

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

На правах рукописи

ТЯЖКОРОБ АНДРЕЙ РОМАНОВИЧ

**ПРОДУКТИВНОСТЬ БИНАРНЫХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ С
ЛЯДВЕНЦЕМ РОГАТЫМ И КЛЕВЕРОМ ПОЛЗУЧИМ ПРИ ТРЁХ- И
ЧЕТЫРЁХКРАТНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО
РАЙОНА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

Специальность: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:
Лазарев Николай Николаевич,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

Москва - 2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ПАСТБИЩ	9
1.1. Значение пастбищного содержания жвачных животных и роль изучаемых видов многолетних трав в лугопастбищном хозяйстве	9
1.2. Устойчивость бобовых трав к кислой реакции среды и недостатку элементов питания	19
1.3. Продуктивность, кормовая ценность и долголетие одновидовых посевов трав и травосмесей	23
1.4. Роль многолетних трав в поддержании почвенного плодородия и биологического разнообразия агрофитоценозов	31
1.5. Влияние минеральных удобрений на продуктивность многолетних трав.	37
1.6. Агроэнергетическая и экономическая эффективность возделывания бобово-злаковых травосмесей	42
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	46
2.1. Место и почвенно-климатические условия проведения опытов	46
2.2. Схема опыта и методика исследований	49
2.3. Характеристика метеорологических условий в годы проведения исследований	52
ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ НА СЛАБОКУЛЬТУРЕННЫХ КИСЛЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ.....	57
3.1. Анализ ботанического состава многолетних травостоев	57
3.2. Плотность травостоев	61
3.3. Высота трав.....	66
3.4. Урожайность долголетних травостоев	71
ГЛАВА 4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ С ЛЯДВЕНЦЕМ РОГАТЫМ И КЛЕВЕРОМ ПОЛЗУЧИМ	76

4.1. Анализ основных показателей химического состава травостоев	76
4.2. Накопление азота в зеленой массе травостоев	85
4.3. Питательность многолетних травостоев	91
ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОЙ МАССЫ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВОСТОЕВ.....	98
ГЛАВА 6. АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВОСТОЕВ	105
6.1. Агроэнергетическая эффективность возделывали бобово-злаковых травосмесей с клевером ползучим и лядвенцем рогатым	105
6.2. Экономическая эффективность возделывали бобово-злаковых травосмесей с клевером ползучим и лядвенцем рогатым	107
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	111
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	114
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	148

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. В условиях изменяющегося климата отрасль растениеводства Центрального района Нечерноземной зоны должна обеспечить укрепление кормовой базы региона. Основой рациона жвачных животных служат корма, полученные из зеленой массы многолетних трав. Таким образом, подбор видов трав для высокопродуктивных травостоев, а также определение рациональных режимов их использования представляет большое значение в деле повышения эффективности лугопастбищного хозяйства. Для получения высоких урожаев сухого вещества, а также снижения затрат на внесение минеральных удобрений необходимо наращивать долю бобово-злаковых травостоев до 70-80% (Золотарев В.Н., 2020). В Европе, Китае и Новой Зеландии все большее внимание ученых привлекает пастбищный тип содержания животных, способствующий повышению благополучия дойных коров, улучшению состояния их здоровья и увеличению надоев. Во многих странах мира основным бобовым компонентом пастбищ является клевер ползучий (*Trifolium repens* L.), однако он характеризуется невысокой засухоустойчивостью. Перспективным бобовым компонентом бобово-злаковых пастбищных травостоев является лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.). Ценность данной культуры определяется ее продуктивным долголетием, которое составляет до 10-12 лет, способностью к эффективной симбиотической азотфиксации (до 140 кг/га биологического азота в надземной массе). Отдельного внимания заслуживает его высокая экологическая пластичность, проявляющаяся в высокой засухоустойчивости и способности выдерживать затопление. Лядвенец рогатый может произрастать на бедных почвах, а также оптимально вписывается в рацион жвачных животных за счет содержания конденсированных танинов, препятствующих развитию тимпани (Золотарев В.Н., 2020; Лазарев Н.Н. и др., 2023).

Создание высокопродуктивных бобово-злаковых травостоев на основе лядвенца рогатого позволит получать пастбищный корм высокого качества в

условиях неравномерного распределения атмосферных осадков, что становится нормой в Центральном районе Нечерноземной зоны в последние годы.

Степень разработанности темы. В России и в мире проведено большое количество исследований по оценке продуктивности укосных и пастбищных травостоев, состоящих из наиболее распространенных видов бобовых и злаковых трав (Андреев Н.Г., 1987; Прудников А.Д. и др., 2014; Благовещенский Г.В. и др., 2019; Иванова Н.Н. и др., 2020; Кутузова А.А. и др., 2020; Донских Н.А. и др., 2020; Тебердиев Д.М. и др., 2021; Образцов В.Н. и др., 2021; Alvarez Vazquez P. et al., 2020; Nölke I. et al., 2021; Olszewska M., 2021). Обоснованы основные принципы организации системы минерального питания многолетних трав (Тюлин В.А., Сутягин В.П., 2016; Фигурин В.А., Кислицына А.П., 2022; Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., 2021; Привалова К.Н., 2023; Roupheal Y., Colla G., 2018; Mackiewicz-Walec E., Olszewska M., 2023). Ряд исследований из Новой Зеландии (Caradus J.R. et al., 2023), Китая (Hu L. et al., 2021; Luo F. et al., 2023), Ирландии (Chapman D.F., 2017) посвящены преимуществам пастбищного способа содержания жвачных животных.

В условиях Центрального района Нечерноземной зоны лугопастбищное хозяйство должно стать основой прочной кормовой базы молочного и мясного животноводства.

Цель исследования – научное обоснование агротехнологических приемов создания и использования бобово-злаковых травостоев пастбищного типа на слабокультуренной сильнокислой дерново-подзолистой почве в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России.

Задачи исследований:

- изучить влияние кратности скашивания и видового состава травосмесей на ботанический состав, высоту отдельных компонентов, плотность травостоев и продуктивность многолетних агрофитоценозов;

- оценить химический состав и питательность зеленых кормов, получаемых с одновидовых посевов злаковых трав и бинарных бобово-злаковых травосмесей;

- определить показатели биологической фиксации азота в надземной массе бобово-злаковых травостоев и эффективность усвоения азота минеральных

удобрений злаковыми компонентами (фестулолиумом, райграсом пастбищным и овсяницей луговой);

- оценить развитие корневой системы многолетних трав и динамику накопления в ней общего азота на слабокультуренной дерново-подзолистой почве;

- провести агроэнергетическую и экономическую оценку эффективности возделывания различных видов злаковых трав и бинарных бобово-злаковых травосмесей при трех- и четырехкратном использовании.

Научная новизна заключается в том, что впервые в условиях Центрального района Нечерноземной зоны на сильнокислой дерново-подзолистой почве научно обоснованы эффективные приемы создания устойчивых пастбищных агрофитоценозов с урожайностью сухого вещества на уровне 6,7-8,5 т/га. Определена роль лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) как основного компонента бинарных бобово-злаковых травостоев, обеспечивающих накопление 147,3–165,0 ГДж/га обменной энергии в урожае за трёхлетний период. Установлено, что при трехкратном режиме использования лядвенце-злаковые травостои обеспечивают равномерное поступление зеленых кормов с высоким содержанием сырого протеина и низкой себестоимостью.

Теоретическая и практическая значимость исследований заключается в разработке закономерностей формирования устойчивых бобово-злаковых травостоев с клевером ползучим и лядвенцем рогатым в зависимости от режимов использования и состава травосмесей. На слабокультуренной дерново-подзолистой почве двухкомпонентные лядвенце-злаковые травостои превосходили травосмеси на основе клевера ползучего по урожайности, накоплению корневой массы и азотфиксирующей способности. В среднем за 2-3-й годы жизни лядвенцефестулолиумовая травосмесь обеспечивала получение при трехкратном использовании 8,02 т/га сухого вещества и четырехкратном – 6,96 т/га. Благодаря повышенной устойчивости лядвенца рогатого к неблагоприятным эдафическим условиям травосмеси на его основе ежегодно фиксировали в надземной массе 103,5-157,2 кг симбиотического азота. Лядвенце-злаковые травостои обеспечивали получение самых дешевых кормов с себестоимостью 1 ЭКЕ 2,01-2,09 руб.

Возделывание бобово-злаковых травосмесей оказалось более выгодным, чем одновидовых посевов злаковых трав, удобряемых азотом в дозе N_{120} , поскольку их урожайность была на 12,3% выше, а себестоимость получаемого корма ниже в 1,7 раза.

Методология и методы исследования. Исследования основаны на всестороннем анализе научных трудов, посвященных изучаемой проблеме, постановке целей и задач исследований, проведении полевых и лабораторных опытов по современным методикам, статистической обработке экспериментальных данных и анализе результатов исследований.

Основные положения, выносимые на защиту:

- научно-практические приемы управления продуктивностью двухкомпонентных лядвенце- и клеверо-злаковых травостоев на сильнокислой дерново-подзолистой почве;
- закономерности формирования высокопродуктивных агрофитоценозов и их структурных компонентов в зависимости от кратности использования и видового состава травосмесей;
- на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве бинарные травосмеси лядвенца рогатого со злаками превосходят агрофитоценозы с клевером ползучим по урожайности, корневой массе и накоплению симбиотического азота в урожае;
- одновидовые посевы злаков менее устойчивы к внедрению дикорастущих видов трав и уступают бобово-злаковым травосмесям по питательной ценности;
- обоснование экономической и агроэнергетической эффективности возделывания одновидовых и смешанных травостоев с участием клевера ползучего и лядвенца рогатого.

Степень достоверности полученных результатов. Исследования выполнены по общепринятым методикам и ГОСТам, используемым в государственном сортоиспытании сельскохозяйственных культур, растениеводстве и луговодстве. Выводы и рекомендации производству сделаны на основе критериев достоверности, рассчитанных при статистической обработке экспериментальных данных.

Апробация результатов. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены на конференциях: Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием X Вильямсовские чтения к 160-летию Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025 г.); X Всероссийской (национальной) научной конференции с международным участием, посвященной 90-летию Новосибирского ГАУ «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий» (Новосибирск, Новосибирский ГАУ, 2025 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 165-летию со дня рождения В.А. Михельсона «Адаптация сельского хозяйства к изменениям климата» (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025 г.); Международной научной конференции «Генетические ресурсы растений и современные методы селекции» (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2025 г.); XII Международной научно-практической конференции «Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий» (Луганск, Луганский ГАУ имени К.Е. Ворошилова, 2026 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 научных работ, в том числе 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 свидетельство о государственной регистрации базы данных.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 192 страницах, состоит из введения, основной части, содержащей 28 таблиц, 12 рисунков, заключения, библиографического списка (включает 252 наименования, в том числе 140 на иностранном языке) и 25 приложений.

Личный вклад. Автором лично проведены все полевые и лабораторные исследования, анализ и статистическая обработка экспериментальных данных, подготовка научных публикаций и докладов, написание диссертационной работы.

ГЛАВА 1. НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ПАСТБИЩ

1.1. Значение пастбищного содержания жвачных животных и роль изучаемых видов многолетних трав в лугопастбищном хозяйстве

В мире давно идут дебаты по поводу способов содержания дойного стада. Выделяют два основных способа содержания КРС: стойловый и беспривязный. И хотя есть веские причины для широкого внедрения стойловых систем содержания, их преимущества над пастбищными обсуждаются часто без научно обоснованных доказательств. Чтобы разобраться в преимуществах и недостатках указанных способов содержания КРС, коллектив ученых из США и Великобритании провели масштабное исследование. Выяснилось, что стойловое содержание повышает выход молока на 7,6 кг в день с одной коровы, однако состав молока по сравнению с беспривязным содержанием не меняется. Оценка состояния тела при стойловом содержании также выше, чем при беспривязном: 2,6 против 2,4 соответственно. И на этом преимущества стойлового содержания заканчиваются. Десять научных исследований показали, что коровы, не имеющие доступа к пастбищу, чаще хромают и страдают от плохого состояния копыт, вызванного постоянным контактом с твердым бетонным полом и навозной жижей. В ряде исследований утверждалось, что стойловое содержание резко увеличивает количество случаев клинического мастита у коров, что вызвано более высокой патогенной нагрузкой и отсутствием чистоты в области задних конечностей. Коровы, находящиеся на стойловом содержании также подвержены более высокому риску возникновения заболеваний репродуктивной системы (метриты и эндометриты), а также некоторых инфекционных заболеваний, таких как сальмонеллез. Некоторые исследования показывают, что риск смертности коров выше в замкнутом пространстве, чем на пастбище. Также ряд научных работ утверждает, что у беспривязно содержащихся коров улучшается активность яичников после отела,

при этом снижается вероятность потери теленка, возникновения заболеваний матки и трудных отелов. Наконец, было установлено, что если корове предоставить выбор – она предпочтет провести 62% своего времени на пастбище, и лишь 38% в стойле (Arnott G. et al., 2015). Однако для поддержания конкурентоспособности со стойловым способом содержания, свободный выпас должен обеспечивать эффективную переработку высококачественной стравленной зеленой массы в молоко (Charman D.F., 2017).

Осознавая важность пастбищного содержания КРС, в Ирландии было создано специальное программное обеспечение под названием Pasture Base Ireland (PBI) – это интернет-ресурс, объединяющий в себе функции системы поддержки принятия решений и централизованной национальной базы данных о пастбищных угодьях. Эта программа облегчает сбор и хранение большого количества данных, полученных от фермеров, занимающихся пастбищным скотоводством. Система охватывает все виды животноводческих хозяйств – молочные, мясные и овцеводческие. Работает она следующим образом: каждый пользователь вносит данные о состоянии пастбищного травостоя на вверенной ему территории. Таким образом, за счет многообразия данных программа способна оценивать ситуацию и помогать сельхозтоваропроизводителям принимать агрономические решения даже по самым малым участкам своих угодий, т. е. по отдельным загонам (Hanrahan L. et al., 2017).

На сегодняшний день в результате существенных климатических изменений все большее внимание обращается на процесс экологизации сельскохозяйственного производства. Для этого специалисты предпринимают усилия по оптимизации водно-воздушного режима почв, разработке экологически безопасных систем питания и защиты растений. Весь комплекс этих мероприятий направлен прежде всего на сохранение и воспроизводство главного ресурса – плодородия почв. Наиболее полно такой подход реализуется в концепции адаптивно-ландшафтных систем земледелия, где весьма важную роль играют многолетние травы (Винокуров И. Ю. и др., 2025). Известно немало исследований, посвященных формированию урожайности кормовых трав, однако многие из них посвящены в основном

однолетним культурам (Эседуллаев С.Т., Шмелева Н.В., 2018; Золкина Е.И., 2020; Анисимова Т.Ю., 2021; Огороков В.В. и др., 2023; Эседуллаев С.Т., 2024; Винокуров И. Ю. и др., 2025). Коллектив научных сотрудников Верхневолжского ФАНЦ, Владимирская область, провел серьезное исследование именно многолетних трав. Данные 2024 года (благоприятного по погодным условиям для развития трав) были сопоставлены с данными 2018 года, который был острозасушливым (ГТК=0,9). Такое сравнение позволяет предположить, как отреагируют многолетние травы в условиях резкого изменения климата с оптимального на засушливый. Урожайность многолетних трав 2-го года пользования в 2024 году варьировалась от 4,32 до 5,76 т/га сена, в то время как в 2018 этот показатель был существенно ниже – от 2,58 до 3,79 т сена с 1 га. Также наблюдались различия в ботаническом составе изучаемых травостоев. В благоприятном 2024 году в бобово-злаковых травосмесях доминировал клевер луговой, его доля составляла 76-88%. В условиях острой засухи 2018 года напротив, доля бобового компонента на примере клевера лугового снизилась до 11-29%, а злаковый компонент, в изучаемых вариантах это – тимофеевка луговая, увеличил свое присутствие в травосмеси до 71-89% (Винокуров И. Ю. и др., 2025).

Наладить бесперебойное снабжение потребителей продуктами питания высокого качества невозможно без развития отечественного животноводства (Косолапов В.М., Кутузова А.А., 2022; Шипилов И.А., Хонина О.В., 2022). Достигнуть рекомендованных норм потребления мяса возможно благодаря развитию мясного скотоводства и овцеводства, эти отрасли актуальны как для России в целом, так и для восточных регионов в частности, где этому благоприятствуют большие площади естественных кормовых угодий, опыт местного населения (Гребенников В.Г. и др., 2021; Шипилов И.А., Хонина О.В., 2022). Для успешного развития отрасли животноводства важно преодолеть проблему обеспеченности высококачественными кормами в нужном количестве. В условиях юга России, где основным источником питания КРС считаются естественные кормовые угодья, встает вопрос о развитии именно пастбищного характера травопользования. В настоящее время приходится иметь дело со

снижением потенциала кормовых угодий в результате их нерационального использования на протяжении многих лет. Даже снижение количества выпасаемых животных на единицу площади не помогает восстановить равновесие в агрофитоценозах. Причина этого заключается в повсеместном снижении доли хозяйственно-ценных трав и повышении процентного содержания разнотравья в ботаническом составе кормовых травостоев (Лапенко Н.Г., Старостина М.А., 2021; Шипилов И.А., Хонина О.В., 2022). Неграмотное интенсивное использование пастбищных земель на протяжении долгого времени, отсутствие научно-обоснованного пастбищного севооборота привело к тому, что на сегодняшний день только 25% естественных кормовых угодий являются целинными. Остальные 75% территории трансформировались во вторичные, преимущественно полынные пастбищные угодья (Рыбашлыкова Л.П. и др., 2021; Шипилов И.А., Хонина О.В., 2022). Из практики известно, что при должном уходе в хозяйствах засушливой зоны естественные кормовые угодья способны обеспечивать скот кормом на протяжении 9-10 месяцев в году, а в бесснежные годы – круглогодично. Таким образом, необходим комплекс мер по повышению продуктивности и питательности кормовой массы пастбищ, что будет способствовать стабилизации пастбищного животноводства (Гребенников В.Г. и др., 2020; Шипилов И.А., Хонина О.В., 2022). Однако в последнее время темпы улучшения кормовых угодий замедлились, как следствие – их продуктивность остается довольно низкой. Поэтому очень важно сегодня уделять процессу восстановления кормовой продуктивности пастбищных угодий особое внимание (Лапенко Н.Г., 2021; Гребенников В.Г., 2020; Шипилов И.А., Хонина О.В., 2022).

Пастбищное содержание дойных коров играет важную роль в молочном скотоводстве многих стран мира. Например, такой способ содержания дойного стада превалирует в Ирландии, хотя и сопряжен с некоторыми трудностями, такими как ограниченное и изменяющееся день ото дня количество потребляемого животными корма, более низкие по сравнению со стойловым содержанием надои молока, чрезмерное выделение азотистых соединений и требования по минимальному времени, необходимому для успешного выпаса скота (Wilkinson

J.M. et al., 2020; Holohan C. et al., 2021). Для решения этих проблем необходимы гибкие подходы и адаптивные меры травопользования (Shalloo L. et al., 2018; Holohan C. et al., 2021).

Эффективность процесса производства кормов во многом определяется подбором районированных под конкретные агроклиматические и хозяйственные условия региона культур и сортов с необходимыми признаками и уровнем продуктивности. Это обеспечивает наибольшую выгоду от их использования. Среди широкого ассортимента многолетних трав овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) является одной из наиболее ценных культур в сенокосно-пастбищном кормопроизводстве благодаря наличию ряда ценных признаков, таких как увеличенная средообразующая функция, высокая кормовая ценность, хорошее продуктивное долголетие, высокая устойчивость к стрессовым факторам среды, отличительная конкурентоспособность в смешанных травостоях, сбалансированное содержание элементов питания, а также оптимальное сахаро-протеиновое соотношение, ранняя отдача зеленой массы высокого качества, пригодной для заготовки различных кормов. Указанный вид также находит применение в агроландшафтном проектировании (Дронова Т.Н. и др., 2020; Золотарев В.Н., 2021). В составе злаково-бобовых травосмесей показывает себя комплементарным видом, способствует повышению качества продукции кормового фитоценоза (Павлючик Е.Н. и др., 2020; Золотарев В.Н., 2021). Овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) сегодня широко распространена в агрофитоценозах, но в остальном, по-видимому, ограничена естественными местами обитания, такими как берега рек. Популяции предшественников данной культуры, по-видимому, вымерли в предыдущий межледниковый период, когда на суше преобладали густые леса (Fjellheim S. et al., 2006).

Для создания продуктивных пастбищных травосмесей необходимо постоянно совершенствовать их видовой состав, подбирая травы, обладающие хорошей отавностью. Одним из таких видов является фестулолиум (Клыга Е.Р., 2025). В полевом опыте, проведенном в 2021-2023 годах на экспериментальном стационаре в Новосибирской области установлено, что наибольшей

зимостойкостью среди злаковых трав отличились фестулолиум и овсяница красная (Бакшаев Д.Ю. и др., 2025). Передовые сорта фестулолиума, такие как ВИК 90, Айвенго, Пилигрим, Фест и Аллегро способны демонстрировать достойные характеристики, однако для полноценного определения уровня их эффективности необходимо проводить химический анализ получаемого корма (Золотарев В.Н. и др., 2023; Пищулин Д.Н., Образцов В.Н., 2025).

Фестулолиум – это злаковое травянистое растение, образовавшееся в результате скрещивания родов райграса (*Lolium*) и овсяницы (*Festuca*). Геномный комплекс *Lolium-Festuca* представляет собой широкий спектр разнородных и широко распространившихся видов, которые эволюционировали, распространились и адаптировались, что позволило им захватить луга умеренного пояса по всему миру. До недавнего времени селекционная работа была сосредоточена на внутривидовой селекции, например на агрономически ценных видах, таких как райграсс пастбищный и райграсс многоукосный. Сегодня у селекционеров растет интерес к межвидовым гибридам. Основная причина для этого – появление возможности преодолеть фенотипическую изменчивость за пределы одного вида. Растения из родов *Lolium* и *Festuca* обладают ценными взаимодополняющими свойствами. Главной целью при выведении их межвидового гибрида *Festulolium* было добиться слияния продуктивности райграса с устойчивостью и неприхотливостью овсяницы (Humphreys M.W., Zwierzykowski Z., 2020).

Райграсс (*Lolium* spp.) часто используется в качестве кормовой культуры в странах с мягким умеренным климатом из-за его высокой урожайности и питательной ценности (Capstaff N.M., Miller A.J., 2018). В 2012 году учеными из Ирландии M. Egan, M.B. Lynch и D. Hennessy проведено исследование влияния клевера ползучего на травостой райграсса пастбищного, удобряемого минеральным азотом в дозе 250 кг/га д.в. за сезон. Выяснилось, что включение клевера ползучего в травостой райграсса пастбищного на удобренных азотом пастбищах увеличивало надои молока у коров, пасущихся на смешанных с клевером травостоях по

сравнению с коровами, поедающими райграс пастбищный в монокультуре (Egan M. et al., 2017).

Травянистое растение состоит из листьев, стебля, псевдостебля и отмершей части. Эти компоненты различаются по усвояемости и различия в их соотношении могут повлиять на качество корма. В 2011 – 2012 годах учеными из Ирландии было проведено исследование нескольких сортов райграса пастбищного на предмет определения их усвояемости. Было установлено, что усвояемость частей травянистого растения идет в порядке убывания по следующим пунктам: листья, псевдостебель, настоящий стебель, отмершая часть. Выяснилось, что тетраплоидные сорта райграса пастбищного имеют более высокую долю листьев и псевдостеблей, поэтому лучше усваиваются при потреблении жвачными животными (Beecher M. et al., 2015).

Для производства кормов высокого качества наиболее подходящими считают виды, относящиеся к комплексу *Lolium-Festuca*. Например, райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.) и овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.). Данные виды обладают рядом агрономически ценных признаков, таких как высокая кормовая ценность, свойственная райграсу, и устойчивость к стрессам, что обычно ассоциируют с овсяницей (Thomas H., Humphreys M.O., 1991; Humphreys M.W., Zwierzykowski Z., 2020). Род *Festuca* насчитывает около 600 видов (Cheng Y. et al., 2016; Humphreys M.W., Zwierzykowski Z., 2020). Дальнейшие успехи в селекции фестулолиума возможны за счет внедрения новейших высокоэффективных методов геномной селекции, например описанных в трудах международного коллектива ученых (Kole C. et al., 2015; Humphreys M.W., Zwierzykowski Z., 2020) в сочетании с инновационными технологиями для выявления целевых признаков, таких как улучшение структуры корневой системы и онтогенеза в целом (Marshall A.H. et al., 2016; Humphreys M.W., Zwierzykowski Z., 2020). Появляется все больше примеров того, что некоторые гибриды фестулолиума способны обеспечить более эффективное усвоение белка жвачными животными, чем существующие в настоящее время сорта кормовых культур (Kamau S. et al., 2020; Humphreys M.W., Zwierzykowski Z., 2020).

Важным фактором в селекции многолетних трав является гетерозис – это явление «гибридной мощи», когда гибрид превосходит свои родительские формы по одному или нескольким признакам. Следовательно, гибридизация является весьма результативным инструментом для эффективной селекции. Более того, гибриды зачастую становятся тем более успешными, чем дальше друг от друга в генетическом смысле находились их родительские формы. В Швейцарии, на альпийских лугах были обнаружены триплоидные гибриды *Festuca pratensis* × *Festuca arvense*, которые оказались более конкурентноспособными, чем их родительские формы, встречающиеся в тех же местах обитания (Boller V., Kopecký D., 2020). Как правило, встречающиеся в природе гибриды *Festulolium* практически не имеют мужской или женской фертильности (Kopecký D. et al., 2016) и в своем развитии полагаются в основном на вегетативные способы размножения (Humphreys M.W., Zwierzykowski Z., 2020).

Частые засухи и наводнения, которые становятся нормой ввиду изменения климата, увеличивают риск уплотнения почвы. Это явление несет свои негативные последствия на плодородие почвы и на состояние кормовой базы. Из-за различий в структуре корневых систем некоторые травы могут в какой-то степени противодействовать эффекту уплотнения. Чтобы оценить устойчивость кормовых трав к уплотнению почвы, в Уэльсе, Великобритания было проведено сравнительное исследование трех сортов фестулолиума разных экотипов, а также райграса и овсяницы тростниковой. Половина каждой опытной делянки была преднамеренно уплотнена с помощью сельскохозяйственной техники. Результаты показали, что почва под фестулолиумом и райграсом имело больший коэффициент водопоглощения, чем почва под овсяницей тростниковой. Самая большая густота травостоя была замечена на райграсе, далее в порядке уменьшения шли варианты с фестулолиумом и самую низкую густоту показала овсяница тростниковая. Урожай сухой массы в первом укосе был существенно ниже на участках, подверженных уплотнению, но к концу сезона влияние уплотнения почвы на общий урожай сухой массы нивелировалось. Овсяница тростниковая давала больший урожай сухой массы за год, чем другие травы, участвующие в исследовании, даже при сходных

урожаих зеленой массы. На уплотненных почвах масса корней фестулолиума, залегающих на глубине до 15 см, оказалась выше, чем у райграса. В целом. Полевой опыт продемонстрировал, что разные типы корневых систем по-разному противостоят механическому уплотнению и есть возможность стимулирования увеличения биомассы корней без негативного воздействия на урожай кормов (Muhandiram N.P.K. et al., 2020).

Другой перспективной культурой для пастбищного использования является лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.). Он отличается высокими кормовыми и почвоулучшающими качествами. Отлично подходит в первую очередь для использования на малоплодородных почвах с увеличенной кислотностью. В таких неблагоприятных условиях другие бобовые травы часто не формируют высоких урожаев. Отмечают высокую устойчивость лядвенца к пастбищному использованию и значительное продуктивное долголетие (до 10-12 лет). Кроме того, ему характерны высокая азотфиксирующая способность и экологическая пластичность, проявляющаяся в устойчивости к паводковым затоплениям и жесткой конкуренции со стороны злаковых трав (Золотарев В.Н., 2020). Ряд исследователей также выделяют его зимостойкость и засухоустойчивость. Отдельного внимания заслуживает его способность произрастать и осуществлять азотфиксацию на почвах с повышенной кислотностью (Нелюбина Ж.С., Фатыхов И.Ш., 2019). Кормовым преимуществом лядвенца рогатого считается присутствие в нем конденсированных танинов. Хотя высокие дозы танинов могут вызвать у жвачных животных токсикоз, в умеренных количествах они оказывают благоприятное воздействие, предотвращая тимпанию (Jayanegara A. et al., 2015; Колесник Н.С. и др., 2024).

По мнению ученых из Новой Зеландии клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) считается весьма ценным компонентом пастбищных травостоев по следующим причинам. Во-первых, он повышает питательную ценность и качество кормов. Во-вторых, по укосам равномерно распределяется сухое вещество в течение всего сезона. В-третьих, клевер ползучий весьма результативно осуществляет азотфиксацию, что позволяет обеспечить азотом не только его самого, но и другие

растения агрофитоценоза. Значение клевера ползучего как компонента органического пастбищного луговодства становится все более актуальным (Caradus J.R. et al., 2023).

Коллективом ученых из Великобритании и Франции был проведен мета-анализ данных научных работ, в которых приводились результаты надоев молока при выпасе коров на двух типах травостоев: райграс пастбищный с добавлением клевера ползучего и райграс пастбищный в монокультуре. Проведенный мета-анализ данных методом PROC MIXED на программном обеспечении от компании SAS Institute (США) показал, что лишь когда доля клевера ползучего в травостое составляла как минимум 31,6% происходило существенное увеличение среднесуточных надоев и выхода сухого вещества в молоке дойных коров на 1,4 и 0,12 кг соответственно. Снизилась потребность во внесении минерального азота – на клеверо-райграсовых травостоях дозы азотных удобрений снижали в среднем на 81 кг/га. Однако и плотность выпасаемого поголовья на единицу площади также пришлось несколько снизить, а именно на 0,25 голов/га (Dineen M. et al., 2018).

Важным преимуществом клевера ползучего является его адаптивный потенциал в условиях изменяющегося климата. Это во многом обусловлено его происхождением и генетическими особенностями. Датские генетики установили, что клевер ползучий является аллотетраплоидной культурой, т. е. имеющий набор хромосом (4n), предками которой являются два европейских диплоидных вида, произраставших в экстремальных прибрежных или альпийских условиях. Предположительно, клевер ползучий возник от 15 до 28 тысяч лет назад на территории современной Европы во время последнего ледникового периода, когда его предки произрастали в ледниковых рефугиумах (небольших участках суши, свободных от вечной мерзлоты). Клевер ползучий является примером того, как геномы двух предшествующих форм, объединившись, сформировали новый тетраплоидный геном, который в отличие от предков, способных обитать лишь в очень узкоспециализированных ареалах, распространился повсеместно в умеренной зоне всего мира (Griffiths A.G. et al., 2019).

На сегодняшний день в большинстве стран с умеренным климатом занимаются селекцией клевера ползучего. Основными направлениями селекционной работы являются повышение полевой продуктивности культуры, которое достигается главным образом за счет увеличения выхода сухого вещества, повышения качества корма и его способности к хранению (Caradus J.R. et al., 2021; Caradus J.R. et al., 2023). Некоторые зарубежные исследователи отмечают особую важность клевера ползучего в молочном пастбищном скотоводстве, т.к. он более устойчив к выпасу, чем клевер луговой и люцерна (Annicchiarico P. et al., 2015; Janssen P.W.L. et al., 2022).

Австралийские ученые провели обзорное исследование с целью определить резервы повышения адаптивности многолетних бобовых трав к возделыванию в смешанных травостоях на высокогорных пастбищах Юго-Восточной Австралии. Ассортимент районированных к такому климату растений часто ограничивается одним лишь клевером ползучим (*Trifolium repens* L.). Несмотря на некоторые достижения селекции в деле повышения клевера ползучего к засухе он по-прежнему остается весьма восприимчив к ней из-за своей неглубокой корневой системы. Таким образом, формируется два направления возможного повышения адаптивного потенциала многолетних бобовых трав. Во-первых, повышение плодородия почвы, в особенности уход от дефицита таких элементов питания, как фосфор, калий, молибден и бор. Это позволит улучшить агрофизические характеристики почвы и усилит рост корневой системы самого клевера, что позволит ему более полно использовать почвенную влагу. Во-вторых, необходимо продолжать вести селекционную работу по клеверу, сосредоточив усилия на его способности к восстановлению после периодических засух (Hayes R.C. et al., 2019).

