) и элементов минерального питания (в сумме до 318 кг/га NPK);

3. Для повышения эффективности сидератов, улучшения фитосанитарного состояния агроценозов, оптимизации агрофизических свойств пахотного слоя в качестве основной обработки почвы в севообороте использовать отвальную вспашку;

4. Для получения высоких стабильных урожаев сельскохозяйственных культур хорошего качества применять минеральные удобрения из расчета на запланированную урожайность.

СПИСОК

работ соискателя, опубликованных по теме диссертации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Кузьминых А.Н. Формирование викоовсяных агроценозов для получения зеленого корма и фуражного зерна / А.Н. Кузьминых // Кормопроизводство. – 2010. – № 5. – С. 14-16.

2. Кузьминых А.Н. Влияние паровых предшественников на микробиологическую активность почвы и засоренность посевов озимой ржи / А.Н. Кузьминых, С.Г. Манишкин, В.Р. Габдуллин // Аграрный вестник Урала. – 2011. – № 3. – С. 9-10.

3. Кузьминых А.Н. Влияние норм высева вики и овса на урожайность и качество зеленого корма и фуражного зерна / А.Н. Кузьминых // Аграрная наука Евро-северо-востока. – 2011. – № 2. – С. 18-20.

4. Кузьминых А.Н. Микробиологическая активность почвы паровых полей / А.Н. Кузьминых, С.Г. Манишкин, В.Р. Габдуллин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – № 6. – С. 49-51.

5. Кузьминых А.Н. Особенности формирования урожая озимой ржи по чи-

стому и сидеральному парам / А.Н. Кузьминых // Аграрная наука Евро-северо-востока. – 2011. – № 4. – С. 29-33.

6. Кузьминых А.Н. Возделывание озимой ржи по занятому и сидеральному парам / А.Н. Кузьминых, С.Г. Манишкин, В.Р. Габдуллин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2011. – № 3. – С. 30-32.

7. Кузьминых А.Н. Сидераты – важный резерв сохранения плодородия почвы / А.Н. Кузьминых // Земледелие. – 2011. – № 4. – С. 41.

8. Кузьминых А.Н. Влияние видов паров на урожайность озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 8. – С. 54-57.

9. Кузьминых А.Н. Влияние видов паров на микробиологическую активность почвы / А.Н. Кузьминых // Аграрная наука Евро-северо-востока. – 2012. – № 5. – С. 44-46.

10. Кузьминых А.Н. Влияние видов паров на микробиологическую активность почвы и засоренность посевов озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 4. – С. 36-38.

11. Кузьминых А.Н. Фитосанитарное состояние агроценоза озимой ржи в зависимости от паровых предшественников / А.Н. Кузьминых // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – № 6. – С. 111-117.

12. Кузьминых А.Н. Влияние паровых предшественников на микробиологическую активность и водный режим почвы озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 4. – С. 65-68.

13. Кузьминых А.Н. Формирование урожая озимой ржи в зависимости от видов пара / А.Н. Кузьминых // Аграрная наука Евро-северо-востока. – 2014. – № 2 (39) . – С. 34.

14. Кузьминых А.Н. Особенности формирования урожая озимой ржи в зависимости от парового предшественника / А.Н. Кузьминых, Г.И. Пашкова //Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 3 (145). – С. 7-11.

15. Кузьминых А.Н. Урожайность и качество викозлаковых агроценозов в условиях дерново-подзолистой почвы Нечернозёмной зоны / А.Н. Кузьминых, Г.И. Пашкова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 3 (65). – С. 52-55.

16. Новоселов С.И. Влияние сидерального удобрения в последствии на урожайность и качество зерна ячменя / С.И. Новоселов, А.Н. Кузьминых // Вестник Марийского государственного университета, 2018. – Том 4, № 2. – С. 42-48.

Научные статьи, опубликованные в иных изданиях:

17. Кузьминых А.Н. Сравнительная оценка сидеральных культур / А.Н. Кузьминых, В.И. Макаров // Диалог наук на рубеже XX-XXI веков и проблемы современного общественного развития. Вавиловские чтения: материалы постоянно действующей Всероссийской междисциплинарной научной конференции. – Йошкар-Ола: Мар. гос. техн. ун-т, 1997. – С. 219-221.

18. Кузьминых А.Н. Сравнительная оценка сидеральных культур / А.Н. Кузьминых, В.И. Макаров, Н.Ф. Маслова // Молодые ученые агропромышленному комплексу: Материалы 1 республиканской научно-практической конференции. – Казань: АН Татарстана, 1998. – С. 84-86.

19. Кузьминых А.Н. Резерв сохранения и повышения плодородия почвы / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы региональной научно-практической конференции. Вып. II. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2000. – С. 100-102.

20. Кузьминых А.Н. Зеленое удобрение под озимую рожь / А.Н. Кузьминых, Г.И. Чендемерова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы региональной научно-практической конференции. Вып. III. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2001. – С. 10-11.

21. Кузьминых А.Н. Влияние сидерата и минеральных удобрений на урожайность яровой пшеницы / А.Н. Кузьминых, Г.И. Чендемерова, В.И. Макаров // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки

продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы региональной научно-практической конференции. Вып. III. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2001. – С. 24-25.

22. Кузьминых А.Н. Влияние сидеральных культур и стимулятора роста ИД-82 на урожайность озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы региональной научно-практической конференции. Вып. IV. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2002. – С. 21-22.

