

На правах рукописи

Садохина Татьяна Александровна

**АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ОДНОЛЕТНИХ
БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ
В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Новосибирск 2025

Работа выполнена в лаборатории технологий возделывания кормовых культур СибНИИ кормов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН)

Научный консультант:

Кашеваров Николай Иванович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, руководитель научного направления СибНИИ кормов СФНЦА РАН

Официальные оппоненты:

Зотиков Владимир Иванович

доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, профессор, научный руководитель ФГБНУ «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур»

Байкалова Лариса Петровна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры растениеводства, селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Осипова Валентина Валентиновна

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующая кафедрой агрономии Октёмского филиала ФГБОУ ВО "Арктический государственный агротехнологический университет"

Ведущая организация:

ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»

Защита диссертации состоится 24 июня 2025 года в 10-00 на заседании диссертационного совета 35.2.025.02 при ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет» по адресу: 630039, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, зал заседаний ученого совета.

Тел/факс (383) 267–05–10, e-mail: d_sovet@edubiotech.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет» и на сайте <http://www.edubiotech.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Гаврилец Татьяна Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. В соответствии с комплексными программами развития АПК субъектов Сибирского федерального округа планируется интенсификация отрасли животноводства, что требует значительного повышения питательной и энергетической ценности кормов. Уменьшение в рационах животных на 15–20% белков, жиров и обменной энергии снижает энергетический потенциал кормов на 30–50%, значительно повышает их расход и себестоимость животноводческой продукции (Бенц В.А., 1993; Косолапов В.М., 2009). В связи с этим возникает необходимость разработки научно-обоснованных путей увеличения доли кормов, сбалансированных по белку и энергонасыщенности. В климатических условиях Сибири эта проблема особенно актуальна, так как засушливость и недостаточная теплообеспеченность большинства земледельческих зон региона ограничивают видовой состав кормовых культур, вызывают большую изменчивость урожайности и качества кормов.

Ведущая роль в решении проблемы получения полноценных кормов с высоким содержанием протеина, незаменимых аминокислот и витаминов принадлежит бобовым культурам (Торопова Е.Ю., 2019). Однако, обладая высоким потенциалом продуктивности, в резко континентальных условиях Западной Сибири они характеризуются сильным полеганием и нестабильной урожайностью. Поэтому важное значение имеет организация адаптивного кормопроизводства на основе бобово-злаковых агрофитоценозов, наиболее полно использующих биоклиматические ресурсы. Формирование бобово-злаковых травосмесей из разных по биологическим особенностям культур позволяет создать устойчивый, высокопродуктивный травостой, получить более высокую и стабильную урожайность качественных кормов (Жученко А.А., 2000).

Исследования, проведенные в различных почвенно-климатических зонах, показали высокую эффективность возделывания смешанных бобово-злаковых яровых (Жученко А.А., 2004; Жезмер Н.В., 2011; Соловьева В.Н., 2016; Авраменко А.А., 2020) и озимых (Зудилин С.Н., 2009; Майсак Г.П., 2014; Лапшин Ю.А., 2017) агрофитоценозов. В Западной Сибири комплексных исследований, направленных на изучение агробиологических основ и разработку адаптивных ресурсосберегающих приемов формирования устойчивых к полеганию высокопродуктивных, сбалансированных по белку и энергетическому потенциалу агрофитоценозов яровых (в том числе голозерных форм) и озимых бобовых и злаковых культур, не проводилось.

Продуктивность однолетних бобово-злаковых травосмесей можно повысить за счет применения эндофитных грибов, которые стимулируют рост, развитие растений, снижают поражение болезнями, повышают урожайность и качество зерна (Vega F.E., 2018; Jensen E.S., 2020). Использование биопрепаратов является важным направлением Стратегии развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года. В Западной Сибири эти вопросы не изучены.

Степень разработанности темы. Исследованием теоретических основ создания, видовой разнообразия, биологической совместимости, продуктивности и совершенствованием технологии возделывания на корм однолетних бобово-злаковых смешанных посевов в Центральной России занимались многие ученые (Елсуков М.П., 1941; Рогов М.С., 1963; Гродзинский А.М., 1965; Тютюнников А.И., 1967; Жученко А.А., 1990; Такунов И.П., 1996; Белюченко И.С., 2000; Васин А.В., 2007). За рубежом исследования по изучению смешанных посевов ячменя с горохом, кукурузы с конскими бобами, овса с соей проводились в Нидерландах, Швеции, Китае, Турции (Jensen E.S., 1996; Zhang W., 2007; Hauggaard-Nielsen H., 2009; Li L., 2013).

В условиях Западной Сибири существенный вклад в изучение смешанных посевов однолетних кормовых культур внесли В.А. Бенц (1996, 1999), Н.И. Кашеваров (2001), В.П. Олешко (2005), Г.А. Демарчук (2007), В.С. Бойко (2019), Забайкальского края – Р.З. Сиразиев (2013), Г.Г. Шашкова, О.Т. Андреева (2015). В их трудах отражены основы формирования смешанных посевов однолетних кормовых культур, установлены биологические особенности и дана оценка их продуктивности. Однако, не изучено влияние видового состава и соотношения компонентов в травосмесях яровых (в том числе голозерных форм) и озимых бобовых и злаковых

культур на устойчивость к полеганию, продуктивность и качество корма. Также не изучено изменение и влияние агроклиматических факторов на продуктивность однолетних бобовых и злаковых культур в одновидовых и смешанных агрофитоценозах. Исследования, проведенные в других регионах России, показали, что доля погодных условий в формировании урожая сельскохозяйственных культур составляет до 60–80% (Жученко А.А., 2004; Маслова Г.Я., 2019; Демина Н.Ф., 2022).

Зарубежными исследователями установлена способность эндофитного гриба *Metarhizium robertsii* L. повышать урожайность сельскохозяйственных культур (Behie S.W., 2015; Barelli L., 2022). В условиях Западной Сибири исследовано влияние *M. robertsii* на урожайность картофеля (Tomilova O.G. et al., 2020), влияние на рост, развитие, урожайность и качество зерна бобовых культур не изучено.

Цель исследований – научно обосновать агробиологические основы и разработать агротехнологические приемы формирования высокопродуктивных бобово-злаковых агрофитоценозов яровых и озимых культур в условиях Западной Сибири.

Задачи исследований:

1) выявить изменение и влияние агроклиматических условий на рост, развитие и продуктивность бобовых и зерновых культур в одновидовых и смешанных посевах в лесостепной и степной зонах Западной Сибири;

2) установить агробиологические закономерности формирования высокопродуктивных, устойчивых к полеганию яровых и озимых бобово-злаковых травосмесей для производства высококачественных сочных и фуражных кормов в лесостепной и степной зонах Западной Сибири;

3) разработать агротехнологические приемы формирования устойчивых к полеганию высокопродуктивных яровых и озимых бобово-злаковых агрофитоценозов, сбалансированных по переваримому протеину и энергонасыщенности в лесостепной и степной зонах Западной Сибири;

4) изучить влияние предпосевной обработки семян суспензией конидий штамма Р-72 *M. robertsii* L. на рост, развитие растений, урожайность и качество зерна кормовых бобов в лесостепной зоне Западной Сибири;

5) определить биоэнергетическую и экономическую эффективность агротехнологических приемов формирования высокопродуктивных яровых и озимых бобово-злаковых смешанных посевов на кормовые цели в условиях Западной Сибири.

Научная новизна работы. Впервые в условиях лесостепной и степной зон Западной Сибири при комплексном изучении широкого набора культур определены агробиологические особенности и разработаны основы формирования устойчивых к полеганию, высокопродуктивных однолетних бобово-злаковых травосмесей при возделывании на корм. Установлена конкурентоспособность, роль и значимость компонентов, биологическая эффективность, питательная и биоэнергетическая ценность смешанных посевов яровых и озимых бобовых и злаковых культур для производства высококачественных сочных и фуражных кормов. Выявлены тенденции агроклиматических изменений в лесостепной зоне Западной Сибири за 50-летний период, отражающие повышение температуры, перераспределение осадков, увеличение продолжительности периода вегетации и частоты раннелетних засух.

На основе корреляционно-регрессионного анализа выявлены закономерности формирования высокопродуктивных смешанных бобово-злаковых травостоев яровых и озимых культур в зависимости от агрометеорологических условий вегетационного периода, высоты и полегания растений. Рассчитаны уравнения, позволяющие прогнозировать урожайность зерна яровых и озимых бобовых культур в начале цветения растений.

Впервые в условиях лесостепной зоны Западной Сибири установлено, что эндофитный гриб *M. robertsii* стимулирует рост, развитие и симбиотическую активность растений, повышает урожайность и качество зерна кормовых бобов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость исследований заключается в обосновании агробиологических основ формирования высокопродуктивных, устойчивых к полеганию смешанных агрофитоценозов пленчатых и

голозерных яровых и озимых бобовых и злаковых культур в условиях степной и лесостепной зон Западной Сибири. Установлена значимость и определено оптимальное соотношение компонентов в яровых и озимых бобово-злаковых посевах, повышающее их устойчивость к полеганию, продуктивность и питательность корма за счет более равномерного распределения и соотношения биомассы травосмеси по вертикальному профилю.

Проведен комплексный анализ системы «эндофитный гриб–бобовое растение–продуктивность», включающий лабораторные и полевые исследования. Показана эффективность использования эндофитного гриба *M. robertsii* для повышения урожайности и качества зерна кормовых бобов в условиях лесостепной зоны Западной Сибири.

Разработанные агротехнологические приемы формирования устойчивых к полеганию, высокопродуктивных смешанных посевов пленчатых и голозерных яровых и озимых злаковых и бобовых культур сортов сибирской селекции применяются в сельскохозяйственных организациях и фермерских хозяйствах для снижения себестоимости продукции, повышения урожайности и качества кормового сырья в условиях лесостепной и степной зон Западной Сибири. Основные практические и теоретические положения диссертационной работы используются в учебно-образовательном процессе при подготовке студентов и аспирантов агрономического профиля.

Методология и методы исследований. Теория и методология проводимых исследований основана на анализе и обобщении научных трудов отечественных и зарубежных авторов и системном подходе к изучаемой проблеме. Методы исследований включали полевые, лабораторные и производственные опыты. Учеты и наблюдения, биохимические анализы, оценка экономической и биоэнергетической эффективности проведены по общепринятым методикам и ГОСТам. Результаты исследований обработаны методами вариационного, дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Возделывание бобовых в смешанных посевах со злаковыми яровыми и озимыми культурами в Западной Сибири на корм снижает негативное влияние погодных условий, уменьшает полегание посевов за счет оптимального соотношения и распределения биомассы компонентов, повышает их продуктивность.

2. В лесостепной и степной зонах Западной Сибири урожайность и питательность зеленой массы и зернофуража яровых и озимых бобово-злаковых травосмесей определяются составом и соотношением компонентов, сроком посева, условиями тепло- и влагообеспеченности, устойчивостью посевов к полеганию.

3. В условиях Западной Сибири наибольший и стабильный урожай зеленой массы и зернофуража с высоким качеством и энергетическим потенциалом формируют двух- и трехкомпонентные травосмеси бобовых со злаковыми зернофуражными яровыми и озимыми культурами. Включение в состав пшеницы и озимой ржи снижает продуктивность посевов.

4. Предпосевная обработка семян кормовых бобов суспензией конидий штамма Р-72 эндофитного гриба *M. robertsii* в условиях лесостепной зоны Западной Сибири повышает урожайность зерна и его питательность.

Достоверность результатов исследований подтверждена проведением многолетних полевых, лабораторных и производственных опытов с использованием общепринятых и современных методик и методов оценки и анализа, а также статистической обработкой экспериментальных данных и результатами внедрения в производство. Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематиками НИР 13.02.01; 04.13.02.01.НЗ; 0778-2019-0030 в лаборатории технологий возделывания кормовых культур СибНИИ кормов СФНЦА РАН.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии на всех этапах проведенной исследовательской работы: разработке программы исследований и схем опытов, определении методических подходов, планировании и закладке опытов, проведении экспериментов, анализе и обобщении полученных результатов, выполнении статистической обработки, написании отчетов и статей. Автором лично сформулированы выводы, подготовлены публикации по теме исследований, написаны и оформлены диссертационная работа и автореферат. Личный вклад автора в диссертационных исследованиях составляет 85–90%.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на Международных (Барнаул, 2005; Абакан, 2009; Красноярск, 2016; Красноярск, 2018; Уфа, 2019; Горно-Алтайск, 2019; Екатеринбург, 2019; Уфа, 2020; Новосибирск, 2020; Москва, 2022), Всероссийских (Барнаул, 2022; Новосибирск, 2022) и Региональных (Красноярск, 2008; Барнаул, 2016; Барнаул, 2017; Барнаул, 2019; Новосибирск, 2023) научно-практических конференциях, а также представлены в 2001–2023 гг. методической комиссии и ученому совету Сибирского НИИ кормов СФНЦА РАН.

Производственная проверка результатов исследований проводилась в ведущих хозяйствах лесостепной и степной зон Новосибирской области: ЗАО «Завьяловское» Тогучинского района (2017 г.); «Колхоз имени XX съезда КПСС» Тогучинского района (2018 г.); ЗАО «Бобровское» Сузунского района (2019, 2020 г.); ОАО «Северо-Кулундинское» Баганского района (2020 г.). Возделывание однолетних бобовых (горох, вика, пелюшка) в смешанных посевах со злаковыми яровыми и озимыми культурами повысило урожайность зеленой массы на 5,8–10,3 т/га, зерна на 0,5–0,6 т/га и обеспечило получение дополнительной прибыли от 9,6 до 11,6 тыс. руб./га.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 50 печатных работах, из них 19 в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК, 7 в изданиях, индексируемых в международных наукометрических базах данных Web of Science и Scopus, 4 монографии в соавторстве, 3 методические рекомендации.

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 414 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 7 глав, заключения и предложений производству, содержит 100 таблиц, 41 рисунок, 84 приложения и список литературы из 567 наименований, в том числе 174 на иностранном языке.

Благодарности. Автор выражает искреннюю признательность и благодарность первому научному руководителю, кандидату сельскохозяйственных наук, заслуженному работнику сельского хозяйства РФ Демарчуку Геннадию Аксеновичу и научному консультанту, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ, академику РАН Кашеварову Николаю Ивановичу, а также коллективу научных сотрудников СибНИИ кормов СФНЦА РАН и ИСиЭЖ СО РАН за методическую помощь и консультации при проведении исследований и написании диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ОДНОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Приводится анализ отечественной и зарубежной литературы по вопросам формирования высокопродуктивных однолетних бобово-злаковых агрофитоценозов, а также обзор исследований по смешанным посевам как факторе устойчивого развития и повышения продуктивности однолетних бобово-злаковых травосмесей. Рассматриваются теоретические и методологические основы и проблемы формирования высокопродуктивных смешанных посевов однолетних бобовых и злаковых культур. Анализируется влияние агроклиматических условий на рост, развитие растений, урожайность и качество кормового сырья одновидовых и смешанных агрофитоценозов однолетних бобовых и злаковых культур, а также эндофитных грибов на продуктивность растений. Указаны проблемы возделывания бобово-злаковых травосмесей на кормовые цели и направления исследований для их решения в агроклиматических условиях Западной Сибири.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвенно-климатические условия лесостепной и степной зон Западной Сибири.

Исследования проводились в 2001–2023 гг. на опытных полях научно-экспериментальной базы СибНИИ кормов (лесостепная зона Западной Сибири с гео-локацией 54°55'12" с.ш. и 82°59'28" в.д.) и Северо-Кулундинского стационара СибНИИ кормов (степная зона Западной Сибири с гео-локацией 54°10'18" с.ш., 77°70'24" в.д.). Центральнo-лесостепной Приобский агроландшафтный район относится к умеренно теплoму, умеренно увлажненному агроклиматическому району. Среднегодовая температура воздуха составляет 1,0 °С, зима холодная, продолжительная, устойчивый снежный покров удерживается 157–162 дня. Продолжительность безморозного

периода составляет 110–120 дней, сумма температур воздуха выше +10 °С – 1780 °С с колебаниями по годам от 1560 до 2100 °С. Среднегодовая сумма осадков составляет 420 мм, за теплый период выпадает 200–250 мм. Наиболее засушливым периодом является весна – начало лета с вероятностью атмосферной засухи 25%. Почва опытного участка чернозем выщелоченный среднесуглинистый. Содержание в слое 0–20 см гумуса среднее (5,4–5,9% по Тюрину), нитратного азота высокое (29,8–31,5 мг/кг), легкоподвижного фосфора среднее (0,35–0,41 мг/кг по Карпинскому-Замятиной), подвижного фосфора от среднего до повышенного (27,7–46,1 мг/кг по Николовой), обменного калия от высокого до очень высокого (275–326 мг/кг по Масловой). Сумма поглощенных оснований составляет 46,4 мг/экв. на 100 г почвы, рН водная 6,4–6,8.

Климат Северо-степного Причано-Баганского агроландшафтного района зоны резко континентальный с жарким летом и холодной средней продолжительности зимой. Температуры воздуха выше +10 °С наблюдаются в течение 120–130 дней, их сумма равна 1860–2310 °С. Среднегодовое количество осадков составляет 250 мм, гидротермический коэффициент периода вегетации растений равен 0,6–0,8, особенно засушливы весна и первая половина лета. Почва опытного участка чернозем южный солонцеватый легкосуглинистый. Содержание в пахотном слое гумуса (4,2–4,7%), нитратного азота (8,9 мг/кг), подвижного фосфора (55–65 мг/кг по Чирикову) и обменного калия (45–55 мг/кг по Масловой) низкое. Сумма поглощенных оснований 24,3 мг/экв. на 100 г почвы, рН водная 6,8.

2.2. Погодные условия проведения исследований. Агрометеорологические условия вегетационного периода (май–август) в лесостепной зоне Западной Сибири в годы исследований значительно различались. Сумма среднесуточных температур воздуха изменялась от 1618 °С до 2029 °С при норме 1780 °С, сумма осадков – от 102 мм до 292 мм при норме 196 мм, значение ГТК – от 0,45 до 1,78 при норме 1,1. Благоприятные условия влагообеспеченности для роста и развития растений (ГТК > 1,10) наблюдались в 43% лет (в 10 из 23), недостаточные и засушливые в разной степени (ГТК = 0,45–1,02) – в 57% лет (в 13 из 23), в отдельные годы была сильная (ГТК = 0,40–0,21) раннелетняя засуха. В степной зоне Западной Сибири сумма температур воздуха вегетационного периода за 2013–2015 гг. изменялась от 1728 до 1850 °С при норме 1890 °С, сумма осадков – от 147 до 242 мм при норме 164 мм, значение ГТК – от 0,66 до 1,10 при норме 0,8.