1.2. Устойчивость бобовых трав к кислой реакции среды и недостатку элементов питания

На сегодняшний день важную экологическую роль играют лугопастбищные угодья как один из важнейших компонентов биосферы. Важность указанных

экосистем заключается в их способности ежегодно производить зеленую массу, являющуюся основой большинства кормов для КРС (Трофимов И.А. и др., 2020). За счет своей жизнедеятельности, которая сопровождается накоплением корневой массы, изменением структуры почвы, а также видового состава растений, лугопастбищные агрофитоценозы оказывают существенное влияние на состояние окружающей среды (Петрова Л.И. и др., 2021; Бортник Т.Ю. и др., 2022; Седова Е.Г. и др., 2025). Для оптимизации продуктивности лугопастбищных травостоев необходимо применять научно-обоснованные системы их использования, интенсивные комплексы кормопроизводства (Привалова К.Н., 2023; Седова Е.Г. и др., 2025). В проекции экологически устойчивого подхода к производству кормов остается актуальным повышение эффективности кормовых угодий на дерново-подзолистых почвах с повышенной кислотностью. Сегодня известно, что одним из основных параметров, определяющих урожайность и качество продукции кормовых угодий, является кислотность почвенного раствора, от чего напрямую зависит доступность элементов питания и активность почвенной микрофлоры (Косолапов В.М. и др., 2019; Седова Е.Г. и др., 2025).

В некоторых регионах нашей страны довольно остро стоит проблема избыточной кислотности и алюминизации почв. Например, ученые из ФАНЦ Северо-Востока, Кировская область, где кислые почвы занимают до 74,6% площади пашни, провели исследование на предмет толерантности клевера лугового к алюмокислотному почвенному фону. В результате были перечислены сорта, которые наилучшим образом показали себя в провокационных почвенных условиях и рекомендованы для возделывания в данном регионе. В целом за три года пользования удалось получить сбор сухого вещества на уровне 16,1-20,5 т/га и сбор сырого протеина в количестве 1,91-2,57 т/га. Также было отмечено, что стрессовых факторам кислой почвы, к которым относят не только низкий рН, но и наличие токсичных ионов Al^{3+} , более всего подвержены растения клевера лугового второго года жизни (Онучина О.Л., Корнева И.А., 2018).

На сегодняшний день беспокойство многих ученых вызывает ежегодное увеличение доли кислых почв. В одной лишь Нечерноземной зоне кислые почвы (с

$\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 5,5$) занимают более 63%. В регионах с развитым животноводством, одним из которых является Республика Коми, особенно остро стоит вопрос обеспечения отрасли животноводства полноценным ассортиментом качественных кормов (Корелина В.А., 2019; Чеботарев Н.Т., Броварова О.В., 2023). Для достижения успехов в борьбе за урожайность многолетних трав, в особенности бобовых, требуется проводить известкование и фосфоритование кислых почв (Некрасов Р.В. и др., 2019; Чеботарев Н.Т., Броварова О.В., 2023). При проведении известкования эффективность минеральных удобрений возрастает на 30-40%, улучшаются агрофизические свойства почвы, ориентировочно в 4-10 раз снижается подвижность катионов тяжелых металлов (в том числе Al^{3+}) и радионуклидов, возрастают темпы деятельности почвенного микробиома (Корелина В.А., 2019; Некрасов Р.В. и др., 2019; Чеботарев Н.Т., Броварова О.В., 2023). По данным Чеботарева Н.Т. и Броваровой О.В., проводивших исследование в ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, внесение извести в дозе 9 т/га на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве снижало кислотность на срок до 15-20 лет, следующих за годом внесения. При внесении 18 т/га извести эффект сохранялся до 25-30 лет. Содержание подвижных форм фосфора и калия, а также гумуса на вариантах с внесением комплекса NPK по фону известкования повышалось на 0,3-0,7%. Многолетние травы на этих участках демонстрировали среднюю урожайность от 5,5 до 5,8 т/га сухого вещества, что было выше контроля на 77,4-87,1% соответственно (урожайность контроля – 3,1 т/га с.в.). Содержание сырого протеина в кормах варьировалось в диапазоне 13,1-14,1%. Таким образом, исследователи пришли к однозначному выводу, что при возделывании бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистых почвах наилучшие результаты по продуктивности многолетних трав удаются при внесении извести в дозе 18 т/га с периодичностью 1 раз в 20 лет и ежегодном внесении комплексных минеральных удобрений в следующей дозировке – $\text{N}_{60}\text{P}_{75}\text{K}_{75}$ (Чеботарев Н.Т., Броварова О.В., 2023).

Уровень кислотности почвы также сказывается на темпах азотфиксации. Коллектив ученых из Австралии провел исследования кормовых бобовых трав на

пастбищах Австралии с целью определить важность уровня кислотности почвы и наличия элементов питания на способность бобовых трав формировать клубеньки азотфиксирующих бактерий. Известно, что для достижения оптимальных показателей по фиксации азота формирование клубеньков должно идти достаточно эффективно и результативно. В разных регионах штата Новый южный Уэльс, Австралия, было отобрано 225 опытных пастбищных участков. Слабое образование корневых клубеньков было обнаружено в 93% случаев. Содержание подвижного фосфора отмечалось ниже критического на 40%, а подвижной серы на 70% опытных участков. Более 35% опытных участков характеризовались уровнем рН солевой вытяжки ниже 5,0. По мнению ученых для видов рода *Trifolium* при рН солевой вытяжки почвы выше 5,55 образование клубеньков должно проходить нормально (3,95 балла при норме 4). Результаты показали, что при рН солевой вытяжки почвы ниже 5,55 клубеньки эффективнее образовывались на вариантах с большим содержанием доступной серы (2,42 балла), чем так, где ее было недостаточно (1,97 балла). Полученные результаты свидетельствуют о том, что степень образования корневых клубеньков у многолетних бобовых трав в существенной степени зависит от содержания доступных фосфора и серы, а также от уровня кислотности почвы (Hackney V.F. et al., 2019).

Повышенная кислотность почв является одной из наиболее распространенных причин низкой урожайности кормовых культур. Ученые из Сербии провели полевой опыт с целью определить влияние известкования кислых почв на продуктивность клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) и райграса высокого (*Arrhenatherum elatius* L.) на третий год жизни травостоя. Выяснилось, что известкование значительно увеличило урожайность сена в первом и втором укосах на 17-25% и 46% соответственно. Также было отмечено повышение доли сухого вещества в корме. В третьем укосе известкование не оказало существенного влияния на урожайность сена из-за дефицита осадков во второй половине вегетации. На всех вариантах с внесением извести наблюдалось снижение в ботаническом составе доли клевера лугового, что способствовало повышению процентного отношения райграса высокого. В третьем укосе на вариантах, где

проводилось известкование, снизилось содержание хозяйственно-биологической группы «Разнотравье» на 55%, по сравнению с контролем (Tomić D. et al., 2018).

1.3. Продуктивность, кормовая ценность и долголетие одновидовых посевов трав и травосмесей

Кормовые культуры являются источником необходимых элементов питания для здорового и полноценного развития многих сельскохозяйственных животных. Наиболее ценными питательными элементами в кормах являются углеводы, белки и жиры. Основные запасы потенциальной энергии располагаются в клеточных стенках растений кормовых культур. Например, целлюлоза – самый распространенный полисахарид клеточных стенок. Также во всех растительных клеточных стенках присутствует белок, хотя и в небольших количествах. Клеточные стенки бобовых содержат больше белка, чем клеточные стенки злаков (R.D. Hatfield, Kalscheur K.F., 2020).

Весьма перспективной по своей кормовой продуктивности и показателям устойчивости является лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.). Это многолетнее травянистое растение семейства бобовые, которое прежде всего отличается замечательным продуктивным долголетием – до 10-12 лет, засухоустойчивостью и зимостойкостью. Свою азотфиксирующую деятельность лядвенец рогатый способен вести даже при показателях pH 4,2-4,5, т.е. на кислых почвах. Зеленая масса данной культуры охотно поедается животными, а качество получаемого сена превосходит сено из люцерны и клевера. Ведущими научными сотрудниками Удмуртского НИИСХ в полевом опыте за 2010-2017 гг. установлено, что урожайность лядвенца рогатого в условиях Среднего Предуралья составляла 4,47-5,21 т/га сухого вещества (Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И., 2018). Растения рода лядвенец, в целом, обладают очень высокой экологической пластичностью. Ареал их распространения весьма широк, по типу местности это может быть любой рельеф от водно-прибрежных зон до больших высот (Змеева О.Н. и др., 2017; Шплис О.Н. и др., 2020). Коллективом ученых из г. Кострома проводились

исследования лядвенца рогатого на предмет его комплементарности с различными злаковыми компонентами травосмесей. Было установлено, что в почвенно-климатических условиях региона наиболее продуктивные долголетние травостои получают при возделывании лядвенца рогатого в монокультуре, либо в смеси с тимофеевкой луговой. Урожайность указанных травостоев отмечена на уровне до 7,74 т/га сухого вещества и 0,86 т/га сырого протеина (Иванова М.В., Плотников А.А., 2019). Мексиканские ученые провели двухлетние исследования с целью определения наиболее подходящего периода укоса зеленой массы лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.). Предлагалось четыре периода укоса: три из них основывались на процентном значении улавливаемого солнечного света листовой поверхностью (иными словами площадь проективного покрытия) – 90, 95 и 100%. Четвертый период укоса основывался на достижении травостоем определенной высоты, которая определялась отдельно для каждого времени года. Расположение вариантов рандомизированное, в трехкратной повторности. При фиксированном срезе в первый год жизни урожайность была на 27% ниже по сравнению с вариантом, укашиваемым при достижении 95% проективного покрытия (19,9 т/га против 28,4 т/га). А также на 29% ниже, чем в среднем по первым трем вариантам на второй год жизни травостоя (19,1 т/га против 26,9 т/га). В среднем урожайность была выше весной (9,4 т/га), чем осенью (3,1 т/га). Наибольший вклад в структуру урожая вносили листья (56%). Высота растений достигала наибольших значений в первых трех вариантах (в среднем 21,5 см), а при фиксированном срезе наименьших (в среднем 17 см). Однако именно при методике фиксированного среза достигалось наибольшее соотношение листьев к стеблям. Таким образом, оптимальным сроком уборки урожая лядвенца рогатого является момент достижения травостоем площади проективного покрытия в 95%. В климатических условиях Мексики распределение урожая лядвенца рогатого за год имеет примерно следующую картину: 32% приходится на весну; 30% на лето; 23% зимой и 15% осенью. Таким образом, 62% валового сбора приходится на весну-лето (Alvarez Vazquez P. et al., 2020).

Отмечается, что в Норвегии существенно развито пастбищное хозяйство. Порядка 80% территорий сельскохозяйственных угодий задействовано в кормопроизводстве. Господствующими видами трав являются тимофеевка луговая, овсяница луговая и клевер луговой. Средняя урожайность сухого вещества составляет 7-8 т/га (Благовещенский Г.В. и др., 2019).

Согласно данным коллектива ученых из ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», в среднем за 5 лет использования многолетних травостоев урожайность злаково-бобовых в 1,9-2,3 раза превосходила урожайность исключительно злаковых лугопастбищных фитоценозов. При этом на вариантах с участием клеверов, как лугового, так и ползучего, показатели урожайности не уступали таковым на вариантах со злаковым травостоем и дозами минеральных азотных удобрений на уровне N_{135} кг/га д.в. Кроме того, включение в травостой бобового компонента повысило качество корма. Содержание сырого протеина в урожае бобово-злаковых травостоев было выше, чем в урожае злаковых на фоне 135 кг/га в год минеральных азотных удобрений. Касательно продуктивного долголетия в данном опыте было отмечено, что на 5-й год жизни травостоя доля бобового компонента снизилась до 7-10% (Кутузова А.А. и др., 2020).

В Северо-Кавказском федеральном научном аграрном центре изучали эффективность поверхностного улучшения старовозрастных травостоев аридной зоны. Актуальность проведенных исследований продиктована сравнительно высокой долей участия лугопастбищных угодий Северного Кавказа в удовлетворении потребностей животноводства региона – до 30% (Хонина О.В., 2019; Гребенников В.Г. и др., 2020). На каштановых почвах засушливых степей аридной зоны господствуют злаково-полынные фитоценозы с преобладанием представителей семейств маревых, злаковых, а также полыни. Урожайность зеленой массы таких травостоев не превышает 1,5-1,8 т/га (Лазарева В.Г. и др., 2016; Larenko N.G. et al., 2019; Рыбашлыкова Л.П. и др., 2019; Лапенко Н.Г., Оганян Л.Р., 2019; Гребенников В.Г. и др., 2020). Учитывая специфику местных климатических условий, наиболее рациональным представляется создание одноукосных травостоев, в которых могли бы доминировать такие

засухоустойчивые виды, как донник, житняк и пырей (Гребенников В.Г. и др., 2019; Хисматуллин М.М., 2019; Гребенников В.Г. и др., 2020). Оптимальной фазой проведения единственного укоса в аридной зоне является начало колошения (выметывания) злакового вида и фаза бутонизации-начала цветения у бобового вида (Евстратова Л.П. и др., 2019; Евстратова Л.П. и др., 2018; Гребенников В.Г. и др., 2020). Так как указанные фазы наступают довольно быстро, то для поддержания зеленого конвейера на протяжении всего вегетационного периода рекомендуется высевать травостой разных сроков созревания – раннеспелые, среднеспелые и позднеспелые (Ибрагимов К.М. и др., 2019; Фигурин В.А., Кислицына А.П., 2019; Зезин Н.Н., Намятов М.А., 2019; Лазарев Н.Н. и др., 2019; Гребенников В.Г. и др., 2020).

На сегодняшний день все больше внимания уделяется вопросу долголетия кормовых трав и травосмесей для пастбищного использования. Ответом на этот возрастающий интерес стало исследование ученых из ФГБНУ ВНИИМЗ, п. Эммаус. Они изучили пастбищные травосмеси, созданные на основе райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.) сорта ВИК 66 и фестулолиума (\times *Festulolium* F. Aschers. et Graebn) сорта ВИК 90. Помимо указанных трав, в травосмеси входили и другие компоненты, подобранные с учетом рациональности их возделывания на осушаемых почвах: люцерна изменчивая (*Medicago varia*) сорта Находка, овсяница луговая (*Festuca pratensis*) сорта Сахаровская, лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus*) сорта Солнышко, овсяница красная (*Festuca rubra*) сорта Сигма, клевер луговой (*Trifolium pratense*) сорта ВИК 7, тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) сорта ВИК 9, клевер ползучий (*Trifolium repens*) сорта ВИК 70. Результаты красноречиво показали, что в условиях осушаемых земель наиболее долголетними и конкурентоспособными оказались следующие изучаемые виды: лядвенец рогатый, люцерна изменчивая, овсяница красная. Доказано, что включение в травостой бобового компонента (лядвенец рогатый; люцерна изменчивая) повышает продуктивное долголетие многокомпонентного травостоя и увеличивает урожайность зеленой массы. За время проведения полевого опыта с 2013 по 2018 годы лидерами по урожайности зеленой массы стали варианты бобово-злаковых

травостоев с лядвенцем рогатым и люцерной изменчивой – 28,2 – 24,5 т/га. Этот результат обгоняет традиционную травосмесь на 7,2-3,5 т/га (Иванова Н.Н. и др., 2019).

Учеными из Чили и Канады был проведен двухфакторный полевой опыт, целью которого было изучить влияние проведения дефолиации (на стадии двух либо трех листьев) и дозы внесения минеральных азотных удобрений (0, 75, 150, 300, 450 кг/га за год) на содержание сырого протеина и углеводов, а также на соотношение водорастворимых углеводов к протеину в травостоях райграса пастбищного. Дефолиация травостоя, проведенная в фазе двух листьев, способствовала увеличению содержания сырого протеина, но снижала содержание углеводов в травостое. В вопросе дефолиации отмечен сезонный эффект: влияние этого процесса менее существенно весной и осенью. Повышение дозы азотных удобрений в целом снижало содержание водорастворимых углеводов и клетчатки, но повышало содержание сырого протеина и нитратов в травостое. Соотношение водорастворимых углеводов к сырому протеину было выше при проведении дефолиации на стадии трех листьев по сравнению с дефолиацией на стадии двух листьев и снижалось с повышением доз внесения азотных удобрений. Таким образом, на содержание углеводов и протеина можно влиять посредством проведения дефолиации и регулирования доз азотных удобрений. Однако выраженность этих эффектов может зависеть от времени года (Loaiza P.A. et al., 2017).

Исследования, проведенные в 2012-2019 годах на агроэкологическом стационаре ВНИИМЗ в Тверской области, показали, что на осушаемых лугопастбищных угодьях наилучшим образом сохраняют в своем составе хозяйственно-ценные виды трав (46,3-63,7%) четырёхкомпонентные травостои с доминированием райграса пастбищного, фестулолиума, а также с включением тимофеевки луговой. Доказано, что в изучаемых условиях фестулолиум показал продуктивное долголетие в 5 лет, райграс пастбищный – на протяжении 6 лет. За 7 лет проведения полевого опыта изучаемые травостои обеспечили в среднем урожай

высококачественной зеленой массы в количестве 23,7-26,4 т/га (Иванова Н.Н. и др., 2020).

Широкое использование клевера ползучего в лугопастбищном хозяйстве повысило необходимость подробного изучения динамики его развития. Принято считать, что растение лучше переносит недостаток влаги и питательных веществ пока присутствует основной стержневой корень. Следовательно, сохранность основного стержневого корня может повлиять на динамику роста и развития клевера ползучего. До недавнего времени селекционеры в таких странах как Новая Зеландия старались увеличить продолжительность жизни главного стержневого корня за счет скрещивания клевера ползучего с близкородственными видами. Однако на сегодняшний день нет прямого доказательства того, что именно от продолжительности функционирования главного стержневого корня зависит продуктивность растения. В ходе двухлетнего полевого опыта, проведенного учеными из Нидерландов в 2017-2018 гг., изучались 18 сортов клевера ползучего, выращиваемого как в монокультуре, так и в смеси с райграсом пастбищным (*Lolium perenne* L.). Результаты, полученные на второй год жизни травостоя, показали, что объем главного стержневого корня имел положительную корреляцию с площадью листовой поверхности и наличием стержневых корней на стелющихся побегах. По-видимому, сочетание сроков отмирания главного стержневого корня и развитие ползучих побегов играют более важную роль в повышении жизнеспособности клевера ползучего, чем само по себе сохранение основного стержневого корня (Janssen P.W.L. et al., 2022).

Возможным резервом повышения продуктивного долголетия клевера ползучего является увеличение продолжительности функционирования основного стержневого корня. Ориентировочно через 12-18 месяцев после формирования взрослого растения он отмирает, и тогда клеверу ползучему приходится полагаться лишь на неглубокие узловые корни, формируемые на стелющихся побегах. Проникая неглубоко в почву, они в меньшей степени способны извлекать из нее воду и элементы питания. Это во многом делает клевер ползучий уязвимым к

засушливым условиям (Nichols S. et al., 2015; Timmermans B.G., van Eekeren N., 2016; Janssen P.W.L. et al., 2022).

Результаты, полученные немецкими учеными, показывают, что урожайность зеленой массы в агрофитоценозах с участием клевера ползучего во многом зависит от совокупности следующих факторов: площадь листовой поверхности, длина листового черешка, длина междоузлий, проективное покрытие листовой поверхности. Следовательно, для увеличения выхода биомассы необходимо вести селекционную работу по повышению значений этих признаков. Однако степень влияния этих показателей на урожайность клевера ползучего зависело от сезонных различий и климатических условий местности произрастания. Таким образом, именно повышение устойчивости клевера ползучего к сезонным климатическим изменениям может способствовать повышению его продуктивности (Nölke I. et al., 2021).

Важным показателем продуктивности кормовых трав является соотношение сахара к перевариваемому протеину. По мнению ряда исследователей оптимальных значений этого показателя удастся достичь в том случае, когда злаково-бобовые травосмеси выращиваются при наличии 40-50% бобового компонента (Образцов В.Н., 2021). По данным М. Olszewska в полевом опыте, проведенном на Полевой опытной станции в Томашково, Польша в 2013-2015 годах, было исследовано влияние сортовых различий, доз внесения минеральных азотных удобрений и времени скашивания на содержание водорастворимых углеводов, сырого протеина и их соотношения в зеленой массе райграса пастбищного (*Lolium perenne* L.). Дозы азотных минеральных удобрений были следующими: 0, 120 и 240 кг/га. Время скашивания: 8:00-10:00; 12:00-14:00; 16:00. Результаты показали следующее: внесение 240 кг/га д.в. азота снизило концентрацию водорастворимых углеводов на 19-23%. Содержание сырого протеина, напротив, увеличилось на 32-23%. Изучаемые сорта накапливали существенно большее количество водорастворимых углеводов, когда укос проводили с 12:00 и позднее. Аналогичным образом менялось и содержание сырого протеина от времени укоса. На изучаемых сортах в среднем большее количество сырого протеина наблюдалось при скашивании во временном

интервале с 12:00 до 18:00. Наилучшее соотношение углеводов к протеину было получено на одном из изучаемых сортов и составило 1 к 1,11. Доза азотных удобрений в 240 кг/га оказало негативное влияние на соотношение водорастворимых углеводов к сырому протеину, снизив его значение примерно на 36% по сравнению с дозой азота в 120 кг/га и на 35% по сравнению с контролем (без азотных удобрений). У всех изучаемых сортов зеленая масса, собранная до 12:00 утра отличалась самым низким соотношением водорастворимых углеводов к сырому протеину (Olszewska M., 2021).

В молочном мясном скотоводстве наряду с традиционным выпасом все чаще используется так называемая нулевая пастьба – это механическое скашивание, сбор и скармливание зеленой массы кормовых трав. Данный метод позволяет сельхозтоваропроизводителям использовать в кормлении участки, расположенные за пределами основных пастбищных угодий. А также спасает в периоды, когда погодные условия не позволяют выпастить животных. Ученые из Ирландии провели исследование на предмет того, насколько практика нулевой пастьбы распространена среди ирландских фермеров. Выяснилось, что 92% респондентов отлично знают и применяют в своих хозяйствах практику нулевой пастьбы. Примечательно, что многие из этих ферм расположены не компактно: они имеют от 1 до 14 отдельных друг от друга земельных участков. Практика нулевой пастьбы помогает им преодолевать сложности в пространственной изоляции участков друг от друга, повысить долю свежей травы в рационе, а также увеличить сроки скармливания весной и осенью. Однако, у этого метода есть и проблемы. По мнению фермеров ключевыми из них являются дополнительные прямые затраты и время, требуемое на выполнение всех технологических операций (Holohan C. et al., 2021). В странах с умеренным климатом, таких как Ирландия, зеленая масса кормовых трав является сравнительно дешевым и постоянно имеющимся кормом для молочного скота (O'Brien B., D. Hennessy, 2017; Holohan C. et al., 2021). Должным образом выращенная и скошенная трава является самым экономичным кормом, доступным для лактирующих коров (Hanrahan L. et al., 2018; Holohan C. et al., 2021). Что касается трудностей, связанных с нулевой пастьбой, то наиболее

существенными можно считать необходимость задействовать дополнительную рабочую силу и время, что может быть особенно сложным в период весеннего отела на фермах с беспривязным содержанием, когда острая необходимость в рабочей силе ощущается непосредственно на ферме (Deming J. et al., 2019; Holohan C. et al., 2021).

1.4. Роль многолетних трав в поддержании почвенного плодородия и биологического разнообразия агрофитоценозов

Значение многолетних трав в агроэкоценозах определяется не только их питательностью, но и способностью улучшать почвенную структуру, а также ассимилировать атмосферный азот, улучшая качество лугопастбищных угодий (Завалин А.А., 2022; Косолапов В.М. и др., 2022; Батукаев А.Л. и др., 2025). Создание комбинированных злаково-бобовых травосмесей повышает устойчивость агроэкосистем, а иногда способствует решению проблемы засоления почв. Благодаря азотфиксации бобовые способны формировать урожай без применения минеральных азотных удобрений, которые, по некоторым сведениям, могут представлять экологическую опасность. Благодаря этому снижается вынос азота с поверхностным стоком и грунтовыми водами, уменьшается деградация гумуса в почве, нивелируется риск снижения кормовой ценности из-за накопления окисленных форм азота (Завалин А.А., 2024; Степанов А.Ф. и др., 2023; Батукаев А.Л. и др., 2025). Возделывание бобовых культур по сравнению с использованием минеральных удобрений выгодно и в экономическом плане (Сабанова А.А. и др., 2022; Bekuzarova S.A. et al., 2020; Батукаев А.Л. и др., 2025). При возделывании с/х культур значительная часть затрат приходится именно на азотные удобрения: их синтез, транспортировка и внесение. Эти затраты могут достигать до 40% себестоимости готовой продукции (Козырева М.Ю., Басиева Л.Ж., 2020; Макаров М.И. и др., 2021; Батукаев А.Л. и др., 2025). Помимо экономической эффективности, отказ от этих расходов приводит и к повышению качества продукции за счет снижения накопления нитратов. Благодаря клубеньковым

бактериям бобовые способны обеспечить себя симбиотическим азотом, закрыв часть необходимых потребностей в этом элементе. Это качество делает бобовые культуры стратегически важным звеном устойчивого кормопроизводства, особенно если существует необходимость снизить химическую нагрузку на сельскохозяйственные угодья (Ахметова М.А., Князев Б.М., 2025; Абасов Ш.М. и др., 2025; Батукаев А.Л. и др., 2025).

Многолетние кормовые культуры, прежде всего бобовые травы, способны не только решить проблему производства высококачественных кормов, но и внести существенный вклад в сохранение почвенного плодородия. В Волгоградской области, где выращивание сельхозкультур приходится вести в сложных климатических условиях, связанных с существенной пестротой почвенного плодородия, подверженностью почв засолению, водной и ветровой эрозии, возникает необходимость восстановления орошаемых почв для повышения их агрономической ценности (Косолапов В.М., Чернявских В.И., 2023). В засушливых условиях Волгоградской области продуктивность кормовых угодий зависит от адаптивного потенциала отдельных компонентов травостоя, их устойчивость к агроклиматическим условиям. Кроме того, важную роль играют способы основной обработки почвы под многолетние травы, а также другие факторы (Косолапов В.М. и др., 2021). В сельском хозяйстве многолетние травы играют очень важную роль, обусловленную поддержанием устойчивости агро- и биосферы. Они не только обеспечивают сельскохозяйственных животных кормами, но и благоприятствуют восстановлению структуры почвы, являясь помимо прочего хорошими предшественниками для многих сельскохозяйственных культур (Чумакова В.В. и др., 2022).

Высев злаково-бобовых травосмесей может стать хорошим вариантом для повышения плодородия почв в дополнение к повышенному урожаю и качеству кормов, а также увеличенной чистой прибыли хозяйств, занимающихся заготовкой сена (D. Dhakal, Islam M.A., 2018). К преимуществам многолетних бобовых трав можно отнести хорошую отавность, отзывчивость на внесение удобрений, значительную продуктивность и долголетие (Прядильщикова Е.Н. и др., 2022; Пак

Л.Н. и др., 2024). Бобовые культуры известны своей способностью образовывать симбиоз с азотфиксирующими бактериями из группы *Rhizobia*. Эти бактерии инфицируют корни бобовых и образуют на них новые органы – корневые клубеньки, которые специализируются на фиксации атмосферного азота. Этот весьма энергозатратный процесс выполняется за счет углеводов, получаемых растением в результате фотосинтеза. Клубеньковые бактерии в свою очередь обеспечивают растение-хозяина азотом в форме аммиака. Таким образом, в сочетании с ризобиями бобовые растения обеспечивают себя азотом, что делает данный симбиоз очень важным как с биологической, так и с экономической точек зрения (Lorite M.J. et al., 2018). Оксид азота – это небольшая молекула свободных радикалов, которая повсеместно распространена в растительных организмах. Ее выработка часто усиливается в стрессовых условиях. В последнее время существенно возрос интерес к симбиотической азотфиксации ввиду важности развития органического сельского хозяйства (Signorelli S. et al., 2020). Молекула оксида азота выполняет роль сигнальной молекулы, взаимодействуя с системой гормональной регуляции в растениях (Wang P. et al., 2015; Signorelli S. et al., 2020), и управляя процессами перехода от одной фазы вегетации к другой (Chaki M. et al., 2015; Signorelli S. et al., 2020). Корневой клубенек образуется в результате скручивания корневых волосков, которое вызывается как деятельностью бактерий группы *Rhizobia*, так и наличием растительных гормонов цитокинина и ауксина (Roy S. et al., 2020; Signorelli S. et al., 2020). Доказано, что как синтез, так и распад молекул оксида азота идет гораздо интенсивнее в зрелых клубеньках по сравнению с развивающимися (Berger A. et al., 2019; Signorelli S. et al., 2020).

Информация о взаимосвязи между качеством почвы и урожаем кормов, полученных от злаково-бобовых травосмесей в разных экологических условиях, может служить руководством для принятия решений по созданию экологически чистых и устойчивых пастбищных экосистем (Luo F. et al., 2023).

Отрасль животноводства, в виду своего активного развития, на сегодняшний день сталкивается с повышенным спросом на корма высоко качества, что требует укрепления кормовой базы (Hisham M.B. et al., 2022; Luo F. et al., 2023). Регулярное

поступление кормов имеет важнейшее значение для животноводства и продовольственной безопасности в целом. Естественные лугопастбищные угодья являются основным источником корма для скота (Garcez Neto A.F. et al., 2021; Luo F. et al., 2023). Однако деятельность человека и другие факторы привели за последние годы к деградации пастбищных угодий из-за изменения климата, и как следствие снижению эффективности их экологических функций (Сао Y. et al., 2019; Luo F. et al., 2023). Возделывание кормовых трав – один из важнейших аспектов успешного животноводства, имеющий ряд особенностей в виду климатических и региональных различий (Tahir M. et al., 2023; Luo F. et al., 2023). Экологические проблемы возникают из-за негативного действия минеральных азотных удобрений на круговорот азота в природе и его баланс, препятствуя устойчивому ведению сельского хозяйства (Song X. et al., 2020; Luo F. et al., 2023). Активное возделывание бобово-злаковых травосмесей призвано повысить урожайность и качество кормов, а также плодородие почвы. Снижение потребности в минеральных удобрениях приведет к получению более сбалансированных кормов, а также выровняет баланс питательных веществ в почве при минимальном воздействии на окружающую среду (Liu X. et al., 2022; Tahir M. et al., 2022; Luo F. et al., 2023). Многокомпонентные травостои улучшают процесс минерализации и использования азота, влияя на углеродно-азотный баланс почвы. Они увеличивают накопление органического вещества и многообразия полезных почвенных микроорганизмов. В результате повышается активность микробиологических ферментов, минерализация питательных веществ и, как следствие, повышается урожайность (Sun R. et al., 2015; Luo F. et al., 2023). Альпийские луга Цинхай-тибетского нагорья являются крупнейшим природным лугопастбищным угодьем Китая. Они представляют собой экологический барьер, являющийся важнейшим источником корма, а также играющим важную экологическую роль в местных ценозах (Hu L. et al., 2021; Luo F. et al., 2023). В последние годы пастбища существенно деградировали из-за перевыпаса скота, плохого агрономического сопровождения и глобального изменения климата (Хуе X. et al., 2017; Luo F. et al., 2023). Это снижает устойчивость экосистем в целом, а также усугубляет дисбаланс

между растущим спросом и снижающимся предложением на сочные корма для жвачных животных (Niu Y. et al., 2019; Luo F. et al., 2023). Китайская провинция Сычуань является одним из лидирующих в стране регионов по производству животноводческой продукции, но недостаток кормов должного качества является основным препятствием для развития животноводства в этом регионе (Yang T.A. et al., 2023; Tahir M. et al., 2023).

