

На правах рукописи

Бакшаев Дмитрий Юрьевич

**АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ
МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В СИСТЕМЕ АДАПТИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА
В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

Краснообск 2026

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:

Тимошкин Олег Алексеевич

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник Пензенского НИИСХ – обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»

Байкалова Лариса Петровна

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

Нелюбина Жанна Сергеевна

доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Удмуртского НИИСХ – филиала ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук»

Ведущая организация:

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

Защита диссертации состоится 26 июня 2026 г. в 10-00 на заседании диссертационного совета 35.2.025.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет инженерии и биотехнологий», 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 «Сибирский государственный университет инженерии и биотехнологий» и на сайте <http://www.edubiotech.ru>

Автореферат разослан «___» _____ 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Гаврилец Татьяна Владимировна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Одной из главных проблем сельскохозяйственных предприятий Сибири являются высокие затраты при производстве кормов, что приводит к значительному повышению себестоимости животноводческой продукции. Решение этой важной народнохозяйственной задачи возможно за счет повышения продуктивности и сокращения затрат при возделывании кормовых культур (Жученко А.А., 2011; Косолапов В.М., 2012; Кашеваров Н.И., 2016).

В Западной Сибири многолетние травы являются одним из основных источников производства различных видов высококачественных кормов. Максимальный коэффициент энергетической эффективности их возделывания составляет 4–5, что в 2–2,5 раза выше зерновых культур и кукурузы. В действительности, он значительно ниже и равен в среднем по стране при современном уровне урожайности многолетних трав 1,8, в Западной Сибири 1,3 (Концепция развития кормопроизводства в РФ, 1999). В отдельных регионах Сибири за последние 25 лет урожайность зеленой массы многолетних трав не повышается. Все это свидетельствует о недостаточной эффективности агротехнологий возделывания многолетних трав и необходимости их совершенствования.

В системе адаптивного кормопроизводства важное значение приобретает разработка комплекса технологических приемов возделывания, обеспечивающих высокую продуктивность агроценозов многолетних трав, ресурсосбережение и интродукцию новых культур, более эффективно использующих природные ресурсы территории (Васин А.В., 2006; Шпаков А.С., 2012; Кутузова А.А., 2012). В условиях меняющегося климата Западной Сибири обозначенные направления становятся еще более актуальными. В лесостепной зоне Западной Сибири за последние 50 лет среднегодовая температура воздуха повысилась на 2,1 °С, продолжительность периода вегетации увеличилась на 16 суток, а сумма среднесуточных температур на 141 °С (Садохина Т.А., 2025). Таким образом, современные условия диктуют необходимость изучения, разработки и внедрения в производство комплекса основных агротехнологических приемов, повышающих уровень продуктивности агроценозов многолетних трав, а также введение в систему кормопроизводства новых культур.

Степень разработанности темы. В системе адаптивного кормопроизводства большое значение имеет срок посева многолетних трав под покров яровых однолетних культур, снижающих засоренность травостоя в первый год жизни трав. В настоящее время при посеве многолетних трав выбор покровной культуры ограничивается в основном яровыми зерновыми и их смесями с зернобобовыми культурами (Гончаров П.Л., 1992; Бенц В.А., 2001; Коновалова Н.Ю., 2008 и др.). Достижения селекционеров, меняющиеся климатические условия, требования животноводческой отрасли к кормовой базе вызывают необходимость расширения набора покровных культур. В Западной Сибири не изученными в этом отношении остаются такие культуры как суданская трава, яровой рапс, просо, озимая рожь и их смеси при посеве многолетних трав в весенние, летние и позднелетние сроки. Практическое их внедрение позволит повысить эффективность использования природных ресурсов.

Важным фактором получения стабильных и высоких урожаев качественного корма является уровень азотного питания многолетних трав. Оптимизация пищевого режима за счет дробного и локального применения удобрений в периоды активного потребления растениями, а также способов заделки в почву, сокращает их потери до 70–90%, повышает уровень интенсификации кормопроизводства (Жученко А.А., 1990). Исследования по изучению влияния «стартовой» дозы азота на посевах многолетних трав показали, что ранние и поздние сроки его внесения приводят к значительным потерям азота (Демарчук Г.А., 1996;

Коломейченко В.В., 2015; Бойко В.С., 2019 и др.). Для лесостепной зоны Западной Сибири необходимо установление оптимальных сроков внесения азотного удобрения по видам трав и режимам использования травостоев.

В системе кормопроизводства срок уборки многолетних трав имеет важное значение. В научной литературе все рекомендации сводятся к следующему: слишком ранние сроки уборки приводят к недобору зеленой массы, запаздывание с ними – к ухудшению ее качества (Волошин В.А., 2004; Трухачев В.И., 2016; Донских Н.А., 2020 и др.). Недостаточная оснащенность кормоуборочной техникой хозяйств Западной Сибири и обильные осадки в большинстве случаев не дают возможность провести уборку многолетних трав в рекомендуемые оптимальные сроки. В связи с этим большое значение имеет изучение и обоснование периода, в течение которого возможно получение высокой продуктивности травостоев без существенного снижения качества корма.

Интродукция новых видов кормовых культур, обладающих высокой потенциальной продуктивностью и экологической устойчивостью на уровне агроценоза и агроэкосистемы, занимает особое место в адаптивном кормопроизводстве, насыщая и обогащая структуру севооборотов (Жученко А.А., 2009; Косолапов В.М., 2012 и др.). Одной из таких культур является фестулолиум (*Festulolium* L.) – гибрид овсяницы луговой (*Festuca pratensis* L.) и райграса пастбищного (*Lolium multiflorum* L.). Исследования по его изучению проведены в основном в Европейской части России. В условиях Сибири изучение этой культуры впервые начато нами в СибНИИ кормов СФНЦА РАН (Бакшаев Д.Ю., Кашеваров Н.И., Жданова И.Л., 2023). Внедрение фестулолиума в производство на территории Западной Сибири расширит видовой состав кормовых агроценозов, улучшит кормовую базу в регионе за счет введения его в состав травосмесей.

Рекомендованный оптимальный период использования травостоев многолетних трав на корм 3–5 лет. Более длительная их эксплуатация приводит к значительному ухудшению водно-физических свойств почвы, снижению продуктивности, повышению себестоимости продукции (Бенц В.А., 1996; Малозатратные технологии..., 2010 и др.). Для возвращения таких земель в эффективное хозяйственное пользование необходимо в каждой почвенно-климатической зоне проводить комплексные исследования и выявлять приемы, обеспечивающие разрушение дернины, уничтожение сорной растительности, существенное повышение урожайности последующих культур.

Цель исследований – создание высокопродуктивных кормовых агроценозов многолетних трав на основе совершенствования комплекса технологических приемов возделывания в лесостепной зоне Западной Сибири.

Задачи исследований:

- 1) изучить влияние нетрадиционных для региона покровных культур – суданской травы, ярового рапса, проса, озимой ржи и их смесей, а также сроков посева на рост, развитие и продуктивность многолетних трав;
- 2) определить эффективность сроков внесения доз азотного удобрения и боронования на травостоях люцерны изменчивой и костреца безостого;
- 3) установить влияние сроков скашивания на урожайность и питательность зеленой массы многолетних трав;
- 4) изучить продуктивность одновидовых и смешанных с многолетними бобовыми травами (люцерной изменчивой, клевером луговым, эспарцетом песчаным) посевов фестулолиума для его интродукции в кормопроизводство Западной Сибири;
- 5) выявить эффективные агротехнологические приемы трансформации старовозрастных посевов многолетних трав в продуктивную пашню;

б) провести биоэнергетическую и экономическую оценку комплекса агротехнологических приемов возделывания многолетних трав в системе адаптивного кормопроизводства.

Научная новизна работы заключается в том, что в условиях лесостепной зоны Западной Сибири в системе адаптивного кормопроизводства проведены комплексные исследования по разработке интенсивных (эффективных) агротехнологических приемов и совершенствованию технологий возделывания злаковых и бобовых многолетних трав, в том числе новой кормовой культуры фестулолиум, обеспечивающих устойчивую продуктивность агроценозов и высокое качество готового корма.

В качестве важнейшего фактора технологического процесса возделывания многолетних трав изучены и определены лучшие нетрадиционные для условий региона покровные культуры – суданская трава, яровой рапс, просо, озимая рожь и их смеси. Определено их влияние на рост, развитие и урожайность многолетних трав при посеве в весенние, летние и позднелетние сроки.

Установлены закономерности формирования высокопродуктивных агроценозов многолетних трав в зависимости от сроков внесения доз азотного удобрения и способов его заделки в почву, повышающие уровень интенсификации возделывания многолетних трав в системе кормопроизводства в Западной Сибири.

Обоснована и определена эффективность более продолжительного периода уборки основных многолетних трав на кормовые цели с учетом климатических особенностей и оптимального баланса урожайности и питательности зеленой массы.

Изучено влияние комплекса агротехнологических приемов обработки дернины старовозрастных посевов многолетних трав, позволяющих трансформировать их в продуктивную пашню.

В условиях лесостепной зоны Западной Сибири подобных исследований по системности, объему экспериментов, широкому набору изучаемых культур по вопросам повышения эффективности кормопроизводства не проводилось.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость исследований заключается в изучении и обосновании агробиологических основ формирования высокопродуктивных агроценозов многолетних злаковых и бобовых трав, в результате чего получены новые научные знания в системе «многолетние травы – адаптивное кормопроизводство – продуктивность», позволяющие существенно повысить эффективность кормопроизводства в лесостепной зоне Западной Сибири.

Многолетние травы являются важнейшей базовой основой адаптивного кормопроизводства. Результаты многолетних исследований, современные требования животноводческой отрасли, производственная проверка и внедрение позволили выявить существенный потенциал возможностей по совершенствованию и интенсификации приемов (технологии) возделывания многолетних трав на корм.

В результате исследований пересмотрены и уточнены основные параметры возделывания многолетних трав в лесостепной зоне Западной Сибири (сроки и способы посева, виды покровных культур, сроки и дозы внесения азотных удобрений, приемы ухода за посевами и сроки уборки). Изучены и предложены варианты трансформации старовозрастных посевов многолетних трав в пашню. В целях расширения видового набора многолетних злаковых трав для повышения устойчивости агроценозов предлагается введение в сельскохозяйственное производство новой кормовой злаковой культуры фестулолиум.

Разработанные агротехнологические приемы формирования устойчивых, высокопродуктивных кормовых агроценозов многолетних трав сортов сибирской селекции применяются в сельскохозяйственных организациях и фермерских хозяйствах для

повышения качества кормов и рентабельности кормопроизводства в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Основные теоретические и практические положения диссертационной работы используются в учебно-образовательном процессе при подготовке студентов и аспирантов агрономического профиля.

Методология и методы исследований. Методология исследований основана на концепции адаптивного кормопроизводства академика А.А. Жученко (1999), учитывающей системность подхода к изучаемой проблеме, необходимость комплексных исследований кормовых культур и увеличения их видового разнообразия в конкретных почвенно-климатических условиях. 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. Система агротехнологических мероприятий, включающая нетрадиционные покровные культуры (суданскую траву, яровой рапс, просо, озимую рожь и их смеси), оптимальные сроки посева, дозы азотного удобрения и способы его заделки, а также более длительные, чем рекомендуемые сроки уборки с учетом баланса урожайности и питательности растительной массы, обеспечивают устойчивый выход высокопитательных кормов.

2. Возделывание новой кормовой культуры фестулолиум в смешанных посевах с многолетними бобовыми травами значительно повышает потенциал продуктивности агроценозов и качество корма в сравнении с одновидовым посевом злаковой культуры.

3. Предложены альтернативные приемы трансформации старовозрастных посевов многолетних трав в продуктивную пашню, обеспечивающие снижение засоренности посевов последующей культуры, повышение урожайности и рентабельности ее возделывания.

4. Разработанные высокопродуктивные агротехнологические приемы интенсификации возделывания многолетних трав существенно повышают их продуктивность, устойчивость и экономическую эффективность системы кормопроизводства в условиях лесостепной зоны Западной Сибири.

Достоверность результатов исследований подтверждена проведением многолетних полевых, лабораторных и производственных опытов с использованием общепринятых методик, методов оценки и анализа, а также статистической обработкой экспериментальных данных и результатами внедрения в производство. Диссертационная работа выполнена в соответствии с тематиками НИР 03.02.02; 03.02.05 Н.1; 02.04.03. Н.1; 04.30.01; 0778-2019-0030.

Личный вклад Автор диссертации непосредственно участвовал в разработке программы исследований и схем опытов, выборе методики, планировании и проведении экспериментов, закладке опытов, анализе, обобщении и статистической обработке полученных результатов, формулировании выводов, написании публикаций по теме исследований, оформлении диссертационной работы и автореферата. Личный вклад автора составил 85%.

Апробация работы. Основные материалы исследований доложены на международных (п. Краснообск, 2008, 2010, 2018, 2022, 2025; г. Барнаул, 2010, 2011; г. Екатеринбург, 2011; г. Новосибирск, 2011; с. Бобровка, 2019; г. Горно-Алтайск, 2019; г. Уфа, 2007, 2020; г. Лобня, 2022), региональных (г. Омск, 2007; г. Новосибирск, 2010, 2011; г. Барнаул, 2012; г. Ставрополь, 2024) и районных (с. Журавка, 2010; п. Ордынское, 2009; с. Яблоневка, 2011, 2012, 2013; с. Шилово-Курья, 2014; с. Палецкое, 2012; с. Ярки, 2012; г. Прокопьевск, 2011; с.

Зарубино, 2010; г. Искитим, 2012) научно–практических конференциях, а также представлены ученому совету СибНИИ кормов в период с 2000 по 2024 г.

Результаты исследований внедрены в ведущих хозяйствах Новосибирской области: ООО «Большой Изырак» Маслянинского района (2009, 2010 г.), СПК «Красное» Чановского района (2010 г.), ЗАО «Бобровское» Сузунского района (2018–2022 гг.), ЗАО «Завьяловское» Тогучинского района (2019, 2020 г.), ЗАО «им. Кирова» Сузунского района (2018 г.), ООО «Семена Приобья» Новосибирского района (2023, 2024 г.).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 40 печатных работ, из них 11 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, 1 статья в журнале, индексируемом в международной наукометрической базе данных Scopus, 2 практических пособия, 5 рекомендаций.

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 360 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 7 глав, заключения и предложений производству, содержит 75 таблиц, 29 рисунков, 62 приложения и список литературы из 465 наименований, в том числе 71 на иностранном языке.

Благодарности. Автор искренне признателен первому научному руководителю Демарчуку Геннадию Аксеновичу, кандидату сельскохозяйственных наук, заслуженному работнику сельского хозяйства РФ, научному консультанту Кашеварову Николаю Ивановичу, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ, академику РАН, а также сотрудникам СибНИИ кормов СФНЦА РАН за помощь и консультации при проведении исследований, подготовке и оформлении диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ВОЗДЕЛЫВАНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В СИСТЕМЕ АДАПТИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Приводится анализ отечественной и иностранной литературы по изучению влияния комплекса агротехнологических приемов возделывания многолетних трав в системе адаптивного кормопроизводства (сроки посева под покров однолетних трав и их смесей, внесение минерального азота в различные сроки, сроки скашивания для заготовки различных видов кормов, интродукция новой кормовой культуры фестулолиум, способы обработки старовозрастной дернины) на формирование высокопродуктивных кормовых агроценозов. Отмечается важность разработки, совершенствования и адаптации ресурсосберегающих технологий в условиях изменяющегося климата, обострения экологической ситуации и современных требований рынка. Указаны проблемы при возделывании многолетних трав и направления исследований для повышения эффективности системы адаптивного кормопроизводства в агроклиматических условиях Западной Сибири.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Почвенно-климатические условия лесостепной зоны Западной Сибири.