2.3. Объект исследований. Объектом исследований были растения 15 районированных сортов сибирской селекции яровых и озимых бобовых и злаковых культур в одновидовых и смешанных посевах: овса пленчатого Краснообский и СИГ, овса голозерного Левша, ячменя пленчатого Новосибирский 80 и Баган, ячменя голозерного Оскар, пшеницы яровой Омская кормовая и Алтайская 70, гороха Новосибирец. яровой вики Новосибирская, пелюшки Дружная, озимой ржи Бухтарминская, озимой тритикале Цекад 90, озимой вики Фортуна, кормовых бобов Сибирские.

2.4. Агротехника и схемы опытов. Агротехника в опытах была зональной, общепринятой (Агротехнологии производства кормов..., 2007). Исследования проведены в 7 полевых опытах.

Опыт 1. Зерновая продуктивность и кормовая ценность смешанных посевов зернобобовых культур с ячменем при различных сроках посева в лесостепной зоне Западной Сибири: 1) Ячмень 100%; 2) Горох 100%; 3) Вика 100%; 4) Ячмень 85% + горох 25%; 5) Ячмень 75% + горох 35%; 6) Ячмень 65% + горох 45%; 7) Ячмень 70% + вика 40%; 8) Ячмень 60% + вика 50%; 9) Ячмень 50% + вика 60%. Срок посева 25 апреля, 5 мая, 15 мая, 25 мая, 5 июня (Научно-экспериментальная база СибНИИ кормов. 2001–2005 гг.).

Опыт 2. Рост, развитие и продуктивность растений голозерного овса и ячменя в смешанных посевах с бобовыми культурами при возделывании на зернофураж в лесостепной зоне Западной Сибири: 1. Овес голозерный 100%; 2. Ячмень голозерный 100%; 3. Горох 100%; 4. Вика 100%; 5. Овес голозерный 85% + горох 25%; 6. Овес голозерный 75% + горох 35%; 7. Овес голозерный 65% + горох 45%; 8. Овес голозерный 70% + вика 40%; 9. Овес голозерный 60% + вика 50%; 10. Овес голозерный 50% + вика 60%; 11. Ячмень голозерный 85% + горох 25%; 12. Ячмень голозерный 75% + горох 35%; 13. Ячмень голозерный 65% + горох 45%; 14. Ячмень голозерный 70% + вика 40%; 15. Ячмень голозерный 60% + вика 50%; 16. Ячмень голозерный 50% + вика 60% (Научно-экспериментальная база СибНИИ кормов. 2007–2010 гг.).

Опыт 3. Кормовая продуктивность смешанных посевов однолетних бобовых и злаковых культур в лесостепной зоне Западной Сибири при выращивании на зерно: 1. Ячмень 100%; 2. Овес 100%; 3. Пшеница 100%; 4. Горох 100%; 5. Вика 100%; 6. Ячмень 75% + горох 35%; 7. Овес 75% + горох 35%; 8. Пшеница 70% + горох 40%; 9. Ячмень 30% + овес 30% + горох 50%; 10. Ячмень 30% + пшеница 30% + горох 50%; 11. Овес 30% + пшеница 30% + горох 50%; 12. Ячмень 70% + вика 40%; 13. Овес 60% + вика 50%; 14. Пшеница 70% + вика 40%; 15. Ячмень 30% + овес 30% + вика 50%; 16. Ячмень 30% + пшеница 30% + вика 50%; 17. Овес 30% + пшеница 30% + вика 50% (Научно-экспериментальная база СибНИИ кормов. 2011–2013 гг.).

Опыт 4. Продуктивность и кормовая ценность смешанных посевов однолетних бобовых и злаковых культур в лесостепной зоне Западной Сибири при выращивании на зеленую массу, сенаж и зернофураж: 1. Ячмень 100%; 2. Овес 100%; 3. Пшеница 100%; 4. Горох 100%; 5. Ячмень 75% + горох 35%; 6. Овес 75% + горох 35%; 7. Пшеница 70% + горох 40%; 8. Ячмень 30% + горох 50% + овес 30%; 9. Ячмень 30% + горох 50% + пшеница 30%; 10. Овес 30% + горох 50% + пшеница 30%; 11. Ячмень 20% + овес 20% + пшеница 20% + горох 50% (Научно-экспериментальная база СибНИИ кормов. 2013–2015 гг.).

Опыт 5. Продуктивность и кормовая ценность смешанных посевов однолетних бобовых и злаковых культур в степной зоне Западной Сибири: 1. Ячмень 100%; 2. Овес 100%; 3. Пшеница 100%; 4. Пелюшка 100%; 5. Ячмень 75% + пелюшка 35%; 6. Овес 75% + пелюшка 35%; 7. Пшеница 70% + пелюшка 40%; 8. Ячмень 30% + овес 30% + пелюшка 50%; 9. Ячмень 30% + пшеница 30% + пелюшка 50%; 10. Овес 30% + пшеница 30% + пелюшка 50%; 11. Ячмень 20% + овес 20% + пшеница 20% + пелюшка 50% (Северо-Кулундинский стационар СибНИИ кормов. 2013–2015 гг.).

Опыт 6. Рост, развитие, продуктивность растений и качество кормового сырья в бобово-злаковых агрофитоценозах озимых культур в лесостепной зоне Западной Сибири: 1. Озимая рожь 100%; 2. Озимое тритикале 100%; 3. Озимая вика 100%; 4. Озимая рожь 60% + озимая вика 60%; 5. Озимая рожь 60% + озимая вика 70%; 6. Озимая рожь 60% + озимая вика 80%; 7. Озимое тритикале 60% + озимая вика 60%; 8. Озимое тритикале 60% + озимая вика 70%; 9. Озимое тритикале 60% + озимая вика 80% (Научно-экспериментальная база СибНИИ кормов. 2016–2019 гг.).

Опыт 7. Влияние предпосевной обработки семян эндофитным грибом *M. robertsii* на рост, развитие растений, урожайность и качество зерна кормовых бобов в лесостепной зоне Западной Сибири: 1. Семена кормовых бобов без обработки (0,04% Твин 20) (далее – Контроль); 2. Семена кормовых бобов, обработанные перед посевом конидиями штамма Р-72 *M. Robertsii* (Gen BanK ID KP172147), суспендированными в растворе вода-Твин 20 (0,04 %) при концентрации 5×10^7 конидий/мл (далее – *M. Robertsii*) (Научно-экспериментальная база СибНИИ кормов. 2020–2023 гг.).

Посев проводили в I–II декаде мая (в опыте 6 – в III декаде августа и I декаде сентября) различной нормой высева (в процентах от рекомендованной для одновидовых посевов). Размещение вариантов систематическое в 4–5-кратной повторности, посевная площадь делянки 40–72 м², учетная 30–60 м², предшественник – вторая культура после пара (в опыте 7 – пар). При выборе состава и соотношения компонентов смесей учитывали результаты исследований, проведенных ранее учеными СибНИИ кормов (Бенц В.А., 1996; Кашеваров Н.И., 2001; Демарчук Г.А., 2007).). В качестве контроля взяты одновидовые посевы, посеянные полной нормой.

Агрометеорологические условия вегетационного периода оценивали по данным метеостанций «Огурцово» и «Баган» с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова (Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В., 2006). По методике ВНИИ кормов имени В.Р. Вильямса (Методические указания по проведению ..., 1983) проводили фенологические наблюдения, определяли плотность травостоя, облиственность растений, ярусное распределение и урожайность надземной биомассы компонентов. Густоту стояния, высоту и полегание растений, количество сорняков, структурный анализ урожая определяли по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1989). Полегание посевов отмечали в начале цветения бобовых культур и перед уборкой на зерно по пятибалльной шкале, по которой 5 баллов – полегание

отсутствует, 1 балл – очень сильное полегание (Пасечник А.Д., 1978). Учет урожая зерна проводили комбайном Сампо-500. Заселенность почвы, семян и растений *M. Robertsi*, определяли сотрудники лаборатории ИСиЭЖ СО РАН по общепринятым методикам. Биологическую эффективность смешанных посевов оценивали по коэффициентам «отношение земельных эквивалентов» (LER) и «агрессивности» (CA) (Willey R.W., 1980; Dessougi H., 2003). Биохимический состав, качественные показатели зеленой массы, сенажа, силоса и зернофуража, определяли сотрудники лаборатории заготовки и оценки кормов СибНИИ кормов и лаборатории биохимии СФНЦА РАН по соответствующим ГОСТам. Биоэнергетическая оценка осуществлялась по Методическим рекомендациям по биоэнергетической ... (1989) и Методическому пособию по агроэнергетической ... (2000). Экономическая эффективность вариантов рассчитывалась по кормопротеиновым единицам (Пронин В.М., 2008; Панько Ю.В., 2018). Статистическую обработку результатов исследований проводили методами вариационного, дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов (Доспехов Б.А., 2014) с использованием пакета прикладных программ «Snedecor» (Сорокин О.Д., 2009), «Microsoft Office Excel 2007» и «Statistica-8».

ГЛАВА 3. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

3.1. Тенденции климатических изменений в лесостепной зоне Западной Сибири.

Регрессионный анализ многолетних метеонаблюдений, проведенных на АМС «Огурцово», показал, что в лесостепной зоне Западной Сибири в период с 1970 по 2022 г. за каждые последующие 10 лет среднегодовая температура воздуха увеличивалась на 0,4 °С (коэффициент детерминации $R^2 = 0,29$), сумма осадков за год на 5 мм ($R^2 = 0,39$), за весь анализируемый период на 2,1 °С и 26 мм соответственно (рисунок 1). Повышение температуры и увеличение осадков происходило в большей степени за счет холодного периода года.

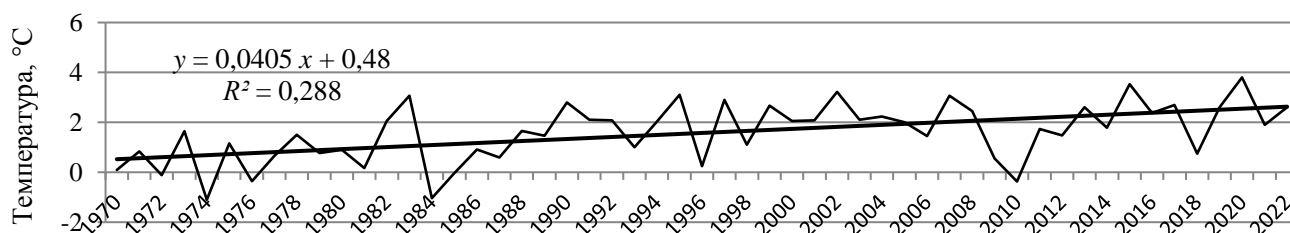


Рисунок 1 – Изменение среднегодовой температуры воздуха (y) в лесостепной зоне Западной Сибири в период с 1970 по 2022 г.

3.2. Направленность агроклиматических изменений вегетационного периода в лесостепной зоне Западной Сибири. Регрессионный анализ метеонаблюдений, проведенных на АМС «Огурцово», показал, что в лесостепной зоне Западной Сибири в период с 1970 по 2022 г. продолжительность периода с температурой выше 5 °С увеличилась на 16 суток, сумма среднесуточных температур воздуха повысилась на 141 °С (рисунок 2). Это дает возможность возделывать более позднеспелые высокоурожайные сорта кормовых культур и проводить полевые работы в оптимальные сроки. Количество осадков вегетационного периода (май–август) за каждые последующие 10 лет уменьшалось на 5,3 мм ($R^2 = 0,35$) или на 28 мм за 53 года. В период с 1970 по 2022 г. недостаточные и засушливые условия ($ГТК < 1,11$) за май–август наблюдались в 49% лет, с 1990 по 2022 г. – в 71%, с 2010 по 2022 г. – в 77% лет.

3.3. Влияние агроклиматических условий на рост, развитие растений и урожайность бобовых и злаковых культур в одновидовых и смешанных посевах в лесостепной зоне Западной Сибири. Анализ урожайности зерна овса, ячменя и зернобобовых культур в Новосибирском районе Новосибирской области за период с 1997 по 2018 гг. показал, что она изменялась соответственно от 11,8 до 21,1 ц/га ($V = 19\%$), от 10,8 до 20,3 ц/га ($V = 21\%$) и от 7,9 до 21,6 ц/га ($V = 29\%$). Доля влияния погодных условий в изменчивости урожайности культур в регионе составила 47–65% (индекс детерминации $R^2 = 0,465–0,645$) (рисунок 3).

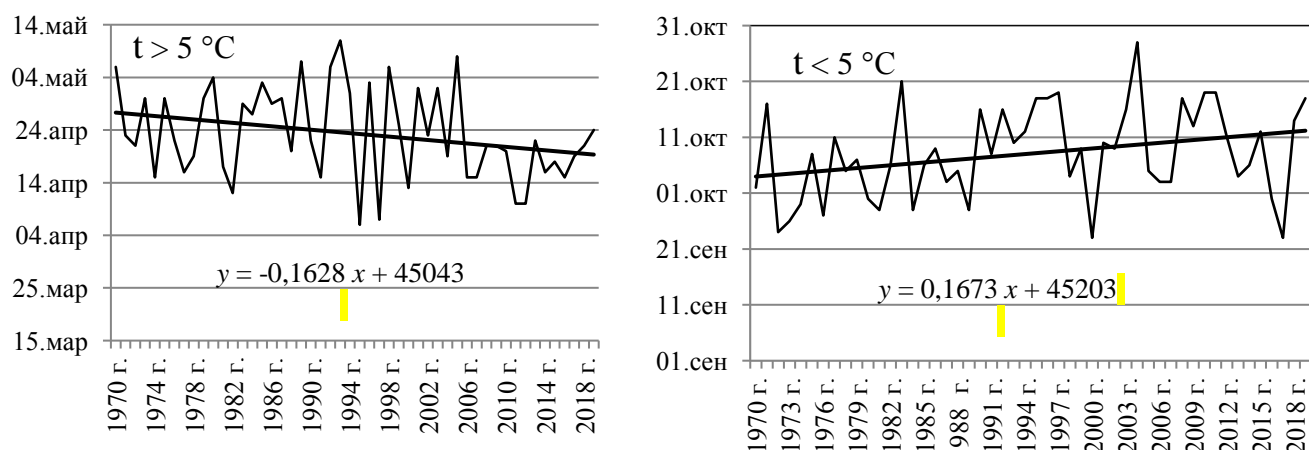


Рисунок 2 – Динамика дат перехода температуры воздуха через 5 °C в лесостепной зоне Западной Сибири в период с 1970 по 2020 г.

Существенное влияние на урожайность одновидовых посевов зернофуражных и зернобобовых культур оказали температура воздуха ($r = -0,57 \dots -0,63$) и осадки ($r = 0,54 \dots 0,58$) вегетационного периода.

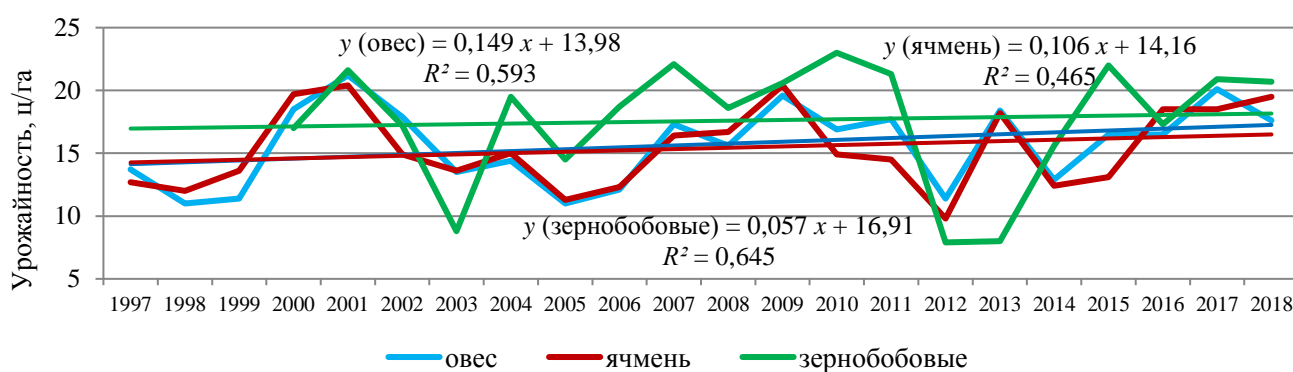


Рисунок 3 – Динамика урожайности зерна (y) зерновых и зернобобовых культур в Новосибирском районе Новосибирской области в период с 1997 по 2018 г.

Результаты исследований показали, что в лесостепной зоне Западной Сибири в 2001–2015 гг. урожайность зерна пленчатого ячменя, гороха и вики изменялась еще более значительно: соответственно от 0,9 до 3,2 т/га ($V = 32\%$), от 0,3 до 2,9 т/га ($V = 49\%$), от 0,4 до 1,9 т/га ($V = 48\%$) и на 47–58% определялась агрометеорологическими условиями вегетационного периода (рисунки 4, 5).

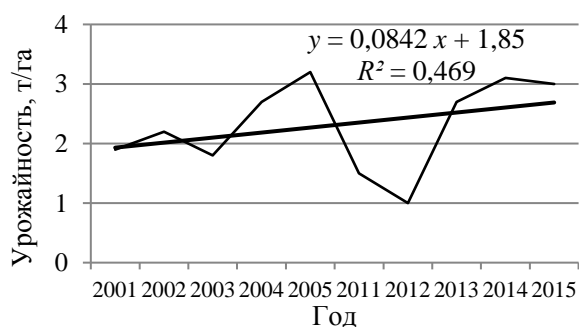


Рисунок 4 – Динамика урожайности зерна ячменя в одновидовом посеве в лесостепной зоне Западной Сибири

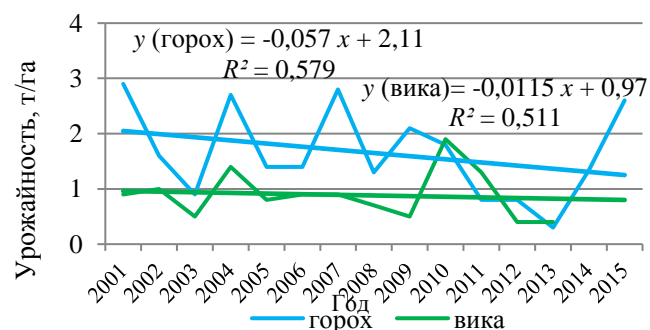


Рисунок 5 – Динамика урожайности зерна гороха и вики в одновидовом посеве в лесостепной зоне Западной Сибири

Установлено, что при возделывании бобовых и злаковых культур в смешанных посевах вариабельность урожайности зерна под влиянием погодных условий уменьшалась в два раза ($V = 18\text{--}21\%$), а ее величина повышалась на $23\text{--}29\%$ в сравнении с одновидовыми посевами ячменя и гороха, в 2,3 раза – посевами вики (таблица 1). Наибольшую урожайность зерна бобово-злаковые травосмеси формировали при посеве в период с 5 по 15 мая, которая была больше на $14\text{--}55\%$, чем в ранние (25 апреля) и на $24\text{--}89\%$ – в поздние (25 мая и 5 июня) сроки посева. Максимальная урожайность зерна получена в вариантах «ячмень 75 + горох 35» и «ячмень 60 + вика 50».