Доказано, что факторы глобальных климатических изменений, такие как засуха, осаждение азота с атмосферными осадками, глобальное потепление – радикально меняют состав растительного сообщества, влияют на его продуктивность, а также сокращают биологическое разнообразие растений (Hautier Y. et al., 2015; Buermann W. et al., 2018; Liu H. et al., 2018; Stevens C.J. et al., 2018; Ploughe L.W. et al., 2019; Yang G. et al., 2021). Глобальные климатические изменения также угрожают биологическому разнообразию почв, что ведет к растущей обеспокоенности научного сообщества по этому поводу (Veresoglou S.D. et al., 2015; Geisen S. et al., 2019; Tibbett M. et al., 2020; Zhou Z. et al., 2020; Yang G. et al., 2021). Большинство существующих исследований показывают, что именно биологическое разнообразие лежит в основе стабильного функционирования различных видов экосистем, в том числе лугопастбищных агрофитоценозов (Hautier Y. et al., 2015; Isbell F. et al., 2015; Yang G. et al., 2021). Однако на данный момент не до конца изучен вопрос о том, может ли разнообразие микрофлоры почвы помочь сохранить биологическое разнообразие растений и стабилизировать состав агрофитоценоза в условиях глобальных климатических изменений. Исследования, проведенные учеными из Германии, показывают, что биологическое разнообразие почвенной микрофлоры имеет решающее значение для сохранения в агрофитоценозе бобового компонента и поддержания его биоразнообразия в целом (Yang G. et al., 2021).

В недавнем времени сформировался новый подход к улучшению агрофизических, биологических и экологических свойств почвы, называемый «агрофитомелиорация земель». Одним из способов агрофитомелиорации признано возделывание однолетних и многолетних трав в виду их почвоулучшающих способностей. В рамках описываемого подхода разрабатывают, например,

почвозащитные севообороты для предотвращения эрозии почв. Кормовые травы могут быть использованы в качестве одного из звеньев таких севооборотов, однако перечень культур и порядок их чередования во времени и по полям должен быть оправдан с экономической точки зрения, а также исходя из защитных способностей этих культур (Подлесных И.В., Соловьева Ю.А., 2020; Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., 2025). Кроме того, высокостебельные виды трав (высота стебля до 0,5 м) можно использовать в качестве кулисных культур для снегозадержания, уменьшения стока талых вод и смыва почвы. Такой агроприем практикуют в Волгоградской области, где высокорослые культуры располагают тремя рядами через 20 м на пространствах между лесополосами (Барабанов А.Т., Кулик А.В., 2019; Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., 2025). Бобово-злаковые травостои находят широкое распространение в степях Южного Урала как звенья лугопастбищных севооборотов. Это позволяет повысить урожайность и качество кормов, а также оптимизировать баланс азота, фосфора и калия в почве (Каипов Я.З., Сафин Х.М., 2019; Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., 2025). На пастбищах Узбекистана популярны полосные посевы засухоустойчивых многолетних трав, таких как житняк гребневидный и эспарцет хорассанский (Farmanov T. et al., 2020; Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., 2025). В Северном Казахстане предложено восстанавливать низкопродуктивные пастбища засушливых степей с помощью засухоустойчивых злаково-бобовых травосмесей на основе житняка гребневидного, люцерны, костра безостого (Nugmanov A.V. et al., 2022; Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., 2025). Многолетние травы находят применение и в задернении междурядий яблоневых садов. Бобово-злаковые травостои улучшают структуру и качество почвы в междурядьях. Наилучшим образом для этих целей подходит смесь овсяницы луговой с люцерной изменчивой благодаря своему продуктивному долголетию. Наименее устойчивыми в яблоневых садах оказываются посевы злаковых трав с клевером луговым (Ивонин В.М., Воскобойникова И.В., 2025).

1.5. Влияние минеральных удобрений на продуктивность многолетних трав

Применение минеральных удобрений имеет большое значение для интенсификации современного кормопроизводства. Так, например, применение азотных удобрений влияет на содержание протеина. На природных пастбищах и сенокосах среднерусской возвышенности, где преобладают злаково-разнотравные травостои и не вносятся минеральные удобрения, среднее содержание протеина в корме отмечено в диапазоне 10,82-12,31% (Коломейченко В.В., Князева Е.В., 2018; Макаров В.И. и др., 2019; Мерзлая Г.Е., 2021).

По данным В.А. Фигурина и А.П. Кислицыной использование на многолетних травах минеральных удобрений, включая фосфоритную муку и известь, вносимых под культивацию, способствует созданию благоприятных условий уже на ранних стадиях и далее на всем протяжении периода роста и развития растений. Даже в первый год жизни травостоя на всех вариантах наблюдается рост урожайности зеленой массы многолетних трав от 2,46 до 5,71 т/га по сравнению с контролем (Фигурин В.А., Кислицына А.П., 2022).

Коллектив ученых из ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» в 2025 году представил результаты долговременного химического эксперимента, заложенного в 1935 году на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Изучалось последствие различных доз извести. А также продуктивность сенокосных травостоев на различных фонах минерального питания. По результатам исследования были сделаны следующие выводы. Во-первых, известкование имеет очень продолжительное последствие – более 80 лет после однократного внесения CaCO_3 . Во-вторых, снижение кислотности почвы (повышение рН с 4,2 до 6,1) приводило к достоверному повышению урожайности многолетних травостоев как при использовании удобрений в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$, так и на контроле без минерального питания. В-третьих, наибольшей продуктивности достигали травостои при использовании извести в дозе 36-60 т/га. Таким образом, полученные результаты подчеркивают важность учета последствия применяемых мелиорантов при разработке структуры посевных площадей (Седова Е.Г. и др., 2025).

Главной задачей, стоящей сегодня перед мировым сельскохозяйственным производством, является повышение продуктивности сельхозкультур без негативного воздействия на окружающую среду. По некоторым оценкам, население планеты достигнет 9,7 миллиарда человек к 2050 году, а производство продукции растениеводства должно подняться на 60–100% для удовлетворения растущего спроса на продукты питания (Popp J. et al., 2021; Mackiewicz-Walec E., Olszewska M., 2023). Недостаток питательных веществ в почвах представляет собой серьезную и весьма распространенную проблему в растениеводстве, ведь это снижает устойчивость культур к патогенам, снижает урожайность и качество продукции. Минеральные удобрения и пестициды повсеместно используются для того, чтобы повысить урожайность и обеспечить бесперебойное снабжение потребителей продовольствием (Rouphael Y., Colla G., 2018; Mackiewicz-Walec E., Olszewska M., 2023). Для решения проблемы глобальной продовольственной безопасности нужна непрерывная интенсификация сельскохозяйственной отрасли. Странами-участниками Европейского союза разработана программа «Европейский зеленый курс», которая должна перевести сельское хозяйство, в частности, к более устойчивым моделям экономического развития. Основными приоритетами данной программы являются предотвращение изменения климата и содействие рациональному использованию возобновляемых ресурсов. Европейский союз взял на себя ответственность сократить использование пестицидов, свести к минимуму потери питательных веществ и ограничить использование минеральных удобрений. Минеральные удобрения, безусловно, повышают урожайность сельскохозяйственных культур, но их бесконтрольное использование ухудшает качество почвы, повышает выбросы парниковых газов, ведет к загрязнению воздуха и воды. Неквалифицированное использование пестицидов также может оказывать негативное воздействие на природу и представлять опасность для животных и людей (Bahuguna A. et al., 2022; Mackiewicz-Walec E., Olszewska M., 2023). Минеральные удобрения также способствуют эвтрофикации водоемов и образованию так называемых «мертвых зон», лишенных живых организмов (Drobek M. et al., 2019; Mackiewicz-Walec E., Olszewska M., 2023).

Глобальные климатические изменения, в частности повышение процентного содержания в атмосфере углекислого газа и азота, продолжают угрожать способности экосистем нормально функционировать (Rockström J. et al., 2023; Shi T.S. et al., 2024). Понимание этих проблем побудило к разработке ресурсосберегающих, природоохранных технологий, таких как, например, широкое применение органических удобрений и отказ от высоких доз минеральных удобрений) для смягчения последствия глобальных климатических изменений посредством сохранения биоразнообразия и повышения темпов поглощения углерода (Seddon N. et al., 2020; Griscom B.W. et al., 2017; Shi T.S. et al., 2024). Тем не менее, для разработки и внедрения природоохранных технологий, способных обеспечить достижение множества целей устойчивого развития, требуются исследования, направленные на изучение конкретных экосистем и их сохранение (Anderegg W.R.L. et al., 2020; Shi T.S. et al., 2024). Минеральные удобрения широко используются для повышения урожайности культур в лугопастбищных и пахотных агрофитоценозах (Андреев Н.Г. и др., 1987; Li H. et al., 2023; Seabloom E.W. et al., 2021; Shi T.S. et al., 2024). Однако на лугопастбищных угодьях такой агроприем часто приводит к изменению ботанического состава и биологического разнообразия (Seabloom E.W. et al., 2021; Eskelinen A. et al., 2022; Shi T.S. et al., 2024). Действительно, большое количество предыдущих исследований, оценивающих действие минерального азота, например работа международного коллектива ученых Seabloom E.W. et al., показали, что существует некий общий компромисс между увеличением надземной массы растений и снижением видового разнообразия, при этом потери биоразнообразия увеличиваются по мере повышения доз и расширения количества видов применяемых минеральных удобрений (Harpole W.S. et al., 2016; Shi T.S. et al., 2024). Предположение об ущербе, который может нанести минеральный азот, предполагает, что длительное применение азотных удобрений может повысить восприимчивость видов растений к стрессовым факторам, таким как, например, изменение почвенной микрофлоры (Farrer E.C., Suding K.N., 2016; Shi T.S. et al., 2024). Действительно, почвенная влага и питательные вещества влияют на рост и развитие растений, а также на их

конкуренетоспособность. Соответственно, эти два элемента могут регулировать степень изменения видового разнообразия как реакцию на внесение минеральных удобрений (Zhu J. et al., 2018; Shi T.S. et al., 2024). Небольшое количество исследований было посвящено тому, могут ли органические удобрения потенциально привести к компромиссу между приростом вегетативной массы и видовым разнообразием растений. Органические удобрения, полученные из растительных остатков или продуктов жизнедеятельности животных обеспечивают почву элементами питания, тем самым повышая запас углерода в почве, катионный обмен, влагоудерживающую способность почвы и обогащая микрофлору (de Melo T.R. et al., 2019; Cai A. et al., 2019; Shi T.S. et al., 2024). Минеральные удобрения синтезируются химическим путем и могут не обладать способностью раскислять почвы так же эффективно, как органические удобрения (Tian Q. et al., 2016; Shi T.S. et al., 2024). На сегодняшний день исследования показали, что применение органических удобрений может снижать, повышать, или не оказывать существенного влияния на видовое разнообразие культурных растений. (Preeti Verma P.V. et al., 2015; Ryals R. et al., 2016; Shi T.S. et al., 2024). Углерод в органическом веществе почвы играет ключевую роль в поддержании почвенного плодородия и повышении продуктивности и устойчивости агрофитоценозов (Brahim N. et al., 2022; Shi T.S. et al., 2024). Однако как углерод органического вещества почвы реагирует на применение органических удобрений вместо минеральных остается до конца не ясным (Keller A.V. et al., 2023; Crowther T.W. et al., 2019; Shi T.S. et al., 2024). Эта реакция может зависеть от местных климатических условий, систем землепользования и доступности питательных веществ (Doetterl S. et al., 2015; Nuralykyzy B. et al., 2023; Wieder W.R. et al., 2015; Shi T.S. et al., 2024). По некоторым данным было доказано, что внесение органических удобрений способно повысить запасы углерода в органическом веществе почвы на 30%, причем как на пахотных, так и на лугопастбищных угодьях (Gross A., Glaser B., 2021; Bai Y., Cotrufo M.F., 2022; Shi T.S. et al., 2024).

Ирландскими учеными в 2013 – 2014 годах был проведен полевой опыт, в ходе которого изучалось включение клевера ползучего в травостой с райграсом

пастбищным на разных фонах минерального питания при стравливании КРС. Опыт состоял из трех вариантов: 1. Клевер ползучий + райграс пастбищный с дозой азота N_{150} кг/га; 2. Клевер ползучий + райграс пастбищный с дозой азота N_{250} кг/га; 3. Райграс пастбищный в монокультуре с дозой азота N_{150} кг/га. Выяснилось, что содержание клевера лугового в ботаническом составе при внесении 150 кг/га д.в. азота было выше, чем на варианте с дозой 250 кг/га д.в. азота. При выпасе дойных коров обнаружено, что на обоих вариантах с включением клевера ползучего коровы давали больше молока, чем на варианте с монокультурой райграса пастбищного, даже несмотря на существенный фон минерального питания. Измерения показали, что в мае коровы, которые выпасались на варианте с клевером и дозой азота в 250 кг/га имели самый высокий индекс массы тела. Касательно потребления животными сухого вещества, в июле его больше получали особи, питавшиеся обоими вариантами с клевером, тогда как в сентябре коровы, находившиеся на варианте с клевером и дозой азота в 150 кг/га получали самое низкое количество сухого вещества. Таким образом, включение клевера ползучего в пастбищные травостои достоверно может привести к повышению продуктивности животных. Как и в исследовании Enriquez-Hidalgo D. et al., 2016 сокращение доз азотных удобрений до 150 кг/га на варианте клевер + райграс не повлияло на общий урожай сухой массы, который осталась на уровне варианта №3 с внесением 250 кг/га азота под монокультуру райграса пастбищного. Клевер ползучий может играть важную роль в органических системах интенсивного пастбищного травопользования (Egan M. et al., 2018).

Минеральные удобрения увеличивают надземную массу растений, но при этом снижается их биологическое разнообразие. Коллектив исследователей из Китая, Испании и США задался вопросом, а могут ли органические удобрения нивелировать этот компромисс за счет увеличения надземной биомассы без потери биологического разнообразия? Был проведен сравнительный анализ 537 полевых опытов по внесению органических и минеральных удобрений на лугах и пашнях по всему миру, чтобы оценить прирост надземной массы, биологическое разнообразие растений и содержание органического вещества в почве. Получены

следующие результаты: органические и минеральные удобрения увеличивают надземную биомассу на 56% и 42% соответственно по сравнению с контролем (вариант без удобрений). Минеральные удобрения достоверно снижают биологическое разнообразие, в то время как органические удобрения увеличивают биоразнообразие на лугопастбищных угодьях с высоким коэффициентом увлажнения. Более того, применение органических удобрений приводит к увеличению содержания органического вещества на 19% и 15% по отношению к контролю и варианту с минеральными удобрениями соответственно. Положительное влияние органических удобрений на количество органического вещества в почве возрастает с повышением среднегодовой температуры на лугопастбищных угодьях, чего не наблюдается на пахотных землях. Таким образом, сравнительный анализ показал, что применение органических удобрений является отличным природоохранным и ресурсосберегающим решением, способным улучшить два важных аспекта интенсивного лугопастбищного хозяйства: урожай кормов и накопление органического вещества в почве (Shi T.S. et al., 2024).

1.6. Агрэнергетическая и экономическая эффективность возделывания бобово-злаковых травосмесей

На сегодняшний день ввиду постоянного роста цен на трудовые материально-технические ресурсы в отрасли кормопроизводства возрастает актуальность разработки ресурсо- и энергосберегающих агротехнологий и методов возделывания с/х культур (Кутузова А.А. и др., 2018; Жезмер Н.В., 2021). Многоукосные агрофитоценозы долготетного использования, основными компонентами которых являются корневищные злаковые травы, обеспечивают значительное продуктивное долготетие травостоев и получение питательных сочных кормов высокого качества – силоса и сенажа (Кутузова А.А. и др., 2018; Жезмер Н.В., 2021). Если продуктивность травостоя позволяет использовать его на протяжении долгого времени без перезалужения – это ведет к кратному снижению капитальных затрат, а следовательно снижает себестоимость кормов и повышает энергетическую

эффективность укосной технологии (Жезмер Н.В., 2021). В связи с важностью агроэнергетической и экономической оценки научных разработок, на сегодняшний день все труды исследователей ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» в обязательном порядке анализируются с энергетической и экономической точек зрения, чтобы обосновать способы экономии ресурсов и энергии при сенокосном и пастбищном производстве кормов (Жезмер Н.В., 2021; Тебердиев Д.М., 2021)

По данным А.А. Кутузовой, Е.Е. Проворной и Н.С. Цыбенко на опыте с бобово-злаковыми травосмесями, заложенном в 2014 году в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» получены следующие результаты. Агроэнергетический коэффициент окупаемости общих затрат антропогенной энергии в корме находился на уровне 310% на вариантах без применения азотных удобрений и 263% на делянках с полным внесением NPK. Как результат проведения биологической адаптации технологий за счет возделывания новых сортов бобовых агроэнергетический коэффициент поднялся до 520-694%, при удельных затратах на производство 1 ГДж ОЭ и 1 кг СП уменьшились как минимум в 2-3 раза. Такие результаты были достигнуты за счет повышения доли влияния природных факторов на производство ОЭ пастбищного корма с 62-68% на злаковых травостоях до 81-86% на злаково-бобовых травостоях. Столь многообещающие результаты возделывания бобово-злаковых травосмесей по сравнению со злаковыми актуализируют вопрос о том, что в нашей стране необходимо проводить планомерную работу по восстановлению семеноводства многолетних трав с учетом современных потребностей кормопроизводства (Кутузова А.А. и др., 2019).

Коллектив исследователей из Северо-Кавказского федерального научного центра проводил исследование злаково-бобовых кормовых травостоев в аридной зоне при сенокосном и пастбищном использовании. Результаты показали, что наибольший урожай сухого вещества - 3,07 т/га, был получен в режиме сенокосного использования на варианте со следующими травами: люцерна; житняк; кострец; эспарцет; донник. На пастбище самой большой продуктивностью отличилась травосмесь, состоящая из люцерны, костреца, житняка, пырея, фестулолиума, эспарцета и донника – 1,5 т/га с.в. Пастбищное содержание имитировалось с

помощью проведения 2-х укосов. Агроэнергетическая эффективность пастбищного использования разработанной травосмеси составила 9,6 ГДЖ/га обменной энергии. Чистый энергетический доход при этом был на уровне 8,7 ГДж/га. Данные представлены в среднем за 4 года (Гребенников В.Г. и др., 2020).

В Центральном районе Нечерноземной зоны также идут исследования агроэнергетической и экономической эффективности многолетних травостоев. Коллектив ученых из Калужского НИИСХ привел результаты оценки энергетической эффективности многолетних бобово-злаковых травосмесей. По вариантам полевого опыта выход обменной энергии варьировался в диапазоне от 66,3 до 90,0 ГДж/га, в эти значения существенный вклад был внесен именно бобовым компонентом. Коэффициент энергетической эффективности изменялся по вариантам опыта от 3,8 до 5,1 (Лукашов В.Н. и др., 2019).

По данным Новосёлова М.Ю. и др. при возделывании многолетних бобовых и бобово-злаковых травостоев показатели энергозатрат обычно находятся в пределах 14...16 ГДЖ/га, при заготовке кормов из этих трав – 22...24 ГДЖ/га. В случаях, когда речь идет о возделывании однолетних трав энергозатраты возрастают в 2,0-2,5 раза (Новосёлов М.Ю. и др., 2018; Козлова Л.М., Свечников А.К., 2022). В качестве сравнения, для зерновых культур эти затраты составляют 16...19 ГДж/га (Попов Ф.А. и др., 2018; Козлова Л.М., Свечников А.К., 2022).

Заключение по главе 1

Учитывая особенности глобальных климатических изменений, во многих развитых странах пришли к выводу о необходимости создания устойчивых агроэкосистем. Следовательно, в разрезе дисциплины кормопроизводство возникает интерес к пастбищному содержанию продуктивных животных, которое уже сегодня активно практикуется в Ирландии, Китае, Новой Зеландии и Австралии. А это, в свою очередь, ставит задачи по созданию устойчивых к стравливанию и высокоурожайных травостоев, способных обеспечивать поступление кормов с высокой питательностью.

Важнейшей составляющей любого интенсивного травостоя являются многолетние бобовые травы, которые ценятся за их кормовые и почвоулучшающие качества. В последнее время внимание многих исследователей привлекает клевер ползучий (*Trifolium repens* L.). Он повышает питательность кормов, способен экономить минеральные азотные удобрения за счет азотфиксации, однако имеет существенный недостаток – очень слабая засухоустойчивость. В этой связи, возможно, стоит рассмотреть другую перспективную бобовую культуру – лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), который отличается внушительным продуктивным долголетием, хорошей отавностью, засухоустойчивостью, способностью расти на кислых почвах, а также наличием в надземной массе конденсированных танинов в определенной концентрации, что является причиной отсутствия тимпании у животных при его употреблении.

Таким образом, несмотря на пристальный интерес ученых многих стран мира к вопросам пастбищного кормопроизводства, в нем и сегодня остаются резервы для повышения продуктивности травостоев.

ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Место и почвенно-климатические условия проведения опытов

Город федерального значения Москва, а также территория прилегающей к ней Московской области находятся в зоне умеренно-континентального климата. В этой зоне на протяжении многих лет наблюдаются сравнительно мягкие зимы, иногда прерываемые непродолжительными оттепелями, а также теплое и довольно влажное лето. Роза ветров характеризуется господством юго-западных и западных направлений, несущих в столицу массы воздуха с Атлантики. Ежегодный приход инсоляции находится на уровне 87 ккал/см^2 , причем 41 ккал/см^2 из общего количества поступает в виде рассеянной солнечной радиации. В южных и центральных областях РФ за последние годы замечено изменение соотношения прямой и рассеянной солнечной радиации. Начиная с 1990-х годов количество рассеянной радиации существенно снизилось, а доля прямой, напротив, увеличилась. В целом, суммарная радиация проявляет едва заметную, но устойчивую тенденцию к увеличению (Росгидромет, 2022).

Многие исследователи в последнее время все чаще говорят о глобальном потеплении климата во всем мире, а также о возможных его последствиях. Специалисты Росгидромета также утверждают, что глобальное потепление имеет место быть, а его проявления четко прослеживаются даже в сравнительно небольшой с точки зрения метеорологических наблюдений период, а именно за последние 30 лет. Согласно температурным наблюдениям, проводимым с 1991 по 2020 годы, самым холодным месяцем в Москве был январь со средней температурой $-6,2^\circ\text{C}$. Аналогичные показатели демонстрирует февраль ($-5,9^\circ\text{C}$). Что касается среднегодовой температуры в городе – она составляет $+6,3^\circ\text{C}$, в последние годы наблюдалось повышение до $+7^\circ\text{C}$, а в 2020 даже до $+8^\circ\text{C}$. Для сравнения, за период с 1960 по 1969 показатель среднегодовой температуры был на

уровне $+4,6^{\circ}\text{C}$. Самый теплый месяц в году – июль, со средней температурой в $+19,7^{\circ}\text{C}$. На протяжении последних 20 лет наибольшее увеличение температуры по сезонам наблюдалось в следующие месяцы: летом – в июле и августе, весной – в мае, осенью – в сентябре. Август характеризовался большим количеством активным температур даже чем июнь за период с 2001 по 2020 годы. В Московском регионе период положительных температур продолжается в среднем 206-216 дней, а безморозный период – 120-140 дней. Актуальная средняя сумма активных температур в регионе составляет 2400°C . Вегетация многолетних трав начинается при температуре $+5^{\circ}\text{C}$. Период с такими температурами и выше составляет в Москве 170-190 дней.

В Центральном Федеральном Округе в целом на протяжении последних лет обеспеченность сельскохозяйственных культур теплом увеличивается. Температура вегетационного периода ($T>5^{\circ}\text{C}$) за последние 10 лет увеличилась в диапазоне от $0,6$ до $1,2^{\circ}\text{C}$. Максимальный рост относительно базового периода наблюдался в летние месяцы и составил от $1,3$ до $2,2^{\circ}\text{C}$. Сумма активных температур ($T>10^{\circ}\text{C}$) повысилась примерно на 300°C . Продолжительность периода эффективных и активных температур увеличилась ориентировочно на 7-10 дней, а даты перехода через 5°C и 10°C весной наблюдаются раньше климатической нормы на 4-8 дней (Росгидромет, 2022). Годовое количество осадков в регионе составляет 600-700 мм. Наибольшее их количество приходится на летние месяцы, а наименьшее – на февраль, март и апрель. Согласно многолетним метеорологическим данным, самым сухим был 1920 год, когда всего выпало 338 мм осадков. В последние 30 лет количество осадков по годам существенно колеблется. Минимум наблюдался в 2014 году – 488 мм, а максимум в 2020 – 901 мм. За тридцатилетний период среднегодовое количество осадков равнялось 713 мм, но за последние 10 лет достигло 736 мм. Из тридцати лет наблюдений в 10 годах суммарное количество осадков превысило 800 мм. В последнее десятилетие отмечена тенденция к большему количеству влаги в мае и июле, а к меньшему - в августе.

Повышение средней температуры воздуха закономерно приводит к увеличению концентрации водяного пара в воздухе, а это в свою очередь ведет к

образованию осадков, в особенности экстремальных. Положительным аспектом этого факта является рост весенних осадков в основных сельскохозяйственных районах нашей страны (Росгидромет, 2022). На сегодняшний день 2/3 осадков выпадает в виде дождя, а одна треть – в виде снега. Устойчивый снежный покров лежит в регионе на протяжении 135-140 дней (ориентировочно с 24 ноября – 1 декабря до 3-8 апреля). Высота сугробов к концу зимы обычно достигает в среднем 30-45 см. Однако с учетом развития глобального потепления, все модели прогнозирования погоды утверждают, что величина снежного покрова в Северном полушарии будет устойчиво снижаться на протяжении XXI столетия (Росгидромет, 2022). В перспективе этот факт может негативно сказаться на качестве перезимовки трав. По мнению научного сообщества имеется ряд преимуществ для отрасли кормопроизводства в условиях изменения климата. Во-первых, увеличение вегетационного периода многолетних трав дает возможность увеличить период пастбищного содержания КРС, уменьшив период стойлового содержания. Во-вторых, повышается продуктивность лугопастбищных угодий в умеренной зоне. В-третьих, уменьшается валовая потребность в корме на зимний период, ввиду его сокращения. Однако есть и минусы, связанные главным образом с развитием более засушливых условий вегетационного периода, что может привести к выпадению травостоев или отдельных их компонентов преимущественно в южных районах. В складывающихся условиях рационально предпринимать меры по адаптации травостоев за счет корректировки ботанического состава, видов заготавливаемых кормов и сроков проведения полевых работ (Росгидромет, 2022).

Территория Полевой опытной станции, расположенная в г. Москва, где был заложен полевой опыт, находится на самой окраине Клинско-Дмитровской гряды. Рельеф представляет собой моренную холмистую равнину, находящуюся на водоразделе рек Москвы и Яузы. Возвышение над уровнем реки Москвы составляет 60 м.

2.2. Схема опыта и методика исследований

Исследования проводили в 2023–2025 гг. на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва) в двухфакторном полевом опыте. Фактором А являлись два режима скашивания травостоев – трехукосный и четырехукосный. Фактором В – злаковые и бобово-злаковые травостои, представленные ниже:

1. Фестулолиум (*Festulolium* F. Asch. et Graebn) сорта ВИК 90;
2. Райграс пастбищный (*Lolium perenne* L.) сорта ВИК 66;
3. Овсяница луговая (*Festuca pratensis* L.) сорта Свердловская 37;
4. Фестулолиум с внесением азотных удобрений в дозе N_{120} ;
5. Райграс пастбищный с внесением азотных удобрений в дозе N_{120} ;
6. Овсяница луговая с внесением азотных удобрений в дозе N_{120} ;
7. Фестулолиум + клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) сорта ВИК 70;
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) сорта ВИК 70;
9. Овсяница луговая + клевер ползучий (*Trifolium repens* L.) сорта ВИК 70;
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко;
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко;
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко.

Для имитации пастбищного использования травостои скашивали по три и четыре раза за сезон.

Посев многолетних трав выполнялся беспокровно 13 мая 2023 года, разбросным методом с последующими боронованием и прикатыванием, в оптимальные сроки для данного региона. Нормы высева были следующими: фестулолиум в монокультуре – 16 кг/га, райграс пастбищный в монокультуре – 14 кг/га, овсяница луговая в монокультуре – 16 кг/га. В травосмесях эти же злаки сеяли

соответственно в нормах 8, 7 и 8 кг всхожих семян на 1 га. Нормы высева бобовых трав составляли: лядвенец рогатый – 9 кг/га, клевер ползучий – 7 кг/га. В год посева на делянках с трехкратным использованием провели 1 укос, на делянках с четырехкратным - 2 укоса. Высота скашивания – 6–7 см. Обработка почвы под посев включала в себя следующие этапы: основная обработка – зяблевая вспашка на глубину 20–22 см, предпосевная культивация – фрезерование в 2 следа на 7 см и 4 см соответственно.

Площадь опытной делянки в опыте составляла 12,6 м², учетная площадь – 10 м². Повторность опыта четырехкратная, варианты размещены методом рандомизированных повторений.

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, пахотный слой содержит 2,1% гумуса, подвижных форм фосфора – 320 мг/кг, калия – 54 мг/кг, молибдена – 0,12 мг/кг, степень насыщенности основаниями – 40,4%, рН_{KCl} – 4,35. Почва является слабокультуренной по агрохимическим показателям. В качестве удобрений ежегодно в сентябре вносили калий хлористый в дозе K₁₂₀. Азотные удобрения вносили в виде аммиачной селитры равными дозами по 40 кг/га д.в. азота при трехкратном скашивании и по 30 кг д.в. азота на 1 га при четырехкратном использовании. Грунтовые воды не были обнаружены на глубине 3 м.

Наблюдения, измерения и учеты, проведенные в рамках полевого опыта, соответствовали общепринятым методикам, описанным в «Методических указаниях по проведению полевых опытов с кормовыми культурами» (1997).

Высота трав определялась по видам перед каждым укосом. Двигаясь в границах делянки по диагонали, находили 15 типичных растений для каждого вида и измеряли их высоту при помощи мерной рейки. Учет проводили на 2-х несмежных повторностях.

Плотность травостоев измерялась на каждой повторности опыта на постоянно закрепленных площадках площадью 0,25 м² (со стороной 0,5 м) путем подсчета количества побегов. У клевера ползучего подсчитывались листья и цветоносы.

Ботанический состав травостоев определяли путем отбора средних образцов массой по 1 кг с двух несмежных повторностей. Далее средние образцы разбирали по видам и хозяйственно-ботаническим группам, взвешивали и затем рассчитывали процентное соотношение каждого компонента. Учитываемые компоненты травостоя следующие: сеяные злаки – фестулолиум, райграс пастбищный, овсяница луговая; сеяные бобовые – клевер ползучий, люцерна рогатая; несеяные злаки и бобовые; разнотравье.

Урожайность зеленой массы определяли посредством скашивания травостоев с учетных площадей делянок в оптимальные вегетационные фазы и взвешивания собранной в валок зеленой массы. Для вариантов трехукосного использования скашивание проводили при достижении бобовым компонентом фазы полной бутонизации, а для четырехукосного использования – при начале фазы бутонизации бобовых.

Содержание сухого вещества определялось согласно ГОСТ_31640-2012. Для этого на двух несмежных повторностях отбирались пучки трав, которые сразу же помещались в герметичные пакеты с целью предотвращения испарения влаги. Затем образцы измельчали, фиксировали массу, и наполняли ими металлические бюксы, которые затем помещались в сушильный шкаф, настроенный на температуру 105°C. Пробы сушились до момента достижения постоянной массы. Далее, после остывания образцов их снова взвешивали и производили расчет процентного содержания сухого вещества.