Исследования проводились в 2000–2023 гг. лесостепной зоне Западной Сибири на опытных полях научно-экспериментальной базы СибНИИ кормов (геолокация 54°55'12" с.ш. и 82°59'28" в.д.). Территория относится к умеренно теплому, умеренно увлажненному агроклиматическому району со среднегодовой температурой воздуха 1,0 °С. Зима холодная, продолжительная, устойчивый снежный покров удерживается 160 дней. Продолжительность безморозного периода составляет 158 дней, сумма температур воздуха выше +5 °С равна 2980 °С. Среднегодовая сумма осадков составляет 420 мм, за теплый период выпадает 200–250 мм. Наиболее засушливым периодом является весна – начало лета. Почва опытного участка чернозем выщелоченный среднегумусный среднесуглинистый, в слое 0–20 см

характеризуется высокой обеспеченностью подвижным фосфором (22–27 мг/100 г) и обменным калием (21–32 мг/100 г) (по Чирикову). Реакция почвенного раствора нейтральная, сумма поглощенных оснований составляет 32,6 ммоль (экв)/100 г, плотность почвы в слоях 0–20 и 20–40 см – соответственно 1,16 и 1,22 с увеличением до 1,28–1,35 г/см³ в годы пользования травами.

2.2. Агрометеорологические условия в годы исследований. Важное значение для многолетних трав имеют условия перезимовки. По данным АМС «Огурцово», максимальная глубина промерзания почвы (более 150 см) отмечена в 2000/2001 и 2016/2017 гг. Минимальная температура воздуха (–45,0 °С) наблюдалась в 2000/2001 г. зимовки, температура почвы на глубине 3 см (ниже 15,0 °С) – в 2005/2006, 2008/2009, 2011/2012 и 2016/2017 гг. Самыми снежными были зимы 2000/2001, 2012/2013 и 2013/2014, малоснежными – 2003/2004, 2011/2012 гг. Благоприятными для перезимовки растений были зимы в 2006/2007, 2011/2012, 2017/2018, 2019/2020 и 2021/2022 гг.

Агрометеорологические условия вегетационного периода (май–август) в годы исследований значительно различались. Сумма среднесуточных температур воздуха изменялась от 1560 до 2100 °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 > 1,1) наблюдались в 46% лет (в 11 из 24), недостаточные и засушливые в разной степени (ГТК = 0,45–1,02) – в 54% лет (в 13 из 24), в отдельные годы была сильная раннелетняя засуха (ГТК = 0,21–0,40).

2.3. Объект исследований – травостой одновидовых и смешанных агроценозов районированных сортов многолетних злаковых и бобовых трав: костреца безостого (*Bromus inermis* Leyss.) СибНИИСХоз 189, тимopheевки луговой (*Phleum pratense* L.) Нарымская, овсяницы луговой (*Festuca pratensis* Huds.) Мечта, райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.) ВИК 66, фестулолиума (*Festulolium* L.) Изумрудный, люцерны изменчивой (*Medicago sativa* L.) Тулунская и Вега 87, клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) СибНИИК 10, эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC) СибНИИК 30, галеги восточной (*Galega orientalis* Lam.) Горноалтайская 87, а также однолетних покровных культур: суданской травы (*Sorghum xdrummondii* (Steud.) Millsp. & Chase) Новосибирская 84, рапса ярового (*Brassica napus* var. *Napus* L.) СибНИИК 21, проса (*Panicum miliaceum* L.) Баганское 88, овса (*Avena sativa* L.) Краснообский, озимой ржи (*Secale cereale* L.) Бухтарминская.

2.4. Агротехника и схемы опытов. Агротехника в опытах зональная, общепринятая (Агротехнологии производства кормов, 2007). Исследования проведены в 7 полевых опытах.

Опыт 1. Изучить эффективность внесения азотного удобрения в дозе N_{90} на костреце безостом весной в начале отрастания при заделке зубowymi и игольчатыми боронами: Фактор А – боронование: 1) без боронования; 2) боронование тяжелыми зубowymi боронами БЗТС-1 весной в начале вегетации со второго года жизни; 3) боронование игольчатыми боронами БИГ-3 в пассивном варианте при угле атаки рабочих органов 12 градусов весной в начале вегетации со второго года жизни; 4) боронование игольчатыми боронами БИГ-3 в активном варианте при угле атаки 8 градусов весной, в начале вегетации с третьего года жизни. Фактор В – удобрение: 1) без удобрения; 2) внесение N_{90} . Посев проводили в I–II декаде мая (2000–2002 гг.).

Опыт 2. Определить влияние сроков внесения «стартовой» дозы азотного удобрения на продуктивность люцерны изменчивой: 1) без внесения удобрения; 2) N_{30} весной; 3) N_{30} через 1 день после первого укоса; 4) N_{30} через 7 дней после первого укоса; 5) N_{30} через 14 дней после первого укоса; 6) N_{30} через 21 день после первого укоса; 7) N_{30} весной и N_{30} через 14 дней после первого укоса; 8) N_{30} осенью после второго укоса. Посев проводили в I–II декаде мая (2000–2002 гг.).

***Опыт 3.** Изучить влияние сроков скашивания многолетних трав на урожайность и зоотехнический состав растительного сырья для приготовления различных видов кормов:* 1) в фазе стеблевания (костреца – выхода в трубку); 2) в фазе бутонизация (выметывания); 3) в начале цветения; 4) во время полного цветения; 5) через 5 дней после цветения; 6) через 10 дней после цветения; 7) через 15 дней после цветения; 8) через 20 дней после цветения. Посев проводили в I–II декаде мая (2003–2006 гг.).

***Опыт 4.** Изучить влияние нетрадиционных покровных культур и сроков посева на кормовую продуктивность многолетних трав.* Кострец безостый, люцерну изменчивую, эспарцет песчаный, клевер луговой и галегу восточную высевали в весенний срок (15–25 мая) под покров суданской травы (контроль), летний (10–20 июня) под покров смеси суданской травы с рапсом яровым и проса с рапсом яровым и в позднелетний срок (10–20 июля) под покров рапса ярового, смеси овса с рапсом яровым и озимой ржи (2006–2010 гг.).

***Опыт 5.** Определить влияние агротехнологических приемов обработки дернины старовозрастных посевов многолетних трав на продуктивность пластовой культуры:* 1) вспашка плугом ПЛН-3-35 (контроль); 2) обработка дернины БДТ-3 в два следа осенью; 3) обработка дернины фрезой ФБН в 2 следа осенью; 4) обработка дернины гербицидом сплошного действия осенью с последующей обработкой БДТ-3 весной в два следа; 5) обработка дернины БДТ-3 весной в два следа. Исследования проводились на старовозрастных посевах 7–12-го года жизни (79–90% многолетние злаки, 4–15% многолетние бобовые травы, 6–19% многолетние сорняки) (2014–2016 гг.).

***Опыт 6.** Изучить продуктивность новой кормовой культуры фестулолиум в сравнении с основными многолетними злаковыми травами:* 1) фестулолиум; 2) овсяница луговая; 3) райграс пастбищный; 4) кострец безостый; 5) тимopheевка луговая. Посев проводили в I декаде июля 2019 г. рядовым способом (2019–2021 гг.).

***Опыт 7.** Изучить продуктивность одновидовых и смешанных с многолетними бобовыми травами посевов фестулолиума.* Фактор А – способ посева: 1) люцерна изменчивая (одновидовой посев); 2) клевер луговой (одновидовой посев); 3) эспарцет песчаный (одновидовой посев); 4) фестулолиум (одновидовой посев); 5) люцерна 3 ряда + фестулолиум 1 ряд (совместный посев); 6) люцерна + фестулолиум (смешанный посев); 7) клевер луговой 3 ряда + фестулолиум 1 ряд (совместный посев); 8) клевер луговой + фестулолиум (смешанный посев); 9) эспарцет песчаный 3 ряда + фестулолиум 1 ряд (совместный посев); 10) эспарцет песчаный + фестулолиум (смешанный посев). Фактор В – удобрение: 1) без удобрения; 2) внесение весной N_{30} ; 3) внесение весной N_{60} . Норма высева фестулолиума в одновидовом посеве составила 8 млн/га, в совместном – 2 млн/га, в смешанном посеве – 4 млн/га; люцерны, клевера и эспарцета соответственно 6 млн/га, 4,5 млн/га и 3 млн/га. Посев проводили в I–II декаде июля (2019–2023 гг.). Опыт проведен совместно с младшим научным сотрудником И.Л. Ждановой.

Посев многолетних трав проводили рекомендованными для зоны нормами высева. Уборку покрова проводили в фазе выметывания злаковых и цветения рапса. Размещение вариантов систематическое в 4-кратной повторности, посевная площадь делянки 40–72 м², учетная 30–60 м², предшественник овес, вторая культура после пара. При выборе состава и соотношения компонентов смесей учитывали результаты исследований, проведенных учеными СибНИИ кормов и ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (Бенц В.А., 1996; Кашеваров Н.И., 2001; Демарчук Г.А., 2007; Переправо В.И., 2012).

2.5. Методика проведения исследований. Агрометеорологические условия вегетационного периода оценивали по данным метеостанции «Огурцово» с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова (Зоидзе Е.К., Хомякова Т.В., 2006). Влажность почвы определяли термостатно – весовым методом. Фенологические наблюдения,

учет урожайности зеленой массы, отбор растительных проб для определения массы побега и содержания сухого вещества в травах при проведении укусов проводили по методике ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (Методические указания по проведению ..., 1983, 1986). Высоту растений определяли по Методике полевых опытов с кормовыми культурами (1971), учет густоты всходов, плотности травостоя и засоренности – по Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1971). Освещенность посевов определяли прибором Люксметр LuxLiner LME-30 (MetronX, Russia). Биологическую эффективность смешанных посевов оценивали по коэффициентам LER («отношение земельных эквивалентов»), CR («конкурентоспособность») и SA («агрессивность») (Ламан Н.А., 1996). Биохимический состав, качественные показатели зеленой массы и силоса, содержание сахара в корнях определяли сотрудники лаборатории заготовки и оценки кормов СибНИИ кормов и лаборатории биохимии СФНЦА РАН по соответствующим ГОСТам. Содержание нитратного азота в почве определяли по методу Грандваль–Ляжа (дисульфифеноловый метод) в лаборатории плодородия почв СибНИИЗиХ СФНЦА РАН, уровень его содержания оценивали по шкале Г.П. Гамзикова (1981). Биоэнергетическая оценка осуществлялась по Методическому пособию по агроэнергетической и экономической оценке (2000). Экономическая эффективность вариантов рассчитывалась по кормопротеиновым единицам (Пронин В.М., 2008). 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».

ГЛАВА 3. РОЛЬ НЕТРАДИЦИОННЫХ ПОКРОВНЫХ КУЛЬТУР И СРОКОВ ПОСЕВА В ФОРМИРОВАНИИ ВЫСОКОПРОДУКТИВНОГО ТРАВСТОЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В СИСТЕМЕ АДАПТИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Создание смешанных посевов играет важную роль в улучшении микроклимата агроценозов и рассматривается как более рациональное использование естественных и антропогенных ресурсов окружающей среды в адаптивном кормопроизводстве. Одним из подходов к решению этой задачи при возделывании многолетних трав является использование новых (нетрадиционных) покровных культур и их смесей при посеве в различные сроки.

3.1. Рост и развитие растений покровных культур и многолетних трав. Исследования показали, что засоренность посевов значительно изменялась в зависимости от срока посева и покровной культуры ($V = 31\%$). Наибольшее количество сорняков было при летнем посеве, наименьшее – при позднелетнем. Урожайность зеленой массы покровных культур при летнем сроке посева составила в среднем 26,2 т/га и превышала на 14% весенний, на 37% – позднелетний срок посева. Доля влияния исследуемых факторов в общей изменчивости урожайности составила 44%, погодных условий 37%. Выявлена существенная положительная связь урожайности зеленой массы покровных культур с условиями тепло- и влагообеспеченности периода их вегетации ($r = 0,80...0,83$).

Наибольшая сохранность растений к осени первого года жизни костреца безостого (92%), люцерны изменчивой (91%), клевера лугового (95%) и галеги восточной (77%) была при летнем сроке посева, эспарцета песчаного (97%) – при весеннем сроке (таблица 1). Наименьшая сохранность трав (за исключением эспарцета песчаного) отмечена при весеннем посеве (63–83%).

Таблица 1 – Сохранность и зимостойкость растений многолетних трав в зависимости от покровных культур и сроков посева, % (среднее за 2006–2009 гг. на посевах 2006–2008 гг.)

Покровная культура (срок посева)	Сохранность					Зимостойкость				
	кострец безостый	люцерна изменчивая	эспарцет песчаный	клевер луговой	галега восточная	кострец безостый	люцерна изменчивая	эспарцет песчаный	клевер луговой	галега восточная
Суданская трава (весенний)	72	81	97	83	63	14	82	76	58	58
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	92	83	86	95	73	65	91	77	83	56
Просо с рапсом яровым (летний)	73	91	87	87	77	65	95	76	87	47
Рапс яровой (позднелетний)	77	87	83	93	–	84	65	60	60	–
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	81	90	80	92	–	84	67	53	56	–
Озимая рожь (позднелетний)	78	85	85	84	–	77	84	78	62	–

В среднем за годы исследований максимальная зимостойкость костреца безостого (84%) получена в позднелетний срок посева под покров рапса ярового и его смеси с овсом, люцерны изменчивой (91–95%) и клевера лугового (83–87%) в летний срок, эспарцета песчаного (76–77%) в весенний и летний сроки, галеги восточной – в весенний под покров суданской травы (58%) и летний сроки посева под покров смеси суданской травы с рапсом яровым (56%). Посев в оптимальные сроки и под покров кормовых культур повышал зимостойкость многолетних трав на 7–70%.

Установлено, что посев костреца безостого под покров смеси овса с рапсом яровым, люцерны изменчивой и клевера лугового – смеси проса с рапсом яровым, эспарцета песчаного и галеги восточной – под покров суданской травы повышает высоту растений и массу побега в первый год жизни трав до 14%.

Корреляционный анализ выявил существенную обратную зависимость густоты стояния растений костреца безостого, люцерны изменчивой, эспарцета песчаного, клевера лугового первого года жизни от суммы температур и осадков ($r = -0,49 \dots -0,92$), галеги восточной – прямую зависимость ($r = 0,92$).

3.2. Урожайность сухой массы многолетних трав в зависимости от покровных культур и сроков посева. Исследования показали, что покровная культура и срок посева оказывали значительное влияние на урожайность многолетних трав. Достоверное повышение урожайности сухой массы костреца безостого на 2,88 т/га (77%) обеспечил позднелетний срок посева под покров смеси овса с рапсом яровым в сравнении с контролем – весенним посевом под покров суданской травы (таблица 2).

Наибольшая урожайность сухой массы люцерны изменчивой (9,25 т/га) и клевера лугового (5,42 т/га) получена в летний срок посева под покров проса с рапсом яровым, эспарцета песчаного (8,08 т/га) и галеги восточной (6,40 т/га) – в весенний срок под покров суданской травы. Оптимальный срок посева под покров конкретных культур и их смесей повышал урожайность многолетних трав на 10–33% в сравнении с другими сроками.

Выявлена достоверная положительная связь ($r = 0,57 \dots 0,87$) урожайности сухой массы многолетних трав с массой побега и высотой растений. Регрессионный анализ показал, что увеличение массы побега (x_1) на 0,5 грамма, а высоты растений (x_2) на 10 см повышало урожайность (y) на 0,59–0,77 т/га ($R^2 = 0,51–0,77$, уравнения 1–3, рисунок 1):

Таблица 2 – Влияние покровных культур и срока посева на урожайность сухой массы многолетних трав, т/га (среднее за 2007–2010 гг.)