Таблица 1 – Урожайность зерна, высота и полегание гороха, вики и ячменя в одновидовых и смешанных посевах (среднее за 2001–2005 гг. Опыт 1)

Вариант	Урожайность при посеве, т/га							Высота, см	Поле- гание, балл
	25 апреля	5 мая	15 мая	25 мая	5 июня	Сред- нее	V, %		
Ячмень	1,42	2,49	2,00	1,56	1,32	1,76	39	87	4,6
Горох	1,68	1,49	1,90	1,84	1,50	1,68	35	143	1,9
Вика	1,30	1,07	0,90	0,59	0,41	0,85	45	123	2,0
Ячмень 85 + горох 25	2,27	2,37	2,29	1,82	1,71	2,09	23	124	3,7
Ячмень 75 + горох 35	1,98	2,67	2,46	2,00	1,95	2,21	21	125	3,6
Ячмень 65 + горох 45	1,97	2,74	2,35	1,90	1,97	2,19	22	123	3,0
Ячмень 70 + вика 40	1,62	2,42	2,11	1,59	1,17	1,78	27	106	3,9
Ячмень 60 + вика 50	1,70	2,52	2,10	1,67	1,44	1,89	25	106	3,7
Ячмень 50 + вика 60	1,49	2,49	1,98	1,50	1,31	1,75	26	107	3,3

Травосмеси ячменя с горохом были на 19% урожайней, чем с викой. Влияние срока посева на изменчивость урожайности зерна составила $31\text{--}36\%$, травосмеси $24\text{--}26\%$, погодных условий $7\text{--}8\%$. Это свидетельствует о возможности уменьшения негативного влияния агроклиматических условий на продукционный процесс однолетних бобово-злаковых травосмесей с помощью агротехнологических приемов для получения более высоких и стабильных урожаев зернофуража в лесостепной зоне Западной Сибири.

Наблюдения показали, что высота растений гороха и вики в смешанных посевах с пленчатым ячменем уменьшалась в среднем на $16\text{--}20$ см в сравнении с одновидовыми посевами, в которых ее изменение оказывало достоверное ($p < 0,01$) влияние на полегание бобовых культур ($r = -0,76\text{--}-0,78$). В смешанных посевах эта зависимость была средней ($r = -0,39\text{--}-0,51$). Наибольшее влияние на изменчивость высоты и полегания растений оказали травосмеси ($33\text{--}44\%$) и сроки посева ($21\text{--}31\%$), влияние погодных условий было менее значимым ($8\text{--}11\%$).

В одновидовых посевах гороха и вики между урожайностью зерна и высотой растений выявлена сильная ($p < 0,01$) отрицательная ($r = -0,75\text{--}-0,81$), бальной оценкой полегания посевов – положительная ($r = 0,74\text{--}0,86$) связь. Регрессионный анализ показал, что влияние высоты (x_1 – уравнения 1, 2) и полегания растений во время цветения (x_2 – уравнения 3, 4) на изменчивость урожайности зерна (y) одновидовых посевов бобовых культур составило $56\text{--}74\%$ ($R^2 = 0,558\text{--}0,744$), урожайности травосмесей – $14\text{--}25\%$ ($R^2 = 0,142\text{--}0,252$ (уравнения 5–8, рисунки 6, 7):

$$y (\text{горох}) = -0,0453 x_1 + 8,24, R^2 = 0,666; \quad (1)$$

$$y (\text{вика}) = -0,0185 x_1 + 3,05, R^2 = 0,566; \quad (2)$$

$$y (\text{горох}) = 1,1643 x_2 - 8,24, R^2 = 0,558; \quad (3)$$

$$y (\text{вика}) = 0,7011 x_2 - 0,45, R^2 = 0,744; \quad (4)$$

$$y (\text{ячмень} + \text{горох}) = -0,0220 x_1 + 4,93, R^2 = 0,180; \quad (5)$$

$$y (\text{ячмень} + \text{вика}) = -0,0309 x_1 - 0,01, R^2 = 0,142; \quad (6)$$

$$y (\text{ячмень} + \text{горох}) = 0,4377 x_2 + 5,26, R^2 = 0,252; \quad (7)$$

$$y (\text{ячмень} + \text{вика}) = 0,5087 x_2 - 0,01, R^2 = 0,142. \quad (8)$$

Рассчитанные уравнения позволяют прогнозировать урожайность зерна одновидовых посевов гороха и вики по высоте и полеганию растений в период цветения.

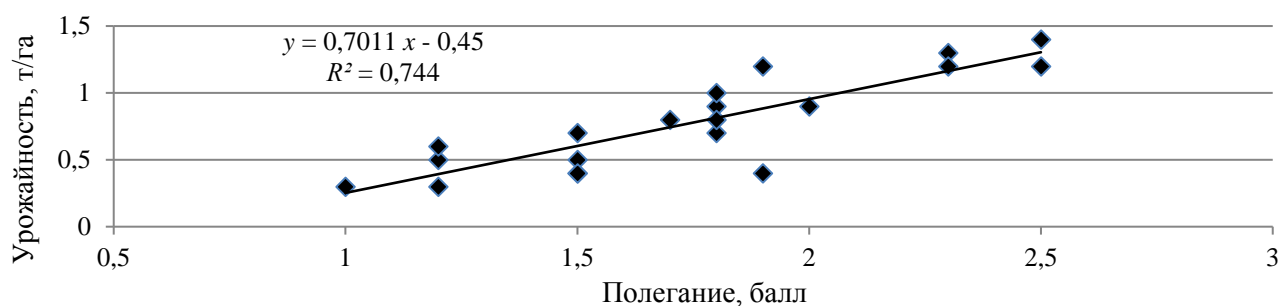


Рисунок 6 – Точечный график и теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью зерна (y) и полеганием одновидовых посевов вики (x) в лесостепной зоне Западной Сибири (2001–2005 гг.)

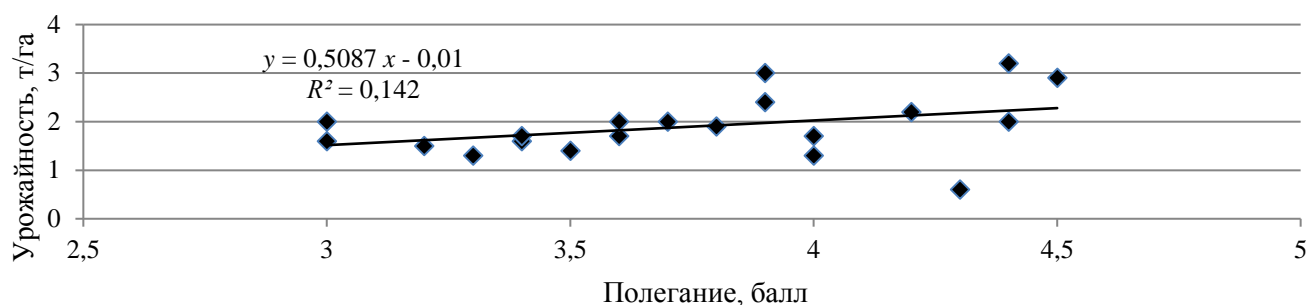


Рисунок 7 – Точечный график и теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью зерна (y) и полеганием смешанных посевов вики с пленчатым ячменем (x) в лесостепной зоне Западной Сибири (2001–2005 гг.)

Таким образом, возделывание гороха и вики в травосмесях с пленчатым ячменем на зернофураж в лесостепной зоне Западной Сибири существенно снижает негативное влияние агроклиматических условий, уменьшает высоту и полегание растений, повышает урожайность.

ГЛАВА 4. РОСТ, РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ В СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ БОБОВЫХ КУЛЬТУР С ГОЛОЗЕРНЫМ ОВСОМ И ЯЧМЕНЕМ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НА ЗЕРНОФУРАЖ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

4.1. Рост, развитие растений в смешанных посевах бобовых культур с голозерным овсом и ячменем при возделывании на зернофураж в лесостепной зоне Западной Сибири. Возделывание смешанных посевов бобовых культур с голозерным овсом и ячменем не оказало существенного влияния на полевую всхожесть семян и сохранность растений. Высота растений гороха и вики в смесях с голозерным овсом и ячменем была меньше в среднем на 7–14 см, чем в одновидовых посевах. Установлено, что одновидовые посевы гороха 70% биомассы формировали на высоте от 80 до 130 см, яровой вики – от 50 до 90 см, голозерного овса и ячменя – на высоте до 50 см. В смешанных бобово-злаковых посевах архитектура биомассы посевов становилась более ярусной и устойчивой к полеганию: нижний ярус занимали злаковые компоненты, верхний – бобовые (рисунки 8, 9). Оптимальное соотношение и распределение биомассы по вертикальному профилю повышало устойчивость смешанных посевов голозерного овса и ячменя с горохом и вики. Поэтому их полегание перед уборкой характеризовалось как слабое (4–3,5 балла), в отличие от одновидовых посевов бобовых культур, которые полегали уже в начале цветения. Перед уборкой их полегание составило от 2,9 до 1,4 балла, что соответствовало среднему и сильному полеганию, препятствующему механизированной уборке. В резко континентальном климате Западной Сибири эти особенности являются важным фактором формирования высокопродуктивных однолетних агрофитоценозов при возделывании на кормовые цели.

Наибольший вклад в изменчивость высоты и полегания растений бобовых культур внесли травосмеси (55–75%), влияние погодных условий было также достоверным, но менее значимым

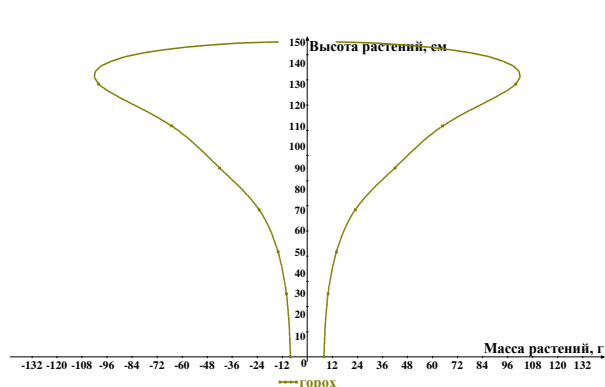


Рисунок 8 – Вертикальное распределение биомассы гороха в одновидовом посеве (среднее за 2007–2010 гг.)

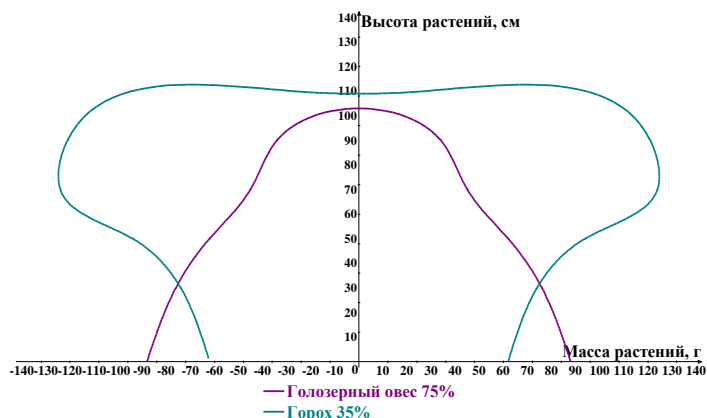


Рисунок 9 – Вертикальное распределение биомассы в смешанном посеве гороха с голозерным овсом (среднее за 2007–2010 гг.)

(10–36%). В одновидовых посевах бобовых культур выявлена обратная достоверная ($p < 0,01$) связь между бальной оценкой полегания и высотой растений ($r = -0,78$).

Регрессионный анализ показал, что при увеличении высоты растений (x) гороха и вики на 10 см их полегание (y) повышалось на 0,8–1,2 балла (уравнения 9, 10):

$$y(\text{горох}) = -0,0813x + 12,61, R^2 = 0,609; \quad (9)$$

$$y(\text{вика}) = -0,1238x + 13,90, R^2 = 0,618. \quad (10)$$

В смешанных посевах бобовых культур с голозерным овсом и ячменем эта зависимость была несущественной ($r = -0,22 \dots -0,35$; $p > 0,05$), что свидетельствует о большей их устойчивости к полеганию в сравнении с одновидовыми посевами.

4.2. Зерновая продуктивность смешанных посевов бобовых культур с голозерным овсом и ячменем в лесостепной зоне Западной Сибири. Урожайность зерна одновидовых посевов голозерного овса за 2007–2010 гг. (опыт 2) изменялась от 1,98 до 2,10 т/га ($V = 3\%$), голозерного ячменя – от 1,24 до 2,40 т/га ($V = 25\%$), гороха – от 1,26 до 2,86 т/га ($V = 33\%$), вики – от 0,47 до 1,97 т/га ($V = 67\%$) (таблица 2). Урожайность зерна бобово-злаковых травосмесей характеризовалась меньшей вариабельностью ($V = 4\text{--}18\%$) и была больше на 0,38–0,63 т/га (19–32%) одновидовых посевов гороха, голозерного овса и ячменя, в 2,6 раза – посевов вики.

Таблица 2 – Урожайность зерна одновидовых и смешанных посевов бобовых культур с голозерным овсом и ячменем в лесостепной зоне Западной Сибири, т/га (Опыт 2)

Вариант	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднее	V, %
Овес	2,10	2,03	1,98	2,02	2,03	3
Ячмень	2,40	1,24	2,22	2,02	1,97	25
Горох	2,86	1,26	2,12	1,81	2,01	33
Вика	0,90	0,66	0,47	1,97	1,00	67
Овес 85 + горох 25	2,58	2,12	2,12	1,97	2,19	11
Овес 75 + горох 35	2,86	2,58	2,65	2,41	2,62	4
Овес 65 + горох 45	2,48	2,04	2,35	2,23	2,27	8
Овес 70 + вика 40	2,93	1,98	2,55	2,36	2,45	16
Овес 60 + вика 50	2,69	2,43	3,02	2,52	2,66	10
Овес 50 + вика 60	2,45	1,94	2,81	1,93	2,28	18
Ячмень 85 + горох 25	2,65	2,21	2,45	2,96	2,56	12
Ячмень 75 + горох 35	2,70	2,22	2,56	3,10	2,64	14
Ячмень 65 + горох 45	2,60	2,01	2,36	2,90	2,46	15
Ячмень 70 + вика 40	2,55	2,08	2,66	3,12	2,62	16
Ячмень 60 + вика 50	2,40	2,24	2,62	3,15	2,66	15
Ячмень 50 + вика 60	2,76	2,14	2,84	3,00	2,64	15
НСР ₀₅	0,18	0,26	0,28	0,21		

Зерновая продуктивность смешанных посевов голозерного ячменя с бобовыми культурами была на 0,19 т/га (8%) больше, чем голозерного овса. Урожайность травосмесей с викой превышала смеси с горохом в среднем на 4%. Максимальная урожайность зерна смешанных посевов голозерного овса и ячменя с горохом (2,62–2,64 т/га) получена при норме высева «70+35%», с викой (2,66 т/га) – при норме «60+50%» с долей бобового компонента в зернофураже 38–43%. При увеличении нормы высева бобового компонента с 25–40 до 45–60% его доля в урожае зерна повышалась в среднем с 28 до 44%.

Наибольший вклад в изменчивость урожайности зерна внесли травосмеси (46%), влияние погодных условий составило 17%, взаимодействия факторов 24%. Оценка эффективности использования пашни (LER) показала, что в лесостепной зоне Западной Сибири смешанные посевы гороха и вики с голозерным овсом и ячменем повышали ее продуктивность в 1,2–2,1 раза в сравнении с одновидовыми посевами.

Выявлена положительная достоверная ($p < 0,01$) связь ($r = 0,59...0,80$) урожайности зерна смешанных посевов с густотой продуктивного стеблестоя, количеством зерен в метелке массой 1000 зерен злакового и бобового компонентов. В одновидовых посевах бобовых культур наблюдалась существенная ($p < 0,01$) отрицательная связь урожайности зерна с высотой растений ($r = -0,80...-0,86$), положительная – с балльной оценкой их полегания в начале цветения ($r = 0,85...0,89$). Регрессионный анализ показал, что при увеличении высоты растений (x_1) гороха и вики на 10 см и полегания посевов на 1 балл (x_2), урожайность зерна (y) снижалась на 0,8–1,4 т/га (уравнения 11–14):

$$y(\text{горох}) = -0,0819 x_1 + 12,03, R^2 = 0,641; \quad (11)$$

$$y(\text{вика}) = -0,1417 x_1 + 14,62, R^2 = 0,747; \quad (12)$$

$$y(\text{горох}) = 1,0178 x_2 - 0,66, R^2 = 0,736; \quad (13)$$

$$y(\text{вика}) = 0,9279 x_2 - 0,86, R^2 = 0,794. \quad (14)$$

В смешанных посевах гороха и вики с голозерным овсом и ячменем эти зависимости были не достоверными ($p > 0,05$; $r = 0,21...0,36$; $R^2 = 0,047...0,133$), что указывает на существенно большую их устойчивость к полеганию в сравнении с одновидовыми посевами (рисунок 10).