Химический состав зеленой массы определяли на инфракрасном анализаторе SpectraStar 2600ХТ. Для этого готовили объединенную пробу из собранных на двух несмежных повторностях и измельченных точечных проб травостоя по вариантам. Далее из объединенной пробы выделяли среднюю пробу массой порядка 1 кг, которую затем доводили до сухого состояния в сушильном шкафу при температуре 60-70°C. Подготовленные таким образом пробы затем помещались в вышеназванный прибор, который показывал содержание сырого протеина, сырого жира, сырой золы, сырой клетчатки, кальция и фосфора. БЭВ получали расчетным

методом, вычитая из 100% процентное содержание всех вышеназванных показателей, кроме кальция и фосфора.

Агрохимические показатели почвы опытного участка определялись следующими методами: содержание гумуса по методу Тюринга (ГОСТ 26213-91), подвижные фосфор и калий – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011), кислотность (pH_{KCl}) – по ГОСТ 26483–85, молибден – по методу Григга (ГОСТ Р 50689-94).

Накопление симбиотического азота получали путем сравнения злаково-бобовых травосмесей со злаками в монокультуре (Посыпанов, 1991).

Агроэнергетическую эффективность выращивания многолетних трав рассчитывали по методике ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса (Методическое руководство по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах, 2000).

Обеспеченность трав азотом измеряли при помощи N-тестера «Агротестер».

Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985).

2.3. Характеристика метеорологических условий в годы проведения исследований

Центральный район Нечерноземной зоны характеризуется в целом достаточными условиями увлажнения, что благоприятствует успешному выращиванию влаголюбивых растений. Многолетние кормовые травы по отношению к влаге являются мезофитами, то есть от доступности необходимого количества воды существенно зависит их продуктивность. По мере многоукосного использования потребность во влаге становится еще выше, поскольку необходимо снова отрастить отчужденную с поля вегетативную массу и, кроме того, с открытой почвы увеличивается испарение воды.

Требования к теплу у многолетних трав весьма умеренные. Чтобы обеспечить активную вегетацию оптимальная температура должна составлять +18-22°C. Начало вегетации многолетних трав начинается при установлении среднесуточной температуры в +5°C.

Метеоданные опытного участка за все годы исследований предоставлены метеорологической обсерваторией имени В.А. Михельсона (г. Москва). По наблюдениям специалистов обсерватории, апрель 2023 года показал более высокие значения среднесуточной температуры, чем ожидалось по средним многолетним данным. Период с мая по июль в целом соответствовал среднемноголетним значениям, однако первая декада мая и две последние декады июля были холоднее нормы. Август оказался самым теплым летним месяцем, также и сентябрь продемонстрировал существенный температурный фон, оказавшийся выше нормы. Что касается атмосферных осадков, то можно говорить об их достаточном количестве, но неравномерном распределении. В последней декаде июня, а также во 2 и 3 декадах июля сумма осадков была кратно выше нормы. Однако вторая декада июня, начало и конец августа, а также сентябрь характеризовались практически полным их отсутствием (рисунок 1).

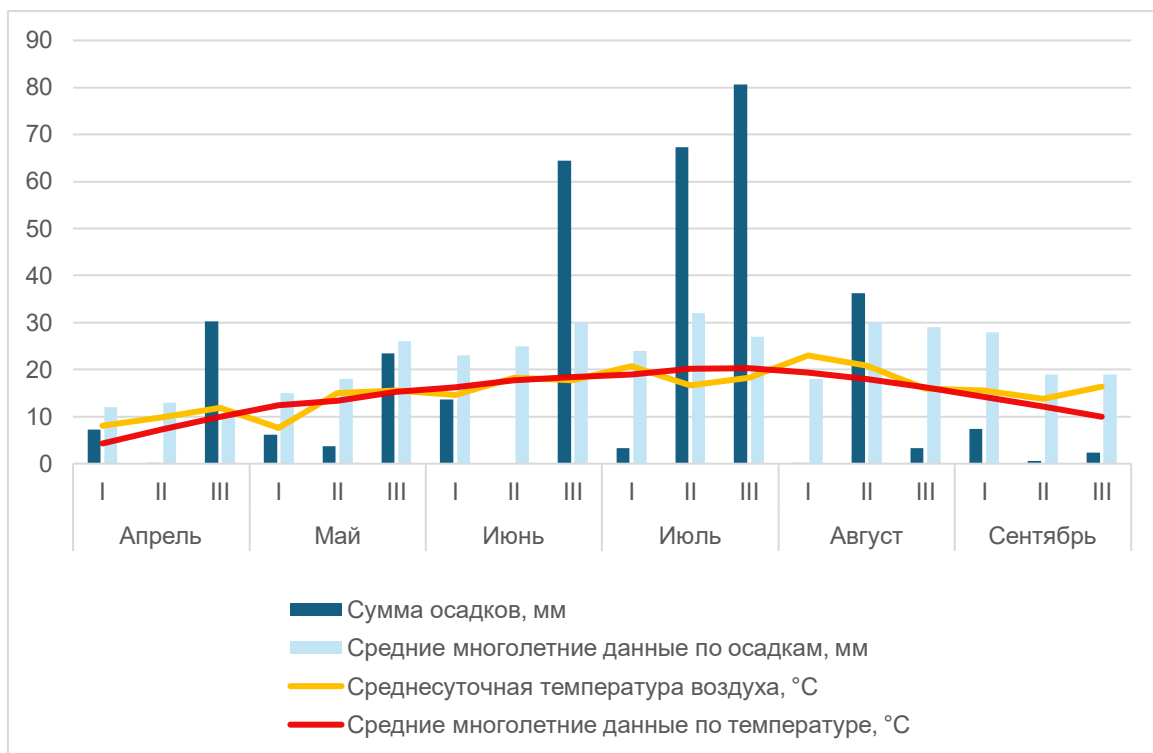


Рисунок 1 – Среднесуточная температура воздуха и количество осадков с апреля по сентябрь 2023 г.

Данный факт оказал негативное влияние на одну из бобовых культур опытных травостоев – клевер ползучий. Известно, что он обладает очень слабой засухоустойчивостью и при установлении засушливого периода на протяжении двух и более недель практически останавливает вегетацию. В противовес клеверу ползучему стоит отметить, что другой бобовый компонент опыта – лядвенец рогатый – гораздо эффективнее переносит временное отсутствие влаги.

Условия вегетационного периода 2024 года характеризовались в первую очередь высоким температурным фоном. Лишь в первой декаде мая среднесуточная температура уступала средним многолетним значениям. Распределение осадков в 2024 году было несколько более равномерным, чем в 2023 году, однако в первых двух декадах июня наблюдался существенный избыток влаги. Так же, как и в 2023 году конец августа и сентябрь характеризовались засушливыми условиями, что негативно сказалось на формировании последнего укоса (рисунок 2).

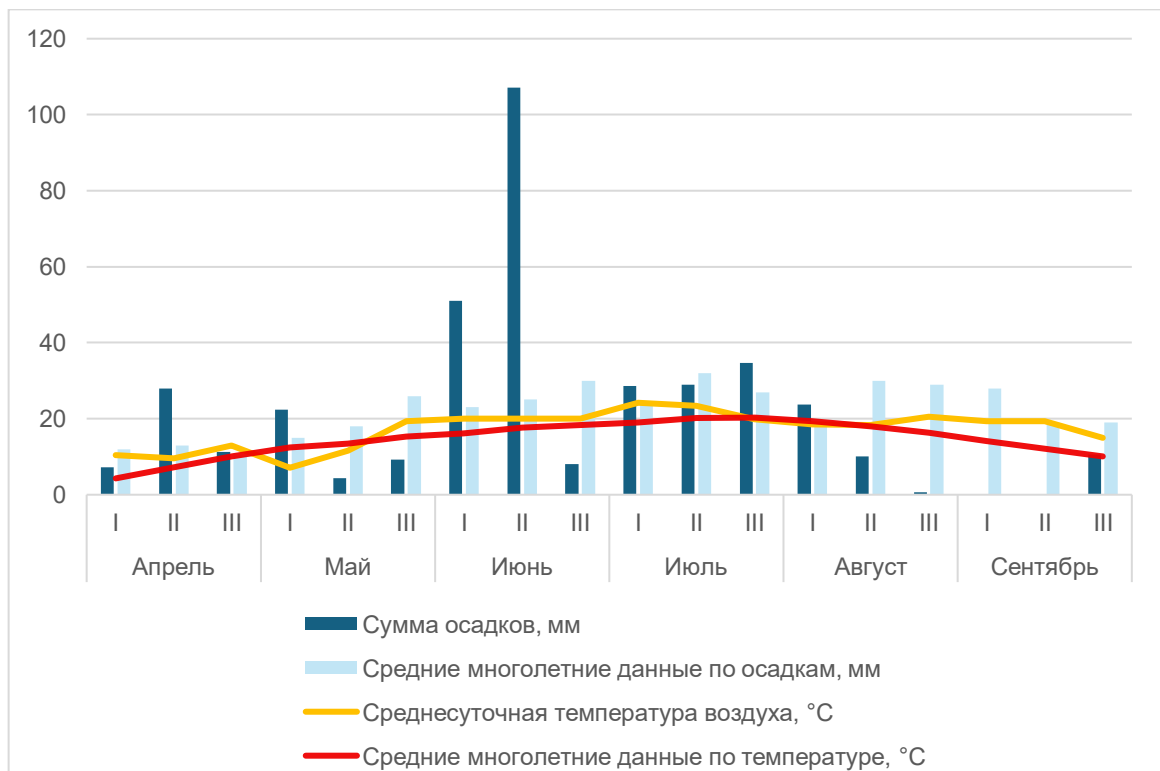


Рисунок 2 – Среднесуточная температура воздуха и количество осадков с апреля по сентябрь 2024 г.

Третий год исследований продемонстрировал самое большое количество периодов, где количество осадков превосходило, причем существенно, средние многолетние значения. Температурный фон был ниже нормы в первой декаде мая и третьей декаде июня. В остальные периоды температура в целом соответствовала норме. Засушливые условия конца вегетационного периода, регулярно наблюдаемые в сентябре-августе на протяжении годов исследования, также проявились, однако сместившись с последней декады августа на первую декаду сентября. Поступления тепла в сентябре в целом соответствовали таковым за летние месяцы (рисунок 3).

Сумма активных температур ($T > 10^{\circ}\text{C}$) по годам исследований (2023, 2024, 2025 гг.) составляла 2536°C , 2812°C , 2756°C соответственно. Гидротермический коэффициент (ГТК) по Г.Т. Селянинову в указанные годы составлял 1,26; 1,25 и 2,1 соответственно. Данные значения свидетельствуют о достаточном, а в 2025 году даже избыточном поступлении влаги.

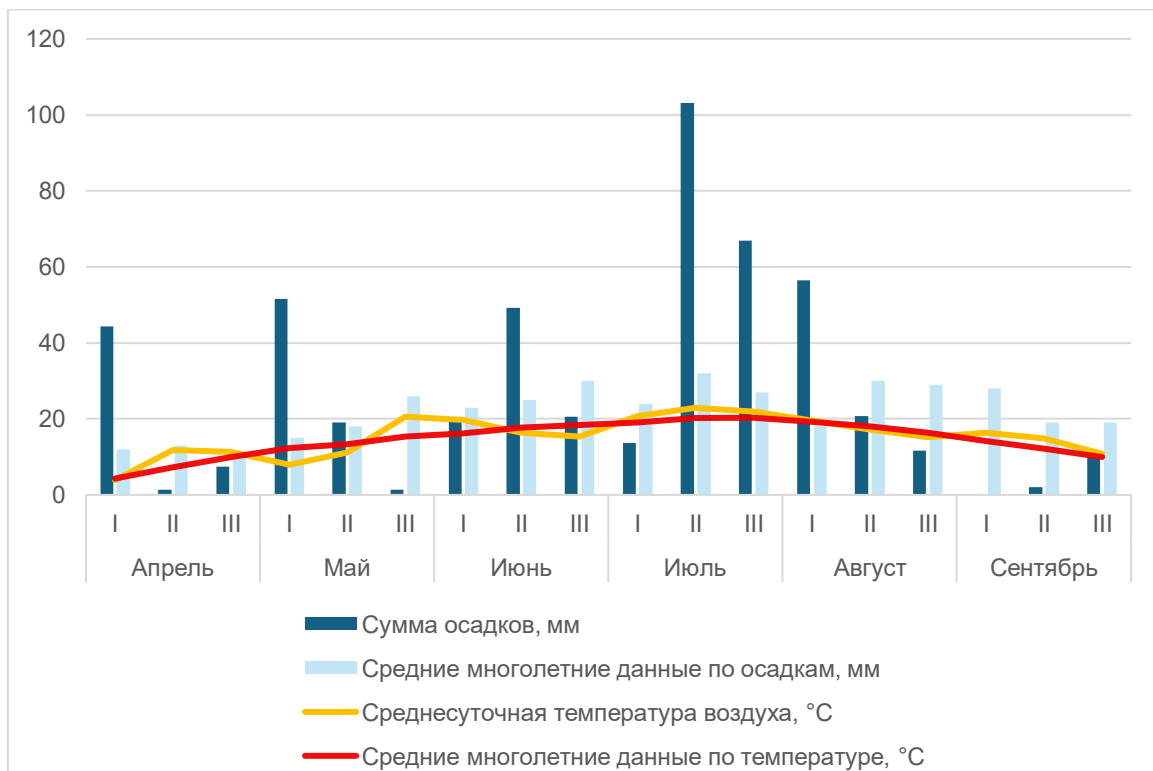


Рисунок 3 – Среднесуточная температура воздуха и количество осадков с апреля по сентябрь 2025 г.

Наблюдение в ходе проведения опыта за метеорологическими характеристиками позволяет достаточно уверенно констатировать факт изменения климата в сторону глобального потепления. Начало весенней вегетации многолетних трав, наступающее при устойчивом переходе среднесуточной температуры через $+5^{\circ}\text{C}$ происходило раньше обычного. В 2023 году – 2 апреля, в 2024 году – 7 апреля, а в 2025 году – 27 марта.

Заключение по главе 2

Анализ данных метеорологических данных за период 2023-2025 гг. продемонстрировал устойчивую тенденцию к потеплению климата и неравномерному распределению большого количества осадков. В целом, обеспеченность теплом не являлась лимитирующим фактором развития урожая многолетних трав, однако периоды дефицита влаги, так же, как и периоды ее избытка, могли оказать существенное влияние на продуктивность травостоев, поскольку известно, что длительное переувлажнение почвы, вызывающее затопление травостоя на 10-15 дней, также снижает урожайность.

Изучение бобово-злаковых травостоев в изменяющихся климатических условиях позволило определить тенденции устойчивости либо восприимчивости тех или иных видов многолетних трав к факторам окружающей среды. Так, например, клевер ползучий наглядно продемонстрировал восприимчивость к недостатку влаги, в то время как лядвенец рогатый проявил большую устойчивость к засухе.

ГЛАВА 3. ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ НА СЛАБОКУЛЬТУРЕННЫХ КИСЛЫХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ

3.1. Анализ ботанического состава многолетних травостоев

Одним из важнейших показателей структуры урожая многолетних трав является ботанический состав. По соотношению видов трав в агрофитоценозе можно оценить продуктивное долголетие и конкурентоспособность растений. Выбор режима скашивания травостоев играет решающую роль во влиянии на устойчивость видов трав в луговой экосистеме. Злаковые травы в составе изучаемых травосмесей весьма устойчивы к многократному скашиванию. Райграсс пастбищный – низовой злак, овсяница луговая – полуверховой. Высокая устойчивость данных видов к активному скашиванию и стравливанию обеспечивается за счет преобладания вегетативных укороченных побегов. Фестулолиум сорта ВИК 90 является гибридом овсяницы луговой и райграсса многоукосного. Его принято считать полуверховым злаком. В первый год жизни травостоев наблюдалось сильное засорение ежовником обыкновенным (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) (рисунок 4). Для борьбы с данным засорителем проводилось подкашивание травостоя на высоте 12-14 см. Однако несмотря на проведение этого мероприятия не удалось полностью избежать обсеменения ежовника. Тем не менее, в последующие годы он отсутствовал в составе травостоев. Злаковые травы, выращиваемые в монокультуре, в вопросе устойчивости во многом зависят от внесения минерального азота. На вариантах без применения азотных удобрений уже на второй год в травостое встроились растения из хозяйственно-ботанической группы разнотравья в количестве 11,7-14,2% (рисунок 5). На вариантах с большим количеством укосов – 4 раза за сезон – наблюдалось увеличение доли разнотравья до 12,4-21,4%, причем в большинстве случаев она возрастала с каждым укосом (приложение А). Применение минерального азота

стимулировало процесс кущения трав, что снижало засоренность травостоев разнотравьем до 8,0-17,5%.

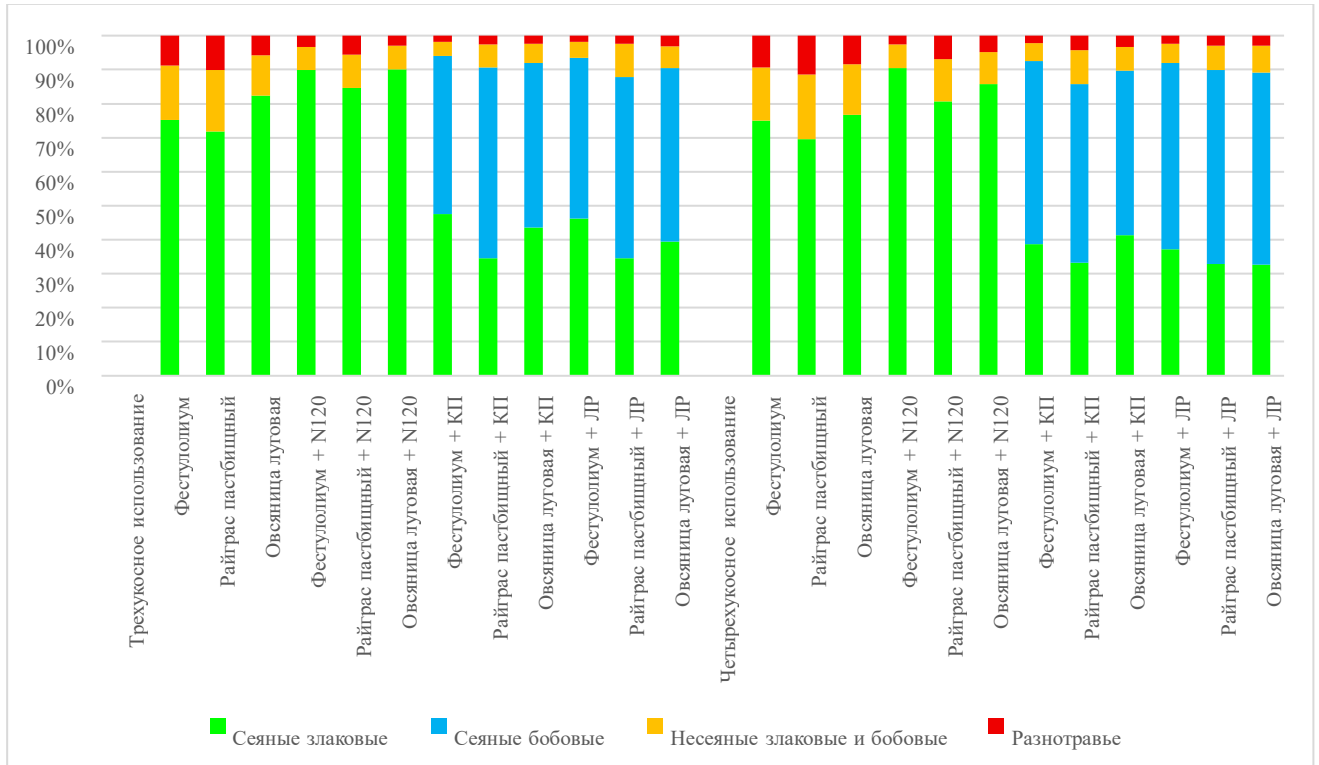


Рисунок 4 – Ботанический состав травостоев в 2023 г., %

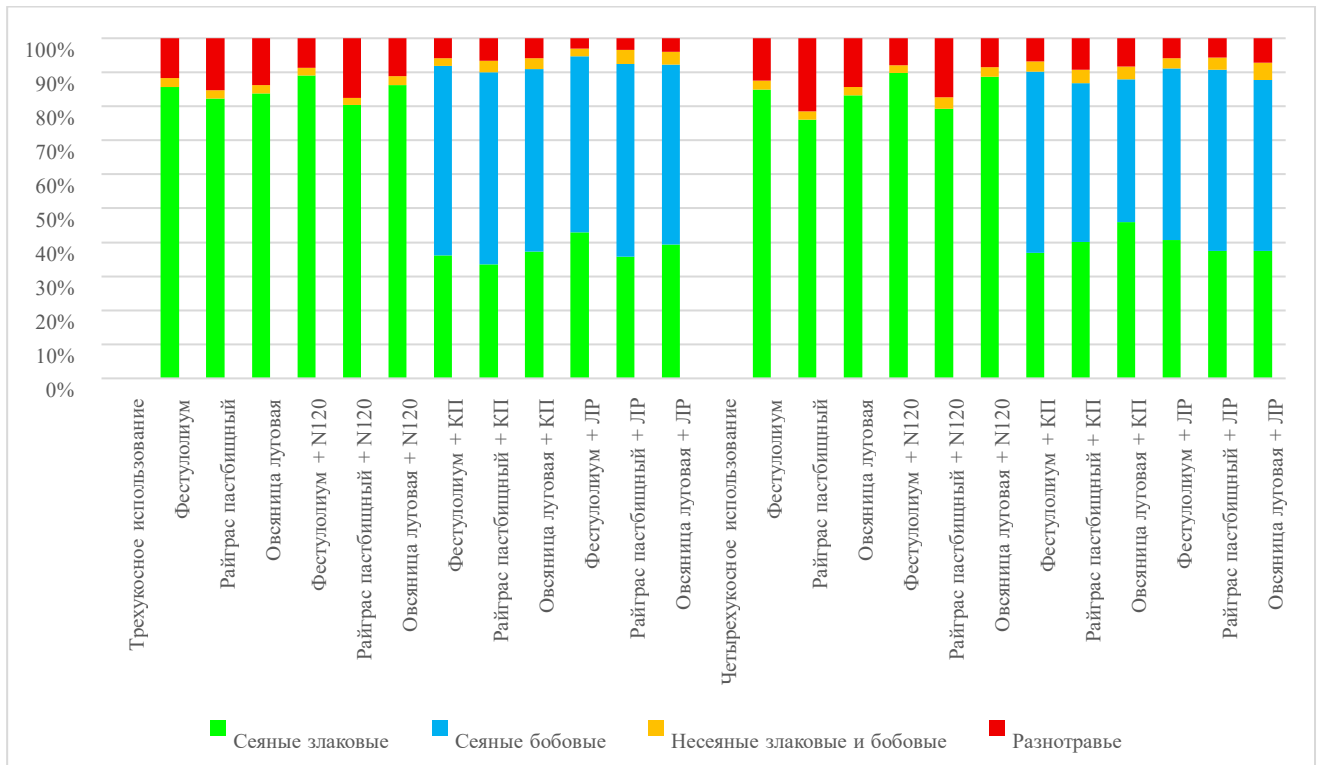


Рисунок 5 – Ботанический состав травостоев в 2024 г., %

Высокая кислотность почвы и низкое содержание в ней калия и молибдена не помешали бобовым травам проявить довольно высокую конкурентоспособность и устойчивость. Они уверенно доминировали в составе бобово-злаковых травостоев. На их долю приходилось от 33,6 до 56,7%. При проведении 4-го укоса в 2024 году отмечалось заметное снижение доли лядвенца рогатого до 38,9%–43,0%. В то же время повысилась доля разнотравья, что, вероятно, связано с засушливыми условиями данного периода и особенностями развития представителей хозяйственно-ботанической группы разнотравья (приложение А). В третьем году жизни наблюдалось увеличение доли разнотравья в монокультуре злаковых трав на вариантах без применения азотных удобрений до 28,7-35,0%. Снижению засоренности травостоев до 10,7-17,8% способствовало внесение азота в дозе N₁₂₀. На вариантах с бобово-злаковыми травостоями разнотравье было представлено в небольшом количестве – от 3,7 до 8,0% (рисунок 6). Среди засорителей наиболее часто обнаруживались щавель малый (*Rumex acetosella* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* (L.) WEBB ex F.H.WIGG.) и подорожник ланцетный (*Plantago lanceolata* L.).

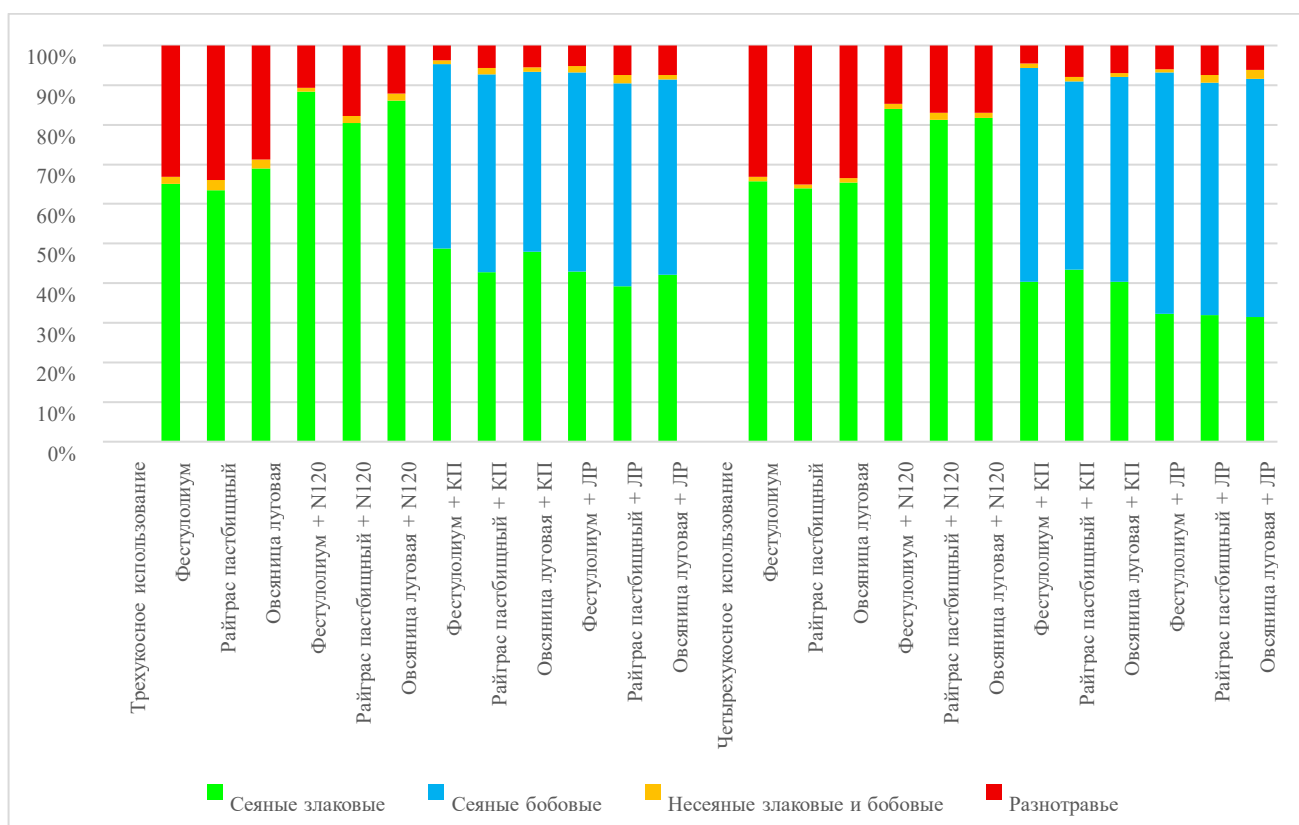


Рисунок 6 – Ботанический состав травостоев в 2025 г., %

Международный опыт пастбищного травосеяния подсказывает, что многие виды разнотравья неплохо поедаются и включаются в состав кормовых травосмесей. Исследования, проведенные в Ирландии, продемонстрировали повышение потребления сухого вещества, уменьшение потерь азота с мочой, а также увеличение молочной продуктивности при включении подорожника ланцетного в травосмесь из клевера ползучего и райграса пастбищного (Minogue S.T. et al., 2025).

При недостаточном количестве атмосферных осадков за вегетационный период 2024 года четырехукосный режим скашивания уступал трехукосному по процентному содержанию бобовых компонентов в ботаническом составе травостоев, причем наиболее заметно на интенсивный режим травопользования реагировал клевер ползучий – его содержание уменьшилось с 53,7-56,3% до 42,0-53,3% с повышением количества укосов с 3-х до 4-х. При более благоприятных условиях влагообеспеченности, которые сформировались в 2025 году трехкратное скашивание травостоев способствовало повышению количества бобовых трав в урожае. По укосам оно варьировалось от 41,3% до 57,9% (приложение Б). Наилучшую отавность продемонстрировал клевер ползучий, но в условиях более кислой реакции почвенного раствора преимущество имел лядвенец рогатый. Его доля в травостоях возросла с 49,2-51,3% до 58,7-61,0% при переходе с трехукосного на четырехукосное использование. Однако с повышением плодородия почвы лучшие условия, наоборот, могут сложиться для клевера ползучего. Как показывают исследования, проведенные в Московской области, доля клевера ползучего на четвертый год жизни в злаково-бобовых травостоях составляла 30-42%, а лядвенца рогатого лишь 17-31% (Лазарев Н.Н. и др., 2016).

При достижении оптимального соотношения в травостоях бобовых и злаковых компонентов обеспечивается благоприятное сахаро-протеиновое соотношение, а также хорошая поедаемость трав животными. Высокое содержание лядвенца рогатого в пастбищных агрофитоценозах не является препятствием для получения высококачественного пастбищного корма ввиду того, что лядвенец не вызывает тимпаний у жвачных животных (Christensen R.G. et al, 2017). Широкое

внедрение клевера ползучего в пастбищные травостой напротив, сопряжено с определенными рисками по возникновению этого состояния у животных из-за высокой концентрации сырого протеина и воды в зеленой массе данного бобового вида (Писковацкая Р.Г., Макаева А.М., 2017).

Доля райграса пастбищного во всех вариантах была меньше, чем фестулолиума и овсяницы луговой.

3.2. Плотность травостоев

Плотность травостоев является показателем, который характеризует не только урожайность, но и потребление корма на пастбище. Для удовлетворения суточной потребности в пастбищном корме дойной корове необходимо сделать около 25 000 щипков, и она быстрее осуществит это на густом травостое при высоте побегов не более 20-25 см.

В 2013-2017 годах в условиях Удмуртской Республики коллектив ученых Удмуртского НИИСХ изучил густоту стеблестоя на агрофитоценозах с такими видами многолетних трав, как клевер луговой, люцерна изменчивая, лядвенец рогатый, козлятник восточный, тимофеевка луговая. В первый год пользования густота травостоя составляла 374-542 шт./м², во второй год показатели были немного выше (348-688 шт./м²), в третий год пользования густота составила 240-594 шт./м² (Касаткина Н.И., Нелюбина Ж.С., 2019).

В условиях первого года пользования опытных травостоев (2023 г.) плотность варьировала в диапазоне от 1232 шт./м² во 2-м укосе четырехукосного использования (рисунок 8) на варианте с райграсом пастбищным без удобрений до 4549 шт./м² в первом укосе трехукосного использования (рисунок 7) на варианте с бинарным травостоем из фестулолиума и клевера ползучего.

В 2024 году на большинстве вариантов опыта наблюдалось повышение плотности травостоя во втором укосе по сравнению с первым.