Покровная культура (срок посева)	Посев			Среднее	± к контролю	
	2006 г.	2007 г.	2008 г.		т/га	%
Кострец безостый						
Суданская трава (весенний)	4,40	2,86	3,93	3,73	0	0
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	0	5,82	3,95	3,25	−0,48	−13
Просо с рапсом яровым (летний)	0	5,57	4,87	3,48	−0,25	−7
Рапс яровой (позднелетний)	5,58	5,50	4,45	5,17	1,44	39
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	5,58	7,53	6,72	6,61	2,88	77
Озимая рожь (позднелетний)	5,11	5,07	5,31	5,16	1,43	38
НСР ₀₅	0,85	1,43	0,94			
Люцерна изменчивая						
Суданская трава (весенний)	8,07	6,88	6,25	7,06	0	0
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	7,94	9,76	9,33	9,01	1,95	27
Просо с рапсом яровым (летний)	7,02	11,33	9,42	9,25	2,19	31
Рапс яровой (позднелетний)	8,32	6,89	5,45	6,88	−0,18	−3
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	7,52	7,72	6,81	7,35	0,29	4
Озимая рожь (позднелетний)	7,42	9,03	5,57	7,34	0,28	4
НСР ₀₅	0,83	1,54	0,75			
Эспарцет песчаный						
Суданская трава (весенний)	7,46	8,96	7,82	8,08	0	0
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	4,04	7,63	9,34	7,00	−1,08	−13,3
Просо с рапсом яровым (летний)	5,46	7,35	9,61	7,47	−0,61	−7,5
Рапс яровой (позднелетний)	8,00	7,85	6,61	7,48	−0,60	−7,4
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	7,30	8,11	7,14	7,51	−0,57	−7,0
Озимая рожь (позднелетний)	7,66	7,25	7,01	7,30	−0,78	−9,6
НСР ₀₅	1,25	1,45	1,06			
Клевер луговой						
Суданская трава (весенний)	5,55	5,03	3,25	4,61	0	0
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	4,93	6,07	4,06	5,02	0,41	8,9
Просо с рапсом яровым (летний)	4,72	6,17	5,38	5,42	0,81	17,5
Рапс яровой (позднелетний)	4,87	3,40	4,96	4,41	−0,20	−4,3
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	5,23	5,12	5,56	5,30	0,69	14,9
Озимая рожь (позднелетний)	4,79	3,13	5,65	4,52	−0,09	−1,9
НСР ₀₅	0,93	1,10	0,87			
Галега восточная						
Суданская трава (весенний)	6,40	-	-	6,40	0	0
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	4,88	-	-	4,88	−1,52	−24
Просо с рапсом яровым (летний)	3,72	-	-	3,72	−2,68	−42
НСР ₀₅	0,25					

$$y (\text{кострец}) = 0,0751 x_2 - 3,6858, R^2 = 0,5126, \quad (1)$$

$$y (\text{клевер}) = 0,059 x_2 + 0,6513, R^2 = 0,5765, \quad (2)$$

$$y (\text{галега}) = 1,5945 x_1 - 14,772, R^2 = 0,77060. \quad (3)$$

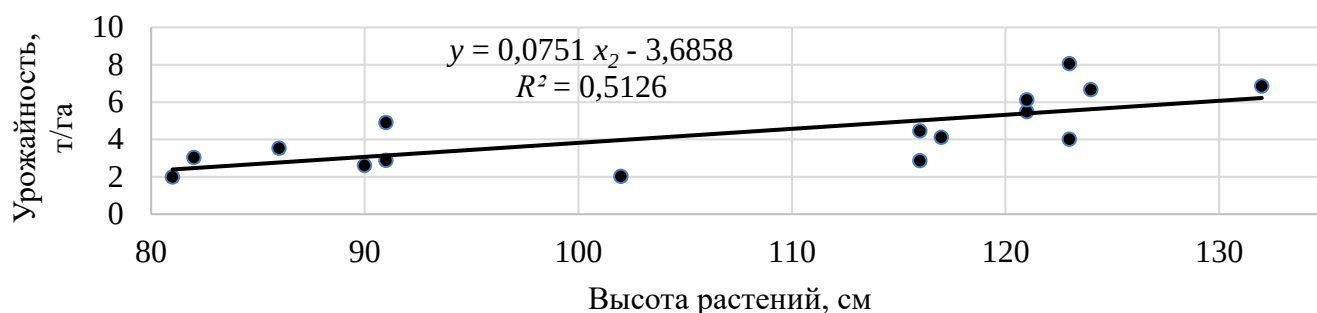


Рисунок 1 – Регрессионная зависимость между урожайностью сухой массы (y) и высотой растений (x) костреца безостого

3.3. Зоотехнический состав и питательность сухой массы многолетних трав в зависимости от покровных культур и сроков посева. Результаты зоотехнического анализа показали, что содержание переваримого протеина в сене многолетних бобовых трав за три года пользования изменялось в опыте от 12,0 до 22,4% ($V = 15\%$), костреца безостого – от 6,8 до 11,3% ($V = 17\%$). Максимальное его количество у люцерны изменчивой (15,6%) и костреца безостого (9,9%) отмечено в весенний срок посева под покров суданской травы, клевера лугового (13,9%) – в позднелетний срок под покров овса с рапсом яровым, у эспарцета песчаного (15,2%) и галеги восточной (15,3%) – в летний срок посева под покров проса или смеси суданской травы с рапсом яровым.

Расчеты биоэнергетической питательности сухой массы костреца безостого выявили ее понижение от раннего срока посева к позднему: кормовых единиц на 19%, обменной энергии – 13, обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином – на 31%, у многолетних бобовых трав соответственно на 16, 10 и 24%.

Установлено, что посев костреца безостого в позднелетний срок под покров смеси овса с рапсом яровым в сравнении с весенним сроком увеличивал выход кормовых единиц в 1,5 раза, переваримого протеина на 26%, КПЕ – 29, обменной энергии – на 59% (таблица 3). Наибольшее снижение питательности корма (на 17–53%) наблюдалось при летнем сроке посева.

Для люцерны изменчивой и клевера лугового более значительный выход питательных веществ обеспечивал летний срок посева под покров проса с рапсом яровым, который повышал сбор кормовых единиц, переваримого протеина, КПЕ и обменной энергии на 9–28% в сравнении с другими сроками. Для эспарцета песчаного и галеги восточной в этом отношении преимущество имел весенний срок посева под покров суданской травы, при котором увеличение питательности корма составило от 8–10 до 26–69%.

3.4. Биоэнергетическая и экономическая оценка возделывания многолетних трав в зависимости от покровных культур и сроков посева. Минимальные затраты энергии в опыте для получения кормового сырья отмечены при возделывании клевера лугового в весенний срок посева под покров суданской травы (16,9 ГДж/га), максимальные – эспарцета песчаного в позднелетний срок под покров озимой ржи (21,8 ГДж/га). Показатели энергонасыщенности посевов костреца безостого позднелетнего срока превышали другие сроки посева на 24–35% при максимальном коэффициенте энергетической эффективности 1,9–2,7. Для люцерны изменчивой и клевера лугового наибольшие показатели энергонасыщенности корма обеспечивал летний срок посева, эспарцета песчаного и галеги восточной – весенний срок, которые повышали выход обменной энергии на 8–26%, а коэффициент энергетической эффективности до 2,8–5,4.

Таблица 3 – Показатели продуктивности многолетних трав в зависимости от сроков посева и покровных культур в сумме за два укоса (среднее за 2007–2010 гг. по посевам 2006–2008 гг.)

Покровная культура (срок посева)	Валовый выход с гектара			
	кормовых единиц	переваримого протеина, кг	КПЕ, т	обменной энергии, ГДж
Кострец безостый				
Суданская трава (весенний)	2270	219	1,7	32,2
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	1840	102	1,2	26,6
Просо с рапсом яровым (летний)	2020	109	1,4	29,0
Рапс яровой (позднелетний)	2980	145	2,0	43,1
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	3440	277	2,2	51,3
Озимая рожь (позднелетний)	2902	193	1,8	44,2
Люцерна изменчивая				
Суданская трава (весенний)	5200	806	8,4	72,6
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	6440	934	9,7	83,5
Просо с рапсом яровым (летний)	6530	966	9,7	91,6
Рапс яровой (позднелетний)	4900	692	7,4	68,6
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	5160	748	7,5	72,3
Озимая рожь (позднелетний)	5180	604	8,0	72,7
Эспарцет песчаный				
Суданская трава (весенний)	5770	810	8,8	79,8
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	4890	663	7,0	62,3
Просо с рапсом яровым (летний)	5380	828	8,2	75,1
Рапс яровой (позднелетний)	5470	728	8,5	76,1
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	5390	791	8,2	75,3
Озимая рожь (позднелетний)	4900	696	6,7	69,3
Клевер луговой				
Суданская трава (весенний)	3530	427	4,8	41,8
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	3900	439	5,5	45,6
Просо с рапсом яровым (летний)	4180	519	5,5	50,7
Рапс яровой (позднелетний)	3430	405	4,4	41,0
Овес с рапсом яровым (позднелетний)	4050	512	5,1	48,9
Озимая рожь (позднелетний)	3560	377	4,2	41,2
Галега восточная				
Суданская трава (весенний)	5220	656	6,6	59,8
Суданская трава с рапсом яровым (летний)	4420	534	6,9	44,6
Просо с рапсом яровым (летний)	3310	377	5,0	38,1

Экономическая оценка показала, что в условиях лесостепной зоны Западной Сибири посев люцерны изменчивой на кормовые цели в летний срок под покров смесей суданской травы или проса с рапсом яровым обеспечивал наибольший доход (11,1–11,9 тыс. руб./га) и окупаемость дополнительных затрат (в 8,2–8,6 раза), клевера лугового в тот же срок соответственно 3,5–6,1 тыс. руб./га и в 14,6–15,4 раза. Посев костреца безостого летом под покров смесей проса или суданской травы с рапсом яровым обеспечил доход 6,8–8,4 тыс. руб./га и окупаемость дополнительных затрат в 2,6–20 раз.

Таким образом, проведенные исследования показали, что для лесостепной зоны Западной Сибири оптимальным сроком посева на кормовые цели эспарцета песчаного и галеги восточной является период с 15 по 25 мая под покров суданской травы, люцерны

изменчивой и клевера лугового – с 10 по 20 июня под покров смеси суданской травы или проса с рапсом яровым, костреца безостого – с 10 по 20 июля под покров смеси овса с рапсом яровым, которые обеспечивали получение стабильных урожаев высококачественного корма.

ГЛАВА 4. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕСЕНИЯ АЗОТНОГО УДОБРЕНИЯ И БОРОНОВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В СИСТЕМЕ АДАПТИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Важным приемом повышения продуктивности травостоев многолетних трав является использование минеральных удобрений, особенно азотных. Оптимальные сроки и способы их внесения обеспечивают достаточное питание растений в течение вегетации, а их трансформация в почве должна быть приближена к периоду активного потребления растениями элементов питания (Юркин С.Н., 1979; Панников В.Д., 1987). Внесение азотного удобрения во время его активного потребления растениями повышает эффективность азота и сокращает его потери до 70–90%. При существующих методах внесения до 50–80% азота теряется в результате денитрификации и связывания питательных элементов в труднодоступные формы (Минеев В.Г., 1990; Жученко А.А., 1990). Приемы биологизации уменьшают эти негативные процессы, что приводит к повышению эффективности интенсификационных процессов за счет более рационального использования ресурсов территории.

4.1. Влияние азотного удобрения и способа его заделки на рост, развитие растений, урожайность и питательность сухой массы костреца безостого. Исследования показали, что внесение азотного удобрения в сравнении с неудобренным фоном достоверно повышало плотность травостоя костреца безостого на 38–57% за счет усиления кущения, массу побега в 1,5–1,7 раза, высоту растений на 25–29 см (до 136–140 см). При заделке азотных удобрений боровами плотность травостоя, масса побега и высота растений увеличивались в среднем на 1–6%. Наибольшее влияние на изменчивость показателей оказали удобрения (37–62%), в меньшей степени – погодные условия (15–30%).

На неудобренном фоне применение зубовой бороны в начале отрастания растений уменьшало плотность травостоя костреца безостого на 7%, игольчатой бороны – на 10–23%, массу побега соответственно на 5 и 24%, высоту растений на 6 и 3–11 см. Между высотой растений и плотностью травостоя выявлена существенная отрицательная связь ($r = -0,91$), положительная – с их массой ($r = 0,56...0,91$).

В годы исследований наибольшая урожайность сухой массы костреца безостого на неудобренном фоне получена в варианте без боронования (2,24 т/га). Весеннее боронование дернины тяжелой скоростной зубовой бороной снижало урожайность незначительно, игольчатой бороной – достоверно на 0,53–0,92 т/га (рисунок 2).

Внесение весной аммиачной селитры (N_{90}) повышало урожайность сухой массы костреца безостого в варианте без боронования в среднем в 2,3 раза (до 5,14 т/га), с боронованием зубовой бороной – в 2,8 раза (до 5,7 т/га), игольчатой в пассивном режиме – в 4,1 раза (до 5,40 т/га), в активном режиме – в 3,1 раза (до 5,28 т/га).

Результаты дисперсионного анализа показывали, что существенное ($p < 0,05$) и наиболее значительное (78–96%) влияние на общую изменчивость урожайности сухой массы костреца безостого оказало внесение азотного удобрения (таблица 4). Доля влияния боронования составила 1–2%, однако эффективность этого агротехнологического приема была различной и зависела от возраста травостоя. Дифференцированный подход к боронованию посевов костреца безостого с учетом типа борон и режима их работы по годам пользования повышал урожайность на 11–21%.