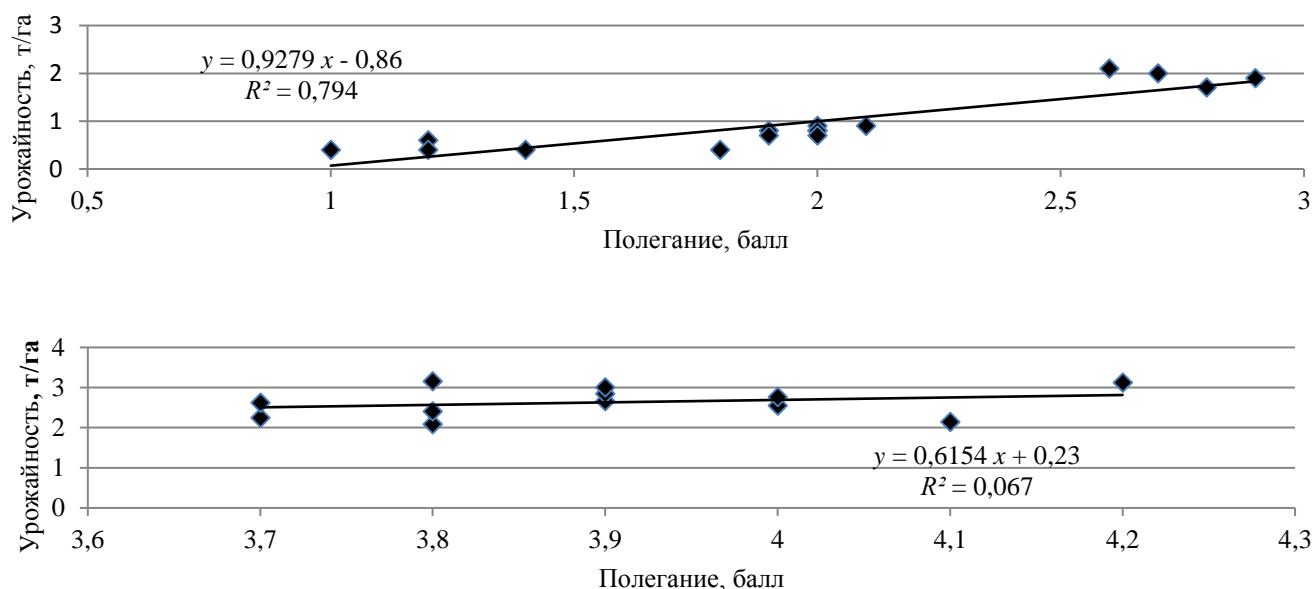


Рисунок 10 – Регрессионная зависимость урожайности зерна (y) от полегания (x) одновидовых (верхний рисунок) и смешанных с голозерным ячменем (нижний рисунок) посевов вики в лесостепи Западной Сибири (2007–2010 гг.)

Рассчитанные уравнения позволяют достоверно ($R^2 = 0,641–0,794$) прогнозировать урожайность зерна посевов гороха и вики по высоте и полеганию растений в начале их цветения.

4.3. Биохимический состав, кормовая и биоэнергетическая ценность зернофуража смешанных посевов бобовых культур с голозерным овсом и ячменем в лесостепной зоне Западной Сибири. Содержание сырого протеина в зерне одновидовых посевов голозерных форм овса и ячменя изменялось в опыте от 12,2 до 13,9% (таблица 3). Его количество существенно ($p < 0,01$) увеличивалось при повышении среднесуточной температуры воздуха за период кущение–колошение ($r = 0,72...0,92$). Содержание сырого протеина в зерне смешанных посевов бобовых культур с голозерным овсом составило в среднем 14,7%, ячменем 15,7%, что было на 1,6–2,7% больше в сравнении с одновидовыми посевами злаковых культур. В травосмесях с горохом белка было больше в среднем на 0,3–0,6%, чем с викой. При увеличении доли бобового компонента в смешанных посевах содержание сырого протеина в зерне повышалось на 0,4–0,7%. Влияние травосмеси на его изменчивость составило 32%, погодных условий 27%, их взаимодействия 8%.

Содержание переваримого протеина в зернофураже смешанных посевов изменялось от 98 до 116 г/к. ед. (в среднем 101–109 г/к. ед.) и было больше на 13–24%, чем в зерне злаковых культур. Содержание кормовых единиц в 1 кг корма в зерне одновидовых посевов гороха и вики составило 1,19–1,20, в зерне травосмесей бобовых культур с голозерным овсом и ячменем соответственно 1,08–1,10 и 1,14–1,16.

Таблица 3 – Питательная и биоэнергетическая ценность зерна одновидовых и смешанных посевов бобовых культур с голозерным овсом и ячменем (среднее за 2007–2010 гг. Опыт 2)

Вариант	Протеин		Выход кормовых единиц, т/га	Обменная энергия		КЭЭ
	сырой, %	переваримый, г/к. ед.		ГДж/га	МДж/кг	
Овес	13,1	92	2,11	23,7	11,4	3,2
Ячмень	13,0	84	2,24	23,9	12,1	2,7
Горох	19,6	137	2,41	26,1	13,0	2,3
Вика	20,8	150	1,18	12,8	12,9	1,5
Овес 85 + горох 25	14,6	103	2,33	25,2	11,5	3,1
Овес 75 + горох 35	15,0	105	2,87	30,7	11,7	3,5
Овес 65 + горох 45	15,3	107	2,51	25,9	11,4	2,9
Овес 70 + вика 40	13,9	102	2,59	28,5	11,6	3,6
Овес 60 + вика 50	14,4	105	2,86	30,8	11,6	4,0
Овес 50 + вика 60	14,8	104	2,47	26,4	11,5	3,6
Ячмень 85 + горох 25	15,1	101	2,71	28,8	12,2	3,1
Ячмень 75 + горох 35	15,4	105	2,80	29,5	12,0	3,1
Ячмень 65 + горох 45	16,0	105	2,60	27,5	11,9	2,9
Ячмень 70 + вика 40	15,2	101	2,71	29,2	12,1	3,4
Ячмень 60 + вика 50	15,9	103	2,73	28,2	12,0	3,5
Ячмень 50 + вика 60	16,4	109	2,88	30,1	12,0	3,5

Наибольший выход кормовых единиц (2,73–2,87 т/га) и протеина (359–396 кг/га) получен в травосмесях голозерного овса и ячменя с горохом нормой высева 75+35% и викой (60+50%).

Количество обменной энергии в зерне смешанных посевов голозерного овса и ячменя с бобовыми культурами составило 11,5–12,2 МДж/кг (25,2–30,8 ГДж/га), что свидетельствует о высоком качестве корма. Наиболее энергетически эффективными (КЭЭ = 3,1–4,0) были также травосмеси голозерного овса и ячменя с горохом (75+35%) и викой (60+50%), превысив показатели одновидовых посевов бобовых культур в 1,4–2,7 раза.

4.4. Экономическая эффективность возделывания смешанных посевов бобовых культур с голозерным овсом и ячменем на зернофураж в лесостепной зоне Западной Сибири. Экономический анализ показал, что в условиях лесостепной зоны Западной Сибири возделывание на зерно гороха и вики в смешанных посевах с голозерным овсом (75+35%) и ячменем (60+50%) в сравнении с одновидовыми посевами повышает прибыль на 10,3–18,6 тыс. руб./га, рентабельность на 72–81% при наименьшей себестоимости продукции 5,3–5,7 тыс. руб./т.

Таким образом, возделывание гороха и вики в смеси с голозерным ячменем и овсом в условиях лесостепной зоны Западной Сибири в сравнении с одновидовыми посевами формирует устойчивый к полеганию травостой, обеспечивает более стабильный и высококачественный урожай зернофуража, наибольшую прибыль и рентабельность.

ГЛАВА 5. ПРОДУКТИВНОСТЬ И КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ ЯРОВЫХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ В ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНАХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

5.1. Рост, развитие растений в яровых бобово-злаковых посевах в лесостепной и степной зонах Западной Сибири. Продолжительность вегетационного периода, полевая всхожесть семян и сохранность растений в смешанных бобово-злаковых посевах яровых культур в сравнении

с одновидовыми посевами в условиях лесостепной и степной зонах Западной Сибири изменялись незначительно. Высота растений бобовых культур в травосмесях с пленчатым ячменем, овсом и пшеницей была на 8–11 см меньше одновидовых посевов. Выявлено ярусное размещение компонентов вследствие различного габитуса бобовых и злаковых растений: в нижнем ярусе размещался злаковый компонент, в верхнем – бобовый (рисунок 11). Поэтому смешанные посевы были более устойчивы к полеганию (3,7–4,2 балла), чем одновидовые гороха и вики в лесостепной (2,0–2,1 балла), пелюшки – в степной (2,4–2,8 балла) зоне Западной Сибири.

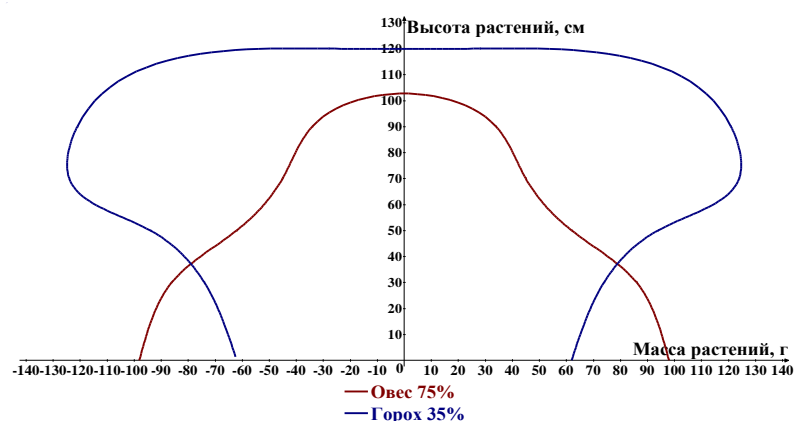


Рисунок 11 – Вертикальное распределение биомассы в смешанных посевах гороха с овсом в лесостепной зоне Западной Сибири (среднее за 2011–2015 гг.)

Наибольший вклад в изменчивость полегания посевов внесли травосмеси (65–86%). В одновидовых посевах бобовых культур выявлена отрицательная сильная ($p < 0,01$) связь балльной оценки полегания посевов с высотой растений ($r = -0,71 \dots -0,84$). Регрессионный анализ показал, что при увеличении на 20 см высоты растений (x) гороха и вики в лесостепной, пелюшки – в степной зоне Западной Сибири, полегание посевов (y) повышалось на 0,6–1,8 балла (уравнения 15–17):

$$y (\text{горох}) = -0,0290 x + 5,20, R^2 = 0,515; \quad (15)$$

$$y (\text{вика}) = -0,0913 x + 9,73, R^2 = 0,712; \quad (16)$$

$$y (\text{пелюшка}) = -0,0410 x + 5,24, R^2 = 0,563. \quad (17)$$

Рассчитанные уравнения позволяют с определенной достоверностью ($R^2 = 0,515-0,712$) прогнозировать полегание посевов гороха, вики и пелюшки в начале цветения по высоте растений. В смешанных посевах яровых бобовых и злаковых культур эта зависимость была несущественной ($p > 0,05$; $r = -0,11 \dots -0,41$). Коэффициенты детерминации свидетельствуют о том, что в лесостепной ($R^2 = 0,169$) и степной ($R^2 = 0,067$) зонах Западной Сибири влияние высоты растений на изменение полегания смешанных бобово-злаковых посевов было не более 7–17%. Это указывает на значительно большую устойчивость бобово-злаковых травосмесей к полеганию в сравнении с одновидовыми посевами бобовых культур, у которых влияние высоты растений на изменчивость их полегания было в 3–4 раза больше и составило 52–71%.

5.2. Урожайность зеленой массы и зерна яровых бобово-злаковых посевов в лесостепной и степной зонах Западной Сибири. В лесостепной зоне Западной Сибири урожайность зерна одновидовых посевов ячменя, овса, пшеницы, гороха и вики в опыте 3 (2011–2013 гг.) изменялась от 0,22 до 2,73 т/га ($V = 16–89\%$, в среднем 54%). Урожайность двух- и трехкомпонентных бобово-злаковых травосмесей варьировала менее значительно – от 0,82 до 2,74 т/га ($V = 14–43\%$, в среднем 27%) (таблица 4). Зерновая продуктивность смешанных бобово-злаковых посевов (1,74 т/га) достоверно превышала в 2,5–2,8 раза одновидовые посевы гороха и вики, в 1,5 раза пшеницы, была на уровне ячменя (1,75 т/га) и на 24% меньше овса (2,15 т/га). В среднем за годы исследований урожайность зерна двух- и трехкомпонентных травосмесей существенно не различалась (1,72–1,76 т/га). Включение пшеницы в двухкомпонентные смеси снижало зерновую продуктивность посевов в 1,7–2 раза, в трехкомпонентные на 10–21%. Доля влияния травосмеси в общей изменчивости урожайности зерна составила 43–50%, погодных условий 29–31%, взаимодействия факторов 20–25%. Оценка эффективности использования пашни *LER*) показала, что в лесостепной зоне Западной Сибири возделывание смешанных посевов гороха и вики со злаковыми культурами на зерно повышало ее продуктивность в 1,5–2,1 раза

Исследования, проведенные в 2013–2015 гг. (опыт 4), показали, что в лесостепной зоне Западной Сибири урожайность зеленой массы одновидовых посевов ячменя, овса и пшеницы составила в среднем 25,4 т/га и была меньше на 20% в сравнении с посевами гороха, на 35–43% – с двух- и трехкомпонентными бобово-злаковыми травосмесями.

Таблица 4 – Урожайность зерна одновидовых и смешанных посевов яровых бобовых и злаковых культур в лесостепной зоне Западной Сибири, т/га (Опыт 3)

Вариант	2011 г.	2012 г.	2013 г.	Среднее	V, %
Ячмень	1,51	1,02	2,72	1,75	43
Овес	2,32	1,72	2,40	2,15	16
Пшеница	0,31	0,71	2,51	1,18	89
Горох	0,82	0,83	0,22	0,62	63
Вика	1,32	0,41	0,40	0,71	60
Ячмень 75+ горох 35	2,22	0,93	2,61	1,92	43
Овес 75+ горох 35	2,61	1,52	2,34	2,16	21
Пшеница 70+ горох 40	0,82	0,93	1,54	1,10	14
Ячмень 30+ овес 30+ горох 50	1,84	1,31	2,44	1,86	26
Ячмень 30+ пшеница 30+ горох 50	1,41	0,94	2,34	1,56	39
Овес 30+ пшеница 30+ горох 50	1,81	1,34	2,23	1,79	26
Ячмень 70+ вика 40	1,80	0,91	2,14	1,62	41
Овес 60+ вика 50	2,63	1,84	2,63	2,37	17
Пшеница 70+ вика 40	1,43	1,04	1,12	1,20	16
Ячмень 30+ овес 30+ вика 50	2,02	1,22	2,74	1,99	34
Ячмень 30+ пшеница 30+ вика 50	1,90	1,05	1,92	1,62	20
Овес 30+ пшеница 30+ вика 50	1,84	1,13	2,00	1,66	25
НСР ₀₅	0,43	0,31	0,29		

Наибольшую урожайность зеленой массы (38,6 т/га) формировала горохо-овсяная (35+75%) смесь, которая превышала в 1,3–1,9 раза одновидовые посевы злаковых культур, на 21% – двухкомпонентные травосмеси, на 7% – трехкомпонентные, на 20% – четырехкомпонентные травосмеси и на 7% – одновидовые посевы гороха (таблица 5). Выявлена достоверная ($p < 0,01$) прямая связь урожайности зеленой массы травосмесей с плотностью травостоя ($r = 0,69...0,78$), долей злакового ($r = 0,86...0,92$) и бобового ($r = 0,66...0,73$) компонента. Включение в состав трехкомпонентных смесей пшеницу снижало урожайность зеленой массы на 12%. Доля влияния травосмеси в общей изменчивости урожайности зеленой массы составила 46%, погодных условий 21%, взаимодействия факторов 25%.

В лесостепной зоне Западной Сибири вегетационные периоды 2013–2015 гг. были благоприятными для роста и развития растений: урожайность зерна одновидовых посевов ячменя,

овса и пшеницы составила в среднем 2,92–3,08 т/га ($V = 20\%$), гороха – 1,40 т/га ($V = 69\%$). Наибольшую урожайность зернофуража формировала двухкомпонентная горохо-ячменная смесь (35+75%), которая была в 2,1 раза больше одновидовых посевов гороха и на 3% меньше средней урожайности злаковых культур. Включение в состав травосмесей пшеницы снижало урожайность зерна на 9–21%.

Таблица 5 – Урожайность зеленой массы и зерна одновидовых и смешанных посевов гороха со злаковыми культурами в лесостепной зоне Западной Сибири, т/га (Опыт 4)

Вариант	Урожайность зеленой массы				Урожайность зерна			
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее
Ячмень	29,6	27,6	23,5	26,8	2,70	3,07	3,07	2,94
Овес	30,4	28,6	28,0	29,0	2,40	2,46	4,38	3,08
Пшеница	19,6	20,0	22,0	20,5	2,50	2,54	3,74	2,92
Горох	44,0	25,4	38,4	36,0	0,30	1,34	2,58	1,40
Ячмень 75+ горох 35	32,4	27,6	32,0	30,7	2,60	3,21	2,86	2,89
Овес 75+ горох 35	42,0	28,8	45,6	38,6	2,30	2,62	3,04	2,65
Пшеница 70+ горох 40	43,6	28,0	28,1	33,2	1,50	2,50	2,80	2,26
Ячмень 30+ овес 30+ горох 50	44,0	30,8	37,0	37,9	2,40	2,71	2,75	2,70
Ячмень 30+ пшеница 30+ горох 50	44,9	36,4	32,5	37,2	2,30	2,77	3,05	2,62
Овес 30+ пшеница 30+ горох 50	35,6	32,6	33,1	33,6	2,20	2,46	3,03	2,56
Ячмень 20+ овес 20+ пшеница 20+ горох 50	38,4	30,8	27,8	32,2	2,30	2,48	3,02	2,60
НСР ₀₅	4,1	3,2	3,5		0,31	0,22	0,26	

Влияние травосмеси на изменчивость урожайности зерна составило 46%, погодных условий 21%, взаимодействия факторов 25%. Установлена существенная ($p < 0,01$) положительная связь урожайности зерна с плотностью травостоя ($r = 0,54...0,78$), массой 1000 зерен бобового ($r = 0,73...0,82$) и количеством зерен в колосе злакового ($r = 0,61...0,69$) компонента. Между урожайностью зерна и зеленой массы бобово-злаковых травосмесей выявлена достоверная ($p < 0,01$) прямая ($r = 0,81$) зависимость: при увеличении урожайности зеленой массы на 10 т/га урожайность зерна повышалась на 0,53 т/га (рисунок 12). Это позволяет с высокой достоверностью ($R^2 = 0,668$) прогнозировать урожайность зерна смешанных травосмесей по зеленой массе в начале цветения бобового компонента.