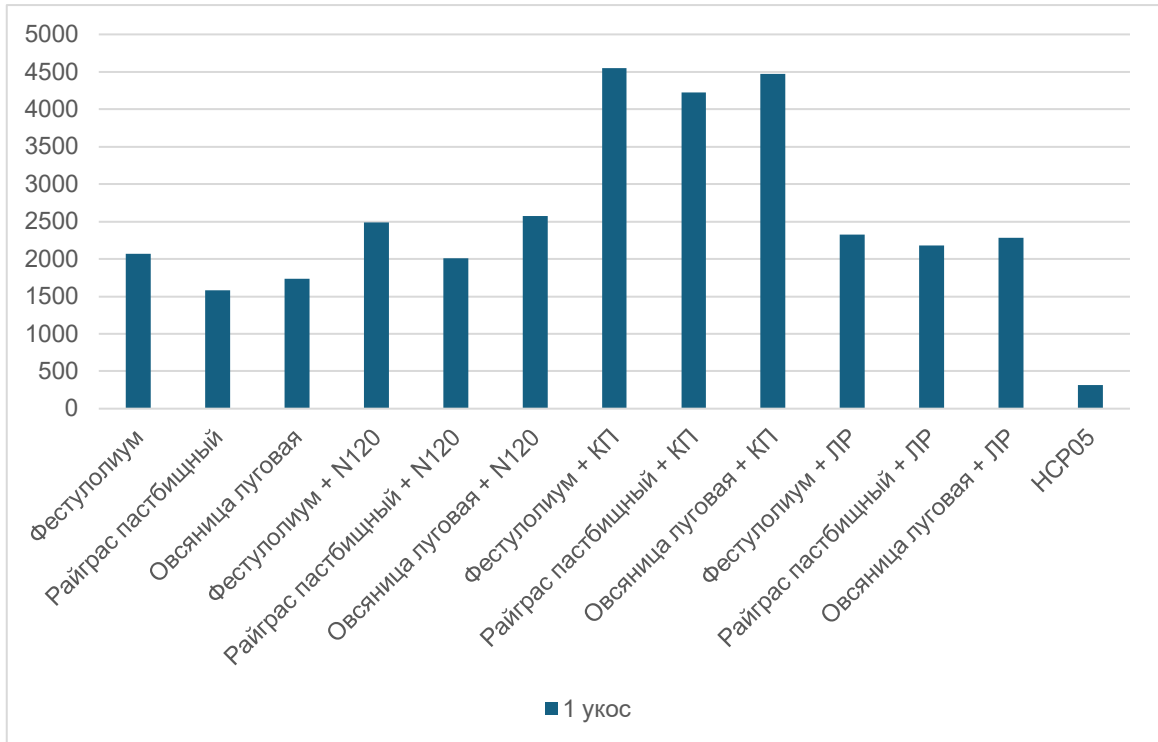


Рисунок 7 – Плотность травостоев в 2023 году при трехукосном использовании, шт. побегов/м²

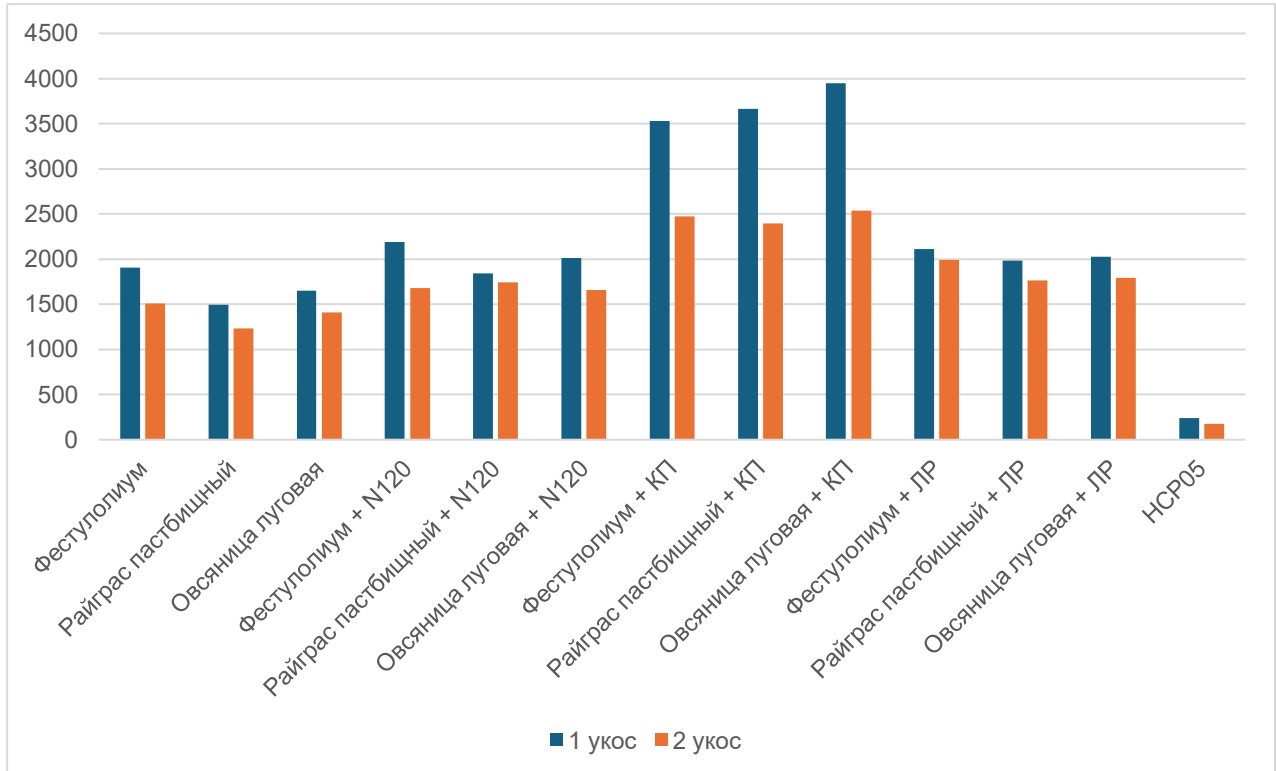


Рисунок 8 – Плотность травостоев в 2023 году при четырехукосном использовании, шт. побегов/м²

Данный факт может быть связан с особенностями распределения осадков в вегетационном периоде этого года, когда во второй декаде июня выпало 107,1 мм – самое большое количество осадков по декадам с апреля по сентябрь 2024 года. Наименьшее значение плотности травостоя в этом году зафиксировано в 1-м укосе трехукосного использования на варианте с райграсом пастбищным без применения минеральных удобрений – 1002 шт./м² (рисунок 9).

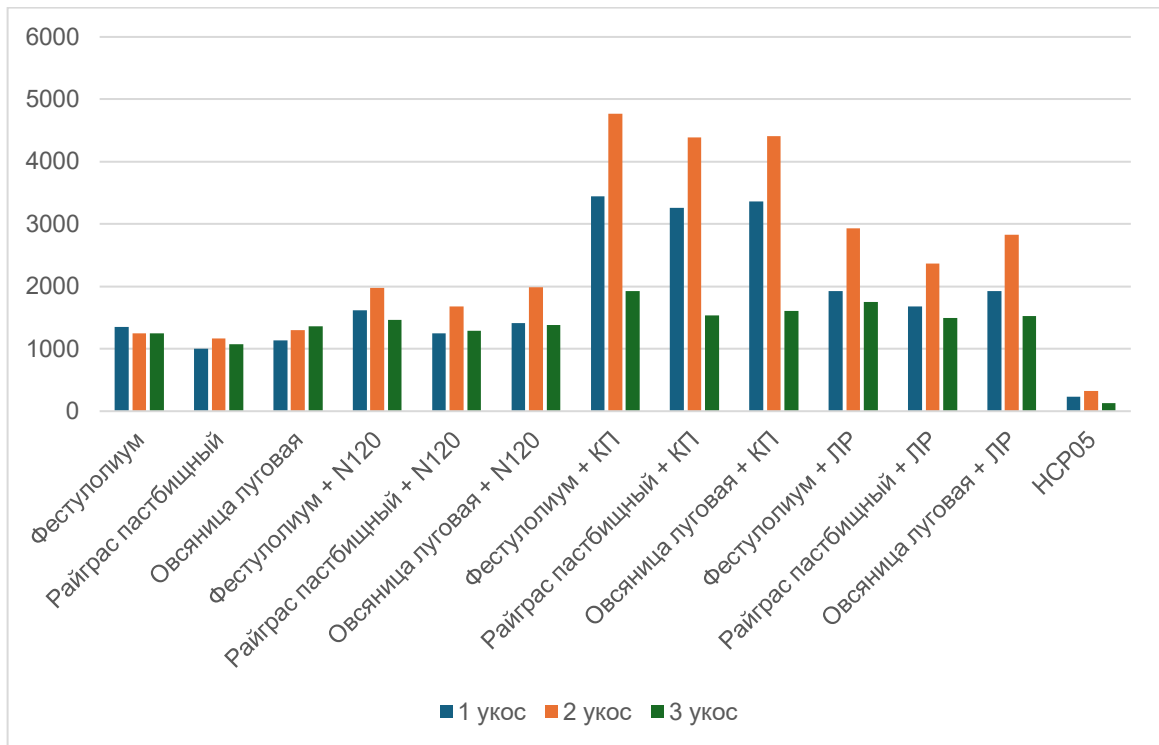


Рисунок 9 – Плотность травостоев в 2024 году при трехукосном использовании, шт. побегов/м²

Наибольшей густотой травостоя отличился вариант с фестулолиумом и клевером ползучим при четырехукосном использовании во втором укосе – 4772 шт./м² (рисунок 10). В 2025 году плотность травостоя изменялась от 893 шт./м² в третьем укосе четырехукосного использования, вариант с монопосевом райграса пастбищного в отсутствие удобрений (рисунок 11) до 2700 шт./м² при четырехукосном использовании, в первом укосе, вариант с фестулолиумом и клевером ползучим (рисунок 12).

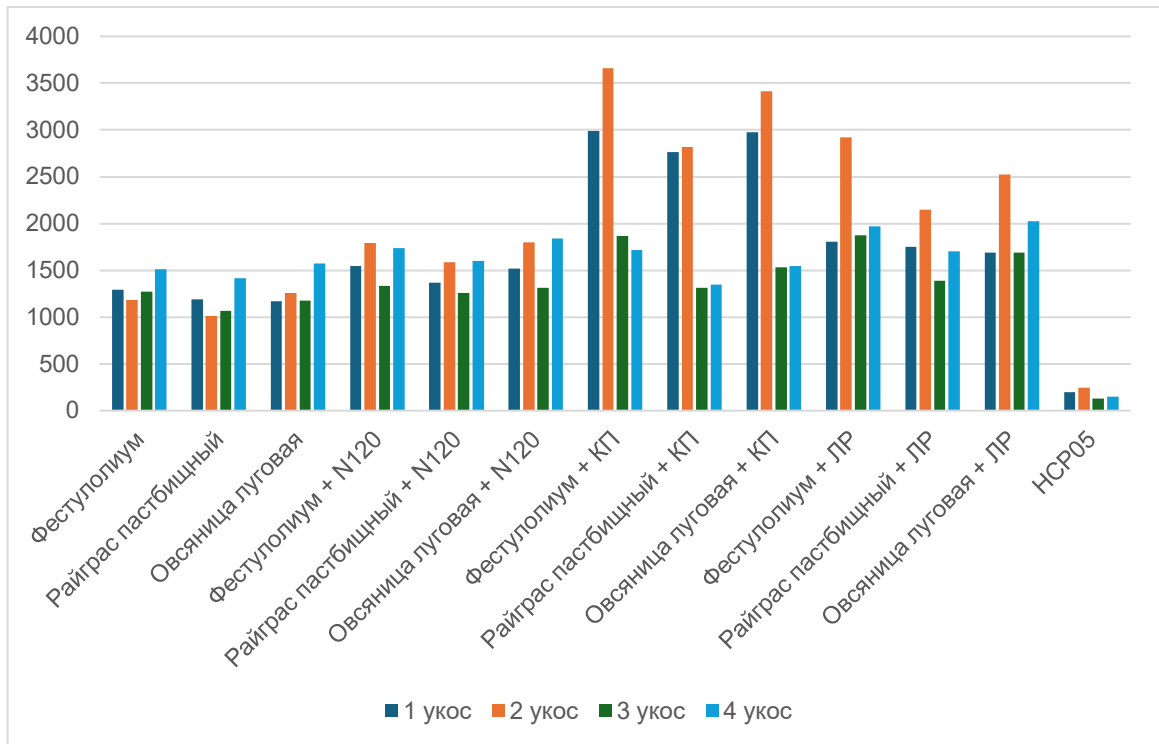


Рисунок 10 – Плотность травостоев в 2024 году при четырехукосном использовании, шт. побегов/м²

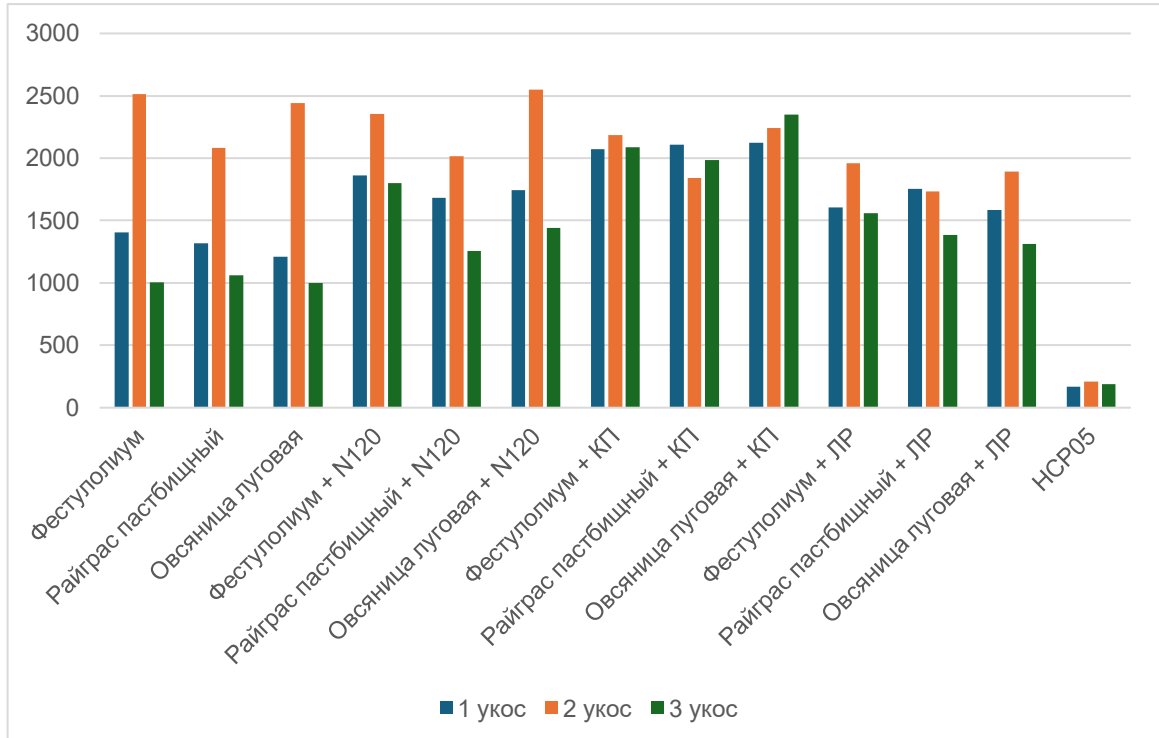


Рисунок 11 – Плотность травостоев в 2025 году при трехукосном использовании, шт. побегов/м²

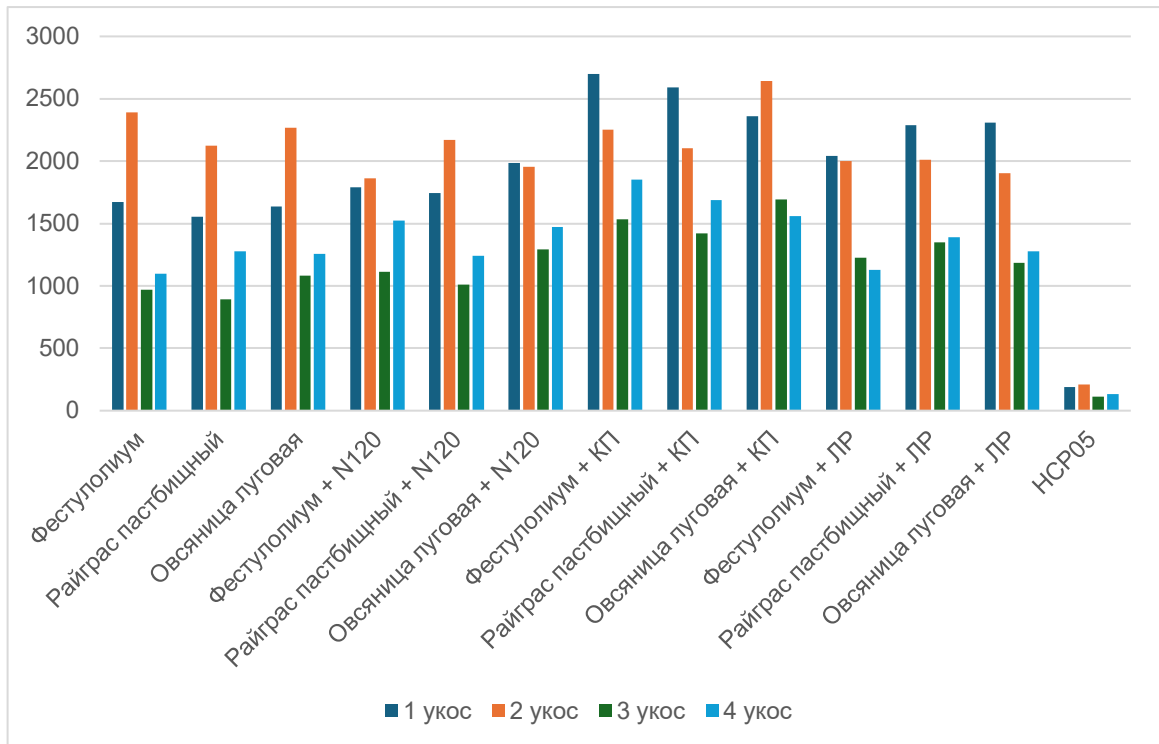


Рисунок 12 – Плотность травостоев в 2025 году при четырехукосном использовании, шт. побегов/м²

Примечательно, что на протяжении всех трех лет исследований наибольшие значения плотности демонстрировал бинарный бобово-злаковый травостой с клевером ползучим и фестулолиумом, а наименьшие – вариант с райграсом пастбищным в монокультуре без внесения удобрений.

Анализируя усредненные данные за каждый из годов исследования, можно утверждать, что при трехкратном скашивании злаковые травы формировали более плотные травостои, насчитывающие в разные годы на вариантах без азотных удобрений от 1080 до 1642 шт./м². Применение азотных удобрений способствовало усилению кущения злаковых трав, в результате чего плотность стеблестоя возрастала до 1404-1913 шт./м². Овсяница луговая и фестулолиум превосходили райграс пастбищный по интенсивности образования побегов. Вероятно, это связано с менее выраженной устойчивостью последнего к неблагоприятным факторам окружающей среды. Например, овсяница луговая широко распространена на природных фитоценозах Центрального района Нечерноземной зоны, в то время как

райграс пастбищный встречается довольно редко, только на отдельных местообитаниях.

Самые высокие показатели густоты фиксировались на двукомпонентных травостоях, включающих клевер ползучий и один из злаковых видов. В среднем за три года на этих вариантах плотность изменялась от 1952 до 2880 побегов на 1 м². Столь высокие показатели связаны с тем, что при учетах клевера ползучего учитывались листья и цветоносы. Между злаками на фоне азотных удобрений и клеверо-злаковыми травостоями по плотности расположились травосмеси с лядвенцем рогатым. Показатели густоты для них изменялись в пределах от 1597 до 2206 шт./м².

3.3. Высота трав

Высота трав является важным показателем структуры урожая долголетних травостоев. Учеными из ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» установлено, что высота трав косвенно сказывается на их урожайности. Обнаружена прямая корреляция между этими характеристиками ($r = 0,78$) (Смурыгин М.А. и др., 1985). Также высота отдельных компонентов травостоя может характеризовать конкурентные взаимоотношения видов в нем.

В 2017-2020 гг. на опытном поле ФНЦ зернобобовых и крупяных культур проводился полевой опыт с многолетними травами. Изучались различные виды многолетних трав, в ходе исследований измеряли, помимо прочего, их высоту. Значения изменялись в следующих пределах: овсяница луговая (62-112 см); лядвенец рогатый (37-56 см); клевер ползучий (19-38 см) и др. Представленные данные в целом соотносятся с показателями высоты, полученными в ходе нашего опыта, однако в условиях ФНЦ зернобобовых и крупяных культур овсяница луговая продемонстрировала более высокие значения высоты, что может быть обусловлено расположением опытного участка в Центрально-Чернозёмном регионе, где выше содержание элементов питания и лучше гранулометрический состав почв.

В условиях 2023 года высота многолетних трав по режимам скашивания практически не различалась. Злаковые травы выросли до 28-76 см, а бобовые до 25-39 см. Примечательно, что во втором укосе четырехукосного использования удалось получить значения высоты, сопоставимые с таковыми в первых укосах обоих режимов травопользования (таблица 1).

Таблица 1 – Высота трав в 2023 году, см

Вариант	Укос	Трехукосное		Четырехукосное	
		Бобовые	Злаковые	Бобовые	Злаковые
1. Фестулолиум	1	-	34	-	35
	2	-	-	-	32
2. Райграс пастбищный	1	-	66	-	72
	2	-	-	-	67
3. Овсяница луговая	1	-	32	-	30
	2	-	-	-	28
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	-	34	-	36
	2	-	-	-	33
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	-	70	-	73
	2	-	-	-	68
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	-	28	-	33
	2	-	-	-	30
7. Фестулолиум + клевер ползучий	1	35	60	35	55
	2	-	-	32	51
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	1	33	67	35	76
	2	-	-	33	70
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	1	37	62	36	59
	2	-	-	33	55
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1	38	51	38	49
	2	-	-	35	45
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1	25	64	36	76
	2	-	-	34	69
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1	37	40	39	57
	2	-	-	36	53
НСР ₀₅	1	3,9	6,1	3,7	6,4
	2	-	-	3,4	5,9

В 2024 году началось активное скашивание травостоя при достижении фазы бутонизации у бобовых и колошения (выметывания) у злаков. Наибольшая высота

бобового компонента зафиксирована на варианте с лядвенцем рогатым и фестулолиумом – 44 см, в первом укосе четырехукосного использования. Самый низкий бобовый компонент зафиксирован на четвертом укосе 8 варианта, с участием клевера ползучего – 11 см. Высота злаковых изменялась от 15 см на райграсе пастбищном без использования азота в четвертом укосе до 68 см во втором укосе трехукосного использования на варианте с лядвенцем рогатым и райграсом пастбищным (таблица 2).

Таблица 2 – Высота трав в 2024 году, см

Вариант	Укос	Трехукосное		Четырехукосное	
		Бобовые	Злаковые	Бобовые	Злаковые
1. Фестулолиум	1	-	42	-	45
	2	-	62	-	55
	3	-	25	-	26
	4	-	-	-	22
2. Райграс пастбищный	1	-	38	-	43
	2	-	54	-	53
	3	-	47	-	42
	4	-	-	-	15
3. Овсяница луговая	1	-	22	-	22
	2	-	46	-	50
	3	-	23	-	28
	4	-	-	-	19
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	-	43	-	47
	2	-	60	-	53
	3	-	33	-	33
	4	-	-	-	21
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	-	41	-	36
	2	-	52	-	55
	3	-	49	-	48
	4	-	-	-	20
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	-	28	-	32
	2	-	46	-	48
	3	-	25	-	23
	4	-	-	-	20
7. Фестулолиум + клевер ползучий	1	19	40	27	42
	2	34	67	32	64
	3	24	42	22	40
	4	-	-	12	21
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	1	23	29	19	31
	2	41	42	37	67
	3	25	35	24	37
	4	-	-	11	22

Продолжение таблицы 2

9. Овсяница луговая + клевер ползучий	1	23	33	26	38
	2	35	48	36	45
	3	22	32	21	35
	4	-	-	13	21
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1	37	49	44	54
	2	39	65	39	62
	3	30	33	32	41
	4	-	-	12	21
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1	28	41	28	37
	2	39	68	33	61
	3	30	43	32	51
	4	-	-	12	21
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1	34	50	34	37
	2	43	54	39	53
	3	31	31	29	30
	4	-	-	12	21
НСР ₀₅	1	3,4	3,0	4,2	2,8
	2	3,4	4,4	3,8	5,5
	3	2,3	3,8	2,6	3,7
	4	-	-	1,1	1,9

В 2025 году наименьшая высота бобового компонента была зафиксирована на варианте с фестулолиумом и клевером ползучим в первом укосе четырехукосного использования – 11 см. Самым высоким среди бобовых трав оказался лядвенец рогатый в сочетании с фестулолиумом – 42 см, во втором укосе трехукосного использования (таблица 3).

Таблица 3 – Высота трав в 2025 году, см

Вариант	Укос	Трехукосное		Четырехукосное	
		Бобовые	Злаковые	Бобовые	Злаковые
1. Фестулолиум	1	-	38	-	29
	2	-	55	-	69
	3	-	50	-	48
	4	-	-	-	41
2. Райграс пастбищный	1	-	46	-	28
	2	-	74	-	63
	3	-	50	-	48
	4	-	-	-	42
3. Овсяница луговая	1	-	40	-	34
	2	-	67	-	60
	3	-	56	-	36
	4	-	-	-	33

Продолжение таблицы 3

4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	-	49	-	30
	2	-	58	-	73
	3	-	52	-	42
	4	-	-	-	38
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	-	47	-	30
	2	-	73	-	61
	3	-	58	-	41
	4	-	-	-	36
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	-	19	-	36
	2	-	73	-	61
	3	-	39	-	34
	4	-	-	-	28
7. Фестулолиум + клевер ползучий	1	21	46	11	28
	2	26	75	24	71
	3	24	57	22	48
	4	-	-	20	42
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	1	22	51	14	27
	2	25	77	27	71
	3	20	55	24	43
	4	-	-	23	39
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	1	23	47	13	40
	2	26	70	23	61
	3	24	44	22	45
	4	-	-	20	32
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1	37	57	18	39
	2	42	68	36	62
	3	39	54	26	54
	4	-	-	21	43
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1	38	44	19	31
	2	39	71	35	70
	3	34	62	26	65
	4	-	-	22	44
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1	35	60	18	31
	2	40	74	35	84
	3	34	58	25	39
	4	-	-	19	30
НСР 05	1	3,3	3,7	1,8	2,6
	2	3,4	6,9	3,0	5,7
	3	3,7	4,7	2,0	3,6
	4	-	-	2,0	3,2

В целом за три года отмечаются следующие закономерности: злаковые травы с внесением азота (от 19 до 73 см) до оказались выше, чем без применения удобрений (от 15 до 72 см); наибольших показателей высоты достиг злаковый

компонент в бинарных травостоях с лядвенцем рогатым (до 84 см во втором укосе четырехукосного использования), что может свидетельствовать о значительных показателях азотфиксации у данной бобовой культуры.

Также стоит отметить, что в подавляющем большинстве случаев второй укос становился самым продуктивным по высоте трав, с последующими укосами высота обычно снижалась. Превосходство второго укоса связано с ранними сроками проведения первого укоса, обусловленными сложившимися климатическими условиями и достижением травостоем необходимых фаз вегетации.

3.4. Урожайность долголетних травостоев

Многолетние травы в первый год жизни развиваются медленно и, как следствие, дают низкие урожаи. В 2023 году на вариантах с трехкратным использованием получен только один укос, а на четырехукосном использовании – два укоса. Урожайность сухого вещества составила 1,09-1,75 т/га и 1,17-2,13 т/га соответственно (таблица 4; приложение В). Смешанные злаково-бобовые травостои продемонстрировали преимущество в продуктивности над одновидовыми злаковыми травостоями на 11,6-18,9%. Прибавка обусловлена более быстрыми темпами развития бобовых трав по сравнению со злаковыми. Максимальной урожайности большинство бобовых и злаковых трав достигают ко 2-3 году жизни, кроме корневищных видов, у которых пик продуктивности приходится на 3-4 годы жизни. На второй год вегетации урожайность сухого вещества на вариантах со злаками без удобрений возросла до 2,26-2,94 т/га. Применение азотных удобрений в дозе N_{120} повысило урожайность в среднем в 2,1 раза до 5,04-5,74 т/га сухой массы, однако злаковые травостои все же уступили бобово-злаковым, не получавшим азота, на 12,3% по урожайности. Наиболее продуктивным злаковым компонентом оказался фестулолиум – как в монокультуре, так и в составе травосмесей. Лядвенце-фестулолиумовая травосмесь выделялась на фоне остальных, обеспечив существенную прибавку урожая и выйдя на показатели

7,46 т/га сухого вещества для трехукосного использования и 6,43 т/га – для четырехукосного (приложение Г).

Таблица 4 – Урожайность злаковых и бобово-злаковых травостоев, т/га сухого вещества

№	Виды трав и травосмеси	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Среднее
1	Фестулолиум	*1,25/1,31	2,93/2,55	3,59/3,56	2,59/2,47
2	Райграс пастбищный	1,09/1,17	2,54/2,34	3,44/3,12	2,36/2,21
3	Овсяница луговая	1,09/1,53	2,45/2,26	3,35/3,53	2,30/2,44
4	Фестулолиум + N ₁₂₀	1,31/1,75	5,74/5,62	7,01/6,91	4,69/4,76
5	Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1,21/1,68	5,26/5,19	7,03/6,94	4,50/4,60
6	Овсяница луговая + N ₁₂₀	1,45/2,00	5,04/5,29	7,33/7,10	4,61/4,80
7	Фестулолиум + клевер ползучий	1,75/2,12	6,50/5,50	7,43/6,88	5,22/4,83
8	Райграс пастбищный + клевер ползучий	1,60/1,98	5,47/5,08	7,25/6,91	4,77/4,66
9	Овсяница луговая + клевер ползучий	1,66/2,05	5,56/5,39	7,80/6,67	5,01/4,70
10	Фестулолиум + лядвенец рогатый	1,52/1,88	7,46/6,43	8,00/7,50	5,66/5,27
11	Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1,35/1,93	6,40/5,69	8,18/7,67	5,31/5,10
12	Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1,55/2,13	6,73/6,02	8,49/8,13	5,59/5,43
НСР ₀₅ частных различий		0,20	0,34	0,32	0,17
НСР ₀₅ режимов скашивания		0,14	0,24	0,22	0,12
НСР ₀₅ травостоев		0,06	0,10	0,09	0,05

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Принимая во внимание, что опыт проводился на дерново-подзолистой почве в условиях кислой реакции среды (рН_{КС1} 4,35), такой высокий уровень урожайности объясняется не отсутствием токсичности ионов алюминия, а его связыванием в нерастворимые фосфаты благодаря высокой обеспеченности почвы опытного участка подвижным фосфором (320 мг/кг) (Кидин В.В., 2012).

На третий год проведения наблюдений сложились благоприятные условия по количеству атмосферных осадков, что обеспечило прирост урожайности у всех изучаемых трав и травосмесей. Как и в 2024-м году, самые высокие показатели урожайности отмечены у лядвенце-злаковых травосмесей – 7,50-8,49 т/га. При этом

преимущество перешло к травосмеси, где злаковым компонентом выступила овсяница луговая – аборигенный вид для лугов Нечерноземной зоны. Более высокий урожай по-прежнему удавался при трехукосном использовании, однако разница между режимами сократилась до 7,7% (приложение Г).

При увеличении кратности скашивания потребность трав в продуктивной влаге возрастает. Это обусловлено двумя факторами: во-первых, растет испарение влаги с поверхности почвы; во-вторых, скошенные растения резко снижают объемы потребляемой влаги. В связи с этим повышение количества укосов сопровождается повышенным расходом воды, что делает особенно важным равномерное распределение атмосферных осадков или организацию орошения в течение всего вегетационного периода.

Усредненные данные за три года показали, что увеличение кратности скашивания травостоев с трех до четырех укосов привело к снижению сбора корма на 10,4%. Урожайность люцерно-злаковых травостоев оказалась выше клеверо-злаковых на 10,9%, одновидовых злаковых травостоев с внесением минерального азота – на 15,7%, удобряемых злаковых трав – в 2,2 раза (приложения Д, Е).