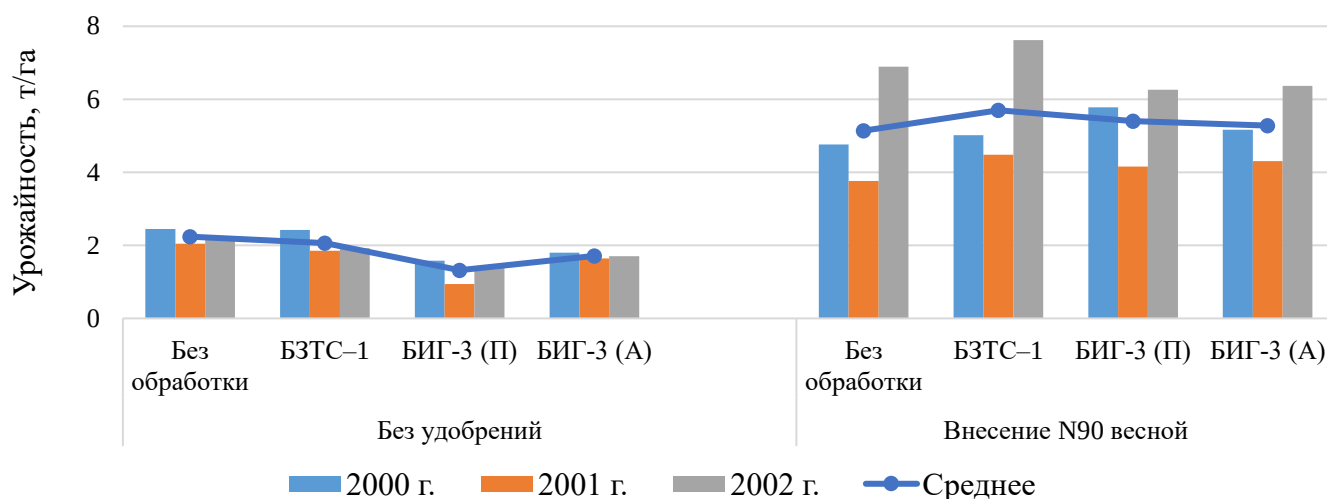


Рисунок 2 – Влияние азотного удобрения и способов его заделки в почву на урожайность сухой массы костреца безостого, т/га

Таблица 4 – Оценка существенности главных эффектов азотного удобрения и боронования и доля их влияния на урожайность сухой массы костреца безостого

Год	Урожайность, т/га						НСР ₀₅		Доля влияния, %	
	Удобрение		Боронование				для удобрения	для боронования	удоб-рения	боро-нования
	N ₀	N ₉₀	Контроль	БЗТС-1	БИГ-3 (П)	БИГ-3 (А)				
2000	2,06	5,18	3,61	3,72	3,68	3,49	0,33	$F_{\phi} < F_{05}$	88	1
2001	1,62	4,18	2,91	3,17	2,55	2,98	0,48	$F_{\phi} < F_{05}$	78	2
2002	1,82	6,79	4,56	4,77	3,85	4,04	0,43	0,30	96	2

Корреляционный анализ выявил сильную положительную связь урожайности сухой массы костреца безостого с высотой растений, массой побега, плотностью травостоя ($r = 0,91 \dots 0,97$) и условиями влагообеспеченности (сумма осадков и значение ГТК) за июнь–июль ($r = 0,99$). Влияние суммы температур было отрицательным и менее значительным ($R^2 = 0,17$). Коэффициент множественной детерминации свидетельствует, что 77% изменений в урожайности сухой массы костреца безостого было обусловлено изменениями температуры (x_1) и суммы осадков (x_2) за июнь–июль. Зависимость урожайности от осадков была криволинейной логарифмического типа, от температуры – прямолинейной (уравнение 4, рисунок 3):

$$y = -7,316 - 0,0109 x_1 + 5,5071 \lg x_2, (R^2 = 0,77). \quad (4)$$

Анализ зоотехнического состава растений костреца безостого показал, что внесение азотного удобрения повышало содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества с 0,53 до 0,59 (на 11%), переваримого протеина на кормовую единицу с 81 до 95 г (на 17%). Влияние боронования на изменение биохимического состава и питательности сухой массы было незначительным. Показатели качества корма соответствовали требованиям ГОСТ.

4.2. Влияние сроков внесения «стартовой» дозы азотного удобрения на рост, развитие растений, урожайность и питательность сухой массы люцерны изменчивой. Исследования показали, что комбинированное внесение азотного удобрения весной и через 14 дней после укоса, в сравнении с весенним и через день после укоса, повышало плотность

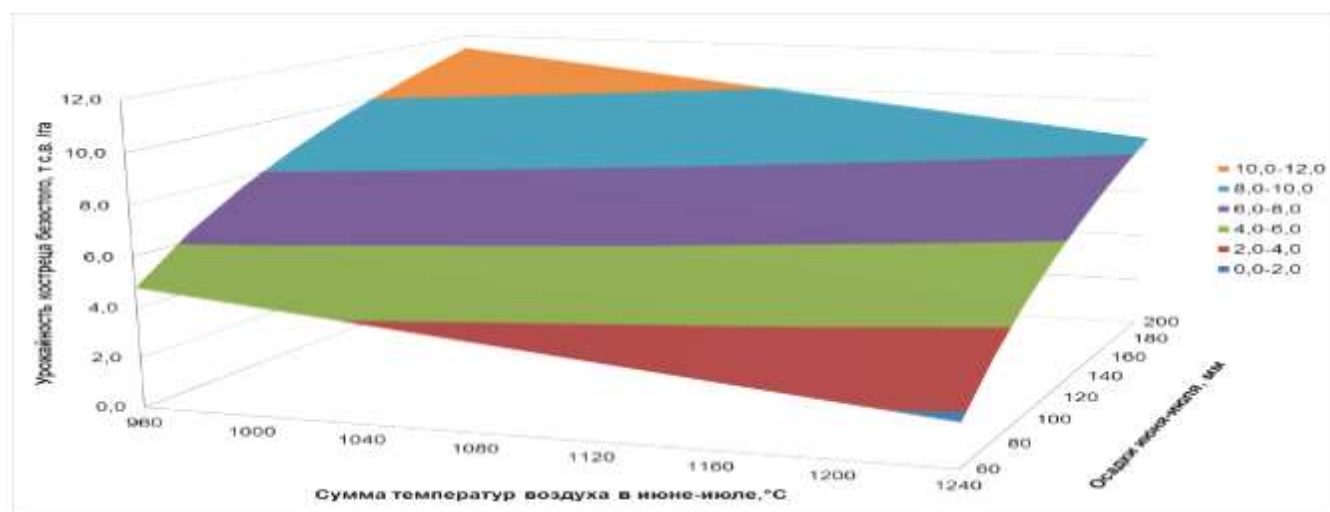


Рисунок 3 – Зависимость от совместного действия температуры воздуха и осадков за период июнь–июль (2000–2002 гг.) урожайности сухой массы костреца безостого, т/га

травостоя люцерны изменчивой в первом укосе на 21–29% за счет усиления кущения растений ($r = 0,81$).

Установлено, что максимальное количество нитратного азота в слое почвы 0–20 см содержалось в вариантах с внесением удобрений на следующий день и через три недели после скашивания люцерны изменчивой (соответственно 22 и 24 мг/кг). Наибольшая урожайность сухой массы (7,09 т/га) получена при комбинированном внесении «стартовой» дозы азотных удобрений весной и через 14 дней после укоса, которая превышала на 0,75 т/га (12%) контроль и весенний срок (на 5%) (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние сроков внесения «стартовой» дозы азота (N_{30}) на урожайность сухой массы люцерны изменчивой, т/га (посев 1999 г.)

Срок внесения	2000 г.	2001 г.	2002 г.	Среднее	± к контролю	
					т/га	%
Без внесения	6,65	6,01	6,37	6,34	0	0
Весной	6,83	6,51	6,59	6,64	0,30	5
После первого укоса: через 1 день	6,53	5,77	6,25	6,18	–0,16	–3
через 7 дней	6,61	6,61	7,07	6,76	0,42	7
через 14 дней	6,61	6,49	6,73	6,61	0,27	4
через 21 день	6,59	6,22	6,37	6,39	0,05	1
Весной + через 14 дней после первого укоса	7,03	6,36	7,89	7,09	0,75	12
Осенью	6,54	5,86	7,38	6,59	0,25	4
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	$F_{\phi} < F_{05}$	0,55			

В растениях люцерны изменчивой при поздних сроках внесения азотного удобрения содержание кормовых единиц в 1 кг сухого вещества повышалось с 0,71 до 0,77 (на 8%), переваримого протеина на кормовую единицу со 159 до 166 г (4%), обменной энергии с 10,0 до 10,7 МДж/га (на 7%). Показатели качества корма соответствовали требованиям ГОСТ.

4.3. Биоэнергетическая и экономическая оценка внесения азотного удобрения на костреце безостом и люцерне изменчивой. Биоэнергетическая оценка показала, что в сравнении с неудобренным фоном внесение азотного удобрения увеличивало выход обменной энергии на посевах костреца безостого в 2,5–3,6 раза (до 171–179 ГДж/га), на люцерне изменчивой при дробном внесении в 1,2 раза (до 228 ГДж/га). При этом

энергетическая эффективность (КЭЭ) возделывания культур при внесении азотного удобрения повышалась с низкого (2,3–2,5) до среднего и высокого (4,8–5,2) уровня.

Анализ экономической эффективности показал, что боронование посевов костреца безостого на неудобренном фоне не целесообразно и приводило к убытку в размере 2,1–14,6 тыс. руб./га. При внесении азотного удобрения чистый доход составил 44,9–60,1 тыс. руб./га, при окупаемости дополнительных затрат в 2,3–2,5 раза с максимальным значением в варианте с игольчатой бороной в пассивном режиме работы. На люцерне изменчивой наибольшая прибыль (24,2 тыс. руб./га) получена при дробном внесении азотного удобрения весной и через 14 дней после укоса с окупаемостью дополнительных затрат в 5,4 раза.

Таким образом, исследования показали, что внесение весной в начале отрастания костреца безостого азотных удобрений в дозе N_{90} и использование для их заделки тяжелых зубовых борон БЗТС–1 увеличивало урожайность сухой массы в 1,6 раза, доход на 10,1 тыс. руб./га с окупаемостью затрат в 2,3 раза. Комбинированное внесение стартовой дозы азотного удобрения (N_{30}) на люцерне изменчивой весной и через 14 дней после первого укоса повышало урожайность сухой массы на 12%, питательность на 4–8%, доход на 22,3 тыс. руб./га при окупаемости дополнительных затрат в 5,4 раза. Все показатели питательности корма соответствовали требованиям ГОСТ.

ГЛАВА 5. АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПЕРИОДОВ УБОРКИ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ НА КОРМ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

5.1. Агротехнологические особенности уборки многолетних трав на корм. В адаптивной стратегии кормопроизводства большее значение имеет своевременная уборка трав и получение высококачественного корма (Жученко А.А., 2009). Рекомендуемые оптимальные сроки уборки многолетних трав на корм ориентированы на фазу развития растений, однако не учитывают такие важные факторы, в значительной степени определяющие продолжительность уборки и качество корма, как неблагоприятные погодные условия, обеспеченность кормоуборочной техникой. В резко континентальном климате Западной Сибири обоснование оптимальной продолжительности уборки многолетних трав с учетом указанных факторов актуально.

Результаты наших исследований показали, что отрастание многолетних трав в зависимости от погодных условий наступало в период с 20 апреля по 3 мая, укосная спелость костреца безостого отмечалась с 7 по 13 июня, бобовых трав с 11 по 30 июня. По многолетним данным в этот период вероятность осадков интенсивного типа составляет 54–58% (таблица 6). В большинстве случаев это не позволяет провести уборку многолетних трав в рекомендуемые оптимальные сроки (5–7 дней). При уборке трав в июле осадки ливневого характера наблюдаются в 62–83% лет, что повышает вероятность увеличения продолжительности сроков уборки еще более значительно.

Таблица 6 – Вероятность выпадения осадков выше среднемноголетнего значения в различные периоды уборки многолетних трав в лесостепной зоне Западной Сибири (2000–2023 гг.)

Период	Число лет с осадками, %			
	меньше нормы	больше нормы	превышающих норму	
			< 50%	> 50%
II декада июня	50	50	42	58
III декада июня	46	54	46	54
I декада июля	42	58	25	75
II декада июля	63	37	17	83
III декада июля	50	50	38	62

При недостаточной (менее 50%) обеспеченности хозяйств Западно-Сибирского региона уборочной техникой нагрузка на кормоуборочный комбайн составляет более 800 га посевов кормовых культур. Для уборки такой площади требуется от 25 до 30 суток, поэтому возникает необходимость изучения и определения оптимальных периодов уборки многолетних трав, в течение которых возможно получать высокую продуктивность при возделывании на корм.

5.2. Особенности роста и развития многолетних трав при разных сроках скашивания. Исследования показали, что интенсивный рост растений многолетних бобовых трав и удобренного костреца безостого происходил в период от бутонизации (выметывания) до пятого дня после цветения. В связи с этим, при скашивании травостоя в конце этого периода его плотность возрастала на 8–25%, повышалась высота растений на 5–23 см и масса побега на 0,3–2,2 г, а вариабельность показателей снижалась в 1,4 раза. На неудобренном костреце безостом отмечено снижение плотности травостоя первого укоса на 39% из-за частичной гибели и усыхания побегов. На высоту растений существенное влияние оказывали плотность травостоя и масса побега ($r = 0,57...0,88$).

Наблюдения за ростом и развитием растений показали, что запаздывание с уборкой трав первого укоса на 20 и более дней снижало урожайность второго укоса на 30–56%, а в отдельных случаях укосной его спелости не наступало. Продолжительность между укосами в зависимости от скашивания первого укоса изменялось в опыте от 54 у клевера лугового до 70 суток у галеги восточной. Внесение азотного удобрения весной на костреце безостом сокращало быстроту отрастания между укосами с 73 до 66 суток. Корреляционный анализ выявил прямую связь быстроты отрастания между укосами с суммой среднесуточных температур ($r = 0,78...0,97$). Регрессионный анализ показал, что увеличение суммы температур на 100 °С удлиняло период отрастания травостоя между укосами на 5–7 суток ($R^2 = 0,60–0,94$) (уравнения 5–8, рисунок 4):

$$y \text{ (люцерна)} = 0,0467 x + 10,478, R^2 = 0,7178, \quad (5)$$

$$y \text{ (эспарцет)} = 0,0698 x - 14,967, R^2 = 0,7041, \quad (6)$$

$$y \text{ (клевер)} = 0,0541 x + 1,0116, R^2 = 0,6095, \quad (7)$$

$$y \text{ (галега)} = 0,068 x - 14,452, R^2 = 0,9411. \quad (8)$$

Данные уравнения позволяют оперативно определять сроки начала второго укоса по сумме температур.

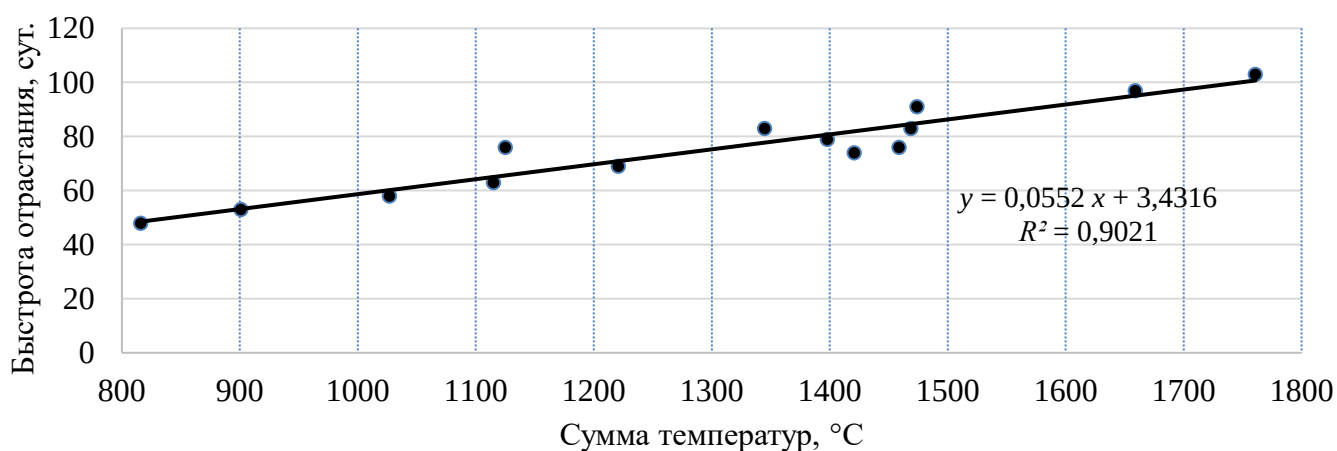


Рисунок 4 – Регрессионная зависимость быстроты отрастания (y) костреца безостого от суммы температур (x)

5.3. Формирование урожайности сухой массы многолетних трав в зависимости от сроков скашивания. Результаты исследований показали, что на неудобренном фоне скашивание костреца безостого через 5 дней после цветения обеспечивало наибольшую урожайность сухой массы в сумме за два укоса (5,57 т/га) (таблица 7). Внесение азотного удобрения весной в начале отрастания с последующим боронованием зубовой бороной повышало урожайность во все фазы роста и развития растений в 1,3–1,8 раза с наибольшим значением (8,66 т/га) при уборке через 15 дней после цветения за счет увеличения показателей продуктивности на 13–25%.