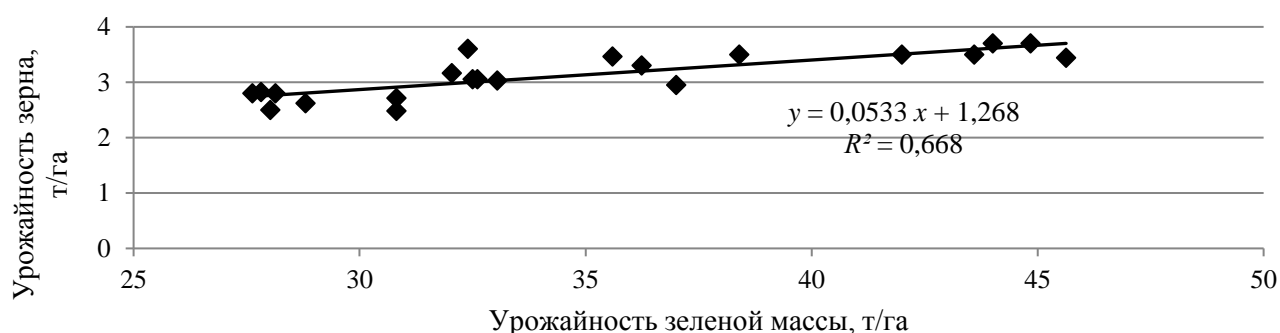


Рисунок 12 – Регрессионная зависимость урожайности зерна бобово-злаковых травосмесей (y) от урожайности зеленой массы (x) в лесостепной зоне Западной Сибири (2013–2015 гг.)

В условиях лесостепной зоны Западной Сибири в одновидовых посевах гороха и вики установлена существенная ($p < 0,01$) отрицательная связь урожайности зерна с высотой растений ($r = -0,77...-0,87$), положительная – с балльной оценкой их полегания ($r = 0,75...0,78$). Регрессионный анализ показал, что при увеличении высоты растений (x_1) на 10 см и полегания посевов в начале цветения (x_2) на 1 балл, урожайность зерна (y) снижалась на 0,6–1,5 т/га (уравнения 18–21):

$$y(\text{горох}) = -0,0626 x_1 + 8,18, R^2 = 0,607; \quad (18)$$

$$y(\text{вика}) = -0,1166 x_1 + 10,43, R^2 = 0,772; \quad (19)$$

$$y(\text{горох}) = 1,4667 x_2 - 1,80, R^2 = 0,570; \quad (20)$$

$$y(\text{вика}) = 0,7532 x_2 - 0,81, R^2 = 0,623. \quad (21)$$

В смешанных посевах гороха и вики со злаковыми культурами эти зависимости были не достоверными ($p > 0,05$; $r = -0,23 \dots -0,42$; $r = 0,29 \dots 0,47$; $R^2 = 0,057-0,230$), что свидетельствует о существенно большей их устойчивости к полеганию в сравнении с одновидовыми посевами.

Исследования по изучению одновидовых и смешанных посевов пелюшки с яровыми злаковыми культурами в степной зоне Западной Сибири в 2013–2015 гг. (опыт 5) показали, что урожайность зеленой массы одновидовых посевов ячменя в среднем составила 7,8 т/га ($V = 24\%$), пшеницы – 8,1 ($V = 33\%$), овса – 15,8 ($V = 33\%$), пелюшки – 16,1 т/га ($V = 9\%$) (таблица 6). Урожайность двухкомпонентных травосмесей изменялась от 13,9 до 16,5 т/га ($V = 28\%$) и превышала урожайность посевов пшеницы и ячменя на 6,1–7,5 т/га (78–93%), овса – на 0,7 т/га (4%). Наибольшая урожайность (16,5 т/га) получена в варианте «овес 75 + пелюшка 35». Включение в состав второго злакового компонента снижало урожайность зеленой массы на 17%, третьего – на 24%. Урожайность зеленой массы трех-и четырехкомпонентных травосмесей была больше на 52–68% одновидовых посевов ячменя и пшеницы и меньше на 21–31% посевов овса и пелюшки. Доля влияния травосмеси в общей изменчивости урожайности зеленой массы составила 45%, погодных условий 7%, взаимодействия факторов 48%.

Наблюдения за зерновой продуктивностью однолетних бобово-злаковых травостоев в степной зоне Западной Сибири показали, что урожайность зерна одновидовых посевов ячменя, овса и пшеницы составила в среднем 0,86 т/га, пелюшки – 0,88, двухкомпонентных травосмесей – 1,03, трехкомпонентных – 0,93, четырехкомпонентных травосмесей – 0,94 т/га (таблица 6). Наибольшую урожайность формировали двухкомпонентная травосмесь «овес 75 + пелюшка 40» (1,06 т/га) и одновидовые посевы овса (1,05 т/га). Доля пелюшки в урожае зерна двухкомпонентных травосмесей составила в среднем 26%, включение в состав дополнительного злакового компонента снижало ее до 19–21%.

Таблица 6 – Урожайность зеленой массы и зерна одновидовых и смешанных посевов пелюшки со злаковыми культурами в степной зоне Западной Сибири, т/га (Опыт 5)

Вариант	Урожайность зеленой массы			Урожайность зерна			
	2013 г.	2015 г.	Среднее	2013 г.	2014 г.	2015 г.	Среднее
Ячмень	6,2	9,4	7,8	0,78	0,72	0,83	0,78
Овес	11,2	20,4	15,8	1,57	0,72	0,85	1,05
Пшеница	5,8	10,3	8,1	0,80	0,70	0,73	0,74
Пелюшка	15,2	16,9	16,1	1,20	0,62	0,81	0,88
Ячмень 75+ пелюшка 35	17,0	10,7	13,9	1,38	0,73	0,74	0,95
Овес 75+ пелюшка 35	15,8	17,1	16,5	1,64	0,69	0,86	1,06
Пшеница 70+ пелюшка 40	12,0	19,1	15,6	1,55	0,70	0,72	0,99
Ячмень 30+ овес 30+ пелюшка 50	12,5	13,4	12,9	1,29	0,71	0,81	0,94
Ячмень 30+ пшеница 30+ пелюшка 50	14,2	10,4	12,3	1,23	0,68	0,76	0,89
Овес 30+ пшеница 30+ пелюшка 50	13,6	14,4	14,0	1,40	0,69	0,78	0,96
Ячмень 20+ овес 20+ пшеница 20+ пелюшка 50	12,2	12,4	12,3	1,23	0,74	0,78	0,92
НСР ₀₅	1,9	1,3		0,11	0,08	0,09	

Наибольшее влияние на изменчивость урожайности зерна в степной зоне Западной Сибири оказали погодные условия (48%), влияние травосмеси (23%) и взаимодействия факторов (12%) было также достоверно, но менее значимо. Между урожайностью зерна и зеленой массы травосмесей выявлена достоверная ($p < 0,01$) прямая ($r = 0,82$) зависимость: при увеличении урожайности биомассы на 1,0 т/га урожайность зерна повышалась на 0,08 т/га (рисунок 13).

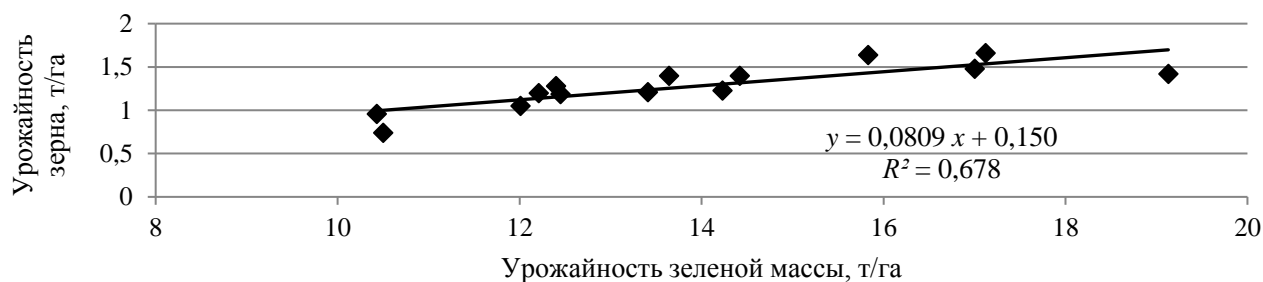


Рисунок 13 – Регрессионная зависимость урожайности зерна (у) от урожайности зеленой массы (х) бобово-злаковых травосмесей в степной зоне Западной Сибири (2013–2015 гг.)

В одновидовых посевах пелюшки установлена сильная ($p < 0,01$) обратная связь урожайности зерна с высотой растений ($r = -0,91$), прямая – с бальной оценкой их полегания ($r = 0,78$). Регрессионный анализ показал, что при уменьшении высоты растений (х) на 1 см урожайность зерна пелюшки (у) увеличивалась на 0,07 т/га (уравнение 22):

$$y = -0,0709x + 5,53, R^2 = 0,845. \quad (22)$$

По рассчитанным уравнениям можно с высокой достоверностью ($R^2 = 0,678-0,845$) прогнозировать урожайность зерна пелюшки в степной зоне Западной Сибири в начале цветения по высоте и зеленой массе растений. В смешанных посевах пелюшки со злаковыми культурами эти зависимости были не достоверными ($p > 0,05$; $r = 0,31...0,43$; $R^2 = 0,097-0,189$), что указывает на существенно большую их устойчивости к полеганию в сравнении с одновидовыми посевами.

Анализ эффективности использования пашни (LER) показал, что возделывание однолетних бобово-злаковых посевов на зерно в лесостепной и степной зонах Западной Сибири повышает продуктивность пашни в 1,4–1,7 раза.

5.3. Биохимический состав, кормовая и биоэнергетическая ценность сенажа и зернофуража яровых бобово-злаковых агрофитоценозов в лесостепной и степной зонах Западной Сибири. Биохимический анализ зерна показал, что в лесостепной зоне Западной Сибири содержание сырого протеина в зерне одновидовых посевов гороха и вики в опыте 3 (2011–2013 гг.) составило в среднем от 20,0 до 22,3%, в зерне злаковых культур – от 9,2 до 12,0% (таблицы 7).

Таблица 7 – Питательная и биоэнергетическая ценность зерна смешанных посевов бобовых и злаковых культур в лесостепной зоне Западной Сибири (среднее за 2011–2013 гг. Опыт 3)

Вариант	Протеин		Выход кормовых единиц, т/га	Обменная энергия		КЭЭ
	сырой, %	переваримый, г/к. ед.		ГДж/га	МДж/кг	
Ячмень	11,9	81	1,96	19,4	11,3	2,2
Овес	12,0	90	2,15	22,9	10,9	2,9
Пшеница	10,5	77	1,24	12,4	10,7	1,5
Горох	21,5	142	1,54	6,8	13,0	0,6
Вика	22,3	153	0,84	9,4	12,8	1,1
Ячмень 75+ горох 35	13,0	93	2,14	20,1	11,7	2,0
Овес 75+ горох 35	12,6	101	2,26	24,8	11,2	2,7
Пшеница 70+ горох 40	14,9	95	1,22	11,5	11,2	1,3
Ячмень 30+ овес 30+ горох 50	13,2	96	2,00	20,6	11,2	2,2
Ячмень 30+ пшеница 30+ горох 50	13,5	96	1,71	17,3	11,3	1,8
Овес 30+ пшеница 30+ горох 50	13,0	95	1,94	19,2	11,2	1,9
Ячмень 70+ вика 40	14,0	92	1,84	19,2	11,7	2,2
Овес 60+ вика 50	14,3	104	2,48	26,3	11,7	3,4
Пшеница 70+ вика 40	13,0	96	1,28	12,5	11,1	1,5
Ячмень 30+ овес 30+ вика 50	14,7	102	2,18	21,5	11,2	2,7
Ячмень 30+ пшеница 30+ вика 50	12,8	95	1,76	17,9	10,9	2,2
Овес 30+ пшеница 30+ вика 50	14,8	102	1,79	18,7	10,8	2,3

В зерне бобово-злаковых травосмесей этот показатель повышался в среднем на 1,8–3,1% в сравнении с одновидовыми посевами злаковых культур при достоверном снижении клетчатки на 1,3–3,0% и безазотистых экстрактивных веществ на 6,4–8,6%. Содержание сырого протеина в зерне травосмесей с викой было больше в среднем на 0,5%, чем в зерне травосмесей с горохом. Существенных отличий по содержанию сырого протеина и биохимическому составу зерна двух- и трехкомпонентных травосмесей не наблюдалось. Влияния травосмеси на изменение содержания сырого протеина в зерне составила 36–38%, погодных условий 28–30%, их взаимодействия 7%. Аналогичная закономерность отмечена и по переваримому протеину: в зерне травосмесей с викой его содержание на кормовую единицу составило в среднем 99 г, в зерне травосмесей с горохом – 96 г, что было больше, чем в зерне злаковых культур на 15 г. Наибольшее содержание переваримого протеина в кормовой единице (104 г) получено в викоовсяной смеси (50+60%). По выходу кормовых единиц (2,48 т/га), обменной энергии (26,3 ГДж/га), энергонасыщенности зерна (11,7 МДж/кг) и энергоэффективности (КЭЭ = 3,4) лучшей была также викоовсяная травосмесь (таблица 7).

Анализ питательности и биоэнергетической ценности зеленой массы выявил, что и в лесостепной и степной зонах Западной Сибири наибольшее содержание в ней сырого (12,7–12,9%) и переваримого (113–115 г/к. ед.) протеина было в вариантах с двухкомпонентными травосмесями, которые по этим показателям превышали в среднем соответственно на 2–3,5% и 12–27 г/к. ед. одновидовые посевы злаковых культур и на 0,4–0,5% и на 1–2 г/к. ед. трех- и четырехкомпонентные смеси (таблица 8).

Таблица 8 – Питательная и биоэнергетическая ценность зеленой массы одновидовых и смешанных бобово-злаковых посевов в Западной Сибири (среднее за 2013–2015 гг.)

Вариант	Протеин		Выход кормовых единиц, т/га	Обменная энергия		КЭЭ
	сырой, %	переваримый, г/к. ед.		ГДж/га	МДж/кг	
Лесостепная зона (Опыт 4)						
Пшеница	9,2	91	6,7	78,4	9,8	8,3
Овес	10,0	91	7,3	87,8	10,1	8,9
Ячмень	9,7	86	7,4	93,8	10,1	9,1
Горох	20,0	163	7,9	90,9	10,7	8,2
Ячмень 75+ горох 35	13,0	114	8,6	107,1	10,4	9,9
Овес 75+ горох 35	12,8	112	9,3	112,3	10,4	10,8
Пшеница 70+ горох 40	12,4	112	8,8	108,2	10,3	10,3
Ячмень 30+ овес 30+ горох 50	12,7	114	11,2	132,9	10,4	12,5
Ячмень 30+ пшеница 30+ горох 50	12,4	111	10,8	130,8	10,2	11,0
Овес 30+ пшеница 30+ горох 50	11,7	109	8,0	99,0	10,1	10,0
Ячмень 20+ овес 20+ пшеница 20+ горох 50	12,3	112	8,7	105	10,2	10,2
Степная зона (Опыт 5)						
Пшеница	10,0	98	2,1	25,3	10,1	3,1
Овес	10,4	98	3,7	43,8	10,2	5,2
Ячмень	10,9	103	2,4	28,6	10,2	3,4
Пелюшка	23,4	204	4,7	55,6	10,7	5,8
Ячмень 75+ пелюшка 35	12,9	114	4,4	52,0	10,4	5,6
Овес 75+ пелюшка 35	12,5	114	4,4	53,0	10,4	5,8
Пшеница 70+ пелюшка 40	13,4	116	4,1	47,8	10,4	5,2
Ячмень 30+ овес 30+ пелюшка 50	12,8	112	3,4	41,6	10,4	4,4
Ячмень 30+ пшеница 30+ пелюшка 50	12,3	115	3,9	46,4	10,3	4,9
Овес 30+ пшеница 30+ пелюшка 50	12,2	115	3,8	45,3	10,3	5,1
Ячмень 20+ овес 20+ пшеница 20+ пелюшка 50	12,5	114	3,7	45,3	10,3	5,2

Влияния травосмеси на изменение содержания сырого протеина в зеленой массе составила 36–88%, погодных условий 22–32%, их взаимодействия 5–7%. По среднему выходу кормовых единиц (10,0 т/га), обменной энергии (109 ГДж/га) и энергетической эффективности (КЭЭ = 11,2) в лесостепной зоне лучшими были трехкомпонентные травосмеси, в степной зоне –

двухкомпонентные (соответственно 4,3 т/га, 50,9 ГДж/га и КЭЭ = 5,5). Комплексная оценка показала, что наиболее питательной и биоэнергетически ценной в лесостепной зоне Западной Сибири была зеленая масса трехкомпонентной травосмеси «ячмень 30 + овес 30 + горох 50», в степной зоне – двухкомпонентная «овес 75 + пелюшка 35» (таблица 8). Качество сенажа, приготовленного из зеленой массы двух- и трехкомпонентных травосмесей, выращенных в лесостепной и степной зонах, соответствует I классу.

В результате биохимического анализа и оценки питательности зернофуража, выращенного в лесостепной и степной зонах Западной Сибири в опытах 4 и 5 в 2013–2015 гг., установлено, что содержание сырого и переваримого протеина в зерне смешанных бобово-злаковых посевов изменялось в среднем от 13,3 до 13,6%, переваримого протеина – от 98 до 101 г/к. ед., что было больше одновидовых посевов злаковых культур на 2,1–3,1% и на 13–26 г/к. ед. Количество обменной энергии по вариантам опыта изменялась незначительно – от 25,9 до 32,9 ГДж/га и от 10,9 до 11,4 МДж/кг. Влияние травосмеси на изменчивость содержания протеина в зерне составило 35–45%, погодных условий 20–33, их взаимодействия 7–8% (таблица 9).

Таблица 9 – Питательная и биоэнергетическая ценность зерна одновидовых и смешанных бобово-злаковых посевов в Западной Сибири (среднее за 2013–2015 гг.)