При организации зеленого конвейера и пастбищного содержания животных одним из важнейших условий является равномерное поступление зеленой массы на протяжении вегетации. Весной травы растут наиболее интенсивно, поэтому первый укос, как правило, оказывается самым урожайным. В условиях полевого опыта наименее равномерным распределением урожая по укосам характеризовались одновидовые посевы злаковых трав. Так, на вариантах без внесения азотных удобрений на первый укос приходилось 48-52%, а на третий лишь 12-14% (таблица 5). Внесение минерального азота позволило повысить долю третьего укоса до 15-27%. Возделывание бобово-злаковых агрофитоценозов обеспечивало наиболее сбалансированное поступление корма по укосам, где урожаи первого и второго укосов были примерно равны и находились в пределах 30-45%.

В режиме четырехкратного использования травостоев распределение кормовой массы по первым трем укосам было относительно равномерным. Наименьшая урожайность наблюдалась в четвертом укосе и составляла от 5 до 21%.

Таблица 5 – Распределение урожая по укосам в 2023, 2024 и 2025 гг., %

№	Виды трав и травосмеси	1-й укос	2-й укос	3-й укос	4-й укос
Трехкратное использование					
1	Фестулолиум	*100/50/52	36/37	14/11	-/-
2	Райграс пастбищный	100/48/51	39/35	13/14	-/-
3	Овсяница луговая	100/51/51	37/37	12/12	-/-
4	Фестулолиум + N ₁₂₀	100/44/43	38/34	18/23	-/-
5	Райграс пастбищный + N ₁₂₀	100/47/42	38/31	15/27	-/-
6	Овсяница луговая + N ₁₂₀	100/41/42	38/32	21/26	-/-
7	Фестулолиум + клевер ползучий	100/38/42	42/35	20/23	-/-
8	Райграс пастбищный + клевер ползучий	100/38/45	42/32	20/23	-/-
9	Овсяница луговая + клевер ползучий	100/42/45	38/30	20/25	-/-
10	Фестулолиум + лядвенец рогатый	100/38/42	37/30	25/28	-/-
11	Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	100/41/40	38/32	21/28	-/-
12	Овсяница луговая + лядвенец рогатый	100/36/40	38/33	26/27	-/-
Четырехкратное использование					
1	Фестулолиум	59/32/38	41/38/30	24/22	6/10
2	Райграс пастбищный	66/30/36	34/40/30	25/22	5/12
3	Овсяница луговая	59/30/35	41/38/29	24/23	8/13
4	Фестулолиум + N ₁₂₀	47/35/28	53/30/32	26/22	9/18
5	Райграс пастбищный + N ₁₂₀	43/36/26	57/30/28	25/25	9/21
6	Овсяница луговая + N ₁₂₀	44/28/27	56/31/26	28/27	11/20
7	Фестулолиум + клевер ползучий	58/36/32	42/31/30	28/22	5/16
8	Райграс пастбищный + клевер ползучий	58/33/28	42/33/31	29/26	5/15
9	Овсяница луговая + клевер ползучий	60/30/27	40/39/30	26/25	5/18
10	Фестулолиум + лядвенец рогатый	61/36/28	39/31/30	27/25	6/17
11	Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	55/36/27	45/33/28	25/27	6/18
12	Овсяница луговая + лядвенец рогатый	57/36/28	43/33/30	26/26	5/16

*Примечание – первая цифра соответствует 2023 году, вторая – 2024, третья – 2025 г.

Наиболее сбалансированное поступление зеленой массы достигалось в условиях 2025 года, когда осадки выпадали равномерно, а температурный режим был близок к среднегодовым значениям. В 2024 году, напротив, в августе отмечался дефицит осадков, в это время в основном и формировался четвертый укос, его вклад в валовой годовой урожай не превышал 5-11% (приложение Ж).

Заключение по главе 3

В последние годы отчетливо прослеживается ухудшение условий увлажнения в конце вегетационных периодов. Так например, в августе 2022, 2023 и 2024 гг. количество осадков составляло соответственно 4, 40 и 45% от нормы, при этом среднесуточная температура воздуха превышала норму на 4,2°C, 2,0 и 1,2°C. Неблагоприятными водным и тепловым режимами характеризовались и сентябрьские условия 2023-2025 гг.: за месяц выпало от 10,4 до 12,1 мм осадков при норме 66 мм, а температура воздуха колебалась в пределах 14-17,9°C при норме 12,1°C. Такие погодные условия ограничивали вегетацию трав и негативно сказывались на их подготовке к зимнему периоду. Вместе с тем в эти же годы температура воздуха в апреле превышала норму на 1,8-3,8°C, что способствовало более раннему началу весенней вегетации многолетних трав. Это позволяло проводить первый укос уже во второй декаде мая и гарантированно получать три-четыре укоса за сезон в более ранние сроки, тем самым снижая до минимума отрицательное влияние дефицита влаги на формирование урожая в конце вегетационного периода.

Согласно наблюдениям, актуальные климатические изменения носят уже вполне реальный характер. Они способны отрицательно повлиять на перезимовку многолетних трав, особенно в периоды, когда зимой отсутствует устойчивый снежный покров. В сложившихся условиях существует необходимость внедрения в северные регионы страны альтернативных видов кормовых растений. К числу таких многолетних трав, наряду с лядвенцем рогатым и фестулолиумом, относятся люцерна желтая и синяя, а также эспарцет песчаный и виколистный. В связи с этим агроэкологическая оценка перечисленных видов в условиях меняющегося климата представляет собой актуальную задачу современного научного луговодства (Тяжкороб А.Р. и др., 2026).

ГЛАВА 4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ С ЛЯДВЕНЦЕМ РОГАТЫМ И КЛЕВЕРОМ ПОЛЗУЧИМ

4.1. Анализ основных показателей химического состава травостоев

С недавнего времени, говоря о кормах для жвачных животных многие исследователи стали отдельно выделять понятие «пастбищный корм». Это основной корм на лугах и пастбищах, которым кормится поголовье непосредственно в поле на протяжении вегетационного периода (Wróbel B. et al., 2023; Wróbel B. et al., 2025). Обилие макро- и микронутриентов делает его жизненно важным источником питательных веществ для жвачных животных. Это обуславливает важность борьбы за качество корма, которое в существенной степени зависит от ботанического состава, климатических факторов, обеспеченности почвы элементами питания и наличия влаги (Прудников А.Д. и др., 2014; Caradus J.R. et al., 2023; Nguyen T.T. et al., 2022; Tahir M. et al., 2022; Wróbel B. et al., 2025). Зеленая масса первых стравливаниях содержит больше белка и легкоусвояемой клетчатки, что оптимизирует использование питательных веществ. Выпас в оптимальные фазы вегетации еще больше улучшает качество корма (Fynn R.W.S. et al., 2017; Pittarello M. et al., 2019; Wims C.M. et al., 2010; Wróbel B. et al., 2025). В целом весной травы более питательны, летом, особенно при достижении фазы цветения резко возрастает содержание клетчатки, что снижает усвояемость кормов организмом. Другим важным кормом считается сено – высушенная до влажности не более 15% зеленая масса скошенных трав. Консервирующим фактором является физиологическая сухость (Barnes R.F. et al., 1995; Scarbrough D.A. et al., 2005; Wróbel B. et al., 2025). Сено из молодых трав содержит больше белка и меньше клетчатки, что повышает его усвояемость. Если в процессе сушки прошел дождь – это снижает кормовую ценность и создает риск появления плесени. О высоком качестве сена говорят его зеленоватый цвет, соответствующий запах и

вкус. Способы хранения и его продолжительность также влияют на питательную ценность сена (Li Y. et al., 2024; Si Q. et al., 2024; Wróbel B. et al., 2025).

Качество корма определяется как способность животных эффективно его потреблять и преобразовывать питательные вещества в продукцию животноводства, такую как молоко, мясо и шерсть. Ключевыми характеристиками качества корма являются питательная ценность, вкусовые качества и усвояемость. Важно учитывать эти характеристики при составлении сбалансированных рационов. Для оценки качества кормов проводят химические анализы и затем интерпретируют полученные результаты. В Европе приняты и наиболее широко используются такие системы оценки качества кормов, как NorFor, NRC, INRA (Baumont R. et al., 2019; Nutrient requirements of dairy cattle: eight revised edition, 2021; Volden H., 2023; Wróbel B. et al., 2025). В этих системах ключевыми параметрами качества корма являются содержание сухого вещества, сырого протеина, нейтрально-детергентной клетчатки (НДК), кислотно-детергентной клетчатки (КДК) и золы.

Важно понимать, что показатель «сырой протеин», часто определяемый посредством метода Кьельдаля, содержит в себе все азотсодержащие соединения, включая небелковый азот, такой как нитраты и мочевины. Переваримый же белок составляет примерно 70-72% от сырого протеина (Wróbel B. et al., 2025).

Чтобы удовлетворить потребность дойных коров в протеине, поедаемые ими пастбищные травы согласно ГОСТ Р 57482-2017 «Корм пастбищный» должны содержать как минимум 13% этого элемента питания от массы сухого вещества. Результаты химического анализа пастбищных кормов показывают низкое содержание протеина в одновидовых злаковых травостоях – от 9,17 до 11,69% (таблица 6). Внесение минеральных азотных удобрений приводило к увеличению концентрации сырого протеина до 13,32-16,13%. Бобово-злаковые травостои с бобовыми компонентами в виде клевера ползучего и люцерны рогатого накапливали незначительно больше протеина, чем злаки, удобряемые азотом – 13,16-16,91%. Причем режимы скашивания не оказывали существенного влияния на содержание протеина в корме. Лучшим видом по накоплению протеина является

клевер ползучий, т.к. его урожай почти целиком представлен листьями и цветоносами, а стебли, стелющиеся по поверхности почвы, не могут скашиваться кормозаготовительными агрегатами либо поедаться животными. Поэтому стебли клевера ползучего никогда не являются компонентом урожая. По укосам наименьшее значение концентрации сырого протеина зафиксировано в 2025 году во втором укосе четырехукосного использования на одновидовом посеве фестулолиума – 8,55%. Самое большое содержание данного компонента корма отмечено на бинарном травостое с участием овсяницы луговой и клевера ползучего в 2024 году в первом укосе при четырехкратном скашивании – 17,86%. В целом первый укос почти всегда является самым продуктивным по содержанию сырого протеина (приложение 3). Полученные показатели в среднем превосходят содержание протеина в урожае сена на опыте Е.В. Богатыревой и П.А. Фоменко, где цифры находились в диапазоне 7,58% до 12,65% в зависимости от видового состава травостоев (Богатырева Е.В., Фоменко П.А., 2023).

Таблица 6 - Содержание сырого протеина в зеленой массе многолетних трав, в % от сухого вещества

Виды трав и травосмеси	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	*10,48/11,69	10,79/11,27	9,79/9,17
2. Райграс пастбищный	9,83/10,05	10,43/10,88	9,81/9,22
3. Овсяница луговая	10,10/10,03	10,99/10,93	10,90/10,35
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	14,60/15,45	14,32/15,24	15,15/14,96
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	13,32/14,68	14,54/16,13	14,35/13,90
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	15,46/15,58	14,39/15,99	14,60/14,55
7. Фестулолиум + клевер ползучий	14,81/15,91	15,67/15,62	14,15/14,87
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	13,90/14,21	15,64/15,74	13,58/14,26
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	13,65/14,28	16,12/16,22	15,71/14,61
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	15,41/13,84	15,95/15,62	15,61/15,20
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	14,62/13,16	16,03/15,84	14,87/14,59
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	14,10/14,63	16,91/16,61	15,87/14,86
НСР ₀₅	1,73/1,82	1,4/1,53	1,2/1,23

*Примечание – в таблицах 6-22 числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Корреляционный анализ показал, что между долей бобовых компонентов в травостоях и содержанием сырого протеина установлена сильная положительная корреляционная зависимость ($r = 0,92$). Травостои с участием клевера ползучего и лядвенца рогатого в качестве бобовых компонентов показывали сходные значения концентрации сырого протеина. Эта величина напрямую зависит от пропорционального состава видов многолетних трав в составе травостоя (бобовых, злаковых трав и разнотравья), а также от способности различных компонентов произрастать на почвах с сильнокислой реакцией среды ($pH_{КС1} 4,35$). Доля лядвенца рогатого в составе травостоев составляла от 49,2 до 61,0%, а клевера ползучего – 42,0-56,3%. Столь высокая доля бобовых трав в ботаническом составе травостоев обеспечила хорошую протеиновую питательность зеленых кормов.

На втором месте по важности среди органических составляющих при определении питательности корма стоит сырая клетчатка. Согласно стандарту, в пастбищном корме допускается ее наличие не более 28% от сухого вещества. Однако для сенажа содержание сырой клетчатки может быть несколько выше, до 29% от СВ. В 2024 году на злаковых травостоях отмечалось содержание сырой клетчатки на уровне 28,87-30,96%, а в бобово-злаковых ее было не больше 27,90-28,84%. В другие годы содержание клетчатки варьировалось от 23,94 до 28,41% (таблица 7). В последнем укосе четырехукосного использования клетчатки содержалось, как правило, меньше всего – от 22,86 (минимальное содержание по годам и укосам) до 30,73%. Наибольшее содержание клетчатки за все время исследований показали одновидовые злаковые травостои, не удобренные азотом. На варианте с монокультурой райграсса пастбищного в третьем укосе четырехукосного использования зафиксирована самая высокая доля сырой клетчатки по укосам за все время исследования – 32,78%, что превышает предельные концентрации данного компонента для любых видов кормов (приложение II). Полученные в опыте значения содержания сырой клетчатки в целом согласуются с данными, собранными учеными из Республики Беларусь. Там в условиях полевого опыта содержание сырой клетчатки находилось в диапазоне от 27,2 до 32,8% (Бойко В.В., Скакун Т.А., 2019).

Таблица 7 - Содержание сырой клетчатки в зеленой массе многолетних трав, в % от сухого вещества

Виды трав и травосмеси	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	28,51/28,87	29,46/28,87	24,97/26,22
2. Райграс пастбищный	28,42/29,65	30,96/30,23	28,54/27,35
3. Овсяница луговая	26,61/25,99	29,58/30,28	27,66/26,78
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	26,41/26,26	29,97/29,25	25,55/27,49
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	25,6/24,55	29,83/29,99	28,10/27,64
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	25,41/24,02	29,10/29,39	27,77/26,34
7. Фестулолиум + клевер ползучий	25,35/24,24	28,25/28,63	25,26/25,09
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	25,38/23,94	27,90/28,60	25,36/25,59
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	26,08/24,60	27,94/28,16	26,02/25,47
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	26,64/25,89	28,74/29,15	25,66/25,91
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	27,9/26,58	28,73/28,64	27,08/26,45
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	28,41/25,14	28,69/28,84	27,94/25,90
НСР ₀₅	2,0/1,9	1,45/1,28	1,81/2,1

Сырая зола – это вещество, представляющее собой остаток от сжигания пробы корма в муфельной печи. Ее чрезмерное количество обычно говорит о неправильной настройке косильных агрегатов, в результате чего в корм попадают частицы почвы. Большое количество золы снижает качество корма, а также может провоцировать у животных мочекаменную болезнь, поэтому государственные стандарты как на пастбищный корм, так и на сено и сенаж строго регламентируют верхний предел содержания данного компонента. По средним данным за годы исследований, где доля сырой золы находилась в пределах 5,11-9,46%. Согласно ГОСТ Р 57482-2017 «Корм пастбищный», при трехукосном использовании в 2023 году варианты с фестулолиумом в монокультуре на фоне азотных удобрений (9,18%), а также в сочетании с клевером ползучим (9,46%) выходят за пределы допустимого для первого класса качества значения содержания сырой золы – 9%, таким образом, они относятся ко второму классу (таблица 8). В 2024 году наибольшее содержание сырой золы оказалось в первом укосе при трехукосном использовании на варианте с овсяницей луговой и клевером ползучим – 9,97%. В

2025 году по укосам значения содержания сырой золы распределяются более равномерно: от 4,91 до 9,15% (приложение К).

Таблица 8 – Содержание сырой золы в зеленой массе многолетних трав, в % от сухого вещества

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	7,45/5,3	8,34/8,05	6,24/7,11
2. Райграс пастбищный	6,02/5,11	7,98/7,64	5,73/6,14
3. Овсяница луговая	8,05/5,77	7,68/7,72	5,90/6,89
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	9,18/6,88	7,69/7,91	6,18/7,53
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	6,47/6,46	7,86/7,92	6,18/6,88
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	6,35/6,3	7,49/7,99	6,41/7,28
7. Фестулолиум + клевер ползучий	9,46/5,99	8,46/8,32	7,23/6,97
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	6,84/6,1	8,45/7,05	6,59/6,98
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	5,99/5,6	8,96/8,10	6,65/6,74
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	5,91/7,04	7,52/8,00	5,97/6,22
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	6,88/6,44	7,05/7,84	5,58/6,19
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	6,32/6,8	7,39/7,79	5,48/6,23
НСР ₀₅	0,68/0,55	0,71/0,78	0,61/0,63

Роль жира в кормлении скота заключается в его энергетической ценности и структурной функции, поскольку данный компонент входит в состав протоплазмы клеток. Благодаря высокому содержанию в жире углерода и водорода, при его окислении высвобождается в 2,25 раза больше энергии, чем из углеводов. По вариантам и годам содержание сырого жира находилось в пределах 1,52-3,04% (таблица 9). По мере продвижения от первого укоса к последнему содержание сырого жира обычно увеличивалось. В 2024 году в четвертом укосе во всех вариантах значение данного показателя не опускалось ниже 3,08% (приложение Л). Полученные в опыте экспериментальные данные по содержанию сырого жира практически совпадают с данными Ибрагимова А.В. и Магеррамова М.М., получившими в злаково-бобовом сене показатели сырого жира в диапазоне от 1,63% до 2,37% (Ибрагимов А.В., Магеррамов М.М., 2024).

Таблица 9 - Содержание сырого жира в зеленой массе многолетних трав, в % от сухого вещества

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	1,7/2,06	2,52/2,59	1,90/2,06
2. Райграс пастбищный	1,52/2,31	2,47/2,54	2,02/1,91
3. Овсяница луговая	1,61/2,46	2,65/2,56	1,85/1,95
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1,99/2,26	2,62/2,53	1,97/2,26
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1,86/1,88	2,70/2,64	1,84/2,14
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	2,04/1,99	2,66/2,68	1,99/2,25
7. Фестулолиум + клевер ползучий	2,13/2,06	2,84/2,84	2,17/2,11
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	2,08/2,37	2,92/2,90	2,10/2,09
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	2,09/2,31	2,97/3,01	2,04/2,03
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1,83/2,1	2,97/2,88	2,11/2,32
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1,9/2	3,02/3,04	2,03/2,14
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	2,03/2,12	2,94/2,89	2,12/2,13
НСР ₀₅	0,19/0,18	0,24/0,25	0,18/0,19

Поскольку почва опытного участка была высокообеспеченной по подвижному фосфору, то выращиваемые на ней травостой характеризовались весьма высокой концентрацией данного элемента – 0,24-0,34% от СВ (таблица 10). В составе трав второго года жизни фосфора содержалось несколько больше, чем в другие годы – 0,29-0,34%. На третьем году жизни травы четырехкратного использования накопили 0,28-0,31% фосфора, превзойдя тем самым трехкратный режим скашивания с результатами 0,25-0,28%. Последние укосы в каждом режиме скашивания зачастую характеризовались самой низкой концентрацией фосфора. В 2024 году в последнем укосе трехукосного использования данный показатель изменялся в пределах 0,24-0,29%, в последнем укосе четырехукосного – 0,20-0,24%. В 2025 году последние укосы трехукосного и четырехукосного режимов травопользования показали сопоставимые результаты: 0,21-0,26% и 0,23-0,28% соответственно (приложение М). Уровень доступности фосфора и его накопление в тканях растений находятся в прямой зависимости от кислотности почвы. Принято считать, что на кислых почвах уровень доступности фосфора для растений снижается, однако существует и альтернативное мнение, которое гласит, что при

снижении рН_{KCl} с 6 до 4 усвоение фосфатов корнями растений усиливается (Barrow N.J., 2017).

Таблица 10 - Содержание фосфора в зеленой массе многолетних трав, в % от сухого вещества

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	0,31/0,24	0,31/0,32	0,25/0,28
2. Райграс пастбищный	0,3/0,22	0,33/0,33	0,22/0,26
3. Овсяница луговая	0,28/0,26	0,33/0,31	0,22/0,28
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	0,25/0,27	0,32/0,33	0,23/0,30
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	0,25/0,26	0,30/0,34	0,22/0,29
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	0,25/0,28	0,31/0,33	0,23/0,30
7. Фестулолиум + клевер ползучий	0,24/0,31	0,34/0,34	0,27/0,31
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	0,31/0,25	0,34/0,29	0,27/0,30
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	0,34/0,26	0,35/0,33	0,28/0,30
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	0,32/0,27	0,32/0,33	0,26/0,29
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	0,24/0,3	0,33/0,34	0,25/0,30
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	0,26/0,28	0,33/0,33	0,27/0,28
НСР ₀₅	0,02/0,019	0,021/0,026	0,014/0,02

Накопление фосфора зависит не только от его концентрации в растительных тканях, но и от урожайности травостоев. Следовательно, весьма закономерно, что наименьшее количество фосфора было накоплено злаковыми травами без удобрений – от 7,0 до 22,5 кг/га. Самое большое количество фосфора было ассимилировано злаково-бобовыми травостоями с участием лядвенца рогатого – до 54,5 кг/га в 2024 году. Трехукосное использование во все года, кроме 2023, практически на всех вариантах обеспечивало более высокое накопление данного элемента: в 2024 году от 18,4 до 54,5 кг/га, в 2025 году – от 17,2 до 52,1 кг/га (таблица 11). При сопоставлении данных по укосам примечательно, что наибольший сбор фосфора почти всегда приходился на первый укос за все годы исследований. С последующими укосами накопление данного компонента планомерно снижалось (приложение Н).

Таблица 11 – Вынос фосфора (P_2O_5) с урожаем многолетних трав, кг/га

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	8,9/7,3	21,1/18,6	20,8/22,5
2. Райграс пастбищный	7,5/6,0	19,0/17,5	17,6/18,6
3. Овсяница луговая	7,0/9,3	18,4/16,2	17,2/22,5
4. Фестулолиум + N_{120}	7,5/10,6	42,0/41,9	36,5/47,8
5. Райграс пастбищный + N_{120}	6,9/10,7	36,0/40,1	35,1/46,8
6. Овсяница луговая + N_{120}	8,3/11,8	35,2/39,9	39,2/49,5
7. Фестулолиум + клевер ползучий	9,6/14,8	51,0/42,3	46,1/48,3
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	11,4/11,9	43,1/33,7	45,2/47,5
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	12,9/12,4	44,6/40,8	50,4/45,5
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	11,1/11,5	54,5/48,5	46,9/49,2
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	7,4/13,5	48,2/43,8	46,9/52,2
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	9,2/13,9	51,5/46,0	52,1/52,0
НСР ₀₅	0,9/1,2	4,1/3,8	4,1/4,7

По концентрации фосфора многолетние травы различных хозяйственно-биологических групп существенно не различаются, однако по содержанию кальция различия есть: бобовые могут превосходить злаки в 2-3 раза. Для обеспечения потребности сельскохозяйственных животных пастбищные травы должны содержать не менее 0,75% кальция. Результаты опыта показывают, что злаковые травостой не всегда обладали такой концентрацией данного элемента. В 2023 и 2025 годах концентрация кальция в злаках составляла 0,42-0,63% (Тяжкороб А.Р. и др., 2026). Бобово-злаковые травостой демонстрировали этот показатель на уровне 0,61-0,88%, в 2024 году значения колебались в пределах 1,00-1,20% (таблица 12). Данные показатели несколько превосходят значения содержания кальция в сене многолетних трав, представленные А.В. Ибрагимовым по Нахичеванской Автономной Республике. В его данных содержание кальция находилось в диапазоне 0,39%-0,72% (Ибрагимов А.В., 2022). По укосам наименьшее содержание кальция отмечалось на варианте с монокультурой овсяницы луговой в четвертом укосе в 2025 году. Максимум по данному показателю выявлен в 2024 году на бинарном травостое райграса пастбищного и клевера ползучего – 1,29%. Злаковые травы в монокультуре, как с применением удобрений, так и без них,

обычно демонстрировали максимальную концентрацию кальция в первом укосе, постепенно снижая ее в последующих. В то же время злаково-бобовые травостои во многих вариантах выходили на максимальное содержания кальция к третьему укосе, после чего, уже в четвертом укосе, в случае его проведения, концентрация исследуемого элемента снова снижалась, уступая даже первому укосе (приложение О).

Таблица 12 - Содержание кальция в зеленой массе многолетних трав, в % от сухого вещества

Виды трав и травосмеси	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	0,55/0,56	0,63/0,76	0,59/0,49
2. Райграс пастбищный	0,56/0,67	0,68/0,75	0,59/0,49
3. Овсяница луговая	0,50/0,69	0,68/0,77	0,63/0,56
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	0,42/0,42	0,71/0,82	0,59/0,49
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	0,49/0,41	0,72/0,79	0,61/0,53
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	0,55/0,48	0,71/0,84	0,56/0,56
7. Фестулолиум + клевер ползучий	0,88/0,73	1,00/1,04	0,72/0,76
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	0,88/0,66	1,06/1,18	0,74/0,73
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	0,83/0,80	1,10/1,15	0,82/0,79
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	0,73/0,88	1,00/1,10	0,76/0,85
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	0,61/0,77	1,11/1,13	0,73/0,83
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	0,64/0,73	1,08/1,20	0,76/0,88
НСР ₀₅	0,034/0,025	0,045/0,053	0,037/0,037

4.2. Накопление азота в зеленой массе травостоев

Расчет накопления общего азота в надземной массе опытных травостоев – важный промежуточный показатель, который позволяет в дальнейшем установить источники данного элемента питания (остаточное содержание в почве, минеральные удобрения, биологическая азотфиксация), а также оценить эффективность ассимиляции азота из этих источников различными травостоями. По годам и вариантам накопление общего азота изменялось от 17,1 кг/га в первый год жизни трав на райграсе пастбищном в монокультуре до 215,6 кг/га на третий год в бинарном травостое овсяницы луговой и лядвенца рогатого. Оба экстремума

достигнуты при трехукосном режиме скашивания. Злаковые травы без удобрений накапливали существенно меньше азота, чем злаковые травы на минеральном фоне: 17,1-58,4 кг/га и 25,8-170,5 кг/га соответственно. Кратно больше азота накапливалось в зеленой массе бинарных травостоев – от 31,6 до 215,6 кг/га. В целом от первого к третьему годам жизни травостоев сбор общего азота увеличивался. В 2023 году показатель изменялся в пределах 17,1-54,0 кг/га, а в 2025 году уже от 46,0 до 215,6 кг/га (таблица 13).

Таблица 13 – Накопление общего азота в зеленой массе многолетних трав, кг/га

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	21,0/24,5	50,7/46,1	56,3/52,2
2. Райграс пастбищный	17,1/18,8	42,2/40,7	54,0/46,0
3. Овсяница луговая	17,6/24,6	43,3/39,7	58,4/58,4
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	30,6/43,3	131,5/137,0	169,9/165,4
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	25,8/39,5	122,4/134,2	161,4/154,3
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	35,9/49,9	116,1/135,6	170,5/165,3
7. Фестулолиум + клевер ползучий	41,5/54,0	163,0/137,7	168,2/163,7
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	35,6/45,0	136,9/128,0	157,5/157,9
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	36,3/46,8	143,4/139,9	196,0/156,2
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	37,5/41,6	190,6/161,2	199,8/182,4
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	31,6/40,6	164,2/144,2	194,6/179,1
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	35,0/49,9	182,0/160,0	215,6/193,3
НСР ₀₅	3,48/4,74	13,59/13,44	16,19/16,09

По укосам в основном замечена тенденция на максимальное накопление общего азота в первом укосе с планомерным его снижением в последующих, особенно устойчиво данный тренд проявляется в 2023 и 2025 годах. В то же время в 2024 году некоторые бинарные травостои продемонстрировали максимальный сбор азота во втором укосе (приложение П).

Двухкомпонентные травостои с участием бобовых культур демонстрировали высокую азотфиксирующую активность, накапливая в 2024-2025 годах исследования в урожае надземной массы от 87,2 до 157,2 кг/га симбиотического азота. Произрастая на слабокультуренной почве опытного участка, лядвенце-злаковые травосмеси оказались на 25,3% эффективнее клеверо-злаковых в вопросе

симбиотической азотфиксации. В виду более высокой урожайности трехкратный режим скашивания опытных травостоев обеспечивал на 12,4% более высокие показатели связанного атмосферного азота (таблица 14).

Повышенная кислотность почвы существенно снижает обеспеченность одновидовых посевов злаковых трав азотом. В то же время в бинарных бобово-злаковых травосмесях часть азота передается от бобовых к злакам с корневыми выделениями, отмершими клубеньками азотфиксирующих бактерий и пожнивными остатками. Клевер ползучий по трансферу азота может превосходить даже такой высокопродуктивный вид, как люцерна (Louarn G. et al., 2015).

Таблица 14 – Накопление симбиотического азота в зеленой массе многолетних трав, кг/га

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Фестулолиум + клевер ползучий	20,5/29,5	112,2/91,6	111,9/111,5
Райграс пастбищный + клевер ползучий	18,4/26,2	94,7/87,2	103,5/111,8
Овсяница луговая + клевер ползучий	18,6/22,3	100,1/100,2	137,6/97,7
Фестулолиум + лядвенец рогатый	16,5/17,1	139,9/115,0	143,6/130,2
Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	14,4/21,8	122,0/103,5	140,6/133,1
Овсяница луговая + лядвенец рогатый	17,4/25,3	138,8/120,3	157,2/134,8
НСР ₀₅	1,68/1,65	12,15/10,7	14,1/10,81

На второй и третий годы жизни трав наибольшее накопление биологически фиксированного азота наблюдалось чаще всего во втором укосе – 26,7-58,5 кг/га. Первый укос нередко проводили в ранние фазы вегетации, поэтому по ряду органических показателей максимальное содержание достигалось ко второму укосе. Самый малый сбор симбиотического азота наблюдался в 2024 году в четвертом укосе. Тогда показатель варьировал от 3,5 до 6,8 кг/га, что могло быть следствием длительного отсутствия осадков и повышенных среднесуточных температур воздуха (приложение Р).

Коэффициент азотфиксации представляет собой показатель, отражающий долю азота, зафиксированного из атмосферного воздуха в результате деятельности бактерий рода *Rhizobium*, образующим колонии на корневых клубеньках, в общем

накоплении данного элемента питания с урожаем. Анализируя данный показатель, можно говорить о том, какие из бобовых культур более эффективно ассимилируют атмосферный азот. За годы исследований коэффициент азотфиксации изменялся в пределах от 0,41 до 0,76. Похожие показатели были получены учеными Омского ГАУ в 2023 году на многолетних бобовых травостоях: 0,54–0,63 (Степанов А.Ф. и др., 2023). Существенные различия между режимами скашивания отсутствуют. Наиболее высоких значений показатель достиг на второй и третий годы исследований – 0,66–0,74, что свидетельствует о достаточно хорошей степени развития корневых клубеньков на второй и третий годы жизни многолетних травостоев (таблица 15).

Таблица 15 – Коэффициенты азотфиксации

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Фестулолиум + клевер ползучий	0,49/0,55	0,69/0,66	0,67/0,68
Райграс пастбищный + клевер ползучий	0,52/0,58	0,69/0,68	0,66/0,71
Овсяница луговая + клевер ползучий	0,51/0,48	0,70/0,72	0,70/0,63
Фестулолиум + лядвенец рогатый	0,44/0,41	0,73/0,71	0,72/0,71
Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	0,46/0,54	0,74/0,72	0,72/0,74
Овсяница луговая + лядвенец рогатый	0,50/0,51	0,76/0,75	0,73/0,70
НСР ₀₅	0,05/0,04	0,07/0,07	0,07/0,06

В 2024 году при трехукосном режиме скашивания коэффициент азотфиксации повышался от укоса к укосу, а при четырехукосном существенно падал во втором укосе, возвращаясь к средним значениям в третьем скашивании. В 2025 году по всем вариантам и режимам скашивания показатель увеличивался в течение вегетационного периода, достигая максимума в последнем укосе: для трехукосного – 0,88, а для четырехукосного – 0,81 (приложение С).