Таблица 7 – Урожайность сухой массы многолетних трав в зависимости от сроков скашивания первого укоса, т/га в сумме за два укоса (среднее за 2004–2006 гг. на посеве 2003 г.)

Срок скашивания	Кострец безостый		Люцерна изменчивая	Эспарцет песчаный	Клевер луговой	Галега восточная
	Без удобрений	Внесение N_{90}				
Стеблевание (выход в трубку)	3,95	6,09	6,90	4,31	4,93	6,65
Бутонизация (выметывание)	3,96	6,64	7,64	4,82	4,98	6,41
Начало цветения	4,74	7,61	7,52	5,48	6,26	7,96
Полное цветение	5,26	7,35	8,36	5,41	5,70	7,11
Через 5 дней	5,57	7,50	8,43	6,33	6,10	7,65
Через 10 дней	5,28	7,46	8,50	6,93	6,90	8,12
Через 15 дней	4,91	8,66	7,50	6,72	6,99	9,09
Через 20 дней	4,75	7,94	8,58	6,67	7,81	6,11
НСР ₀₅	1,1	0,8	0,8	1,1	0,6	0,8

Накопление сухой биомассы у люцерны изменчивой и эспарцета песчаного продолжалось в течение 10 дней после цветения и составило соответственно 8,50 и 6,93 т/га, что было больше на 13–26%, чем при уборке в начале цветения. В травостое галеги восточной приращение сухой массы на 14% продолжалось до 15-го дня после полного цветения, клевера лугового – на 25% до 20-го дня после полного цветения. На урожайность сухой массы многолетних трав существенное влияние оказывали плотность травостоя, масса побега и высота растений ($r = 0,74...0,95$).

5.4. Питательность сухой массы многолетних трав. Анализ качества корма основного укоса показал, что питательность сухой массы костреца безостого существенно снижалась от ранних сроков уборки к более поздним. Так, на неудобренном фоне содержание протеина уменьшалось с 11,8 до 8,2%, жира с 2,3 до 2,0, золы с 7,7 до 6,7, а сухого вещества возрастало с 25,8 до 34,6% (рисунок 5). Внесение азота увеличивало показатели питательности корма в 1,1–1,3 раза и уменьшало содержание сухого вещества до 23,7%.

Питательность сухой массы многолетних бобовых трав также снижалась при более поздних сроках уборки: переваримого протеина с 16,9–13,1 до 13,9–11,6%, жира с 2,2–1,8 до 2,1–1,5, золы с 8,4–6,3 до 8,2–5,6. Следует отметить, что наибольшее варьирование и снижение содержания переваримого протеина при задержке уборки наблюдалось у галеги восточной (с 18,5 до 13,9%), наименьшее – у люцерны изменчивой (с 15,7 до 13,8%) с обратной динамикой содержания сухого вещества в растениях (с 18,1 до 28,7% и с 23,7 до 27,6% соответственно). В среднем повышение содержания сухого вещества у многолетних бобовых трав при более поздних сроках уборки составило 3,9–10,6% (рисунок 6).

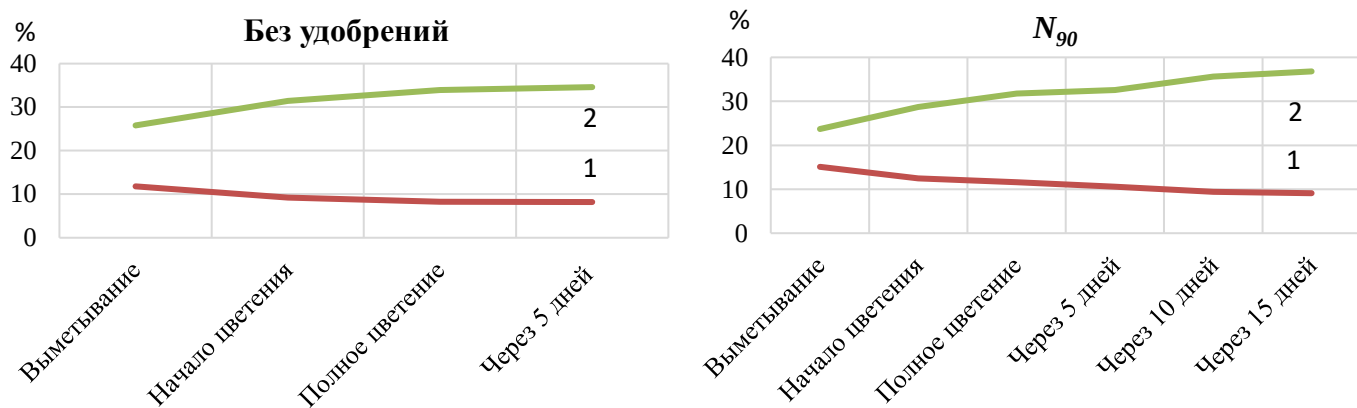


Рисунок 5 – Изменение содержания переваримого протеина (1) и сухого вещества (2) в растениях костреца безостого в зависимости от срока скашивания

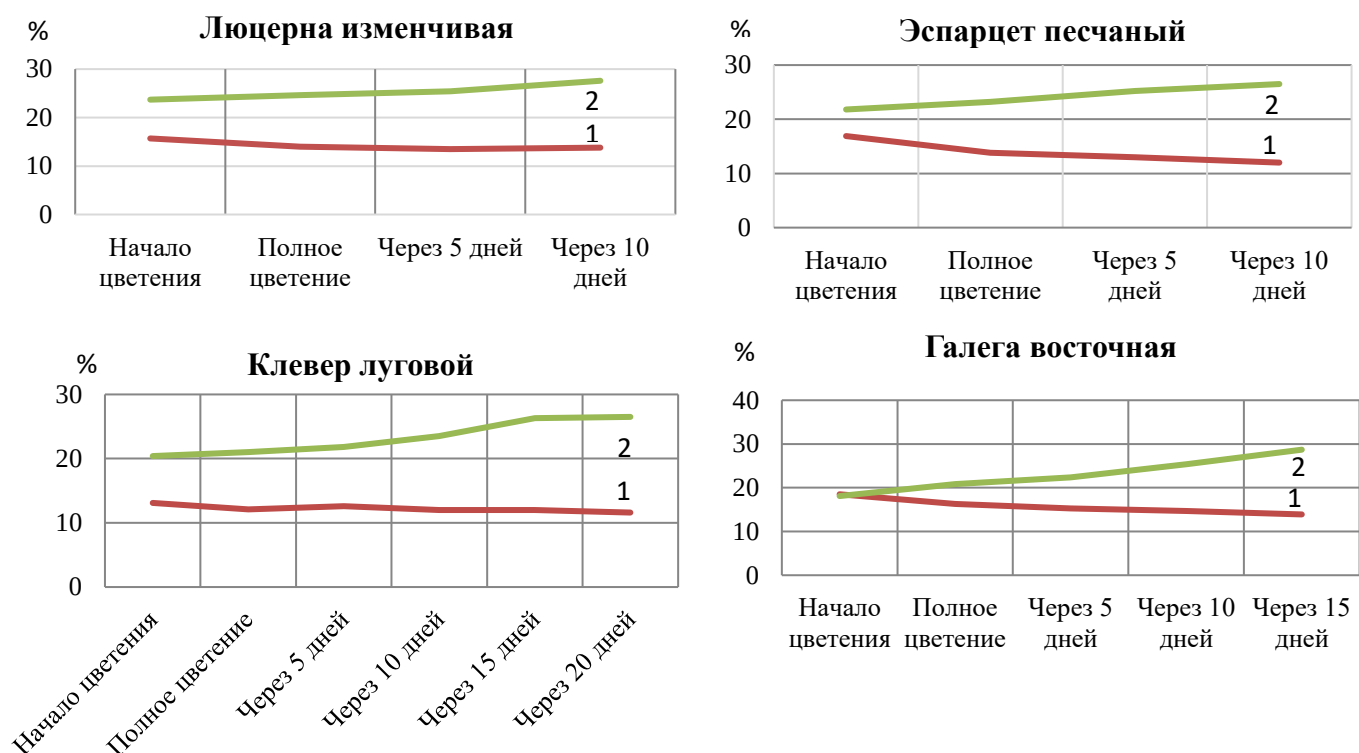


Рисунок 6 – Изменение содержания переваримого протеина (1) и сухого вещества (2) в растениях многолетних бобовых травах в зависимости от срока скашивания

Корреляционный анализ выявил сильную обратную связь между содержанием сырого протеина в сухой массе многолетних трав и сроком первого укоса ($r = -0,87 \dots -0,98$), прямую – с содержанием сухого вещества ($r = 0,94 \dots 0,99$). Регрессионный анализ показал, что при задержке уборки многолетних трав на 1 сутки (x) от фазы выход в трубку (ветвление) содержание переваримого протеина (y_1) снижалось ежедневно на 0,2%, сухого вещества (y_2) – увеличивалось на 0,3–0,4% ($R^2 = 0,56–0,94$, уравнения 9–12):

$$y_1 (\text{кострец}) = -0,1884 x + 14,578, R^2 = 0,6792, \quad (9)$$

$$y_2 (\text{бобовые}) = 0,4034 x + 23,368, R^2 = 0,9476, \quad (10)$$

$$y_1 (\text{кострец}) = -0,2063 x + 17,319, R^2 = 0,5692, \quad (11)$$

$$y_2 (\text{бобовые}) = 0,2610 x + 17,553, R^2 = 0,6995. \quad (12)$$

Лабораторные анализы показали, что силос из многолетних бобовых трав, убранных через 15–20 дней после цветения, соответствовал требованиям ГОСТ.

5.5. Биоэнергетическая и экономическая оценка сроков скашивания многолетних трав. Биоэнергетическая оценка зеленой массы неудобренного костреца безостого показала, что наибольший выход обменной энергии (156 ГДж/га) получен при уборке через 5 дней после полного цветения растений, внесение азотных удобрений увеличивало показатель в 1,5 раза и продлевало оптимальный период уборки до 15-го дня после цветения. У эспарцета песчаного и люцерны изменчивой наибольшая энергонасыщенность корма (174 и 232 ГДж/га) получена при скашивании через 10 дней, галеги восточной и клевера лугового (158 и 180 ГДж/га) – через 15–20 дней после цветения.

Экономическая оценка показала, что на неудобренном костреце безостом максимальный доход (12,1 тыс. руб./га) и окупаемость затрат (в 1,8 раза) получены при завершении уборки в течение 5 дней после цветения, внесение азота увеличивало продолжительность периода уборки на 10 дней с получением максимального дохода (49,7 тыс. руб./га) и наибольшей окупаемостью дополнительных затрат (в 2,0 раза). Уборка люцерны изменчивой, эспарцета песчаного и галеги восточной в течение 10 дней после цветения обеспечивала максимальную прибыль (6,4–18,0 тыс. руб./га) и окупаемость дополнительных затрат (в 1,0–2,7 раза), клевера лугового – уборка в течение 20 дней (соответственно 24,7 тыс. руб./га и в 3,7 раза).

Таким образом, исследования показали, что прирост сухой массы первого укоса костреца безостого на неудобренном фоне заканчивался на 5-й день после цветения, при внесении азотного удобрения – на 15-й день. У люцерны изменчивой и эспарцета песчаного урожайность возрастала до 10-го дня после цветения, галеги восточной – до 15-го, клевера лугового – до 20-го дня. При задержке уборки содержание переваримого протеина в растениях многолетних трав уменьшалось ежедневно на 0,2%, сухого вещества – увеличивалось на 0,3–0,4%. С учетом повышения урожайности, валовый сбор питательных веществ при уборке в более поздние сроки не снижался, а в некоторых случаях повышался. Приготовленный силос из зеленой массы трав поздних сроков уборки соответствовал требованиям ГОСТ.

ГЛАВА 6. ИНТРОДУКЦИЯ НОВОЙ КОРМОВОЙ КУЛЬТУРЫ ФЕСТУЛОЛИУМ В СИСТЕМУ АДАПТИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

6.1. Агротехнологическое обоснование введения фестулолиума в кормопроизводство лесостепной зоны Западной Сибири. В рамках адаптивной стратегии развития кормопроизводства особое значение придается экологизации и биологизации интенсификационных процессов за счет повышения доли бобово-злаковых ценозов и интродукции новых культур, обладающих высоким потенциалом устойчивости и продуктивности. Одной из таких культур является фестулолиум, особенности роста и развития которого в условиях Западной Сибири не изучены, а технология возделывания не разработана. Необходимость решения этой задачи обусловлена еще и тем, что урожайность возделываемых многолетних трав в регионе (на примере Новосибирской области) в последние годы не повышается.

Наши исследования по изучению сравнительной продуктивности фестулолиума с основными злаковыми многолетними травами показали, что урожайность его зеленой массы изменялась от 25,3 до 32,0 т/га и в среднем составила 28,6 т/га, что было больше на 18% костреца безостого, на 14 – овсяницы луговой, на 10 – райграса пастбищного, на 6% – тимофеевки луговой (таблица 8).

Таблица 8– Урожайность и питательность многолетних злаковых трав в лесостепной зоне Западной Сибири (посев 2018 г.)

Культура	Урожайность зеленой массы, т/га			Содержание в 1 кг корма	
	2019 г.	2020 г.	Среднее	кормовых единиц	переваримого протеина, г
Фестулолиум	25,3	32,0	28,6	0,61	53
Овсяница луговая	27,3	23,0	25,2	0,48	68
Райграс пастбищный	24,0	28,0	26,0	0,33	39
Кострец безостый	26,6	22,0	24,3	0,49	45
Тимофеевка луговая	30,2	24,0	27,1	0,47	47
НСР ₀₅	1,0	2,1		0,12	6

Зоотехнический анализ показал, что в 1 кг сухого вещества фестулолиума содержалось 0,61 кормовых единиц, что превышало другие многолетние злаковые травы на 0,12–0,28 к.ед. (24–85%). По содержанию переваримого протеина (53 г/к.ед.) фестулолиум уступал только овсянице луговой (68 г/к.ед.), однако, с учетом урожайности разница по валовому его сбору между этими культурами была не значительной. У других многолетних злаковых трав этот показатель был существенно ниже и составил 39–47 г/к.ед. По валовому выходу кормовых единиц с 1 га посев фестулолиума (17446 к.ед.) превышал другие многолетние травы в 1,4–2 раза. Полученные результаты свидетельствуют о более высоком потенциале продуктивности новой кормовой культуры фестулолиум, в сравнении с другими многолетними злаковыми травами, возделываемыми в данном регионе.