Вариант	Протеин		Выход кормовых единиц, т/га	Обменная энергия		КЭЭ
	сырой, %	переваримый, г/к. ед.		ГДж/га	МДж/кг	
Лесостепная зона (Опыт 4)						
Пшеница	10,5	75	3,10	30,9	10,6	3,8
Овес	11,2	84	3,08	33,3	10,3	4,2
Ячмень	11,2	78	3,31	33,2	11,3	3,7
Горох	21,0	146	2,45	18,6	13,3	1,6
Ячмень 75+горох 35	12,9	99	3,22	32,9	11,4	3,4
Овес 75+горох 35	13,0	100	2,73	29,6	11,2	3,3
Пшеница 70+горох 40	13,9	101	2,51	25,0	11,1	2,9
Ячмень 30+ овес 30+ горох 50	13,8	101	2,85	30,1	11,1	3,2
Ячмень 30+ пшеница 30+ горох 50	13,6	98	3,00	29,3	11,2	3,0
Овес 30+ пшеница 30+ горох 50	13,2	96	2,80	27,6	10,8	2,9
Ячмень 20+ овес 20+ пшеница 20+ горох 50	13,5	97	2,85	28,3	10,9	3,3
Степная зона (Опыт 5)						
Пшеница	13,0	87,	7,9	8,2	10,6	1,2
Овес	12,2	90,	10,5	11,4	10,8	1,5
Ячмень	12,7	81	8,8	9,2	11,3	1,3
Пелюшка	25,3	170	10,4	11,0	13,3	1,2
Ячмень 75+ пелюшка 35	13,6	101	10,8	11,8	11,4	1,3
Овес 75+ пелюшка 35	13,1	102	11,0	12,5	11,2	1,5
Пшеница 70+ пелюшка 40	13,5	101	10,7	11,8	11,1	1,3
Ячмень 30+ овес 30+ пелюшка 50	13,5	98	10,1	11,0	11,1	1,3
Ячмень 30+ пшеница 30+ пелюшка 50	14,1	99	9,8	10,4	11,2	1,3
Овес 30+ пшеница 30+ пелюшка 50	13,2	98	10,1	14,2	10,8	1,3
Ячмень 20+ овес 20+ пшеница 20+ пелюшка 50	13,6	99	9,9	10,5	11,6	1,3
Примечание – Доля влияния факторов и их взаимодействия на содержание сырого протеина (%): травосмесь 45-35, год 20-33, травосмесь × год 7-8.						

5.4. Экономическая эффективность возделывания яровых бобово-злаковых агрофитоценозов на корм в лесостепной и степной зонах Западной Сибири. Анализ экономической эффективности показал, что в лесостепной зоне Западной Сибири при возделывании на зеленую массу наибольший условно чистый доход (12,6–19,6 тыс. руб./га и 27,3–35,4 тыс. руб./га соответственно) и уровень рентабельности (144% и 184–230%) обеспечивали двухкомпонентные смеси овса или ячменя с горохом нормой высева 75+35% и трехкомпонентные смеси ячменя с горохом (или викой) и овсом (30+50+30%). В степной зоне Западной Сибири при

возделывании на зеленую массу максимальную прибыль (5740 руб./га) и рентабельность (40%) формировали смешанные посевы овса с пелюшкой (75+35%). При уборке на зерно наиболее экономически целесообразна также травосмесь овса с пелюшкой.

Таким образом, возделывание яровых бобово-злаковых травосмесей в условиях лесостепной и степной зон Западной Сибири в сравнении с одновидовыми посевами формирует устойчивый к полеганию травостой, обеспечивает более стабильный и высококачественный урожай зеленой массы и зернофуража, наибольшую прибыль и рентабельность.

ГЛАВА 6. РОСТ, РАЗВИТИЕ, ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ И КАЧЕСТВО КОРМОВОГО СЫРЬЯ ОЗИМЫХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

6.1. Рост, развитие растений в озимых бобово-злаковых агрофитоценозах в лесостепной зоне Западной Сибири. Возделывание озимых бобовых и злаковых культур в смешанных посевах (опыт 6) не оказало значительного влияния на полевую всхожесть семян, продолжительность

вегетационного периода и сохранность растений в сравнении с одновидовыми посевами. Отмечено существенное изменение высоты растений озимой вики, которая в смешанных посевах с озимой рожью и тритикале уменьшалась на 12–18 см. Установлено, что, как и в яровых бобово-злаковых агрофитоценозах, распределение биомассы растений по вертикальному профилю в смешанных бобово-злаковых посевах озимых культур было более равномерное, чем в одновидовых посевах: в нижнем ярусе преобладал злаковый компонент, в верхнем – бобовый (рисунки 14, 15). Такая архитектура распределения биомассы по вертикальному профилю способствовала

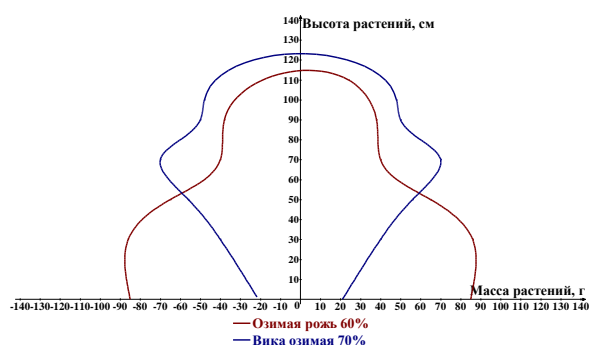


Рисунок 14 – Вертикальное распределение биомассы смешанных посевов озимой ржи с озимой викой (среднее за 2016–2019 гг.)

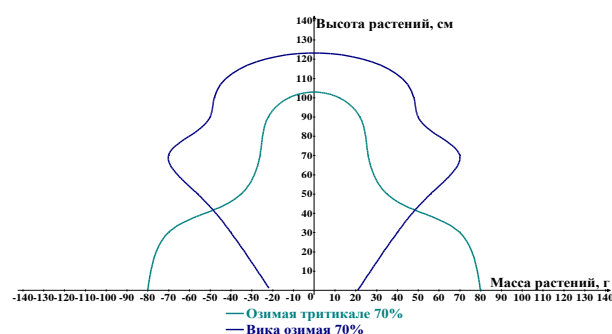


Рисунок 15 – Вертикальное распределение биомассы смешанных посевов озимой тритикале с озимой викой (среднее за 2016–2019 гг.)

формированию устойчивого к полеганию травостоя. Поэтому во все годы исследований полегание смешанных посевов озимой вики с рожью и тритикале было слабым (3,5–3,9 балла), в то время как одновидовые посевы озимой вики полегали в сильной степени (1,2–2,1 балла), что препятствовало механизированной уборке.

Выявлена обратная достоверная ($p < 0,01$) связь между балльной оценкой полегания одновидовых посевов озимой вики к уборке и высотой растений в начале цветения ($r = -0,79$). В травосмесях озимой вики с озимой рожью и тритикале эта зависимость была слабой ($r = -0,30 \dots -0,34$), не существенной ($p > 0,05$). Регрессионный анализ показал, что при увеличении высоты растений озимой вики (x) на 20 см полегание (y) одновидовых ее посевов увеличивалось на 1 балл, смешанных с озимой рожью и тритикале посевов – всего на 0,2 балла (уравнения 22–24):

$$y \text{ (озимая вика)} = -0,0514x + 6,73, R^2 = 0,624; \quad (22)$$

$$y \text{ (озимая вика + озимая рожь)} = -0,0085x + 4,32, R^2 = 0,093; \quad (23)$$

$$y \text{ (озимая вика + озимое тритикале)} = -0,0103x + 4,60, R^2 = 0,119. \quad (24)$$

Приведенные уравнения свидетельствуют о существенно большей устойчивости к полеганию озимых бобово-злаковых травостоев в сравнении с одновидовыми посевами озимой вики. Влияние травосмесей на изменчивость показателей было наибольшим и составило 69–74%.

6.2. Урожайность озимых бобово-злаковых агрофитоценозов при возделывании на корм в лесостепной зоне Западной Сибири. В среднем за годы исследований, независимо от срока посева, наибольшую урожайность зеленой массы (47,0–50,0 т/га) формировали смешанные посевы озимой тритикале с озимой викой (60+70%), которая была достоверно больше на 47–88% смесей с озимой рожью, в 1,6–2,1 и 2,2–2,4 раза – одновидовых посевов озимой ржи и вики, на 11–25% – озимой тритикале (таблица 10). Выращивание смесей злаковых и бобовых озимых культур на зеленую массу повышало продуктивность пашни на 35–43% в сравнении с одновидовыми посевами. При посеве в I декаде сентября урожайность зеленой массы смешанных посевов озимой вики с озимой рожью снижалась в сравнении с посевами III декады августа в среднем на 30% (с 32,3 до 24,8 т/га), с озимой тритикале – на 2% (с 47,6 до 46,6 т/га). При увеличении нормы высева озимой вики до 80% доля бобового компонента в урожае возрастала до 26%, но общая урожайность зеленой массы снижалась в среднем на 5%. Доля влияния смеси в изменчивости урожайности зеленой массы составила 89%, срока посева – 5%. Корреляционный анализ показал достоверную ($p < 0,01$) прямую связь урожайности зеленой массы с высотой растений озимой вики ($r = \dots$), густотой стеблестоя ($r = 0,72 \dots 0,78$), продуктивной кустистостью ($r = 0,69 \dots 0,81$), долей злакового ($r = 0,81 \dots 0,97$) и бобового ($r = 0,59 \dots 0,62$) компонентов в урожае. Вклад смеси в изменчивость урожайности зеленой массы составил 89%, срока посева 5%.

Таблица 10 – Урожайность зеленой массы и зерна смешанных посевов озимых бобовых и злаковых культур в лесостепной зоне Западной Сибири, т/га (опыт 6)

Вариант	Урожайность зеленой массы					Урожайность зерна				
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее
Посев в III декаде августа										
Озимая рожь	9,93	49,7	34,5	32,1	31,5	2,21	3,21	4,37	5,08	3,71
Озимое тритикале	57,2	55,4	35,3	33,0	45,2	5,40	3,30	7,54	5,57	4,75
Озимая вика	15,0	28,6	23,8	23,0	22,6	0,66	0,95	0,65	0,05	0,87
Рожь 60+ вика 60	26,0	50,9	29,9	29,0	33,9	2,77	2,73	4,15	5,14	3,69
Рожь 60+ вика 70	18,0	41,1	35,3	35,0	32,3	2,62	2,81	4,85	5,33	3,90
Рожь 60+ вика 80	18,4	42,3	30,2	31,3	30,6	2,72	2,41	4,95	5,00	3,77
Тритикале 60+ вика 60	67,6	43,8	42,6	24,6	44,6	5,32	2,92	7,04	4,19	4,86
Тритикале 60+ вика 70	73,9	54,5	45,8	26,0	50,0	5,23	2,76	6,77	3,49	4,76
Тритикале 60+ вика 80	81,6	45,5	43,7	22,0	48,2	4,40	2,49	6,14	2,53	3,89
Посев в I декаде сентября										
Озимая рожь	6,24	40,4	29,5	15,5	22,9	2,12	3,46	4,41	2,02	3,00
Озимое тритикале	42,0	49,1	38,4	20,5	37,5	5,83	3,64	6,85	2,13	4,30
Озимая вика	22,2	27,7	14,9	14,6	19,9	0,69	1,37	0,52	1,06	0,78
Рожь 60+ вика 60	18,1	26,9	32,9	14,9	23,2	2,70	3,37	3,80	3,32	3,29
Рожь 60+ вика 70	20,4	33,5	30,0	20,2	26,0	2,59	3,53	3,98	3,21	3,33
Рожь 60+ вика 80	17,5	35,7	30,3	17,9	25,3	2,76	2,92	3,47	3,42	3,14
Тритикале 60+ вика 60	87,0	38,4	37,2	22,6	46,3	5,48	4,48	5,73	2,20	4,47
Тритикале 60+ вика 70	81,1	43,7	36,7	26,5	47,0	5,43	4,18	5,50	2,12	4,30
Тритикале 60+ вика 80	85,6	42,0	40,0	18,3	46,5	5,23	3,65	5,40	1,78	4,01
НСР ₀₅	2,9	3,8	4,5	2,7		1,91	1,22	1,67	0,98	

Максимальную урожайность зерна в опыте (4,47–4,86 т/га) формировали смешанные посевы озимой тритикале с озимой викой (60+60%), которая была достоверно больше на 19–31% смесей с Максимальную урожайность зерна в опыте (4,47–4,86 т/га) формировали смешанные посевы озимой тритикале с озимой викой (60+60%), которая была достоверно больше на 19–31% смесей с озимой рожью, в 1,3–1,5 и 5,6–5,7 раза одновидовых посевов озимой ржи и вики,

несущественно на 2–4% – озимой тритикале (таблица 10). Выращивание смесей злаковых и бобовых озимых культур на зернофураж повышало продуктивность пашни на 16–91% в сравнении с одновидовыми посевами. При посеве в I декаде сентября урожайность зерна смешанных посевов озимой вики с озимой рожью снижалась в сравнении с посевами III декады августа в среднем на 17% (с 3,79 до 3,25 т/га), с озимой тритикале на 6% (с 4,50 до 4,26 т/га). При увеличении нормы высева озимой вики до 80% доля бобового компонента в урожае возрастала до 18–22%, но общая урожайность зерна снижалась в среднем на 11%. В смесях озимой вики с озимой тритикале доля бобовой культуры в урожае зерна достигала 0,64–0,86 т/га (13–15%) и находилась на уровне одновидового посева озимой вики. Вклад травосмеси в общую изменчивость урожайности зерна составил 93%, срока посева 2%. Выявлена сильная ($p < 0,01$) прямая связь ($r = 0,84$) урожайности зерна бобово-злаковых посевов озимых культур с урожайностью зеленой массы: при увеличении на 10 т/га зеленой массы в фазе цветения урожайность зерна повышалась на 0,57 т/га ($R^2 = 0,701$).

В одновидовых посевах озимой вики наблюдалась существенная ($p < 0,01$) отрицательная связь урожайности зерна с высотой растений ($r = -0,85$), положительная – с бальной оценкой их полегания ($r = 0,82$). Регрессионный анализ показал, что при увеличении высоты растений озимой вики (x_1) на 10 см и полегания (x_2) в фазе цветения на 1 балл, урожайность зерна (y) снижалась на 0,6–0,8 т/га (уравнения 11,12):

$$y(\text{вика}) = -0,0699 x_1 + 7,75, R^2 = 0,732; \quad (11)$$

$$y(\text{вика}) = 0,8003 x_2 - 0,51, R^2 = 0,684.$$

По рассчитанным уравнениям можно с определенной достоверностью ($R^2 = 0,68–0,73$) прогнозировать урожайность зерна одновидовых посевов вики по высоте и полеганию растений в начале цветения. В смешанных посевах озимой вики с озимой рожью и тритикале эти зависимости ($r = 0,28...0,35$) были не достоверными ($p > 0,05$), что указывает на существенно большую их устойчивость к полеганию в сравнении с одновидовыми посевами (уравнения 16–17, рисунки...).

$$y(\text{вика} + \text{рожь}) = -0,0589 x_1 + 8,46, R^2 = 0,084; \quad (13)$$

$$y(\text{вика} + \text{тритикале}) = -0,1206 x_1 + 15,00, R^2 = 0,125; \quad (14)$$

$$y(\text{вика} + \text{рожь}) = 1,8864 x_2 - 3,28, R^2 = 0,079; \quad (15)$$

$$y(\text{вика} + \text{тритикале}) = 4,1489 x_2 - 10,85, R^2 = 0,794. \quad (16)$$

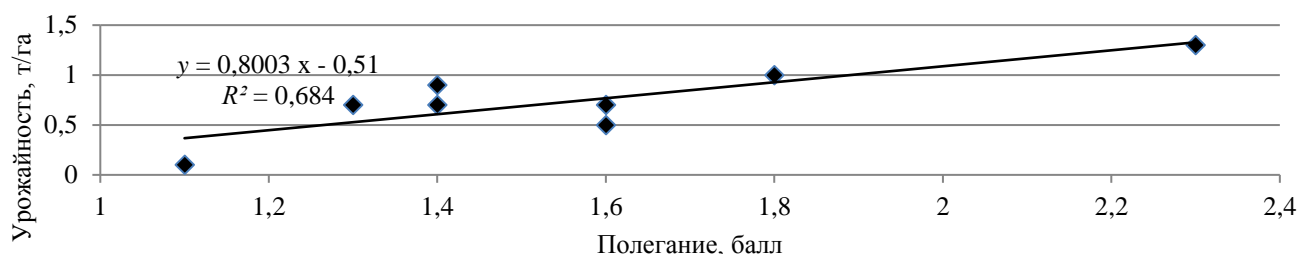


Рисунок 16 – Точечный график и теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью зерна (y) и полеганием в фазе цветения (x) одновидовых посевов озимой вики в лесостепной зоне Западной Сибири (2016–2019 гг.)

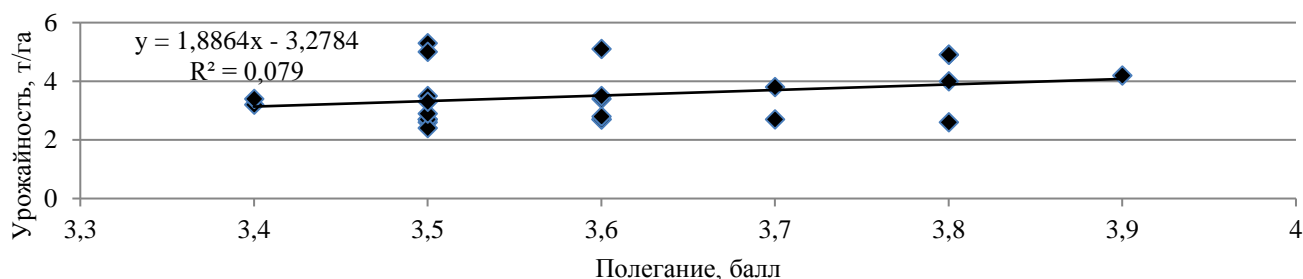


Рисунок 17 – Точечный график и теоретическая линия регрессии при прямолинейной корреляции между урожайностью зерна (y) и полеганием в фазе цветения (x) смешанных посевов озимой вики с озимой рожью в лесостепной зоне Западной Сибири (2016–2019 гг.)