Степень усвоения минерального азота из удобрений характеризуется соответствующим коэффициентом. В опыте НИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова на многолетних травах данный показатель изменяется в пределах от 0,39 до 0,54, в зависимости от формы применяемого удобрения (Завалин А.А., Соколов О.А., 2019). На нашем опытном участке в качестве азотного минерального удобрения применялась аммиачная селитра, коэффициент использования азота из

удобрений изменялся от 0,61 до 0,95. Наибольшие значения были достигнуты на третий год жизни многолетних трав, без существенных различий между количеством укосов – 0,89–0,95. В 2024 году при четырехукосном использовании показатель был выше, варьируя в диапазоне 0,76–0,80. В этом же году на делянках, скашиваемых три раза за сезон, значения изменялись от 0,61 до 0,67 (таблица 16). На третий год жизни рассматриваемый коэффициент в основном уменьшался от укоса к укосу. Однако в 2024 году при трехукосном использовании на вариантах с фестулолиумом и овсяницей лидировал по данному показателю второй укос. Значения 0,29 и 0,28 были выше соответствующих им в первом укосе – 0,25 и 0,18 (приложение Т).

Таблица 16 – Коэффициенты использования азота из удобрений

Вариант	2024 г.	2025 г.
Фестулолиум + N ₁₂₀	0,67/0,76	0,95/0,94
Райграс пастбищный + N ₁₂₀	0,67/0,78	0,90/0,90
Овсяница луговая + N ₁₂₀	0,61/0,80	0,93/0,89
НСР ₀₅	0,08/0,1	0,1/0,11

Эквивалент азотных удобрений – это показатель, позволяющий рассчитать, сколько кг/га действующего вещества азота необходимо внести под травостой, чтобы заменить биологически зафиксированный азот при соответствующих коэффициентах использования азота из удобрений. В нашем опыте показатели эквивалента азотных удобрений изменялись от 105,7 до 256,0 кг/га д.в. минерального удобрения. Наименьшие значения отмечаются на третий год жизни трав – от 109,7 до 168,3 кг/га, что логически следует из того, что в этом году зафиксированы наибольшие значения коэффициентов использования азота из удобрений, а также накопление симбиотического азота на достаточно высоком уровне, сопоставимом с 2024 годом. Существенно большие значения эквивалента при трехукосном использовании демонстрируют опытные травостои в 2023 и 2024 годах по сравнению с четырехукосным (таблица 17). Самые низкие значения данного показателя характерны для четвертого укоса во второй и третий годы исследования. Согласно данным, для замещения симбиотической азотфиксации в

этих условиях необходимо внести от 36,5 до 133,1 кг/га д.в. азотных удобрений. Столь низкие значения эквивалента объясняются в первую очередь снижением накопления симбиотического азота в этот период (приложение У).

Таблица 17 – Эквиваленты азотных удобрений, кг/га д.в. минерального удобрения

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
Фестулолиум + клевер ползучий	255,2/188,5	166,6/120,9	118,1/118,3
Райграс пастбищный + клевер ползучий	256,0/152,3	141,7/112,0	115,6/123,9
Овсяница луговая + клевер ползучий	122,5/105,7	165,0/125,4	147,3/109,7
Фестулолиум + лядвенец рогатый	205,6/109,6	207,7/151,9	151,5/138,1
Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	200,4/126,8	182,6/132,8	157,1/147,4
Овсяница луговая + лядвенец рогатый	114,1/120,0	228,7/150,6	168,3/151,4
НСР ₀₅	16,14/10,58	18,61/13,89	14,81/11,54

Помимо зоотехнического анализа корма с целью определения содержания органических элементов питания, был также проведен полевой мониторинг обеспеченности растений многолетних трав азотом с помощью прибора N-тестер. Действие данного прибора основано на измерении интенсивности зеленой окраски листовой поверхности с целью определения содержания хлорофилла. Проанализировав состояние листа, прибор рассчитывает условный показатель. Чем он выше, тем лучше обеспеченность растения азотом. В полевом опыте показания данного прибора изменялись в широких пределах - от 259 до 808. Однако, можно увидеть определенные закономерности. Злаковые травы без удобрений имеют самые низкие показатели: 261–399. Злаковые травы на удобренном фоне демонстрируют более высокие значения – от 316 до 530. Наилучшая обеспеченность азотом отмечается у бобовых трав: 589-808. Данный прибор позволяет в бинарных травостоях оценить обеспеченность азотом отдельно по видам. Отмечается, что злаковые травы в сочетании с бобовыми лучше обеспечены азотом, чем даже при внесении минеральных удобрений (таблица 18).

В 2024 и 2025 годах на большинстве вариантов с четырьмя укосами за вегетацию наибольшие значения N-тестера достигались в третьем укосе (335-765).

Таблица 18 – Показатели N-тестера на многолетних травах, ед.

Вариант	Виды трав	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1	Фестулолиум	261/472	366/379	292/307
2	Райграс пастбищный	356/484	321/381	310/335
3	Овсяница луговая	267/492	259/399	322/374
4	Фестулолиум + N ₁₂₀	340/506	445/430	344/390
5	Райграс пастбищный + N ₁₂₀	364/518	437/477	369/430
6	Овсяница луговая + N ₁₂₀	319/530	316/485	382/431
7	Фестулолиум	478/547	543/519	383/607
	Клевер ползучий	624/553	630/697	589/435
8	Райграс пастбищный	433/546	537/521	388/649
	Клевер ползучий	684/558	659/711	673/441
9	Овсяница луговая	450/549	575/526	393/665
	Клевер ползучий	676/563	710/681	655/392
10	Фестулолиум	361/553	492/429	365/679
	Лядвенец рогатый	698/591	638/686	666/417
11	Райграс пастбищный	379/575	543/499	360/678
	Лядвенец рогатый	808/640	659/698	675/678
12	Овсяница луговая	322/557	423/548	425/478
	Лядвенец рогатый	771/776	673/690	635/639
НСР ₀₅		57/47	59/58	53/51

В первый год жизни трав злаковые травостой как в монокультуре, так и в сочетании с бобовыми, демонстрировали лучшую обеспеченность азотом в последнем укосе четырехукосного использования, в то время как бобовые зачастую лучше проявляли данный показатель в первом укосе. Данный факт указывает на то, что именно ко второму укосу злаковые травы успевают получить и усвоить азотное питание от бобового компонента (приложение Ф).

4.3. Питательность многолетних травостоев

Одним из важнейших показателей качества кормов является их питательность. Для оценки этого параметра использую величину обменной энергии (ОЭ), которая в свою очередь, является частью валовой энергии корма (ВЭ). Валовую энергию определяют для того, чтобы оценить общее количество энергии,

которое можно получить при полном окислении корма. Кроме того, полученные значения валовой энергии позволяют в дальнейшем перейти к другим показателям питательности. Имея сведения по концентрации валовой энергии кормов, можно сравнить их между собой.

В условиях опыта содержание валовой энергии было достаточно однородно по вариантам опыта и составляло от 17,78 до 18,75 МДж/кг СВ. Меньше всего обменной энергии содержалось в травостоях трехукосного использования в первый год жизни – от 17,78 до 18,55 МДж/кг СВ. Самые большие показатели продемонстрировали варианты трехукосного режима травопользования в 2025 году: 18,10-18,75 МДж/кг СВ. В 2024 году существенных различий между вариантами не установлено, режимы скашивания также продемонстрировали схожие результаты. (таблица 19). В 2023 году последний укос четырехукосного использования в большинстве вариантов показал величину данного показателя ниже, чем в первом укосе.

Таблица 19 – Содержание валовой энергии в зеленой массе многолетних трав,
МДж/кг СВ

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	17,97/18,49	18,05/18,13	18,10/17,97
2. Райграс пастбищный	18,14/18,47	18,11/18,20	18,30/18,14
3. Овсяница луговая	17,78/18,35	18,21/18,19	18,28/18,08
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	17,95/18,44	18,42/18,41	18,48/18,35
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	18,29/18,34	18,42/18,51	18,47/18,37
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	18,49/18,47	18,45/18,48	18,47/18,34
7. Фестулолиум + клевер ползучий	17,92/18,54	18,38/18,41	18,28/18,35
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	18,31/18,44	18,39/18,66	18,34/18,32
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	18,46/18,56	18,35/18,52	18,47/18,36
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	18,55/18,29	18,61/18,49	18,59/18,57
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	18,37/18,34	18,71/18,56	18,62/18,51
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	18,48/18,35	18,68/18,59	18,75/18,50
НСР ₀₅	1,58/1,60	1,59/1,61	1,59/1,59

На второй и третий годы жизни была замечена такая тенденция, что содержание валовой энергии повышается от первого укоса к последнему на обоих

режимах травопользования, достигая значений в 18,05-18,78 МДж/кг СВ. Однако в 2024 году, значения близкие к максимальным отмечались на вариантах во втором укосе четырехукосного использования (приложение X).

Накопление валовой энергии по годам и вариантам изменяется в более широких пределах, чем ее концентрация. Это связано с различиями в урожайности травостоев. Значения данного показателя варьируют от 21,62 до 159,19 ГДж/га. Самый низкий уровень накопления валовой энергии наблюдается на вариантах с монокультурой злаков – от 21,62 до 64,97 ГДж/га. Несколько большее количество валовой энергии накопили злаковые травостои на фоне минерального питания – от 23,52 до 134,83 ГДж/га. Но самые большие показатели отмечаются на бинарных бобово-злаковых травостоях: 24,80–159,19 ГДж/га (таблица 20). Поскольку накопление валовой энергии напрямую связано с урожайностью, то по укосам от первого к последнему как правило величина данного показателя уменьшается. Наименьшие значения характерны для четвертого укоса, особенно во втором году жизни трав: от 2,39 до 10,61 ГДж/га (приложение Ц).

Таблица 20 – Накопление валовой энергии в зеленой массе многолетних трав, ГДж/га

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.
1. Фестулолиум	22,47/24,22	53,06/46,41	64,97/63,97
2. Райграс пастбищный	19,77/21,62	45,82/42,58	62,97/56,59
3. Овсяница луговая	19,38/28,08	44,78/41,30	61,25/63,81
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	23,52/32,27	105,75/103,44	129,57/126,81
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	22,13/30,80	96,91/96,23	129,84/127,50
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	26,81/36,93	92,99/97,94	134,83/130,19
7. Фестулолиум + клевер ползучий	31,36/39,29	119,49/101,46	135,79/126,24
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	29,29/36,51	100,60/94,78	132,94/126,75
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	30,65/38,05	102,01/99,82	144,03/122,68
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	28,19/34,39	139,00/119,28	148,70/139,27
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	24,80/35,40	119,72/105,59	152,35/141,95
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	28,64/39,09	125,75/111,90	159,19/150,43
НСР ₀₅	2,58/3,38	9,93/9,45	12,82/

Наиболее точно охарактеризовать энергетическую питательность корма позволяет показатель обменной энергии (ОЭ). Обменная энергия – это та часть энергии корма, которая расходуется на поддержание жизнедеятельности сельскохозяйственных животных, образование продукции, формирование приплода, выполнение полезной работы и т.д. Обменная энергия – это та часть энергии корма, которая остается после вычета из валовой энергии потерь на кал, мочу и пищеварительные газы. Содержание обменной энергии является одним из ключевых показателей качества корма, поэтому данная величина строго регламентируется ГОСТ Р 55452–2021 «Сено и сенаж». Согласно стандарту, содержание обменной энергии не должно быть ниже 8,2 МДж/кг СВ. По данным за все годы исследований ни один вариант не показывает содержание ОЭ ниже 8,92 МДж/кг СВ, а значит все травостои обеспечивают получение качественного корма. Наилучшие результаты по данному показателю наблюдаются на бобово-злаковых травостоях с участием клевера ползучего: 9,44–10,09 МДж/кг СВ. Все корма за все годы можно отнести к первому классу качества, кроме райграса пастбищного в монокультуре без удобрений, который в 2024 году при трехукосном использовании несколько недобрал обменной энергии до нужного значения (содержание ОЭ выше 9,1 МДж/кг СВ). Существенных различий между режимами скашивания не выявлено. В среднем содержание обменной энергии варьировалось от 9,19 до 9,72 МДж/кг СВ для трехукосного использования и от 9,29 до 9,80 МДж/кг СВ для четырехукосного (таблица 21). Анализируя данные по укосам, можно заметить, что содержание обменной энергии в большинстве вариантов повышается по мере продвижения от первого укоса к последующим, достигая при четырехукосном режиме скашивания наибольших значений в четвертом укосе: от 9,19 до 10,24 МДж/кг СВ. Однако, в 2025 году в третьем укосе трехукосного использования результаты иногда были выше, чем в четвертом укосе четырехукосного режима скашивания, особенно на злаковых травостоях без удобрений, и составляли 9,26–10,05 МДж/кг СВ. (приложение Ч).

Таблица 21 – Содержание обменной энергии в зеленой массе многолетних трав, МДж/кг СВ

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.	В среднем
1. Фестулолиум	9,19/9,54	9,10/9,22	9,75/9,51	9,35/9,42
2. Райграс пастбищный	9,29/9,37	8,92/9,07	9,36/9,44	9,19/9,29
3. Овсяница луговая	9,35/9,62	9,16/9,06	9,47/9,48	9,33/9,39
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	9,47/9,86	9,22/9,31	9,87/9,53	9,52/9,57
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	9,76/9,95	9,24/9,26	9,50/9,52	9,50/9,58
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	9,90/9,99	9,35/9,33	9,55/9,68	9,60/9,67
7. Фестулолиум + клевер ползучий	9,60/10,05	9,44/9,40	9,80/9,87	9,61/9,77
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	9,80/10,09	9,49/9,53	9,82/9,78	9,71/9,80
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	9,79/10,00	9,46/9,52	9,80/9,82	9,68/9,78
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	9,75/9,71	9,48/9,37	9,91/9,87	9,72/9,65
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	9,48/9,61	9,54/9,47	9,73/9,76	9,58/9,61
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	9,46/9,82	9,53/9,46	9,67/9,83	9,56/9,71
НСР ₀₅	0,96/0,98	0,92/0,94	0,94/0,95	0,94/0,95

Аналогично валовой энергии, накопление обменной напрямую зависит от урожайности.

По годам накопление обменной энергии изменялось от 10,13 до 82,11 ГДж/га. В первый год жизни наибольшие значения были характерны для четырехукосного использования, в то время как в последующие годы показатель накопления обменной энергии превалировал на вариантах трехукосного использования. В среднем при трех скашиваниях за сезон значения варьировались от 21,49 до 54,99 ГДж/га, при четырех – 20,54–52,61 ГДж/га. За три года варианты трехукосного использования накопили от 64,46 до 164,97 ГДж/га, варианты четырехукосного использования показали результаты от 61,63 до 157,82 ГДж/га (таблица 22). Полученные результаты уступают значениям накопления ОЭ, полученными исследователями из ФИЦ «Немчиновка», где на многолетних травах за 3 года использования накопилось от 157 до 176 ГДж/га (Конончук В.В. и др., 2020).

Таблица 22 – Накопление обменной энергии в зеленой массе многолетних трав, ГДж/га

Вариант	2023 г.	2024 г.	2025 г.	В среднем	За 3 года
1. Фестулолиум	11,49	26,75	34,99	24,41	73,24
	12,50	23,61	33,84	23,32	69,95
2. Райграс пастбищный	10,13	22,58	32,19	21,63	64,89
	10,97	21,22	29,45	20,54	61,63
3. Овсяница луговая	10,19	22,54	31,73	21,49	64,46
	14,72	20,56	33,48	22,92	68,76
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	12,41	52,91	69,21	44,84	134,53
	17,25	52,32	65,85	45,14	135,43
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	11,81	48,59	66,82	42,41	127,22
	16,72	48,13	66,06	43,64	130,92
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	14,35	47,14	69,73	43,74	131,22
	19,99	49,43	68,75	46,06	138,17
7. Фестулолиум + клевер ползучий	16,80	61,36	72,83	50,33	150,99
	21,30	51,80	67,88	46,99	140,98
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	15,69	51,92	71,20	46,27	138,81
	19,98	48,41	67,67	45,35	136,06
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	16,25	52,62	76,42	48,43	145,29
	20,51	51,32	65,60	45,81	137,43
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	14,82	70,85	79,30	54,99	164,97
	18,25	60,42	74,01	50,90	152,69
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	12,80	61,03	79,59	51,14	153,43
	18,54	53,90	74,85	49,10	147,29
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	14,67	64,14	82,11	53,64	160,92
	20,92	56,94	79,95	52,61	157,82
НСР ₀₅	1,40	5,09	6,75	4,39	13,17
	1,86	4,79	6,53	4,38	13,15

По укосам накопление обменной энергии во все года жизни трав, кроме первого, часто было наибольшим в первом укосе и далее постепенно уменьшалось. Самые низкие показатели были получены в 2025 году в четвертом укосе на вариантах со злаками без удобрений: от 3,22 до 4,62 ГДж/га (приложение Ш).

Заключение по главе 4

Бинарные травостои, состоящие из злаковых и бобовых компонентов обеспечивали содержание в сухом веществе кормов следующих питательных элементов: сырого протеина – 13,58-16,91%; сырой клетчатки – 25,26-29,15%;

сырого жира – 1,52–3,04; фосфора – 0,25–0,35%, кальция – 0,72–1,20%. На злаковых травостоях без внесения минерального азота содержание сырого протеина не превышало 9,17–11,27%, при внесении 120 кг/га д.в. азота обеспеченность пастбищного корма протеином возрастала 1,3–1,6 раза. Бобовые травы в смешанных посевах ежегодно ассимилировали от 87,2 до 157,2 кг/га азота с надземной массой, причем лядвенец рогатый связывал атмосферный азот эффективнее клевера ползучего на 25,3%. Накопление общего азота составляло от 17,1 до 215,6 кг/га; симбиотического – 87,2–157,2 кг/га. Коэффициенты азотфиксации варьировались в диапазоне 0,41–0,76. Коэффициенты использования азота из удобрений: 0,61–0,95. Показатели эквивалентов азотных удобрений изменялись в пределах 105,7 до 256,0 кг/га д.в. минерального удобрения. Показатели N-тестера находились в широком диапазоне от 259 до 808 единиц.

Анализ питательной ценности позволил оценить корма согласно стандарту. Содержание валовой энергии изменялось в пределах от 17,78 до 18,75 МДж/кг СВ; содержание обменной энергии – 8,92–10,09 МДж/кг СВ. По концентрации обменной энергии корма, полученные на каждом из вариантов, относятся к первому классу качества за исключением варианта с травостоем райграса пастбищного в монокультуре без применения удобрений – данный образец принадлежит ко второму классу. Накопление валовой энергии за три года составило 61,25–159,19 ГДж/га, обменной энергии – 61,63–164,97 ГДж/га, что несколько уступает значениям, полученным в полевом опыте ученых из ФИЦ «Немчиновка» (В.В. Конончук и др., 2020).

ГЛАВА 5. ФОРМИРОВАНИЕ КОРНЕВОЙ МАССЫ БОБОВО- ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВСТОЕВ

Мировым научным сообществом давно признано, что корни играют важную роль в жизни высших растений, так как они являются органами крепления, в них накапливаются продукты метаболизма растительных организмов. Для некоторых видов корни являются органами вегетативного размножения. Однако основная функция корня – поглощающая. Практически вся вода и элементы питания, потребляемые многолетними травами, всасываются из почвенного раствора корнями и корневыми волосками. Очевидно, что растения должны обладать достаточно глубокой и разветвленной корневой системой, чтобы обеспечить свои потребности во влаге и минеральных веществах (Sprague H.V., 1933).

Несмотря на то, что продуктивность надземной массы ряда многолетних трав изучена достаточно хорошо, о накоплении корневой массы информации относительно мало. Корни поглощают воду и элементы питания из почвы, что обеспечивает рост зеленых частей растения, следовательно урожайность зеленой массы во многом определяется интенсивностью развития корневой системы (Merrill et al., 2002; Sainju U.M. et al., 2017). В то время как надземная масса многолетних трав используется в хозяйственных целях, корни являются основным источником поступления углерода в почву для его связывания (Paustian et al., 1997; Sainju U.M. et al., 2017). Помимо самой корневой массы, источником органического углерода в почве могут стать корневые выделения, слизь и отмершие клетки, содержащие в себе продукты симбиотической азотфиксации (Hawes et al., 2003; Nguyen, 2003; Sainju U.M. et al., 2017). Таким образом, еще одна важная роль корней заключается в их участии в круговороте почвенного углерода (Gale et al., 2000; Puget and Drinkwater, 2001; Sainju U.M. et al., 2017). Более того, на содержание органического вещества в почве корни могут оказывать существенно большее влияние, чем надземная масса растений (Norby and Cotrufo, 1998; Sainju U.M. et al., 2017).

Одним из агроприемов по фиксации атмосферного углекислого газа на пахотных землях и пастбищах является выращивание многолетних трав, как на постоянной основе, так и в севообороте с зерновыми культурами (Paustian et al., 1997; Sainju U.M. et al., 2017). Суть данного приема объясняется тем, что многолетние травы накапливают большую корневую биомассу, которая привносит большее количество углерода в почву, чем зерновые культуры (Paustian et al., 1997, Bolinder et al., 1997, Bolinder et al., 2002; Sainju U.M. et al., 2017). Более того, отсутствие механических воздействий сельскохозяйственными орудиями на почву, занятую многолетними травами, снижает темпы минерализации органического вещества почвы и, следовательно, способствует накоплению углерода. По причине сложности точного измерения массы корней в полевых условиях, вызванного широким диапазоном значений показателя на разных делянках, трудоемкостью процесса отмыва корневой системы опытных образцов, измерением массы корней многолетних трав часто пренебрегают (Bolinder et al., 2002; Sainju U.M. et al., 2017). Другими источниками существенной вариации значений при измерениях являются разные методы отбора проб, разные размеры ячеек сита, необходимого для отмыва корневой системы от почвы, разные фазы роста и развития многолетних трав, в ходе которых проводятся измерения, а также разный возраст травостоя (Amato and Pardo, 1994; Sainju U.M. et al., 2017).

Коллективом ученых из США в условиях штата Монтана в 2011-2013 годах был проведен полевой опыт с целью оценки формирования подземной массы многолетних трав следующих видов: пырей средний (*Thinopyrum intermedium* [Host] Barkworth and Dewey), костер безостый (*Bromus inermis* L.), просо прутьевидное (*Panicum virgatum* L.). Травы возделывались при внесении различных доз минеральных азотных удобрений, которые варьировались от 28 до 84 кг/га действующего вещества азота. Ученые выяснили, что в первый год жизни масса корней пырея среднего и проса прутьевидного была выше, чем корневая масса костра безостого. Также год от года корневая масса изучаемых видов преобладала на разных глубинах до 90–120 см (Sainju U.M. et al., 2017).

Другой полевой опыт по изучению формирования корневой массы проводился учеными из Китая. Изучалось формирование корневой системы и зеленой массы восьми видов многолетних корневищно-рыхлокустовых трав, произраставших на лугах равнины Сонгнен, округа Фую, Китай. В структуре опыта был контрольный вариант, а также варианты с внесением минеральных азотных удобрений в дозе 100 кг/га действующего вещества азота в год. Применение азота существенно повысило продуктивность трав как в подземной, так и в надземной массе. В частности, повысилось содержание азота в корнях на 18,6–34,4% по сравнению с контролем без удобрений (Yang et al., 2026).

Многолетние травы способны улучшать свойства почвы благодаря своей глубокой и разветвленной корневой системе. Однако отдельные виды могут отличаться по массе корневой системы и ее распределению в почвенном профиле. Некоторые исследования показали, что виды трав в различных агрофитоценозах способны изменять глубину залегания собственной корневой системы в ответ на плотность и видовой состав соседних корней (de Kroon H. et al., 2012; Ma Z. et al., 2000; Mommer L. et al., 2010; Kibet L.C. et al., 2016). В опытах с многолетними травами, выращиваемыми в вегетационных сосудах, было установлено, что травосмеси формируют более глубокие корневые системы, чем травы в монокультуре (von Felten S., Schmid B., 2008; Kibet L.C. et al., 2016). Ученые из Нидерландов сообщают, что следующие виды трав: полевица тонкая (*Agrostis capillaris* L.), колосок душистый (*Anthoxanthum odoratum* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), бухарник шерстистый (*Holcus lanatus* L.), а также четыре представителя хозяйственно-биологической группы разнотравье: василек луговой (*Centaurea jacea* L.), нивяник обыкновенный (*Leucanthemum vulgare* Lam.), подорожник ланцетный (*Plantago lanceolata* L.) и щавель кислый (*Rumex acetosa* L.) в составе травосмесей показывают большее накопление корневой массы, чем их монокультуры (6,85 против 4,33 т/га) (Cong W.F. et al., 2014; Kibet L.C. et al., 2016).

Учет биомассы корневой системы многолетних трав в условиях опыта проводился на второй и третий годы жизни травостоев. Начиная с 2024 года замечена тенденция к превосходству трехукосного использования над

четырёхукосным. Во втором году жизни значения массы корней варьировали в пределах от 3,44 до 5,01 т/га при трехукосном и от 2,59 до 4,82 т/га при четырехукосном использовании. В 2025 году при трехукосном использовании масса изменялась от 4,39 до 5,47 т/га, при четырехукосном от 4,17 до 5,17 т/га. Самая большая масса корней за весь период наблюдений зафиксирована в варианте с бинарным травостоем овсяницы луговой и лядвенца рогатого – 5,47 т/га, при трехукосном использовании на третий год жизни трав (таблица 23). Полученные данные несколько уступают значениям, о которых сообщали американские ученые L.C. Kibet и W.F. Cong.

Таблица 23 – Масса корней в пахотном слое почвы, т/га сухого вещества

Вариант	2024 год		2025 год	
	3 укоса	4 укоса	3 укоса	4 укоса
1. Фестулолиум	4,27	3,63	5,01	4,53
2. Райграс пастбищный	3,53	2,85	4,39	4,23
3. Овсяница луговая	3,95	3,97	5,17	4,9
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	5,01	4,82	5,23	4,92
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	3,48	3,05	4,49	4,17
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	4,20	4,00	5,28	4,82
7. Фестулолиум + клевер ползучий	4,35	3,73	4,99	4,53
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	3,44	2,59	4,57	4,17
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	3,84	3,27	5,17	4,75
10. Фестулолиум + ляденец рогатый	4,09	3,43	5,29	4,70
11. Райграс пастбищный + ляденец рогатый	3,49	2,81	4,69	4,37
12. Овсяница луговая + ляденец рогатый	4,37	3,95	5,47	5,17
НСР ₀₅	0,89	0,46	0,29	0,3

Белорусские ученые А.Ч. Скируха и др. сообщают о накоплении в пожнивных остатках бобово-злаковых многолетних травостоев первого года пользования 75,9 кг/га азота и 33,8 кг/га P₂O₅. Во втором году пользования эти же травостои накопили в корнях 80,8 кг/га азота и 41,4 кг/га P₂O₅ (Скируха А.Ч. и др., 2022). В условиях нашего полевого опыта многолетние травы на второй год жизни накопили от 37,9 до 101,5 кг/га общего азота. При этом при проведении трех укосов за сезон показатель изменялся от 50,1 до 101,5 кг/га, при четырех укосах – от 37,9 до 82,7 кг/га. В 2025 году трехукосный режим травопользования обеспечил накопление от 43,7 до 93,8 кг/га, четырехукосный – от 35,4 до 96,1 кг/га общего азота. В данном случае также наблюдается преимущество трехукосного использования по

сравнению с четырехукосным. Максимальные показатели наблюдались на лядвенце-злаковых травосмесях (таблица 24).

Таблица 24 – Накопление общего азота в корнях многолетних трав, кг/га

Вариант	2024 год		2025 год	
	3 укоса	4 укоса	3 укоса	4 укоса
1. Фестулолиум	67,5	49,0	52,3	37,1
2. Райграс пастбищный	50,1	37,9	43,7	35,4
3. Овсяница луговая	55,2	53,7	51,9	45,3
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	82,5	85,0	60,7	60,1
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	58,2	56,1	55,5	48,3
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	74,5	77,1	59,8	56,6
7. Фестулолиум + клевер ползучий	88,7	78,4	82,8	71,4
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	76,3	56,1	80,3	62,6
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	82,0	65,9	92,7	78,9
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	99,9	73,5	93,8	81,4
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	79,0	54,9	77,8	65,3
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	101,5	82,7	87,6	96,1
НСР ₀₅	6,7	6,4	6,5	5,5

Накопление общего фосфора по годам и режимам скашивания изменялось в пределах от 14,65 до 36,3 кг/га. Наивысшее значение данного показателя выявлено на варианте с овсяницей луговой и лядвенцем рогатым – от 23,69 до 36,3 кг/га. На втором месте по накоплению фосфора стоит травосмесь фестулолиума и лядвенца рогатого – от 20,45 до 33,92 кг/га. Трехукосный режим скашивания обеспечивал в разные годы от 21,04 до 36,3 кг/га, в то время как четырехукосный – от 14,65 до 34,4 кг/га общего фосфора (таблица 25). Полученные данные в части накопления общего азота согласуются с вышеприведенными значениями белорусских коллег, в то время как по фосфору травостой нашего опыта уступают данным А.Ч. Скирухи и др.

Оценка накопления валовой энергии в подземной массе позволяет более полно оценить продуктивность травостоев в дополнение к анализу зеленой массы. Валовая энергия зависит от накопления сухой массы корней, а также содержания в них сырых питательных элементов. С повышением накопления биомассы корней к третьему году жизни, по сравнению со вторым, закономерно повысилось и накопление валовой энергии. В 2024 году она варьирует от 63,28 до 80,01 ГДж/га при трехукосном режиме скашивания и от 47,76 до 72,20 ГДж/га при четырехукосном.

Таблица 25 – Накопление общего фосфора (P_2O_5) в корнях многолетних трав, кг/га

Вариант	2024 год		2025 год	
	3 укоса	4 укоса	3 укоса	4 укоса
1. Фестулолиум	24,43	16,32	21,81	21,78
2. Райграс пастбищный	21,04	15,03	20,09	21,33
3. Овсяница луговая	26,21	22,75	28,41	22,38
4. Фестулолиум + N_{120}	28,70	30,93	25,17	24,79
5. Райграс пастбищный + N_{120}	23,11	14,65	20,58	17,18
6. Овсяница луговая + N_{120}	24,05	21,07	27,79	20,96
7. Фестулолиум + клевер ползучий	24,92	24,79	23,98	21,80
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	22,85	17,18	23,04	20,04
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	26,38	17,24	31,95	22,83
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	32,81	22,76	33,92	20,45
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	28,80	19,97	25,79	22,00
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	33,05	34,34	36,30	23,69
НСР ₀₅	1,91	1,68	1,97	1,65

В 2025 году значения изменяются в диапазонах 82,22–99,12 ГДж/га и 76,00–94,74 ГДж/га при трех и четырех укосах за вегетацию соответственно (таблица 26). Как уже было отмечено ранее, режим трехукосного травопользования более выгоден с точки зрения накопления биомассы корней, а также концентрации элементов питания в ее составе. В результате преобладания трехукосного режима над четырехукосным по основным показателям продуктивности, наблюдается его превосходство также и в накоплении валовой энергии.