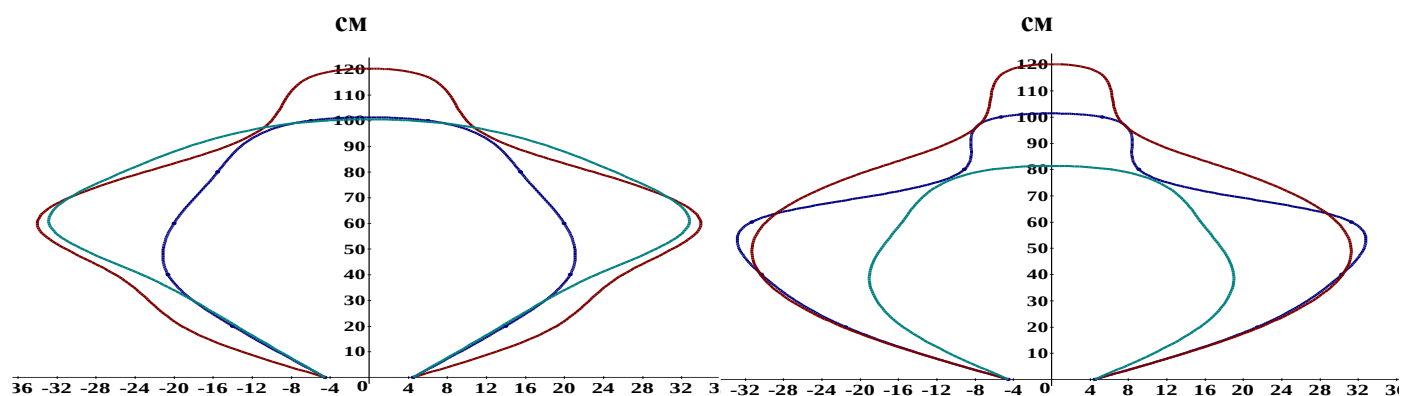
6.2. Особенности роста, развития и формирования травостоя фестулолиума в одновидовом посеве и травосмесях с многолетними бобовыми травами. В первый год жизни в одновидовом посеве фестулолиума и в смесях с многолетними бобовыми травами продолжительность периода от всходов до завершения вегетации изменялось от 80 до 85 дней, сумма среднесуточных температур от 1283 до 1329 °С, значение ГТК от 1,23 до 1,27, что было достаточно для оптимального роста и развития растений фестулолиума.

Перед уходом в зиму в первый год жизни сохранность растений бобовых трав составила 84%, фестулолиума 97% и не зависела от способа посева. В травосмесях содержание водорастворимых сахаров в корнях многолетних бобовых трав перед уходом в зиму в сравнении с одновидовыми посевами уменьшалось в 1,5–2 раза и составило 2,5–3,8%, фестулолиума – повышалось с 7,1 до 7,6–7,9%. На зимостойкость растений фестулолиума первого года жизни (85–88%) способы посева не оказывали существенного влияния, зимостойкость бобовых трав в травосмесях с фестулолиумом (77%) была выше на 5%, чем в одновидовых посевах.

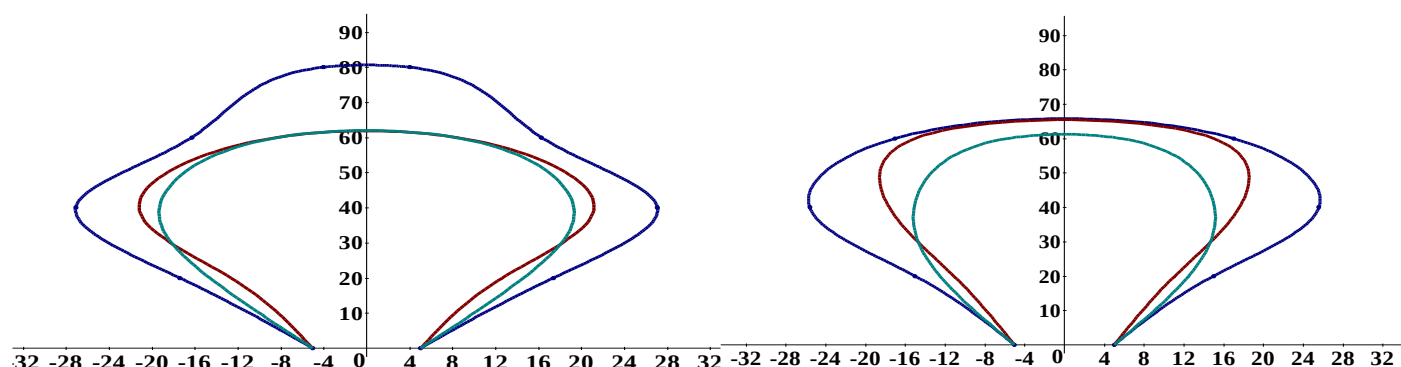
Возобновление вегетации многолетних трав в годы пользования наблюдалось в период с 25 по 28 апреля, скашивание первого укоса – с 18 по 22 июня в фазе цветения бобовых и выметывания фестулолиума. Продолжительность вегетации фестулолиума от весеннего отрастания до укосной спелости составила в опыте 54–55 дней при сумме среднесуточных температур от 614 до 782 °С и различных условиях влагообеспеченности (ГТК = 0,5–0,8).

Выявлено, что в среднем за три года пользования, независимо от фона удобрения, масса побега бобовых трав в одновидовом посеве была в 1,5 раза выше, чем в травосмесях, их облиственность в опыте изменялась незначительно – от 47 до 54%. В травостоях люцерны изменчивой с фестулолиумом на неудобренном фоне и при внесении азотного удобрения в дозе N_{30} отмечено более сбалансированное распределение биомассы по вертикальному профилю. Масса побегов люцерны изменчивой в совместном посеве была больше в 1,9 раза, чем в смешанном посеве (рисунок 7).

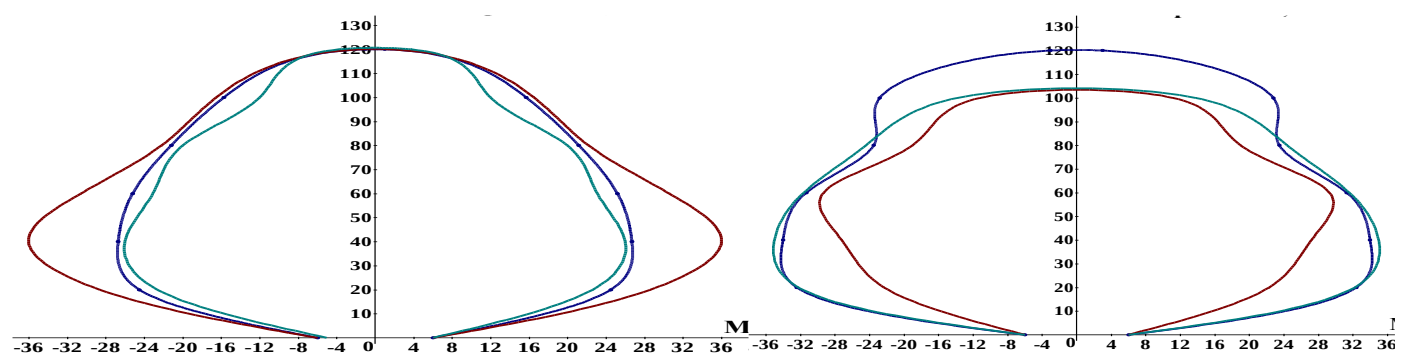
Травосмесь люцерны изменчивой с фестулолиумом



Травосмесь клевера лугового с фестулолиумом



Травосмесь эспарцета песчаного с фестулолиумом



Масса растения, г

—N₀; —N₃₀; —N₆₀

Рисунок 7 – Вертикальное распределение биомассы многолетних бобовых трав в травосмесях с фестулолиумом в зависимости от дозы азота и способа посева (слева – совместный посев, справа – смешанный)

Наиболее оптимальное распределение биомассы по вертикальному профилю наблюдалось в травосмесях клевера лугового и эспарцета песчаного с фестулолиумом при черезрядном (совместном) посеве, который увеличивал массу побегов в 1,3–1,7 раза.

6.3. Урожайность фестулолиума в одновидовом посеве и травосмесях с многолетними бобовыми травами. Результаты исследований показали, что в среднем за годы исследований урожайность зеленой массы травосмесей фестулолиума с многолетними бобовыми травами превышала одновидовые его посевы на 18%, а ее вариабельность уменьшалась на 12% (таблица 9).

Таблица 9 – Урожайность зеленой массы одновидовых и смешанных посевов многолетних трав в зависимости от способа посева и дозы азота, т/га (среднее за 2020–2023 гг. на посевах 2019, 2020 г.)

Культура (способ посева)	Доза азота, кг д.в./га			Среднее	Min–Max	Коэффициент вариации, %
	N_0	N_{30}	N_{60}			
Люцерна изменчивая (Л)	39,0	41,3	40,6	40,3	19,2–65,3	37
Клевер луговой (К)	23,0	25,8	29,0	26,0	8,0–67,6	61
Эспарцет песчаный (Э)	34,7	36,5	44,2	38,5	19,2–72,4	37
Фестулолиум (Ф)	24,8	27,6	31,7	28,0	1,0–63,0	60
Л + Ф (совместный)	38,1	37,4	37,9	37,8	11,3–58,6	35
Л + Ф (смешанный)	30,1	33,3	34,7	32,7	6,7–71,0	49
К + Ф (совместный)	25,9	30,1	32,0	29,3	3,0–61,5	54
К + Ф (смешанный)	26,1	29,4	31,9	29,2	1,7–68,8	60
Э + Ф (совместный)	30,4	35,7	39,1	35,1	13,6–70,1	40
Э + Ф (смешанный)	26,7	30,7	41,8	33,1	8,7–77,6	49
НСР ₀₅ : А (смеси) – 1,2; В (удобрения) – 0,7; А x В – 2,1						
Примечание. Доля влияния факторов и их взаимодействия (%) по посеву 2019 г.: год 14, смеси 26, удобрения 10, год x смеси x удобрения 8; по посеву 2020 г.: год 66, смеси 16, удобрения 6, год x смеси x удобрения 2.						

Наибольшая урожайность травосмеси получена в совместном посеве фестулолиума с люцерной изменчивой (37,8 т/га) и эспарцетом песчаным (35,1 т/га). При этом существенно повышался уровень минимальных значений урожайности зеленой массы. Следует отметить, что урожайность одновидовых посевов на удобренном фоне (N_{60}), в сравнении с неудобренным, увеличилась в среднем на 19,7%, в травосмесях фестулолиума с бобовыми травами – на 22,2%. Внесение азотного удобрения в дозе N_{60} повышало урожайность клевера лугового на 26%, эспарцета песчаного на 27, фестулолиума на 28%. Наибольшая урожайность люцерны изменчивой получена на фоне N_{30} , при дозе азота N_{60} наблюдалось ее снижение на 2%. В среднем по опыту совместные посевы фестулолиума с многолетними бобовыми травами превышали урожайность зеленой массы смешанных посевов на 2,4 т/га (8%).

Корреляционный анализ выявил среднюю положительную связь урожайности зеленой массы травосмесей с высотой растений и массой побега фестулолиума ($r = 0,42...0,44$), плотностью травостоя фестулолиума и бобового компонента ($r = 0,64...0,69$).

6.4. Зоотехнический состав и питательность зеленой массы фестулолиума в одновидовом посеве и травосмесях с многолетними бобовыми травами. Анализ качества корма показал, что в зеленой массе фестулолиума содержание сырого протеина составляло 8,5%, переваримого протеина 53 г/к.ед., выход кормовых единиц 5,2 тыс./га, при внесении азотного удобрения питательность повышалась соответственно на 3,8%, 29 г/к.ед. и 0,9 тыс. к.ед./га (таблица 10). Введение фестулолиума в состав травосмесей с многолетними бобовыми травами увеличило содержание сырого протеина на 3,5% (до 12,0%), переваримого протеина на 26 г/к.ед. (до 79 г/к.ед.), выход кормовых единиц на 0,5 тыс./га (до 5,7 тыс./га) в сравнении с одновидовым его посевом. Внесение азотного удобрения улучшило показатели питательности травосмесей в 1,1–1,3 раза.

Биоэнергетическая оценка показала, что в сравнении с одновидовым посевом фестулолиума возделывание его в травосмесях с многолетними бобовыми травами повышало валовый выход обменной энергии на 5% (с 219 до 230 ГДж/га) (таблица 11). Внесение азотного удобрения увеличило этот показатель на 5–14% (на 13–30 ГДж/га). При этом энергетическая эффективность (КЭЭ) возделывания травосмесей на неудобренном фоне повысилась с 8,6 до 8,9, при внесении азотного удобрения – с 4,2 до 4,4–4,7.

Таблица 10 – Питательность зеленой массы многолетних трав в зависимости от способа посева и доз азотного удобрения (среднее за 2000–2023 гг., посев 2019, 2020 г.)

Культура (способ посева)	Содержание протеина						Выход кормовых единиц, тыс./га		
	сырого, %			переваримого, г/к. ед.					
	N_0	N_{30}	N_{60}	N_0	N_{30}	N_{60}	N_0	N_{30}	N_{60}
Люцерна изменчивая (Л)	15,4	15,5	16,3	114	115	124	7,2	7,4	7,0
Клевер луговой (К)	15,5	18,1	18,7	92	130	135	4,1	4,7	5,1
Эспарцет песчаный (Э)	14,1	15,9	15,0	100	102	103	6,5	6,8	8,1
Фестулолиум (Ф)	8,5	10,6	12,3	53	76	82	5,2	5,2	6,1
Л + Ф (совместный)	13,7	14,9	14,6	87	94	93	7,5	7,2	7,1
Л + Ф (смешанный)	13,4	14,9	14,5	85	94	91	6,2	6,4	6,8
К + Ф (совместный)	10,7	14,4	14,9	84	91	94	4,8	5,2	5,5
К + Ф (смешанный)	10,8	12,7	13,0	68	81	83	5,1	5,7	5,8
Э + Ф (совместный)	11,9	13,0	13,7	76	83	87	5,6	6,3	6,7
Э + Ф (смешанный)	11,7	12,1	14,4	75	85	93	4,9	5,6	7,4

Таблица 11 – Биоэнергетические показатели зеленой массы многолетних трав в зависимости от способа посева и доз азотного удобрения (среднее за 2000–2023 гг., посев 2019, 2020 г.)

Культура (способ посева)	Обменная энергия						КЭЭ		
	ГДж/га			МДж/кг					
	N_0	N_{30}	N_{60}	N_0	N_{30}	N_{60}	N_0	N_{30}	N_{60}
Люцерна изменчивая (Л)	308	319	302	8,0	8,0	7,9	12,1	6,2	5,1
Клевер луговой (К)	138	156	173	8,9	8,9	9,0	5,4	3,0	2,9
Эспарцет песчаный (Э)	258	271	326	8,0	8,5	8,5	9,0	4,9	5,2
Фестулолиум (Ф)	219	217	252	8,2	8,2	8,4	8,6	4,2	4,2
Л + Ф (совместный)	298	288	292	7,8	7,8	7,9	11,7	5,6	4,9
Л + Ф (смешанный)	249	256	266	7,9	8,0	7,9	9,8	4,9	4,5
К + Ф (совместный)	189	209	219	8,0	8,1	8,0	7,4	4,0	3,7
К + Ф (смешанный)	194	220	224	8,0	7,8	7,8	7,6	4,3	3,7
Э + Ф (совместный)	243	275	288	8,0	8,0	8,0	9,0	5,2	4,7
Э + Ф (смешанный)	207	235	301	7,9	7,9	7,9	7,7	4,4	4,9

Силос, приготовленный из травосмесей фестулолиума с бобовыми травами, содержал 26% сухого вещества, его кислотность изменялась от 3,9 до 4,3, доля молочной кислоты составила 60–65% при полном отсутствии масляной кислоты, что соответствовало требованиям ГОСТ.

6.5. Экономическая оценка возделывания травостоев фестулолиума в одновидовом посеве и травосмесях с многолетними бобовыми травами. Расчеты показали, что экономическая эффективность возделывания фестулолиума в смесях с многолетними бобовыми травами значительно повышалась в сравнении с его одновидовым посевом, но была различной в зависимости от бобовой культуры, дозы азотного удобрения и способа посева.