6.3. Биохимический состав, питательная и биоэнергетическая ценность корма озимых бобово-злаковых агрофитоценозов в лесостепной зоне Западной Сибири. В среднем за годы исследований бобово-злаковые смеси озимых культур в сравнении с одновидовыми посевами озимой ржи и тритикале снижали в зеленой массе уровень сырой клетчатки на 4 %, повышали содержание сырого жира на 8 %, сырого протеина на 1,8–2,7% (до 12,0–12,5%), переваримого протеина на 21–26 г/к. ед. (до 113–117 г/к. ед.), выход кормовых единиц на 0,5–1,5 т/га (до 5,9–10,6 т/га) (таблица 11). Выход, содержание обменной энергии в зеленой массе и коэффициент энергетической эффективности одновидовых и смешанных посевов изменялись менее значительно, однако, при посеве в I декаде сентября, в сравнении с посевами III декады августа, эти показатели снижались в одновидовых посевах в среднем на 21–32%, в смесях озимой вики с озимой рожью на 24–26%, с озимой тритикале – на 10–12%. Выход кормовых единиц и энергонасыщенность зеленой массы смесей озимой вики с озимой тритикале превышали смеси с озимой рожью в среднем на 43%. Наиболее сбалансированными по питательности и энергетическому потенциалу зеленой массы были смешанные посевы озимой тритикале с озимой викой, посеянные в III декаде августа нормой высева 60+70% от рекомендованной для одновидовых посевов. Силос, приготовленный из такой зеленой массы, характеризовался высоким содержанием сырого протеина, кормовых единиц, обменной энергии и соответствовал I классу.

Таблица 11 – Питательная и биоэнергетическая ценность зеленой массы и зерна одновидовых и смешанных посевов озимых бобовых и злаковых культур в лесостепной зоне Западной Сибири (среднее за 2016–2019 гг. Опыт 6)

Вариант	Посев в III декаде августа						Посев в I декаде сентября					
	Сырой протеин, %	Переваримый протеин, г/к.ед.	Выход кормовых единиц, т/га.	Обменная энергия, ГДж/га	Обменная энергия, МДж/кг	КЭЭ	Сырой протеин, %	Переваримый протеин, г/к.ед.	Выход кормовых единиц, т/га.	Обменная энергия, ГДж/га	Обменная энергия, МДж/кг	КЭЭ
Зеленая масса												
Озимая рожь	9,6	91	7,0	91	9,8	12,3	9,4	90	5,3	73	9,7	9,9
Озимое тритикале	10,7	93	10,1	124	10,0	14,6	10,3	91	7,9	97	10,0	11,4
Озимая вика	19,2	175	3,9	46	10,5	6,3	19,0	169	3,2	38	10,5	5,2
Рожь 60+ вика 60	11,7	110	7,4	90	10,1	11,3	11,5	111	5,6	69	10,0	8,8
Рожь 60+ вика 70	12,0	117	7,6	92	10,2	11,5	11,7	113	5,9	72	10,0	9,0
Рожь 60+ вика 80	12,3	112	6,7	81	10,1	9,8	12,0	111	5,7	70	10,0	8,5
Тритикале 60+ вика 60	11,9	113	9,5	115	10,2	13,5	11,5	111	9,4	114	10,1	13,6
Тритикале 60+ вика 70	12,4	111	10,6	129	10,2	14,7	12,4	113	8,8	107	10,1	12,2
Тритикале 60+ вика 80	12,5	114	10,4	124	10,2	13,8	12,5	113	9,1	110	10,1	12,4
Зерно												
Озимая рожь	10,2	82	3,9	41	11,1	5,1	9,9	82	3,2	33	11,1	4,1
Озимое тритикале	11,5	85	5,7	54	11,4	5,8	11,2	84	5,1	49	11,3	5,3
Озимая вика	23,4	176	0,7	12	13,4	1,3	22,7	175	1,1	10	13,2	1,2
Рожь 60+ вика 60	12,6	99	4,0	48	12,9	5,0	11,7	97	3,5	39	11,8	4,4
Рожь 60+ вика 70	12,9	101	4,1	51	13,2	5,0	11,5	95	3,6	40	11,9	4,3
Рожь 60+ вика 80	13,4	103	4,2	50	13,3	4,8	12,1	99	3,4	37	11,9	3,9
Тритикале 60+ вика 60	12,5	97	5,8	63	12,9	6,1	12,2	94	5,3	57	12,8	5,6
Тритикале 60+ вика 70	13,2	99	5,4	62	13,1	6,0	12,4	95	5,3	56	12,9	5,2
Тритикале 60+ вика 80	14,4	105	4,6	52	13,4	4,6	12,5	96	4,8	52	12,9	4,7

Во все сроки посева возделывание бобово-злаковых смесей озимых культур на зернофураж в сравнении с одновидовыми посевами озимой ржи и тритикале повышало содержание в зерне

сырого жира на 1,4–2,6 %, сырого протеина на 1,3–2,8% (до 12,1–14,4%), переваримого протеина на 12–21 г/к. ед. (до 96–105 г/к. ед.), выход кормовых единиц на 0,1–0,4 т/га (до 3,6–5,8 т/га), выход обменной энергии на 16–24% (до 40–63 ГДж/га), содержание обменной энергии на 7–21% (до 11,9–13,3 МДж/кг), коэффициент энергетической эффективности с 4,1–5,8 до 4,4–6,1.

Выход кормовых единиц и обменной энергии зерна с 1 га смешанных посевов озимой вики с озимой тритикале превышал смеси с озимой рожью в среднем по срокам посева на 26%. При посеве в III декаде августа показатели питательной и биоэнергетической ценности зерна смесей озимой вики с озимой рожью и тритикале были выше в среднем на 6–13%, чем при посеве в I декаде сентября. Наиболее сбалансированными по питательности и энергетическому потенциалу зерна оказались смешанные посевы озимой тритикале с озимой викой, посеянные в III декаде августа нормой высева 60+70% от рекомендованной для одновидовых посевов.

6.4. Экономическая эффективность возделывания озимых бобово-злаковых агрофитоценозов на кормовые цели в лесостепной зоне Западной Сибири. При возделывании бобово-злаковых травосмесей озимых культур на зеленую массу и зерно наибольший условно чистый доход (20,5–22,1 тыс. руб./га) и рентабельность (157–172%) с наименьшей себестоимостью продукции (1270–2380 руб./т к. ед.) получены при посеве в III декаде августа озимой тритикале и ее смеси с озимой викой нормой высева 60+60%. Посев в I декаде сентября снижал прибыль и рентабельность смешанных посевов с тритикале на 8–22%, с рожью – соответственно в 2,3–4,6 раза и на 85%. Прибыль и рентабельность смешанных посевов озимой вики с озимой рожью в сравнении со смесями с озимой тритикале при посеве в III декаде августа были меньше на 33–49%, при посеве в I декаде сентября – в 2,8–5,9 раза. Возделывание одновидовых посевов озимой ржи на зеленую массу и зерно снижало прибыль (11,3 тыс. руб./га) и рентабельность (89–92%) в 1,8–1,9 раза в сравнении с посевами озимой тритикале и бобово-злаковыми агрофитоценозами. Выращивание озимой вики в условиях лесостепной зоны Западной Сибири из-за низкой урожайности было нерентабельно.

Таким образом, возделывание озимых бобово-злаковых агрофитоценозов на зеленую массу и зернофураж в условиях лесостепной зоны Западной Сибири в сравнении с одновидовыми посевами формирует устойчивый к полеганию травостой, обеспечивает более стабильный и высококачественный урожай зернофуража, наибольшую прибыль и рентабельность.

ГЛАВА 7. ВЛИЯНИЕ ЭНДОФИТНОГО ГРИБА *METARHIZIUM ROBERTSII* L. НА РОСТ, РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ, УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА КОРМОВЫХ БОБОВ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

7.1. Рост, развитие растений кормовых бобов в зависимости от предпосевной обработки семян суспензией конидий штамма P-72 *M. robertsii* в лесостепной зоне Западной Сибири. Установлено, что в условиях лесостепной зоны Западной Сибири обработка семян кормовых бобов перед посевом суспензией конидий штамма P-72 *M. robertsii* в сравнении с контролем увеличивала на 3–5 дней продолжительность вегетационного периода, достоверно повышала высоту растений на 3,9 см ($p = 0,010–0,002$), их зеленую массу на 5,3 г ($p = 0,0128–0,0004$), способствовала более мощному развитию корневой системы, увеличивала ее массу на 13–23% ($p = 0,0003–0,0001$) и активность симбиотической деятельности в 1,5–2 раза. Вклад обработки семян эндофитным грибом в общую изменчивость показателей составил 42–72%, погодных условий – 12–35%.

В опытных образцах ризосферной почвы, отобранных в фазе 5–6 листьев растений, грибы *M. robertsii* в годы исследований выявлялись в количестве от 128 до 780 КОЕ/г сухой почвы. Колонизация *M. robertsii* внутренних тканей корней и стеблей кормовых бобов в варианте с предпосевной обработкой семян составляла 18–36% (в контроле 0–8% метаризий-положительных растений) при низкой встречаемости в листьях. В более поздние фазы уровень колонизации снижался до контрольных значений. Это свидетельствует о том, что эндофитный гриб *M. robertsii* не распространяется высоко по растению и более активен в первую половину вегетации.

7.2. Урожайность зерна кормовых бобов в зависимости от предпосевной обработки семян суспензией конидий штамма Р-72 *M. robertsii* в лесостепной зоне Западной Сибири. Обработка семян кормовых бобов перед посевом суспензией конидий штамма Р-72 *M. robertsii* во все годы исследований достоверно увеличивала массу 1000 зерен на 4–19% (в среднем на 8%) и урожайность зерна кормовых бобов на 9–45% (в среднем на 15%) (таблица 12). Наибольший вклад в изменчивость показателей внесла обработка семян эндофитным грибом (42–72%), влияние погодных условий составило 12–35%.

7.3. Влияние предпосевной обработки семян кормовых бобов эндофитным грибом *M. robertsii* на биохимический состав и питательность зерна, биоэнергетическую и экономическую эффективность возделывания в лесостепной зоне Западной Сибири. Установлено, что обработка семян кормовых бобов перед посевом суспензией конидий штамма Р-72 *M. robertsii* в сравнении с контролем повышала на 1,1% содержание сырого протеина в зерне, на 8% жира и клетчатки, на 8%.

Таблица 12 – Влияние предпосевной обработки семян суспензией конидий штамма Р-72 эндофитного гриба *M. robertsii* на массу 1000 зерен и урожайность зерна кормовых бобов (опыт 7)

Вариант	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее
Масса 1000 зерен, г					
Контроль	300,0	355,1	408,0	265,7	332,2
<i>M. robertsii</i>	325,0	375,2	425,0	314,8	360,0
НСР ₀₅	8,0	6,8	4,5	12,9	
Урожайность зерна, т/га					
Контроль	1,69	2,08	1,85	0,38	1,50
<i>M. robertsii</i>	1,89	2,27	2,14	0,55	1,72
НСР ₀₅	0,13	0,15	0,14	0,13	

При этом условно чистый доход и рентабельность производства увеличивались на 11–17%, себестоимость зерна уменьшалась на 4%. Наибольший вклад (42–72%) в изменчивость показателей внесла обработка семян эндофитным грибом, влияние погодных условий составило 12–35%.

Таким образом, предпосевная обработка семян кормовых бобов суспензией конидий штамма Р-72 эндофитного гриба *M. robertsii* в условиях лесостепной зоны Западной Сибири увеличивает количество клубеньков на корнях, стимулирует рост и развитие растений, повышает урожайность, питательность зерна и рентабельность его производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе исследований, проведенных в 2001–2023 гг. на черноземе выщелоченном среднесуглинистом в лесостепной и на черноземе южном солонцеватом легкосуглинистом в степной зоне Западной Сибири по изучению агротехнологических приемов возделывания одновидовых и смешанных посевов яровых и озимых бобовых и злаковых культур, сформулированы следующие выводы.

1. В лесостепной зоне Западной Сибири в период с 1970 по 2022 г. среднегодовая температура воздуха увеличилась на 2,1 °С, сумма среднесуточных температур за период вегетации на 141 °С, его продолжительность на 16 суток, усилилась засушливость вегетационного периода. Доля влияния погодных условий в изменчивости урожайности зернофуражных и бобовых культур в регионе составляет 47–58%. Наибольшую урожайность зерна яровые бобово-злаковые травосмеси формируют при посеве в период с 5 по 15 мая.

2. В условиях Западной Сибири возделывание бобовых (горох, вика, пелюшка) в смеси со злаковыми яровыми (пленчатые и голозерные овес и ячмень) и озимыми (рожь, тритикале) культурами в сравнении с одновидовыми посевами обеспечивает более оптимальное распределение биомассы компонентов по вертикальному профилю, достоверно повышает

устойчивость травостоя к полеганию, формирует высокий, стабильный и качественный урожай зеленой массы и зерна.

3. Возделывание в Западной Сибири смешанных посевов яровых и озимых бобовых и злаковых культур на кормовые цели повышает биологическую эффективность пашни при возделывании на зеленую массу и на зерно до 1,1–1,8, содержание переваримого протеина до 111–117 г/к. ед. в зеленой массе и до 101–114 г/к. ед. в зерне, обменную энергию до 10,2–10,4 МДж/кг в зеленой массе и до 11,3–12,5 МДж/кг в зерне, снижает полегание посевов на 2,2–2,5 балла и повышает урожайность в 1,4–2,3 раза в сравнении с одновидовыми посевами.

4. В лесостепной зоне Западной Сибири максимальный сбор сухого вещества (10,8–13,2 т/га) и кормовых единиц (9,3–11,2 т/га) формируют смешанные посевы овса с горохом (75+35%) и ячменя с горохом и овсом (30+50+30%) с содержанием сырого протеина 12,8%, клетчатки 25,6–26,2%, обменной энергии 10,4 МДж/кг (107–133 ГДж/га), энергетической эффективностью до 12,5, прибылью 27,3–35,4 тыс. руб./га и рентабельностью 184–230%.

5. В степной зоне Западной Сибири наибольшую урожайность зеленой массы (15,5–16,4 т/га), максимальный сбор сухого вещества (5,1 т/га) и кормовых единиц (4,4 т/га), а также заготовку сенажа I класса, обеспечивают смешанные посевы овса с пелюшкой (75+35%) с содержанием сырого протеина 12,5–12,9%, обменной энергии 10,4 МДж/кг (53 ГДж/га), энергетической эффективностью 5,6, прибылью 5,7 тыс. руб./га, рентабельностью 40%.

6. Максимальную урожайность зеленой массы озимых культур в лесостепной зоне Западной Сибири (32,3–50,0 т/га), наибольший сбор сухого вещества (12,7 т/га) и выход кормовых единиц (10,6 т/га) с содержанием сырого протеина 12,4%, обменной энергии 10,2 МДж/кг (129 ГДж/га), энергетической эффективностью 14,7, прибылью 18,3 тыс. руб./га, рентабельностью 157% формирует травосмесь тритикале с викой (60+70%) при посеве в III декаде августа. Включение в состав травосмеси озимой ржи снижает продуктивность посевов.

7. При возделывании в лесостепной зоне Западной Сибири голозерных сортов овса и ячменя на корм наибольшую урожайность зерна (2,60–2,64 т/га) обеспечивают смешанные посевы с горохом (75+35%) или викой (60+50%) с содержанием сырого протеина 13,9–16,4%, кормовых единиц 1,09–1,15, обменной энергии 11,6–12,1 МДж/кг (28–31 ГДж/га), энергетической эффективностью 3,5–4, прибылью до 18,6 тыс. руб./га, уровнем рентабельности до 122%.

8. При возделывании в лесостепи Западной Сибири пленчатых сортов зерновых культур на корм наибольшую урожайность зерна в лесостепной зоне Западной Сибири (2,21–2,31 т/га) формируют двухкомпонентные смеси овса и ячменя с горохом (75+35%) и овса с викой (60+50%) с содержанием сырого протеина 12,6–13,0%, обменной энергии 11,2–11,4 МДж/кг (30–33 ГДж/га), энергетической эффективностью 3,3, прибылью ... тыс. руб./га и рентабельностью ...%. При насыщении травосмесей второй зернофуражной культурой их питательность изменялась незначительно. Включение в состав травосмеси пшеницы снижает продуктивность посевов.

9. В степной зоне Западной Сибири наибольшую урожайность зерна (1,06 т/га) смешанных посевов яровых зерновых и бобовых культур обеспечивает двухкомпонентная смесь овса с пелюшкой (75+35%) с содержанием сырого протеина 13,1%, обменной энергии 11,8 МДж/кг (12,5 ГДж/га), энергетической эффективностью 1,5.

10. В лесостепной зоне Западной Сибири наибольшую урожайность зерна смешанных посевов зерновых и бобовых озимых культур (4,86 т/га) с содержанием сырого протеина 13,2%, кормовых единиц 5,4 т/га, энергетической насыщенностью 13,2 МДж/кг (62 ГДж/га), энергетической эффективностью до 6,0, прибылью 18,1 тыс. руб./га и рентабельностью 144% обеспечивает травосмесь озимой тритикале с озимой викой (60+50%) при посеве в III декаде августа. Включение в состав озимой ржи существенно снижает продуктивность посевов.

11. В лесостепной зоне Западной Сибири большое влияние на продуктивность однолетних бобово-злаковых агрофитоценозов в годы с умеренным увлажнением оказывают осадки периода кушение-колошение ($r = 0,73...0,83$), в засушливые годы – периода цветение-образование бобов ($r = 0,84...0,98$). В степной зоне ключевым фактором в формировании продуктивности бобово-злаковых агрофитоценозов являются осадки вегетационного периода ($r = 0,86$).

12. Предпосевная обработка семян кормовых бобов суспензией конидий штамма Р-72 эндофитного гриба *M. robertsii* в условиях лесостепной зоны Западной Сибири увеличивает количество клубеньков на корнях в 1,5–2 раза, высоту, массу растений и корней на 14–23%, урожайность зерна на 15%, содержание сырого протеина на 1,1%, жира и клетчатки на 8%, условно чистый доход и рентабельность на 11–17%, снижает себестоимость зерна на 4%. Вклад обработки семян в изменчивость показателей составил 42–72%, погодных условий 12–35%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В условиях лесостепной зоны Западной Сибири для создания высокопродуктивных бобово-злаковых агрофитоценозов и получения высококачественного зернофуража голозерные сорта овса и ячменя высевать в смеси с горохом нормой высева 75+35% от рекомендованной для одновидовых посевов или с викой (60+50%).

2. Для создания устойчивых к полеганию бобово-злаковых травосмесей и получения гарантированных высококачественных урожаев зеленой массы и зернофуража в лесостепной зоне Западной Сибири пленчатые сорта овса и ячменя высевать 5-15 мая в смеси с горохом (75+35%) или викой (60+50%).