23. Кузьминых А.Н. Эффективность возделывания озимой ржи по сидеральным парам / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы региональной научно-практической конференции. Вып. V. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2003. – С. 51-52.

24. Кузьминых А.Н. Возделывание озимой ржи по сидеральным и чистым парам / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы региональной научно-практической конференции. Вып. VI. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2004. – С. 14-15.

25. Кузьминых А.Н. Формирование викоовсяных агроценозов на зернофуражные цели / А.Н. Кузьминых, Е. Лебедева // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XI. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2009. – С. 393-394.

26. Кузьминых А.Н. Формирование викоовсяных агроценозов для получения зеленого корма и зерна / А.Н. Кузьминых, В. Семенов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2010. – С. 276-277.

27. Кузьминых А.Н. Влияние норм высева вики и овса на продуктивность агроценозов / А.Н. Кузьминых, М.А. Иванова // Актуальные вопросы совершен-

ствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XIII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – С. 250-251.

28. Кузьминых А.Н. Микробиологическая активность почвы и засоренность посевов озимой ржи в зависимости от паровых предшественников / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XIII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – С. 251-253.

29. Кузьминых А.Н. Влияние паровых предшественников на продуктивность озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XIII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – С. 253-254.

30. Кузьминых А.Н. Урожайность и эффективность возделывания озимой ржи по сидеральному пару / А.Н. Кузьминых // Наука. Образование. Молодежь. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – С. 320-322.

31. Кузьминых А.Н. Влияние чистого и сидерального паров на засоренность посевов и урожайность озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Наука. Образование. Молодежь. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – С. 322-325.

32. Кузьминых А.Н. Рост и развитие озимой ржи при возделывании по чистому и сидеральному парам / А.Н. Кузьминых // Наука. Образование. Молодежь. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – С. 325-329.

33. Кузьминых А.Н. Фунгистазис почвы и поражение зерновых культур корневой гнилью в зависимости от обработки почвы и удобрений в звене севооборота / А.Н. Кузьминых, А.В. Соловьев, С.Г. Манишкин // Наука. Образование. Молодежь. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2011. – С.350-357.

34. Кузьминых А.Н. Микробиологическая активность почвы паровых предшественников озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяй-

ства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XIV. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2012. – С. 245-246.

35. Кузьминых А.Н. Влияние паровых предшественников на урожайность озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XIV. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2012. – С. 246-248.

36. Кузьминых А.Н. Влияние паровых предшественников на фитосанитарное состояние почвы и посевов озимой ржи / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XV. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. – С. 50-53.

37. Кузьминых А.Н. Формирование урожая озимой ржи в зависимости от паровых предшественников / А.Н. Кузьминых // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XV. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. – С. 53-56.

38. Кузьминых А.Н. Влияние паровых предшественников на урожайность озимой ржи / А.Н. Кузьминых, Н. Калинина // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XVI. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2014. – С. 53-56.

39. Кузьминых А.Н. Урожайность озимой ржи в зависимости от видов пара / А.Н. Кузьминых, А. Кузнецова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XVII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2015. – С. 8-10.

40. Кузьминых А.Н. Урожайность озимой ржи в зависимости от видов пара / А.Н. Кузьминых, Г.И. Пашкова, В. Стрельников // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XVIII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2016. – С. 10-12.

шенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XVIII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2016. – С. 94-96.

41. Кузьминых А.Н. Паровой предшественник и урожайность озимой ржи / А.Н. Кузьминых, Г.И. Пашкова, В. Стрельников // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XVIII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2016. – С. 94-96.

42. Кузьминых А.Н. Влияние предшественников на урожайность яровой пшеницы / Г.И. Пашкова, А.Н. Кузьминых, А. Иванова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XVIII. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2016. – С. 98-100.

43. Кузьминых А.Н. Микробиологическая активность и водный режим почвы озимой ржи, возделываемой по различным паровым предшественникам / А.Н. Кузьминых, Г.И. Пашкова // Вестник Марийского государственного университета, 2016. – Том 2, № 2 (6). – С.28-33.

44. Кузьминых А.Н. Экономическая эффективность возделывания озимой ржи по различным паровым предшественникам / А.Н. Кузьминых, Г.И. Пашкова // Вестник Марийского государственного университета, 2017. – Том 3, № 1 (9). – С.47-51.

45. Кузьминых А.Н. Формирование викозлаковых агроценозов для получения зеленого корма и фуражного зерна / А.Н. Кузьминых, Г.И. Пашкова, В.В. Малинин // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XIX. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2017. – С. 98-100.

46. Кузьминых А.Н. Формирование урожайности яровой пшеницы по разным предшественникам / Г.И. Пашкова, А.Н. Кузьминых, Н. Кузьмина // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки про-

дукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XIX. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2017. – С. 98-100.

47. Кузьминых А.Н. Влияние видов пара и способов основной обработки почвы на агрофизические свойства почвы в севообороте / А.Н. Кузьминых, С.И. Новоселов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XX. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2018. – С. 3-6.

48. Кузьминых А.Н. Урожайность и качество продукции однолетних викохлаковых агроценозов / А.Н. Кузьминых, Е.А. Суворова, Г.И. Пашкова // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. Мосоловские чтения: материалы международной научно-практической конференции. Вып. XX. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2018. – С. 6-9.

Отпечатано в типографии
ФГБОУ ВО «Марийский ГУ»
Подписано в печать 27.12.2018 Формат 60x841/16
Бумага офсетная. Печать цифровая.
Усл.печ.л. 2,0 Заказ ____. Тираж 100 экз.
424000, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1