На неудобренном фоне и при внесении азотного удобрения в дозе N_{30} наибольший условно чистый доход (соответственно 57,1 и 43,6 тыс. руб./га) и окупаемость дополнительных затрат (в 20,4 и 6,4 раза) обеспечили совместные посевы фестулолиума с люцерной изменчивой. На фоне азотного удобрения в дозе N_{30} высокий доход (31,2 тыс. руб./га) и окупаемость (в 4,6 раза) также получены и при возделывании в совместных посевах фестулолиума с эспарцетом песчаным.

При внесении азотного удобрения в дозе N_{60} наибольшую прибыль и окупаемость обеспечивали смешанные посевы фестулолиума с эспарцетом песчаным (соответственно 26,8 тыс. руб./га и в 2,1 раза) и совместные посевы с люцерной изменчивой (16,4 тыс. руб./га и в 1,3 раза).

Возделывание фестулолиума в смеси с клевером луговым на неудобренном фоне и при внесении азота в дозе N_{60} было убыточным. Рентабельно оно было только в смешанном посеве с фестулолиумом на фоне N_{30} – доход составил 9,1 тыс. руб./га при окупаемости затрат в 1,4 раза.

Таким образом, возделывание фестулолиума на кормовые цели в смесях с многолетними бобовыми травами, в сравнении с одновидовыми его посевами, достоверно повышало урожайность зеленой массы на 18%, снижало ее вариабельность, улучшало качество корма и значительно повышало окупаемость дополнительных затрат. При внесении азотного удобрения доход и окупаемость дополнительных затрат травосмесей существенно повышался в сравнении с одновидовым посевом фестулолиума.

ГЛАВА 7. АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ СТАРОВОЗРАСТНОЙ ДЕРНИНЫ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В СИСТЕМЕ АДАПТИВНОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

7.1. Рост и развитие, густота стояния и сохранность растений пластовой культуры в зависимости от агротехнологических приемов обработки старовозрастной дернины многолетних трав. Концепция стратегии адаптивной интенсификации агропромышленного комплекса предусматривает создание высокопродуктивных и экологически устойчивых агроландшафтов, эффективно использующих возобновляемые ресурсы. Разработка агротехнологических приемов вовлечения в структуру севооборота низкопродуктивных старовозрастных ценозов многолетних трав является важным фактором интенсификации системы адаптивного кормопроизводства в лесостепной зоне Западной Сибири.

Результаты исследований по изучению эффективности приемов обработки старовозрастной дернины многолетних трав показали, что наибольшая полевая всхожесть семян (86%) и густота всходов (430 шт./м²) пластовой культуры (овса) получена в варианте со вспашкой и на делянках с обработкой дернины гербицидом сплошного действия Торнадо осенью с последующим весенним дискованием (соответственно 77% и 398 шт./м²). Дискование БДТ-3 и фрезерование дернины ФБН осенью в два следа снижало полевую всхожесть на 18–21%, густоту всходов овса на 81–87 шт./м², обработка дернины тяжелой дисковой бороной весной перед посевом – соответственно на 30% и 148 шт./м². В зависимости от приемов обработки дернины плотность почвы перед посевом овса изменялась в интервале 1,1–1,3 г/см³.

Осенняя вспашка и обработка дернины гербицидом осенью с последующим дискованием также обеспечивали наибольшую густоту стояния (соответственно 405 и 325 шт./м²), сохранность (94 и 82%) и высоту (97 и 90 см) растений пластовой культуры.

7.2. Влияние агротехнологических приемов обработки старовозрастной дернины многолетних трав на влажность почвы, засоренность посевов и урожайность пластовой культуры. Наблюдения за влажностью почвы показали, что наибольшие запасы продуктивной влаги в пахотном слое перед посевом овса были при осенней вспашке (21,6 мм). При дисковании и фрезеровании дернины они уменьшались на 3,3–11,0 мм (15–51%), и особенно значительно – при обработке в весенние сроки. Аналогичная закономерность наблюдалась по содержанию влаги в метровом слое почвы.

Наименьшая засоренность посевов овса (5–8 шт./м²) отмечена в вариантах с осенней вспашкой и обработкой дернины дисковой бороной в два следа осенью. Наибольшая

засоренность посевов (14–24 шт./м²) и масса сорняков (5,6% от общего урожая) наблюдалась в варианте с весенней разделкой дернины дисковой бороной.

Корреляционный анализ выявил существенную отрицательную связь засоренности посевов с высотой растений овса и запасами продуктивной влаги в почве перед посевом ($r = -0,63 \dots -0,74$). Регрессионный анализ показал, что при повышении запасов продуктивной влаги в слое почвы 0–100 см на 10 мм засоренность посевов перед уборкой снижалась на 5 шт./м² ($R^2 = 0,56$, рисунок 8).

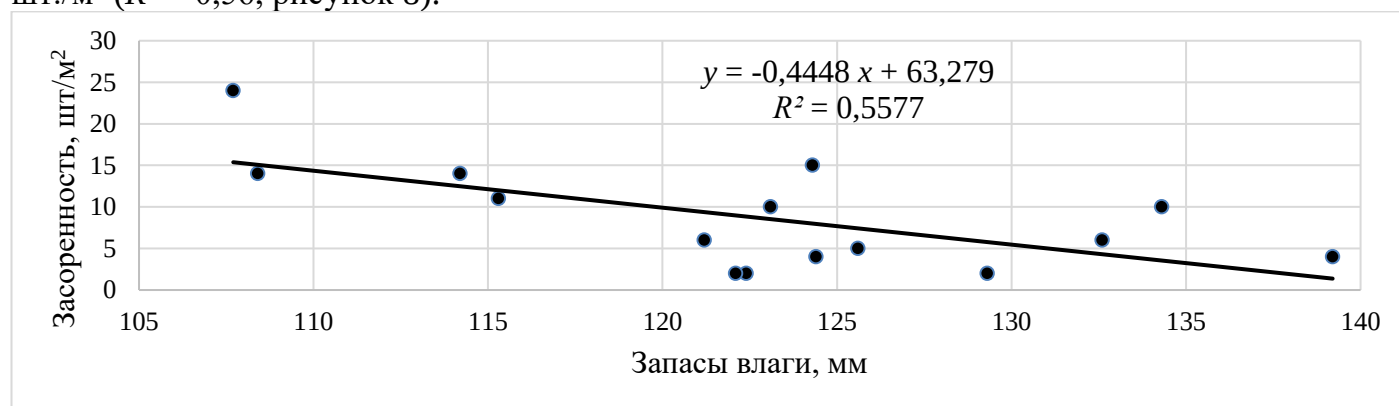


Рисунок 8 – Регрессионная зависимость между засоренностью посевов (y) и запасами продуктивной влаги (x) в слое 0–100 см почвы перед посевом

В среднем за годы исследований наибольшая урожайность зеленой массы (17,3 т/га) и зерна (2,27 т/га) овса получена в варианте со вспашкой (таблица 12). Обработка дернины гербицидом сплошного действия осенью и дисковой бороной весной снижала урожайность зеленой массы овса на 17%, зерна на 8%. Наиболее значительное снижение отмечено при разделке дернины дисковой бороной весной (соответственно на 58% и 43%) и при осеннем дисковании и фрезеровании (на 16–25 и 29–39%).

Таблица 12 – Влияние способа обработки дернины старовозрастного травостоя на урожайность зеленой массы и зерна овса, т/га

Вариант	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее
Урожайность зеленой массы				
Вспашка (контроль)	13,4	20,8	17,5	17,3
БДТ-3 осенью	9,7	11,5	10,0	10,5
ФБН осенью	12,9	16,6	14,0	14,5
Гербицид осенью + БДТ-3 весной	12,7	15,5	16,5	14,4
БДТ-3 весной	10,2	10,5	9,5	10,1
НСР ₀₅	1,8	1,6	0,8	
Урожайность зерна				
Вспашка (контроль)	2,02	2,32	2,46	2,27
БДТ-3 осенью	1,77	1,59	1,46	1,60
ФБН осенью	1,79	1,67	1,67	1,71
Гербицид осенью + БДТ-3 весной	2,14	1,89	2,21	2,08
БДТ-3 весной	1,61	0,92	1,00	1,18
НСР ₀₅	$F_{\phi} < F_{05}$	0,41	0,16	
Примечание. Доля влияния факторов (%): по зеленой массе – обработка 73, год 11, обработка × год 4; по зерну – обработка 66, год 28, обработка × год 3.				

Суммарное водопотребление посевов овса по вариантам опыта изменялось незначительно (от 2044 до 2073 т/га), однако коэффициент водопотребления при вспашке

дернины за счет повышения урожайности составил 933 и был меньше на 32–36%, чем в вариантах с осенним ее дискованием и фрезерованием, а при весеннем дисковании – в 2 раза.

Дисперсионный анализ показал, что наибольший вклад в изменение урожайности зеленой массы овса вносил способ обработки дернины (73%), влияние года было существенно, но менее значимо (11%). Это свидетельствует о том, что для формирования высокого урожая зеленой массы овса достаточно зимних запасов влаги в почве. При формировании урожая зерна влияние способов обработки снижалась до 66%.

Корреляционный анализ выявил существенную прямую связь урожайности зеленой массы и зерна с густотой стеблестоя и высотой растений ($r = 0,54...0,75$), обратную – с коэффициентом водопотребления ($r = -0,61$). Увеличение густоты стеблестоя (x) на 100 шт./м² повышало урожайность зерна овса (y) на 0,51 т/га (уравнение 13):

$$y = 0,0051x + 0,1076, R^2 = 0,5711. \quad (13)$$

7.3. Биоэнергетическая и экономическая оценка агротехнологических приемов обработки старовозрастной дернины многолетних трав. Установлено, что при сопоставимых затратах энергии на разделку дернины (9,8–11,2 ГДж/га) осенняя вспашка и совместное использование гербицида и дисковой бороны в сравнении с вариантами поверхностного рыхления дернины повышали выход обменной энергии в 1,2–1,9 раза (до 76,7 и 70,3 ГДж/га соответственно), а коэффициент энергетической эффективности – с 4,1–5,3 до 6,3–6,9 (таблица 13).

Таблица 13 – Энергетическая эффективность и экономическая оценка способов обработки дернины старовозрастного травостоя (среднее за 2015–2017 гг.)

Вариант	Затраты энергии, ГДж/га	Выход обменной энергии, ГДж/га	КЭЭ	Условно чистый доход, тыс. руб./га	Рентабельность, %
Вспашка (контроль)	11,0	76,7	6,9	16,3	253
БДТ–3 осенью	10,1	54,1	5,3	10,4	182
ФБН осенью	10,6	56,5	5,3	10,7	179
Гербицид осенью + БДТ–3 весной	11,2	70,3	6,3	12,0	135
БДТ–3 весной	9,8	39,9	4,1	7,0	151

Наибольшая прибыль (16,3 тыс. руб./га) и рентабельность (253%) получены в варианте со вспашкой дернины. Осенняя обработка травостоя гербицидом с последующим дискованием весной снижала эти показатели соответственно на 4,3 тыс. руб./га и 118%, дискование и фрезерование дернины в различные сроки – еще более значительно (на 5,6–9,3 тыс. руб./га) при рентабельности 151–182%.

Таким образом, в условиях лесостепной зоны Западной Сибири разделку дернины старовозрастного злаково-бобового травостоя многолетних трав целесообразнее проводить осенью плугом или обрабатывать травостой гербицидом осенью и дисковой бороной весной. Замена вспашки дискованием и фрезерованием весной и осенью снижает сбор зеленой массы и зерна пластовой культуры в 1,2–1,9 раза, коэффициент энергетической эффективности в 1,7 раза, рентабельность на 71–118%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение результатов научных исследований, проведенных в 2000–2023 гг. по усовершенствованию технологии возделывания многолетних трав в лесостепной зоне Западной Сибири на основе разработки и оптимизации существующих приемов и способов интенсификации возделывания многолетних агроценозов, позволили сформулировать следующие выводы.

1. Научно обосновано и экспериментально доказано, что лучшей покровной культурой для эспарцета песчаного и галеги восточной является суданская трава при посеве с 15 по 25 мая, для люцерны изменчивой и клевера лугового – смесь суданской травы или проса с рапсом яровым с 10 по 20 июня, для костреца безостого – смесь овса с рапсом яровым при посеве с 10 по 20 июля. Урожайность зеленой массы многолетних трав определяется высотой растений и массой побегов ($r = 0,57...0,87$).

2. Установлено, что внесение весной азотного удобрения в дозе N_{60} в сравнении с неудобренным фоном повышает урожайность сухой массы костреца безостого и окупаемость затрат в 2,3 раза. Доля влияния удобрений в общей изменчивости урожайности составляет 37–62%, погодных условий 15–30%.

Доказана различная эффективность боронования костреца безостого для заделки азотного удобрения в зависимости от возраста травостоя. Дифференцированный подход к боронованию посевов с учетом типа борон и режима их работы по годам пользования повышает урожайность на 11–21%. Весеннее боронование посевов костреца безостого без внесения азотных удобрений любыми типами борон экономически не целесообразно.

3. Теоретически обоснован и экспериментально подтвержден более поздний, чем считалось ранее, срок внесения азотных удобрений в подкормку после первого укоса люцерны, что объясняется замедлением физиолого-морфологических процессов в растениях. Дробное внесение азотных удобрений по N_{30} весной в начале отрастания растений и через две недели после первого укоса достоверно повышает урожайность сухой массы люцерны изменчивой в годы пользования на 7–12% в сравнении с неудобренным фоном и весенним сроком внесения за счет увеличения плотности травостоя ($r = 0,81$).

4. Рассчитан и предложен новый подход к определению продолжительности уборки многолетних трав на корм, учитывающий оптимальный баланс урожайности и питательности зеленой массы в сумме за два укоса. На неудобренном фоне у костреца безостого она составляет 20 дней, при внесении азота в дозе N_{90} – до 30 дней после выметывания растений; у люцерны изменчивой, эспарцета песчаного, клевера лугового и галеги восточной – 20–25 дней после начала цветения. Повышение урожайности сухого вещества на 13–26% происходит за счет увеличения массы побегов и высоты растений ($r = 0,79...0,95$).

5. Доказана целесообразность интродукции фестулолиума сорта Изумрудный в кормопроизводство лесостепной зоны Западной Сибири за счет более высокой его зимостойкости (85–88%), урожайности зеленой массы (до 31,7 т/га) и ее питательности (0,61 кормовых единиц в 1 кг корма) в сравнении с другими многолетними злаковыми травами. При возделывании в совместных с фестулолиумом посевах многолетние бобовые травы повышают зимостойкость на 5%.

6. При возделывании фестулолиума в травосмесях с многолетними бобовыми травами наибольшую урожайность зеленой массы (38,1 т/га) и доход (57,1 тыс. руб./га) на неудобренном фоне формирует совместный его посев с люцерной изменчивой при соотношении рядов 1:3. Внесение азотного удобрения в дозе N_{60} повышает урожайность зеленой массы травосмеси на 15%, но доход снижает до 16,0 тыс. руб./га при окупаемости затрат в 1,2 раза. При посеве фестулолиума в смеси с эспарцетом песчаным и клевером луговым наибольшую урожайность (соответственно 41,8 и 31,9 т/га) и доход (66,0 и 21,9 тыс.

руб./га) обеспечивают смешанные посевы при внесении азотного удобрения в дозе N_{60} весной в начале отрастания трав.

7. Для трансформации старовозрастных посевов многолетних трав в продуктивную пашню следует проводить осеннюю вспашку дернины или обработку травостоя гербицидом сплошного действия осенью с последующим весенним дискованием, обеспечивающие повышение урожайности зеленой массы и зерна пластовой культуры на 16–48% в сравнении с весенними и осенними поверхностными обработками.