3. В степной зоне Западной Сибири для получения стабильных высококачественных урожаев зеленой массы и зернофуража высевать смешанные посевы овса с пелюшкой (75+35%).

4. При создании высокопродуктивных бобово-злаковых агрофитоценозов озимых культур в лесостепной зоне Западной Сибири высевать озимое тритикале в смеси с озимой викой в III декаде августа нормой высева 60+70% на зеленую массу и 60+60% – на зерно.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Провести сравнительное изучение возделывания на корм пленчатых и голозерных сортов овса и ячменя в бобово-злаковых агрофитоценозах в лесостепной зоне Западной Сибири.

2. Изучить влияние органических удобрений на основе куриного помета на кормовую продуктивность однолетних злаковых и бобовых культур в смешанных посевах в лесостепной зоне Западной Сибири.

3. Провести сравнительное изучение продуктивности смешанных посевов кукурузы с соей со смесями зернобобовых и злаковых культур.

4. Выявить взаимосвязь продуктивности смешанных посевов бобовых и злаковых культур с фотосинтетической деятельностью и водопотреблением растений при возделывании на кормовые цели в лесостепной зоне Западной Сибири.

5. Изучить влияние инновационных препаратов на основе эндофитных грибов *Metarhizium robertsii* L. и *Beauveria bassiana* L. на продуктивность бобово-злаковых агрофитоценозов в лесостепной зоне Западной Сибири.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ

1. Садохина, Т.А. Эффективность выращивания смешанных посевов ячменя с зернобобовыми культурами на зернофураж / Т.А. Садохина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2006. – № 6 (166). – С. 15–18.

2. Садохина, Т.А. Бобово-злаковые смеси на фураж / Т.А. Садохина, Г.А. Демарчук // Кормопроизводство. – 2006. – № 12. – С. 13.

3. Садохина, Т.А. Голозерный овес и его смеси в лесостепи Западной Сибири / Т.А. Садохина, Г.А. Демарчук // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2009. – № 11 (203). – С. 47–50.

4. Горобей, И.М. Эффективность протравливания голозерного ячменя против корневой гнили в лесостепи Западной Сибири / И.М. Горобей, Т.А. Садохина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2010. – № 6 (210). – С. 17–21.

5. Бакшаев, Д.Ю. Сравнительная оценка продуктивности посевов голозерных сортов овса и ячменя в смеси с горохом и викой при выращивании на зернофураж / Д.Ю. Бакшаев, Т.А. Садохина // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. – 2012. – № 8. – С. 8–13.

6. Бакшаев, Д.Ю. Поликомпонентные смеси зернофуражных культур для условий лесостепной зоны Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев, **Т.А. Садохина** // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2015. – № 4 (37). С. 7–12.
7. Кашеваров, Н.И. Влияние зональных условий возделывания на урожайность и качество зерна фуражных культур в одновидовых и смешанных посевах / Н.И. Кашеваров, **Т.А. Садохина**, Д.Ю. Бакшаев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 6 (247). – С. 39–45.
8. **Садохина, Т.А.** Смешанные посевы злаковых культур и кормовых бобов для использования на зернофураж / Т.А. Садохина, Д.Ю. Бакшаев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 2 (243). – С. – 57–62.
9. **Садохина, Т.А.** Смешанные агроценозы кормовых бобов и зернофуражных культур в лесостепной зоне Западной Сибири / Т.А. Садохина, Д.Ю. Бакшаев // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 2 (39). – С. 48–53.
10. **Садохина, Т.А.** Продуктивность смешанных посевов зернофуражных культур и качество сенажа из них / Т.А. Садохина, Т.Г. Ломова, Д.Ю. Бакшаев Д.Ю. // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 2 (249). – С. 43–50.
11. Кашеваров, Н.И. Урожайность и качество зернофуража из одновидовых и смешанных посевов в условиях Сибири и Северного Казахстана / Н.И. Кашеваров, **Т.А. Садохина**, Д.Ю. Бакшаев, В.В. Данилова, В.Е. Мудрова, Л.В. Бекенова, Л.А. Ерошенко // Кормопроизводство. – 2017. – № 1. – С. 22–26.
12. **Садохина, Т.А.** Продуктивность зернофуражных культур в смешанных посевах и качество сенажа из них в условиях степной зоны Северной Кулунды / Т.А. Садохина, Д.Ю. Бакшаев, Т.Г. Ломова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2017. – Т. 47. – № 2 (255). – С. 33–40.
13. Кашеваров, Н.И. Качество сенажа из смешанных посевов зернофуражных культур в лесостепной и степной зонах Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, **Т.А. Садохина**, Т.Г. Ломова, Д.Ю. Бакшаев // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 4. – С. 82–86.
14. **Садохина, Т.А.** Кормовая продуктивность смешанных агроценозов в лесостепной зоне Западной Сибири / Т.А. Садохина, Д.Ю. Бакшаев, Т.Г. Ломова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2018. – № 1 (46). – С. 52–59.
15. Шелковникова, С.А. Вызовы для отрасли растениеводства региона в зависимости от природно-сельскохозяйственного зонирования (на материалах Новосибирской области) / С.А. Шелковников, М.С. Петухова, С.Л. Добрянская, С.Ю. Капустянчик, **Т.А. Садохина** // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 6 (81). – С. 155–161. – DOI: 10.15217/48484.
16. Ашмарина, Л.Ф. Влияние энтомопатогенного гриба *Beauveria bassiana* на развитие заболеваний кормовых бобов (*Vicia faba*) в полевых условиях / Л.Ф. Ашмарина, Г.Р. Леднев, О.Г. Томилова, **Т.А. Садохина**, Д.Ю. Бакшаев, М.В. Левченко, Н.С. Волкова, М.В. Тюрин, В.П. Данилов, В.В. Глухов // Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. – 2021. – Т. 499. – № 1. – С. 385–390. – DOI: 10.31857/S268673892104003X.
17. Кашеваров, Н.И. Конкурентная способность компонентов в смешанных агроценозах зернофуражных культур / Н.И. Кашеваров, **Т.А. Садохина**, Д.Ю. Бакшаев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2021. – Т. 51. – № 1. – С. 42–50. – DOI: 10.26898/0370-8799-2021-1-5.
18. **Садохина, Т.А.** Влияние эндофитных грибов на рост и развитие кормовых бобов (*Vicia faba* L.) / Т.А. Садохина // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2022. – Т. 52. – № 4. – Р. 97–106. – DOI: 10.26898/0370-8799-2022-4-11.
19. **Садохина, Т.А.** Влияние эндофитного гриба *Metarhizium robertsii* на рост и развитие кормовых бобов сорта Сибирские / Т.А. Садохина, А.Н. Садохин // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 4 (69). – С. 108–115. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-69-4-108-115.

Статьи, опубликованные в Web of Science и Scopus

1. **Sadokhina, T.A.** Criteria of mixed crops efficiency / T.A. Sadokhina, D.Y. Bakshaev, A.F. Petrov, Y.S. Skryabin, I.E. Lavrishchev // Ecology, Environment and Conservation. – 2019. – Т. 25. – № 4. – С. 1917–1921.
2. Petukhova, M.S. Algorithm for the development of the Strategy for scientific and technological development of the crop sector of the Novosibirsk region / M.S. Petukhova, E.V. Rudoy, S.L. Dobryanskaya,

T.A. Sadokhina, S.Yu. Kapustyanchik IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2020. – Т. 421. – Р. 320–329. DOI: 10.1088/1755-1315/421/3/032032.

3. **Sadokhina, T.A.** Competitive ability of components in mixed agrocenoses of grain crops depending on the cultivation areas / T.A. Sadokhina, D.Y. Bakshaev, A.F. Petrov, I.V. Karkhardin, K.V. Nikiforova, A.A. Zibina // Ecology, Environment and Conservation. – 2020. Т. 26. – № 4. – Р. 1647–1651.

4. Ashmarina, L.F. Effect of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* on the development of Faba Bean (*Vicia faba*) diseases in the field conditions / L.F. Ashmarina, **T.A. Sadokhina**, D.Y. Bakshaev, V.P. Danilov, G.R. Lednev, M.V. Levchenko, N.S. Volkova, O.G. Tomilova, M.V. Tyurin, V.V. Glupov // Doklady Biochemistry and Biophysics. – 2021. – Т. 499. № 1. – Р. 260–265.

5. Tyurin, M. Effect of entomopathogenic fungus *Metarhizium robertsii* on disease incidence of Faba beans (*Vicia faba* L.) in field conditions / Maxim Tyurin, Lyudmila F. Ashmarina, **Tatiana A. Sadokhina**, Alla I. Ermohina, Victor P. Danilov, Victor V. Glupov // AGBIR. – 2022. – 38 (5). Р. – 378–386. – DOI: 10.1101/2022.06.11.495633.

6. Novgorodova, T. The Effect of Bean Seed Treatment with Entomopathogenic Fungus *Metarhizium robertsii* on Soil Microarthropods (Acari, Collembola) / T. Novgorodova, N. Vladimirova, I. Marchenko, **T. Sadokhina**, M. Tyurin, L. Ashmarina, D. Bakshaev, G. Lednev, V. Danilov // Insects. – 2022. – 807–815. – DOI: 10.3390/insects13090807.

7. Lyubechanskii, I.I. Biopriming of broad bean seeds with entomopathogenic fungus *M. robertsii* (Metchnikoff) Sorokin, (1883) does affect invertebrate communities of the agroecosystem / I.I. Lyubechanskii, T.A. Novgorodova, V.Yu. Krukov, V.S. Sorokina, **T.A. Sadokhina**, D.Yu. Bakshaev, R.Yu. Dudko // Euroasian Entomological Journal. – 2023. – 22 (4). – Р. – 179–192. – DOI: 10.15298/euroasentj.22.04.01.

Монографии

1. Прогноз научно-технологического развития отрасли растениеводства, включая семеноводство и органическое земледелие России, в период до 2030 года / А.Г. Папцов, А.И. Алтухов, Н.И. Кашеваров, П.М. Першукевич, А.С. Денисов, Е.В. Рудой, М.С. Петухова, С.Ю. Капустянчик, С.Л. Добрянская, О.М. Поцелуев, **Т.А. Садохина**, А.Ф. Петров [и др.]: монография. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2019. – 100 с. – ISBN: 978-5-94477-243-5.

2. Мониторинг и прогнозирование научно-технологического развития АПК на период до 2030 года / Е.В. Труфляк, Н.Ю. Курченко, А.С. Креймер, И.В. Мусаева, Б.И. Шихшабекова, А.Б. Алиев, С.В. Абдулхамидова, Е.В. Рудой, Р.Р. Галеев, С.Л. Добрянская, С.В. Рюмкин, О.М. Поцелуев, С.Ю. Капустянчик, М.С. Петухова, **Т.А. Садохина** [и др.]: монография. – Саратов, – 2020. – 328 с. – ISBN: 978-5-94477-243-5.

3. Стратегия научно-технологического развития отрасли растениеводства Новосибирской области до 2035 года / Е.В. Рудой, М.С. Петухова, С.А. Шелковников, **Т.А. Садохина**, С.Ю. Капустянчик, С.Л. Добрянская: монография. – Новосибирск, 2021. – 156 с. – ISBN: 978-5-6047277-0-6.

4. Проблемы и перспективы развития зернового подкомплекса и рынка зерна Сибири / О.В. Борисова, Г.М. Гриценко, А.П. Задков, А.И. Сучков, Л.В. Тю, И.В. Щетинина, Н.И. Кашеваров, В.В. Альт, Н.М. Иванов, Н.Н. Назаров, Е.В. Бессонова, Н.М. Едренкина, М.В. Стенкина, Т.И. Утенкова, В.П. Данилов, С.А. Колбин, **Т.А. Садохина** [и др.]: монография. – Новосибирск, 2023. – 176 с. – ISBN: 978-5-6049742-2-3.

Публикации в изданиях, входящих в перечень РИНЦ

1. **Садохина, Т.А.** Формирование агроценозов ячменя с зернобобовыми при использовании на зернофураж в лесостепной зоне Западной Сибири / Т.А. Садохина // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана и Кыргызстана: труды 8-й Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул. – 2005. – С. 615–618.

2. Горобей, И.М. Эффективность защиты голозерного ячменя от гельминтоспориозной инфекции / И.М. Горобей, **Т.А. Садохина** // Роль науки в развитии сельского хозяйства Приенисейской Сибири: материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию аграрного освоения Енисейской губернии / Отв. за выпуск Ю.Н. Трубников. – Красноярск. – 2008. – С. 90–93.

3. **Садохина, Т.А.** Смешанные посевы голозерного овса в условиях лесостепи Западной Сибири / Т.А. Садохина // Концепция и технологии земледелия в аридной зоне Алтае-Саянского субрегиона: материалы Междунар. науч.-практ. конф / Под ред. В.К. Савостьянова, А.Т. Подкорытова, Ч.М. Санданова, Ж. Миждидоржа, Р.Б. Чысыма. – Абакан, 2009. – С. 275–278.

4. **Садохина, Т.А.** Продуктивность горохо-злаковых агроценозов при возделывании на зернофураж в лесостепной зоне Западной Сибири / Т.А. Садохина // Инновационные тенденции развития российской науки: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Красноярск, 2016. – С. 76–80.
5. **Садохина, Т.А.** Продуктивность поликомпонентных бобово-злаковых агроценозов при возделывании на зернофураж в лесостепной зоне Западной Сибири / Т.А. Садохина // Перспективы решения аграрных проблем в условиях Западной Сибири в работах молодых ученых: сборник статей. ФГБНУ Алтайский НИИСХ. – Барнаул, 2016. – С. 88–95.
6. **Садохина, Т.А.** Качество зернофуража, полученного из одновидовых и смешанных посевов в условиях Сибири и Северного Казахстана / Т.А. Садохина, Д.Ю. Бакшаев., В.В. Данилова, В.А. Мудрова, Л.В. Бекенова, Л.А. Ерошенко // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2017. – № 2 (93). – С. 62–68.
7. **Садохина, Т.А.** Продуктивность зернофуражных культур в смешанных посевах и качество сенажа из них в условиях степной зоны Северной Кулунды / Т.А. Садохина // Современные разработки молодых ученых для АПК Западной Сибири: сборник статей / Алтайский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. – Барнаул. – 2017. – С. 61–70.
8. **Садохина, Т.А.** Качество зернофуража из одновидовых и смешанных посевов в условиях лесостепи Западной и Восточной Сибири / Т.А. Садохина // Научное обеспечение животноводства Сибири: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. / Красноярский научно-исследовательский институт животноводства – Обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; составители: Л.В. Ефимова, Т.В. Зазнобина. – Красноярск, 2018. – С. 29–34.
9. **Садохина Т.А.** Качество силоса из озимых культур в условиях лесостепной зоны Западной Сибири / Т.А. Садохина, Т.Г. Ломова // Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2018. – С. 193–197.
10. **Садохина, Т.А.** Биологическая эффективность смешанных посевов зернофуражных культур / Т.А. Садохина // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XXIX Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2019» / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», ООО «Башкирская выставочная компания». – Уфа, 2019. – С. 214–220.
11. Бакшаев, Д.Ю. Использование совместных посевов озимых и яровых зернобобовых культур, посеянных в весенний и летний сроки, для заготовки силоса / Д.Ю. Бакшаев, **Т.А. Садохина** // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. в рамках XXIX Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2019» / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», ООО «Башкирская выставочная компания». – Уфа, 2019. – С. 207–214.
12. **Садохина, Т.А.** Качество силоса из озимых культур в лесостепной зоне Западной Сибири / Т.А. Садохина // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VII-й Международной науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета. – Горно-Алтайск, 2019. – С. 66–70.
13. **Садохина, Т.А.** Показатели качества зернофуража в условиях Сибири и Северного Казахстана / Т.А. Садохина // Научные исследования молодых ученых для АПК Сибири, Дальнего Востока и Казахстана: материалы VIII Региональной науч.-практ. конф. с международным участием. – Барнаул, 2019. – С. 61–70.
14. **Садохина, Т.А.** Качественные показатели зернофуража из одновидовых и смешанных посевов в условиях Сибири и Северного Казахстана / Т.А. Садохина // Координационный совет по селекции и семеноводству зернофуражных культур: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Екатеринбург, 2019. – С. 136–146.
15. **Садохина, Т.А.** Влияние зон возделывания на биологическую эффективность смешанных посевов зернофуражных культур / Т.А. Садохина // Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной

90-летию Башкирского государственного аграрного университета (в рамках XXX международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2020») / Министерство сельского хозяйства РФ, Министерство сельского хозяйства Республики Башкортостан, ФГБОУВО «Башкирский государственный аграрный университет», ООО «Башкирская выставочная компания». – Уфа, 2020. – С. 299–304.

16. Капустянчик, С.Ю. Развитие отрасли растениеводства Новосибирской области в зависимости от природно-сельскохозяйственного зонирования / С.Ю. Капустянчик, **Т.А. Садохина**, С.А. Шелковников, М.С. Петухова, С.Л. Добрянская // Генофонд и селекция растений: доклады и сообщения V Междунар. конф. – Новосибирск. – 2020. – С. 119–123. – DOI: 10.18699/GPB2020-31.

17. **Садохина, Т.А.** Влияние эндофитных грибов на рост и развитие кормовых бобов (*Vicia faba* L.) // Т.А. Садохина, А.Н. Садохин // Энергосберегающие технологии в растениеводстве: сборник Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, проф. Галеева Рината Раифовича. – Новосибирск, 2023. – С. 67–72.

Методические рекомендации

1. Возделывание кормовых бобов в Сибири / Н.И. Кашеваров, Д.Ю. Бакшаев, **Т.А. Садохина**, А.А. Полищук, Н.В. Давыдова, Н.Н. Кашеварова, М.В. Хазов, И.Ю. Садохин: методические рекомендации. – Новосибирск, 2017. – 41 с.

2. Возделывание зернофуражных культур в Сибири и Северном Казахстане / Н.И. Кашеваров, **Т.А. Садохина**, Д.Ю. Бакшаев [и др.]: методические рекомендации. – Новосибирск, 2018. – 27 с.

3. Возделывание озимой вики в лесостепи Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, Р.Р. Исмагилов, Р.Б. Нурлыгаянов, Д.Ю. Бакшаев, **Т.А. Садохина** [и др.]: методические рекомендации. – Уфа, 2019. – 44 с.