8. Разработанные высокопродуктивные агротехнологические приемы и усовершенствованная технологическая схема возделывания многолетних злаковых и бобовых трав, в том числе новой кормовой культуры фестулолиум, обеспечивают рентабельное получение высококачественных кормов – сена, сенажа, силоса в системе кормопроизводства лесостепной зоны Западной Сибири.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. В условиях лесостепной зоны Западной Сибири для создания высокопродуктивных кормовых одновидовых травостоев многолетних трав проводить посев эспарцета песчаного и галеги восточной под покров суданской травы с 15 по 25 мая, люцерны изменчивой и клевера лугового под покров смесей суданской травы или проса с рапсом яровым с 10 по 20 июня, костреца безостого под покров смеси овса с рапсом яровым с 10 по 20 июля.

Для создания высокопродуктивных кормовых агроценозов фестулолиум высевать с эспарцетом песчаным и клевером луговым смесью семян и нормой посева соответственно 4 и 3 млн/га с ежегодным внесением азотных удобрений в дозе N_{60} весной в начале отрастания, с люцерной изменчивой – совместно при чередовании рядов (1:3) с нормой посева 2 и 4,5 млн/га соответственно и дозой азота N_{30} .

2. Для получения стабильной урожайности и высококачественного корма вносить на травостой люцерны изменчивой азотные удобрения дробно по N_{30} весной и через 14 дней после первого укоса, клевера лугового, эспарцета песчаного, фестулолиума – весной в дозе N_{60} , на травостой костреца безостого – в дозе N_{90} весной в начале отрастания с последующей заделкой зубовой бороной.

3. Для получения гарантированных урожаев качественной кормовой массы уборку костреца безостого на сено завершать в течение 20 дней после начала выметывания, при внесении азотного удобрения в дозе N_{90} – 30 дней, уборку многолетних бобовых трав завершать в течение 20–25 дней после начала цветения.

4. Для вовлечения старовозрастных посевов многолетних трав в продуктивную пашню обрабатывать дернину осенью плугом или гербицидом сплошного действия осенью с последующим весенним дискованием в два следа.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Определить эффективность комплексного применения рекомендованных агротехнологических приемов возделывания на кормовую и семенную продуктивность многолетних трав.

2. Выявить влияние приемов обработки старовозрастной дернины многолетних трав и способов посева на продуктивность последующих культур кормового севооборота.

3. Установить особенности формирования урожая кормовой массы и качества семян фестулолиума в зависимости от агрометеорологических условий.

4. Изучить влияние сроков посева на рост, развитие растений, продуктивность травостоя и качество семян новых сортов фестулолиума различных экотипов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых изданиях, входящих в перечень ВАК РФ

1. Демарчук, Г.А. Влияние весеннего боронования на урожайность костреца безостого / Г.А. Демарчук, Д.Ю. Бакшаев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2005. – № 6. – С. 41–43.
2. Бакшаев, Д.Ю. Влияние сроков скашивания отавы люцерны и галеги восточной на их продуктивность / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – № 6. – 2010. – 37–41.
3. Бакшаев, Д.Ю. Создание конкурентных галеги-кострецовых ценозов / Д.Ю. Бакшаев, Т.А. Садохина, В.Ю. Листков // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50. – № 2. – С. 15–22. – DOI: 10.26898/0370-8799-2020-2-2.
4. Бакшаев, Д.Ю. Эффективность и конкурентная способность фестулолиума в смеси с люцерной при выращивании на корм / Д.Ю. Бакшаев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 53 (1). – С. 36–44. – DOI: 10.26898/0370-8799-2023-1-5.
5. Бакшаев, Д.Ю. Выбор срока посева и покровной культуры при закладке травостоя костреца безостого на кормовые цели в условиях лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев // АгроЗooТехника. — 2023. – Т. 6. – № 2. С. 11–13. – DOI: 10.15838/alt.2023.6.2.1.
6. Бакшаев, Д.Ю. Возделывание фестулолиума в смеси с люцерной на кормовые цели в лесостепи Западной Сибири // Д.Ю. Бакшаев, Н.И. Кашеваров, И.Л. Жданова // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1. – С. 12–20. – DOI: 10.31677/2072-6724-2023-66-1-12-20.
7. Бакшаев, Д.Ю. Способы разделки пласта старовозрастного посева многолетних трав / Д.Ю. Бакшаев, Н.И. Кашеваров // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2024. – № 2 (71). – С. 15–24. – DOI: 10.31677/2072-6724-2024-71-2-15-24.
8. Кашеваров, Н.И. Эффективность совместного возделывания фестулолиума с эспарцетом на кормовые цели в лесостепи Западной Сибири / Н.И. Кашеваров, Д.Ю. Бакшаев, И.Л. Жданова // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2024. – Т. 54, № 4. – С. 51–59. – DOI 10.26898/0370-8799-2024-4-6.
9. Бакшаев, Д.Ю. Опыт возделывания клевера лугового в смеси с фестулолиумом в лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев, Н.И. Кашеваров, И.Л. Жданова // АгроЗooТехника. – 2025. – Т. 8, № 2. – С. DOI 10.15838/alt.2025.8.2.1.
10. Бакшаев, Д.Ю. Подбор бобового компонента при посеве в смеси с фестулолиумом на кормовые цели в лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев, Н.И. Кашеваров, И.Л. Жданова // Кормопроизводство. – 2025. – № 4. – С. 34–39. – DOI 10.30906/1562-0417-2025-4-34-39.
11. Бакшаев Д.Ю. Сравнительный посев и преимущество фестулолиума перед основными злаковыми травами в лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев, А.Г. Тюрюков, К.В. Филиппов // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2025. – Т. 55, № 6. – С. 73–81. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2025-6-7>.

Статьи, опубликованные в Web of Science и Scopus

1. Bakshaev, D.Y. Effect of new cover crops and sowing dates on growth, development and yield of awnlessbromegrass in Western Siberia / D.Y. Bakshaev: *IOP Conf. Ser. // Earth Environ. Sci.* – 2022. – DOI:10.1088/1755-1315/957/1/012003.

Публикации в изданиях, входящих в перечень РИНЦ

1. Демарчук, Г.А. Влияние боронования на урожайность клевера лугового / Г.А. Демарчук Г.А., Бакшаев Д.Ю. // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии, Казахстана, Беларуси и Башкортостана: материалы 5-й междунар. науч.-практ. конф. (г. Абакан, 10–12 июля 2002 г.) / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2002. – С. 110–112.
2. Бакшаев, Д.Ю. Влияние весеннего боронования на урожайность люцерны / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук // Молодые ученые Сибирского региона – аграрной науке: Материалы межрегион. конф. молодых ученых, посвященной 50-летию освоения целинных и залежных

земель (г. Омск, 15–16 апреля 2004 г.) / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИСХ. – Омск, 2004. – Вып. 4. – С. 12–15.

3. **Бакшаев, Д.Ю.** Влияние сроков внесения «стартовых» доз азотных удобрений на урожайность люцерны / Д.Ю. Бакшаев // Агроэкологическая эффективность применения средств химизации в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур / ВНИИА. – М.: ВНИИА, 2005. – С. 149–152.

4. **Бакшаев, Д.Ю.** Влияние сроков скашивания отавы люцерны на ее продуктивность / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: тр. 2-й междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (пос. Краснообск, 20–21 апреля 2006 г.,) / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2006. – 656 с.

5. **Бакшаев, Д.Ю.** Оптимизация приемов ухода и использования многолетних трав в лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев // Молодые ученые – аграрной науке: материалы междунар. конф. молодых ученых (11–12 июля 2006 г. г. Омск) / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИСХ. – Омск: «Сфера», 2006. – 220 с.

6. **Бакшаев, Д.Ю.** Влияние весеннего боронования на урожайность эспарцета песчаного / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук // Кормопроизводство в кормовых и луговых агробиоценозах Сибири. Селекция и семеноводство: сб. науч. тр. / РАСХН. Сиб. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2007. – С. 101–105.

7. **Бакшаев, Д.Ю.** Энергосберегающие технологии ухода и использования многолетних трав в условиях лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук // Научное обеспечение АПК Сибири, Монголии и Казахстана: материалы 10-й междунар. конф. по науч. обеспечению азиатских территорий (г. Улан-Батор, 3–6 июля 2007 г.,) / РАСХН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2007. – С. 395–396.

8. **Бакшаев, Д.Ю.** Оптимизация сроков уборки многолетних бобовых трав для использования их в системе сырьевых конвейеров / Д.Ю. Бакшаев // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: тр. III междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (пос. Краснообск, 17–18 апреля 2008 г.,). – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. – С. 74–76.

9. **Бакшаев, Д.Ю.** Оптимизация сроков уборки многолетних бобовых трав и возможность заготовки силоса из них / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук, В.Ю. Листков // Аграрная наука – сельскому хозяйству (г. Барнаул, 5–6 февраля 2009 г.), – Барнаул, – 2009. – С. 78–80.

10. **Бакшаев, Д.Ю.** Возможность силосования многолетних бобовых трав на примере клевера лугового и люцерны синегибридной / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук, В.Ю. Листков // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. V междунар. науч.-практ. конф. (г. Барнаул, 17–18 марта 2010 г.). – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2010. – Кн.1. – С. 442–444.

11. **Бакшаев, Д.Ю.** Влияние боронования и азотных удобрений на урожайность кострца безостого / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: IV междунар. науч. конф. молодых ученых, посвященной 40-летию СО Россельхозакадемии (пос. Краснообск, 22–23 апреля 2010 г.) / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отд-ние; под ред. В.К. Каличкина. – Новосибирск, 2010. – Ч. 1. – С. 448–451.

12. **Бакшаев, Д.Ю.** Изучение влияния новых покровных культур на формирование плотности травостоя кострца безостого / Д.Ю. Бакшаев // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. (г. Барнаул, 3–4 февраля 2011 г.). – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2011. – Кн. 2. – С. 320–322.

13. **Бакшаев, Д.Ю.** Нетрадиционные покровные культуры для кострца безостого в условиях Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев // Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сб. материалов междунар. науч.–практ. конф. (г. Новосибирск, 21 апреля 2011 г.) / НОУ ВПО Центросоюза РФ. Сибирский университет потребительской кооперации. Россельхозакадемия. – Новосибирск, 2011. – С. 9–12.

14. **Бакшаев, Д.Ю.** Некоторые проблемы использования многолетних трав при силосовании / Д.Ю. Бакшаев, В.Ю. Листков, А.А. Хрупов // Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 21

апреля 2011 г.) / НОУ ВПО Центросоюза РФ Сибирский университет потребительской кооперации. Россельхозакадемия. – Новосибирск, 2011. – С. 25–29.

15. **Бакшаев, Д.Ю.** Посев многолетних трав под покров озимой ржи в позднелетний срок / Д.Ю. Бакшаев, Г.А. Демарчук // Стратегия развития кормопроизводства в условиях глобального изменения климатических условий и использования достижений отечественной селекции: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 55-летию Уральского НИИСХ (г. Екатеринбург, 3–5 августа 2011 г.). – Екатеринбург, 2011. – Том 1. – С. 348–350.

16. Кашеваров, Н.И. Влияние основной обработки дернины многолетних трав на продуктивность кормового поля / Н.И. Кашеваров, В.А. Вязовский, **Д.Ю. Бакшаев** // Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных: материалы междунар. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 25 октября 2018 г.). – Новосибирск: Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2018. – С. 157–162.

17. **Бакшаев, Д.Ю.** Влияние основной обработки дернины многолетних трав на продуктивность пластовой культуры / Д.Ю. Бакшаев // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VII-й междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета. – Горно-Алтайск, 2019. – С. 15–20.

18. **Бакшаев, Д.Ю.** Посев галеги восточной с кострецом безостым в лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев, В.Ю. Листков // 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. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет». ООО «Башкирская выставочная компания». – Уфа, 2020. – С. 52–58.

19. **Бакшаев, Д.Ю.** Возделывание фестулолиума в травосмесях с люцерной в лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев, Т.А. Садохина, И.Л. Жданова // Стратегические направления развития аграрной экономики и механизмы конкурентоспособности сельского хозяйства: сб. I междунар. науч.-практ. конф. InAgro 2022 (г. Новосибирск, 24–25 марта 2022 г.) – Барнаул: Изд-во ООО ИД АПНИ, 2022. – 172 с.

20. Кашеваров, Н.И. Оценка эффективности смесей фестулолиума с люцерной в лесостепи Приобья (Западная Сибирь) / Н.И. Кашеваров, **Д.Ю. Бакшаев**, И.Л. Жданова // Адаптивное кормопроизводство. – 2024. – № 1. – С. 73–84. – DOI: 10.33814/AFR-2222-5366-2024-1-73-84.

21. **Бакшаев, Д.Ю.** Эффективность способов основной обработки старовозрастных низкопродуктивных травостоев многолетних трав в лесостепи Западной Сибири / Д.Ю. Бакшаев // Достижения и перспективы развития кормопроизводства в Сибири: сб. региональной науч.-практ. конф., посвященной 55-летию Сибирского научно-исследовательского института кормов СФНЦА РАН (Краснообск, 28–29 апреля 2025 г.). – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2025. – С. 26–30.

Практические пособия

1. Агротехнологии производства кормов в Сибири: практ. пособие / Н.И. Кашеваров, В.П. Данилов, Р.И. Полюдина ... **Д.Ю. Бакшаев** [и др.]. Под ред. акад. Н.И. Кашеварова / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2013. – 248 с.

2. Ведение кормопроизводства в Сибири / Н.И. Кашеваров, В.П. Данилов, А.А. Полищук ... **Д.Ю. Бакшаев** [и др.]. Под ред. акад. Н.И. Кашеварова, В.А. Солошенко / Россельхозакадемия. Сиб. регион. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2013. – 80 с.

Методические рекомендации

1. Полевые работы в Сибири в 2010 году: рекомендации / А.С. Донченко, Н.И. Кашеваров, В.К. Каличкин, ... **Д.Ю. Бакшаев** [и др.]. Под ред. акад. А.С. Донченко, Н.И. Кашеварова, проф. В.К. Каличкина / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отд-ние. СибНИИ кормов. – Новосибирск, 2010. – 215 с.

2. Полевые работы в Сибири в 2011 году: рекомендации / А.С. Донченко, Н.И. Кашеваров, В.К. Каличкин, ... **Д.Ю. Бакшаев** [и др.]. Под ред. акад. А.С. Донченко, Н.И. Кашеварова, проф. В.К. Каличкина / СО Россельхозакадемии. – Новосибирск, 2011. – 146 с.

3. Полевые работы в Сибири в 2012 году: рекомендации / А.С. Донченко, Н.И. Кашеваров, В.К. Каличкин, ... **Д.Ю. Бакшаев** [и др.]. Под ред. акад. А.С. Донченко, Н.И. Кашеварова, проф. В.К. Каличкина / СО Россельхозакадемии. – Новосибирск, 2013. – 170 с.

4. Полевые работы в Сибири в 2014 году: рекомендации / А.С. Донченко, В.К. Каличкин, П.Л. Гончаров ... **Д.Ю. Бакшаев** [и др.]. Под ред. акад. А.С. Донченко, проф. В.К. Каличкина, акад. Н.И. Кашеварова / СО Россельхозакадемии. – Новосибирск, 2014. – 131 с.

5. Полевые работы в Сибири в 2015 году: рекомендации / Н.И. Кашеваров, В.К. Каличкин, Л.Ф. Ашмарина ... **Д.Ю. Бакшаев** [и др.]. Под ред. акад. А.С. Донченко, Н.И. Кашеварова, проф. В.К. Каличкина / Федеральное агентство научных организаций; Федеральное бюджетное учреждение «Сибирское отделение аграрной науки» (ФГБУ СО АН). – Новосибирск, 2015. – 135 с.