Таблица 26 – Накопление валовой энергии в корнях многолетних трав, ГДж/га

Вариант	2024 год		2025 год		В среднем
	3 укоса	4 укоса	3 укоса	4 укоса	
1. Фестулолиум	77,97	65,40	90,94	81,41	$\frac{*84,46}{73,41}$
2. Райграс пастбищный	64,45	51,46	79,44	75,80	$\frac{71,95}{63,63}$
3. Овсяница луговая	71,85	72,20	93,99	87,89	$\frac{82,92}{80,05}$
4. Фестулолиум + N_{120}	91,70	87,84	94,97	89,69	$\frac{93,34}{88,77}$
5. Райграс пастбищный + N_{120}	63,56	56,39	82,22	76,00	$\frac{72,89}{66,20}$
6. Овсяница луговая + N_{120}	76,57	73,52	95,43	88,19	$\frac{86,00}{80,86}$
7. Фестулолиум + клевер ползучий	80,01	69,02	91,07	83,65	$\frac{85,54}{76,34}$

Продолжение таблицы 26

8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	63,63	47,76	83,27	76,07	$\frac{73,45}{61,92}$
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	70,61	60,21	94,29	86,56	$\frac{82,45}{73,39}$
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	74,97	62,56	96,17	86,31	$\frac{85,57}{74,44}$
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	63,28	51,89	85,05	79,78	$\frac{74,17}{65,84}$
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	79,77	70,63	99,12	94,74	$\frac{89,45}{82,69}$
НСР ₀₅	6,15	5,51	7,53	6,89	$\frac{6,82}{6,16}$

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Заключение по главе 5

Многолетние травостои за второй год жизни сформировали от 2,59 до 5,01 т/га сухой массы корней. На третий год жизни показатели возросли до 4,17-5,47 т/га. Наибольшую продуктивность показывали лядвенце-злаковые травостои, особенно с участием овсяницы луговой и лядвенца рогатого (3,95-5,47 т/га).

По накоплению общего азота второй год жизни оказался результативнее третьего. Корнями долголетних травостоев было ассимилировано от 37,9-101,5 кг/га в 2024 году и 35,4-96,1 кг/га в 2025 году. Показатели накопления общего P₂O₅ оказались несколько ниже полученных коллективом ученых Научно-практического центра НАН Белоруссии по земледелию: 14,65 до 36,3 кг/га против 33,8-41,4 кг/га у зарубежных коллег.

На третий год жизни в корнях многолетних травостоев было накоплено от 82,22 до 99,12 ГДж/га валовой энергии. Бинарный травостой с участием лядвенца рогатого и овсяницы луговой накопил в среднем на 10% ОЭ, чем варианты со злаками без удобрений.

По массе сухого вещества корней, накоплению общего азота и фосфора, выхода обменной энергии трехукосный режим скашивания многолетних травостоев оказался эффективнее по сравнению с четырехукосным.

ГЛАВА 6. АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ПАСТБИЩНЫХ ТРАВСТОЕВ

6.1. Агроэнергетическая эффективность возделывали бобово-злаковых травосмесей с клевером ползучим и лядвенцем рогатым

Для того, чтобы оценить эффективность возделывания тех или иных травосмесей и одновидовых посевов недостаточно ограничиться сравнением только показателей их продуктивности. Существуют и другие критерии оценки сельскохозяйственных культур. Допускается сравнивать их посредством расчета экономических показателей – себестоимость, условный чистый доход, рентабельность – а также можно сравнивать варианты между собой на основе показателей агроэнергетической эффективности. В отрасли кормопроизводства к последним относят такие характеристики, как затраты совокупной энергии, затраты совокупной энергии на 1 ГДж ОЭ, агроэнергетический коэффициент.

Однако в условиях рыночной экономики приоритет отдается экономической оценке, поскольку любой сельхозтоваропроизводитель, вложивший денежные средства в производство той или иной продукции, должен окупить инвестиции и заработать на этом. При этом в реалиях постоянного изменения цен на товары и услуги энергетическая оценка эффективности как более стабильная величина может служить хорошим ориентиром для выбора наиболее эффективной стратегии возделывания культур.

Агроэнергетическая оценка приводит все величины к одной единице измерения – Джоуль, которая в Международной системе единиц измерения (СИ) является мерой энергии, работы и количества теплоты. Анализ агроэнергетических показателей также полезен тем, что учитывает вклад подземной массы травостоев в общее накопление энергии, оценивает энергетический потенциал почвенного плодородия и потоков энергии в агрофитоценозе в целом.

В период с 2023 по 2025 годы в условиях опыта совокупные затраты энергии в среднем находились в диапазоне 11,51–13,57 ГДж/га при трехукосном и 12,09–14,14 ГДж/га при четырехукосном использовании (таблица 27).

Таблица 27 – Агроэнергетическая эффективность возделывания многолетних трав, в среднем за 2023–2025 гг.

Вариант	Сбор СВ, т/га	Выход обменной энергии, ГДж/га	Затраты совокуп- ной энергии, ГДж/га	Затраты совокупной энергии (МДж) на 1 ГДж ОЭ	Агроэнерге- тический коэффициент
1. Фестулолиум	2,59	24,41	11,74	481,10	2,08
	2,47	23,32	12,33	528,70	1,89
2. Райграс пастбищный	2,36	21,63	11,51	532,22	1,88
	2,21	20,54	12,09	588,80	1,70
3. Овсяница луговая	2,3	21,49	11,71	544,85	1,84
	2,44	22,92	12,33	537,77	1,86
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	4,69	44,84	22,40	499,97	2,00
	4,76	45,14	23,00	509,63	1,96
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	4,5	42,41	22,17	522,74	1,91
	4,6	43,64	22,78	522,03	1,92
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	4,61	43,74	22,39	511,82	1,95
	4,8	46,06	23,01	499,56	2,00
7. Фестулолиум + клевер ползучий	5,22	50,33	13,19	262,15	3,81
	4,83	46,99	13,75	292,56	3,42
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	4,77	46,27	12,94	279,58	3,58
	4,66	45,35	13,52	298,19	3,35
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	5,01	48,43	13,17	271,92	3,68
	4,7	45,81	13,73	299,75	3,34
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	5,66	54,99	13,57	246,79	4,05
	5,27	50,9	14,12	277,49	3,60
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	5,31	51,14	13,33	260,56	3,84
	5,1	49,1	13,90	283,09	3,53
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	5,59	53,64	13,56	252,85	3,95
	5,43	52,61	14,14	268,84	3,72

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Более высокие затраты совокупной энергии на вариантах с четырехукосным режимом травопользования объясняются проведением большего количества скашиваний. Однако эта разница не столь высока за счет большей урожайности сухого вещества при трехукосном использовании, что в свою очередь, привело к повышению затрат на перевозку убранной массы с этих вариантов. Также наблюдается тенденция увеличения затрат совокупной энергии от вариантов с одновидовыми посевами злаков без удобрений (11,51-12,33 ГДж/га), далее к вариантам с бинарными клеверо-злаковыми травостоями (12,94-13,75 ГДж/га), затем идут лядвенце-злаковые травосмеси (13,33-14,14 ГДж/га), и самые большие значения наблюдаются на вариантах со злаками на фоне азотного питания (22,17-23,01 ГДж/га). Данная закономерность объясняется повышением энергозатрат на внесение минеральных удобрений, а в случае с бинарными травостоями – на перевозку большего урожая. Агроэнергетический коэффициент изменялся от 1,84 до 4,05 и от 1,70 до 3,72 при трех- и четырехукосном использовании соответственно. Таким образом, с точки зрения энергоэффективности проведение трех укосов за вегетацию оказалось эффективнее, чем четырех (таблица 27).

6.2. Экономическая эффективность возделывали бобово-злаковых травосмесей с клевером ползучим и лядвенцем рогатым

Для определения экономической целесообразности возделывания различных многолетних травостоев требуется рассчитать такие показатели, как прямые затраты, себестоимость 1 ЭКЕ, условный чистый доход и рентабельность.

В условиях опыта наименьших затрат требовали одновидовые посевы злаковых трав без внесения удобрений при трехукосном использовании – от 6182 до 6688 руб./га (таблица 28). В данном случае от 60 до 64% всех затрат приходится на капитальные вложения, которые включают в себя проведение мероприятий по подготовке почвы, посеву, а также внесению калийных удобрений в дозе K_{120} , что требовалось для восполнения его дефицита в почве.

Таблица 28 – Экономическая эффективность возделывания многолетних трав, в среднем за 2023-2025 гг.

Вариант	ЭЖЕ/га	Прямые затраты, руб./га	Себестоимость 1 ЭЖЕ, руб.	Условный чистый доход, руб./га	Рентабельность, %
1. Фестулолиум	2441	6688	2,74	15281	228,5
	2332	6566	2,82	14422	219,7
2. Райграс пастбищный	2163	6182	2,86	13285	214,9
	2054	6029	2,94	12457	206,6
3. Овсяница луговая	2149	6520	3,03	12821	196,6
	2292	6663	2,91	13965	209,6
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	4484	17028	3,80	23328	137,0
	4514	17100	3,79	23526	137,6
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	4241	16562	3,91	21607	130,5
	4364	16664	3,82	22612	135,7
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	4374	17075	3,90	22291	130,6
	4606	17268	3,75	24186	140,1
7. Фестулолиум + клевер ползучий	5033	11471	2,28	33826	294,9
	4699	11073	2,36	31218	281,9
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	4627	10740	2,32	30903	287,7
	4535	10628	2,34	30187	284,0
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	4843	11385	2,35	32202	282,9
	4581	11068	2,42	30161	272,5
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	5499	11044	2,01	38447	348,1
	5090	10646	2,09	35164	330,3
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	5114	10415	2,04	35611	341,9
	4910	10200	2,08	33990	333,2
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	5364	11100	2,07	37176	334,9
	5261	10937	2,08	36412	332,9

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Весьма дорого обошлось внесение минеральных удобрений, которое на вариантах с одновидовыми посевами злаков резко повысило прямые затраты до 16562 – 17268 руб./га. Причем такое резкое увеличение трат связано не только с внесением азотной подкормки, но и с большими затратами на перевозку более высокого урожая. Средними по величине между злаками без удобрений и на азотном фоне оказались прямые затраты на возделывание бобово-злаковых

травосмесей: от 10200 до 11471 руб./га, что обусловлено отсутствием необходимости во внесении удобрений, но довольно высокой урожайностью данных травостоев. Себестоимость 1 ЭКЕ была наименьшей на лядвенце-злаковых травостоях и составляла 2,01–2,07 руб. при трехукосном и 2,08–2,09 руб. при четырехукосном использовании, что оказалось в 1,9 раз дешевле, чем на вариантах со злаками с применением удобрений и в 1,4 раза дешевле одновидовых посевов многолетних злаковых трав без дополнительного азотного питания. Бинарные травосмеси с клевером ползучим также показали неплохие результаты, однако все же уступали лядвенцу рогатому в сочетании со злаками (2,28–2,42 руб.).

На вариантах, укашиваемых 3 раза за вегетационный период, рентабельность изменялась в пределах от 130,5 до 348,1%. При выполнении четырех укосов данный показатель варьировал от 135,7 до 333,2%. По вариантам наилучшую рентабельность показывал лядвенец в смеси со злаками (330,3–348,1%), на втором месте оказались клеверо-злаковые травосмеси (272,5–294,9%), далее по эффективности идут одновидовые посевы злаков без внесения минеральных удобрений (196,6–228,5%), и наименьшей рентабельностью характеризуются злаковые травостои с внесением N_{120} минерального азота (130,5–140,1%).

Заключение по главе 6

Результаты агроэнергетического и экономического анализа однозначно показывают, что с точки зрения оптимальности энергетических и экономических затрат самым выгодным режимом травопользования является трехукосный. Агроэнергетически он на 10%, а экономически на 5% в среднем более эффективен, чем четырехукосный тип скашивания.

Внесение минеральных азотных удобрений на одновидовых злаковых травостоях в дозе N_{120} нецелесообразно, поскольку приводит к значительному росту затрат совокупной энергии, при этом не окупается прибавкой урожая, создавая тем самым рекордно низкие показатели рентабельности (130,5–140,1%), которые в 2,5 раза меньше таковых на лядвенце-злаковых травостоях.

Наиболее рационально выращивать бинарные люцерно-злаковые травосмеси, обеспечивающие рентабельность на уровне 330,3–348,1% и агроэнергетический коэффициент в диапазоне от 3,53 до 4,05.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На кислой дерново-подзолистой почве на 2-3-й годы жизни бинарные бобово-злаковые травостои с лядвенцем рогатым и клевером ползучим формировали устойчивые агрофитоценозы с урожайностью от 5,08 до 8,49 т/га сухой массы. Лядвенце-злаковые травостои превзошли по продуктивности клеверо-злаковые травосмеси на 10,9%. Травосмеси лядвенца рогатого и клевера ползучего с фестулолиумом и овсяницей луговой давали на 4,9% больше кормов, чем с райграсом пастбищным.

2. Внесение азотных удобрений в дозе N_{120} способствовало увеличению урожайности одновидовых травостоев фестулолиума, райграса пастбищного и овсяницы луговой в среднем в 2,2 раза, однако они уступали лядвенце-злаковым агрофитоценозам по сбору корма на 15,7%.

3. Основными компонентами бинарных бобово-злаковых травостоев были лядвенец рогатый и клевер ползучий. На 2-3 годы жизни при проведении 3-х укосов за вегетацию их доля в ботаническом составе составляла 45,4–57,3%, при проведении 4-х укосов – 44,2–61,0% соответственно. Доля несеяных трав в ботаническом составе бобово-злаковых агрофитоценозов не превышала 5,1%.

4. Для бобово-злаковых травостоев увеличение числа укосов с трех до четырех приводило к достоверному снижению урожайности в среднем на 5%. Различия в накоплении обменной энергии по режимам скашивания незначительны во всех вариантах, кроме травостоя с фестулолиумом и лядвенцем рогатым. Наибольшее накопление обменной энергии показывают лядвенце-злаковые травостои – 147,29–164,97 ГДж/га.

5. При интенсивных трех- и четырехкратном режимах использования бобово-злаковые травостои обеспечивали получение качественных зеленых кормов с содержанием в сухой массе 13,58–16,91% сырого протеина, 25,26–29,15% сырой клетчатки, 0,25–0,35% фосфора и 0,72–1,20% кальция. В удобряемых злаковых травах содержание сырого протеина не превышало 9,17–11,27%, а при внесении N_{120} его концентрация возрастала в 1,3–1,6 раза. Содержание обменной энергии в среднем варьировалось от 9,19 до 9,72 МДж/кг СВ для трехукосного использования

и от 9,29 до 9,80 МДж/кг СВ для четырехукосного. Существенных различий между режимами скашивания не выявлено.

6. Клеверо- и лядвенце-злаковые травостои на 2-3-й годы жизни фиксировали каждый год в урожае зеленой массы 87,2–157,2 кг/га симбиотического азота, при этом лядвенец рогатый характеризовался на 25,3% более высокой азотфиксирующей способностью, чем клевер ползучий.

7. На третий год жизни в пахотном слое почвы, глубиной до 20 см, было накоплено от 4,17 до 5,47 т/га сухой массы корней. Лядвенце-злаковые травостои превзошли по корневой массе клеверо-злаковые агрофитоценозы на 5,1%. В подземной массе бобово-злаковых травостоев содержалось 54,9-101,5 кг/га азота, что на 19 % больше, чем в корнях злаков при внесении N_{120} .

8. Бобово-злаковые травостои с участием лядвенца рогатого обеспечивают получение кормов с самой низкой себестоимостью 1 ЭКЕ – 2,01–2,09 руб. и наибольшим агроэнергетическим коэффициентом – 3,53–4,05. При возделывании одновидовых злаковых травостоев с внесением минерального азота в дозе N_{120} агроэнергетический коэффициент снижался до 1,91-2,00, а себестоимость возрастала до 3,75-3,91 руб. С агроэнергетической и экономической точек зрения трехукосный режим скашивания оказался на 10 и 5% соответственно более эффективным, чем четырехукосный режим использования.

Рекомендации производству

Для создания на кислых дерново-подзолистых почвах устойчивых агрофитоценозов с урожайностью сухого вещества 6,7–8,5 т/га рекомендуется:

1. Высеивать двухкомпонентные травосмеси лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко с фестулолиумом (*Festulolium* F. Asch. et Graebn) сорта ВИК 90 или овсяницей луговой (*Festuca pratensis* L.) сорта Свердловская 37. Норма высева лядвенца – 9 кг/га, фестулолиума и овсяницы – по 8 кг/га всхожих семян.

2. Применять трехкратный режим использования лядвенце-злаковых травостоев, обеспечивающий равное поступление высококачественных зеленых

кормов в течение пастбищного периода и оптимальное соотношение урожайности и энергозатрат.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В современных условиях увеличения засушливости климата дальнейшие исследования будут направлены на разработку агротехнических приемов повышения продуктивного долголетия пастбищных травостоев за счет расширения видового состава многокомпонентных бобово-злаковых травосмесей, оптимизации режимов орошения и минерального питания для стабилизации продуктивности травостоев в условиях неравномерного распределения атмосферных осадков, оценки долгосрочной динамики плодородия кислых дерново-подзолистых почв при длительном возделывании бобово-злаковых агрофитоценозов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абасов, Ш.М. Агроэнергетическая оценка возделывания многолетних бобовых трав / Ш.М. Абасов, М.Ш. Абасов, М.Ш. Гаплаев, А.Х. Козырев, Л.Ж. Басиева // Нива Поволжья. – 2025. – № 2(74). DOI: 10.36461/NP.2025.74.2.004.
2. Андреев, Н.Г. Ботанический состав травостоев культурных пастбищ и сенокосов при внесении повышенных норм азотных удобрений / Н.Г. Андреев, Н.Н. Лазарев, Н.А. Гиленко, С.С. Кулюкин // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 1987. – № 3. – С. 11-17.
3. Анисимова, Т.Ю. Агроэкономическая и энергетическая оценка приемов выращивания многолетних трав на выработанном торфянике / Т.Ю. Анисимова // Владимирский земледелец. – 2021. – № 3(97). – С. 4-9. DOI: 10.24412/2225-2584-2021-3-4-9.
4. Афанасьев, Р.А. Сравнительная эффективность систем удобрения / Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая // Агрохимия. – 2021. – № 2. – С. 31-36. DOI: 10.31857/S0002188121020034.
5. Ахметова, М.А. Эффективность симбиотической азотфиксации на бобовых культурах в условиях Кабардино-Балкарской республики / М.А. Ахметова, Б.М. Князев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2025. – № 117. – С. 66-70. DOI: 10.21515/1999-1703-117-66-70.
6. 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. DOI: 10.26898/0370-8799-2025-6-7.
7. Барабанов, А.Т. Эффективность применения кулис из сельскохозяйственных растений в системе стокорегулирующих лесополос / А.Т. Барабанов, А.В. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 41-47. DOI: 10.32786/2071-9485-2019-01-4.

8. Батукаев, А.Л. Симбиотическая фиксация азота и доля его участия в питании многолетних бобовых трав / А.Л. Батукаев, М.Ш. Гаплаев, А.Х. Козырев // Вестник аграрной науки. – 2025. – №. 6 (117). – С. 3-12. DOI: 10.24412/2587-666X-2025-6-3-12.
9. Благовещенский, Г.В. Современное кормопроизводство в европейском сельском хозяйстве / Г.В. Благовещенский, В.В. Конончук, С.В. Соболев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 3. – С. 33-47. DOI: 10.34677/0021-342X-2019-3-33-47.
10. Богатырёва, Е.В. Содержание основных элементов питательности и минерального состава в зависимости от видового набора укосных трав в условиях Вологодской области / Е.В. Богатырёва, П.А. Фоменко // Сельскохозяйственный журнал. – 2023. – №. 1 (16). – С. 12-24. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/002.1.16.2023.
11. Бойко, В.В. Качество сена в зависимости от состава трав / В.В. Бойко, Т.А. Скакун // Актуальные вопросы сельскохозяйственного производства : материалы Международной научно-практической конференции студентов и магистрантов, г. Витебск, 30 октября 2019 г. / Витебская государственная академия ветеринарной медицины ; ред. Н. И. Гавриченко [и др.]. – Витебск : ВГАВМ, 2019.
12. Бортник, Т.Ю. Последствие длительного использования систем удобрения на показатели плодородия почвы / Т.Ю. Бортник, К.С. Клековкин, А. Ю. Карпова, А.С. Башков // Плодородие. – 2022. – № 3(126). – С. 42-45. DOI: 10.25680/S19948603.2022.126.12.
13. Винокуров, И.Ю. Особенности использования многолетних трав в шестипольных севооборотах адаптивно-ландшафтных систем земледелия / И.Ю. Винокуров, О.С. Чернов, В.В. Шаркевич // Владимирский земледелец. – 2025. – № 1(111). – С. 4-14. DOI: 10.24412/2225-2584-2025-4-14.
14. Гребенников, В.Г. Подбор многолетних трав для ускоренного восстановления низкопродуктивных пастбищ и сенокосов / В.Г. Гребенников, И.А. Шипилов, О.В. Хонина // Сельскохозяйственный журнал. – 2020. – № 4(13). – С. 4-14. DOI: 10.25930/2687-1254/001.4.13.2020.

15. Гребенников, В.Г. Продуктивное долголетие бобово-злаковых травосмесей в зоне сухих степей / В.Г. Гребенников // Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях : материалы II Международной научной конференции, посвященной 75-летию ФГБНУ «Чеченский НИИСХ», Грозный, 28–29 февраля 2020 года / ФГБНУ «Чеченский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»; ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет»; ФГБУН «Комплексный научно-исследовательский институт им. Х.И. Ибрагимова РАН». – Грозный: Чеченский государственный университет, 2020. – С. 16-18. DOI: 10.36684/22-2020-1-16-18.

16. Гребенников, В.Г. Способы улучшения низкопродуктивных сенокосов и пастбищ в засушливых районах / В.Г. Гребенников, И.А. Шипилов, О.В. Хонина, Л.Р. Ашибокова // Аграрная наука. – 2021. – № 7-8. – С. 81-84. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-81-84.

17. Гребенников, В.Г. Урожайность озимой пшеницы и средообразующий потенциал многолетних бобовых трав как фактор биологизации земледелия / В.Г. Гребенников, И.А. Шипилов, О.В. Хонина // Аграрный вестник Урала. – 2019. – №. 10(189). – С. 2-8. DOI: 10.32417/article_5db42e4384a391.73824239.

18. Гребенников, В.Г. Фотосинтетическая деятельность и агроэнергетическая эффективность выращивания многолетних трав при разных режимах использования травостоя / В.Г. Гребенников, И.А. Шипилов, О.В. Хонина // Аграрный вестник Урала. – 2020. – № 7(198). – С. 2-11. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-198-7-2-11.

19. Донских, Н.А. Урожайность многолетних злаковых травостоев и качество сырья в зависимости от срока скашивания в условиях Ленинградской области / Н.А. Донских, А.А. Лозовой // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 58. – С. 14-19. DOI: 10.24411/2078-1318-2020-11014.

20. Дронова, Т.Н. Бобово-мятликовые травосмеси в кормлении молочного скота голштино-фризской породы / Т.Н. Дронова, М.И. Карпов, Д.К. Кулик //

Орошаемое земледелие. – 2020. – № 4. – С. 37-40. DOI: 10.35809/2618-8279-2020-4-9.

21. Евстратова, Л.П. Влияние режимов скашивания на продуктивность и питательную ценность многолетних травостоев / Л.П. Евстратова, Г.В. Евсеева, С.Н. Смирнов, А.И. Камова // Кормопроизводство. – 2019. – №. 6. – С. 18-22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32188.

22. Евстратова, Л.П. Современное состояние и пути повышения эффективности кормопроизводства в Карелии / Л.П. Евстратова, Г.В. Евсеева, С.Н. Смирнов, Г.А. Катричко // Кормопроизводство. – 2018. – №. 12. – С. 6-9. DOI: 10.25685/KRM.2018.2018.21816.

23. Жезмер, Н.В. Экономическая эффективность долголетнего многоукосного использования разнопоспевающих злаковых травостоев для заготовки сенажа / Н.В. Жезмер // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : Сборник научных трудов . Том Выпуск 25 (73). – Лобня : Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса, 2021. – С. 87-93. DOI: 10.33814/МАК-2021-25-73-87-93. 6

24. Жезмер, Н.В. Энергосберегающая укосная технология с долголетними разнопоспевающими злаковыми травостоями / Н.В. Жезмер // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – №. 4. – С. 16-25. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-4-16-25.

25. Завалин, А.А. Биологический и минеральный азот в земледелии России / А. А. Завалин. – Москва : Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2022. – 256 с. – ISBN 978-5-9238-0268-9.

26. Завалин, А.А. Коэффициент использования растениями азота удобрений и его регулирование / А.А. Завалин, О.А. Соколов // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2019. – №. 4. – С. 71-75. DOI: 10.24411/2587-6740-2019-14070.

27. Завалин, А.А. Роль биологического азота в земледелии России / А.А. Завалин, Л.А. Свиридова // Агрохимия. – 2024. – № 8. – С. 1-6. DOI: 10.31857/S0002188124080019.

28. Зезин, Н.Н. Белково-энергетический коэффициент как показатель эффективности отрасли кормопроизводства / Н.Н. Зезин, М.А. Намятов // Кормопроизводство. – 2019. – № 6. – С. 12-17. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.32187.
29. Змеева, О.Н. *Lotus corniculatus* L. - перспективный вид рода *Lotus* L. / О.Н. Змеева, Н.Э. Коломиец, Н.Ю. Абрамец, Р.А. Бондарчук // Химия растительного сырья. – 2017. – № 4. – С. 5-14. DOI: 10.14258/jcprm.2017041779s.
30. Золкина, Е.И. Агроэкологическая оценка влияния длительного применения систем удобрений на урожайность однолетнего люпина в условиях Мещерской низменности / Е.И. Золкина // Владимирский земледелец. – 2020. – № 4(94). – С. 7-13. DOI: 10.24411/2225-2584-2020-10138.
31. Золотарев, В.Н. Биологические особенности плодообразования и формирования урожая семян лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) / В.Н. Золотарев // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 1. – С. 30-44. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-30-44.
32. Золотарев, В.Н. Отличительные особенности нового сорта фестулолиума Айвенго / В.Н. Золотарев, О.В. Трухан, В.Л. Коровина // Адаптивное кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 6-20. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2023-1-6-20.
33. Золотарев, В.Н. Хозяйственно полезные признаки и особенности возделывания тетраплоидного сорта овсяницы луговой Бинара / В.Н. Золотарев // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С. 31-43. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2021-2-31-43.
34. Ибрагимов, А.В. Содержание протеина, кальция, фосфора и каротина в кормах сельскохозяйственных животных в условиях Нахчыванской Автономной Республики / А.В. Ибрагимов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 9 (215). – С. 65-72. DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-65-72.
35. Ибрагимов, А.В. Ценность сена, заготовленного в разные фазы развития люцерны / А.В. Ибрагимов, М.М. Магеррамов // Бюллетень науки и практики. – 2024. – Т. 10. – № 8. – С. 169-175. DOI: 10.33619/2414-2948/105/19.

36. Ибрагимов, К.М. Продуктивность эспарцета песчаного в двух-трёхкомпонентных фитомелиоративных агрофитоценозах в условиях Кизлярских пастбищ / К.М. Ибрагимов, И.Р. Гамидов, М.А. Умаханов // Кормопроизводство. – 2019. – № 7. – С. 23-27. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.34531.

37. Иванова, М.В. Создание многолетних высокопродуктивных травостоев на основе лядвенца рогатого в условиях Костромской области / М.В. Иванова, А.А. Плотников // Агротехнический вестник. – 2019. – № 1. – С. 63-67. DOI: 10.24411/0235-2516-2019-10015.

38. Иванова, Н.Н. Перспективные травосмеси для пастбищного использования на осушаемых землях Нечерноземной зоны / Н.Н. Иванова, О.Н. Анциферова, А.Д. Капсамун, Е.Н. Павлючик, Н.Н. Амбросимова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21. – №. 5. – С. 549-560. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.5.549-560.

39. Иванова, Н.Н. Устойчивость многолетних трав при длительном использовании в условиях осушаемых земель Нечерноземной зоны / Н.Н. Иванова, А.Д. Капсамун, Е.Н. Павлючик, Д.А. Вагунин, Н.Н. Амбросимова // Бюллетень науки и практики. – 2019. – Т. 5. – №. 4. – С. 189-196. DOI: 10.33619/2414-2948/41/23.

40. Ивонин, В.М. Теория и опыт агрофитомелиорации земель: аналитический обзор / В.М. Ивонин, И.В. Воскобойникова // Региональные геосистемы. – 2025. – Т. 49, № 1. – С. 53-68. DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-1-53-68.

41. Каипов, Я.З. Бобово-злаковые многолетние травосмеси в биологизации земледелия в степи Южного Урала / Я.З. Каипов, Х.М. Сафин // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2019. – № 3. – С. 19-23. DOI: 10.31040/2222-8349-2019-0-3-19-23.

42. Касаткина, Н.И. Особенности роста и развития многолетних трав на основе клевера лугового тетраплоидного / Н.И. Касаткина, Ж.С. Нелюбина // Аграрная наука евро-северо-востока. – 2019. – Т. 20. – №. 3. – С. 247-255. DOI: 10.30766/2072-9081.2019.20.3.247-255.

43. Кидин, В.В. Система удобрения : учебник для бакалавров, обучающихся по направлению 110100 "Агрохимия и агропочвоведение" / В.В. Кидин ; М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Российский гос. аграрный ун-т - МСХА им. К. А. Тимирязева. – Москва : Изд-во РГАУ - МСХА, 2012. – 534 с. – ISBN 978-5-9675-0615-4. EDN: QLCYUH.

44. Кирюхин, С.В. Соотношение высоты травостоя различных видов трав с их кормовой продуктивностью при многолетнем использовании / С.В. Кирюхин, З.А. Зарьянова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – №. 2 (38). – С. 115-122.

45. Клыга, Е.Р. Влияние компонентного состава на урожайность пастбищных травостоев с участием *Festulolium loliaceum* при возделывании в условиях Республики Беларусь / Е.Р. Клыга // Владимирский земледелец. – 2025. – № 1(111). – С. 32-39. DOI: 10.24412/2225-2584-2025-32-39.

46. Козлова, Л.М. Биоэнергетическая эффективность фитоагроценозов при возделывании многолетних бобово-злаковых трав / Л.М. Козлова, А.К. Свечников // Земледелие. – 2022. – № 1. – С. 14-19. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-1-14-19.

47. Козырева, М.Ю. Формирование симбиотического аппарата люцерны в зависимости от типа азотного питания / М.Ю. Козырева, Л.Ж. Басиева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15, № 1(57). – С. 10-16. DOI: 10.12737/2073-0462-2020-10-16.

48. Колесник, Н.С. Влияние различных классов танинов на метаногенез у жвачных животных (обзор) / Колесник Н.С., Боголюбова Н.В., Зеленченкова А.А. // Сельскохозяйственная биология. – 2024. – Т. 59. – №. 2. – С. 221-236. DOI: 10.15389/agrobiology.2024.2.221rus.

49. Коломейченко, В.В. Оценка кормовых угодий на овражно-балочных системах среднерусской возвышенности / В.В. Коломейченко, Е.В. Князева // Российская сельскохозяйственная наука. – 2018. – № 5. – С. 36-40. DOI: 10.31857/S250026270000641-0.

50. Конончук, В.В. Эффективность и оптимизация систем удобрения в севооборотах с разной долей многолетних трав на дерново-подзолистой почве

центра Нечерноземной зоны России / В.В. Конончук, В.Д. Штырхунов, Г.В. Благовещенский, С.М. Тимошенко, Т.О. Назарова // *Агрохимия*. – 2020. – №. 7. – С. 36-46.

51. Корелина, В.А. Создание бобово-злаковых травостоев с использованием люцерны синегибридной в условиях субарктической зоны РФ / В.А. Корелина // *Эффективное животноводство*. – 2019. – №. 6 (154). – С. 76-79. DOI: 10.24411/9999-007A-2019-1050.

52. Косолапов, В.М. Достижения ФНЦ "ВИК имени В.Р. Вильямса" в изучении кормовых растений / В.М. Косолапов, В.И. Чернявских // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. – 2023. – № 1. – С. 34-38. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/1/34-38.

53. Косолапов, В.М. Исторические аспекты становления и развития лугового кормопроизводства в России и его перспективы в XXI веке / В.М. Косолапов, А.А. Кутузова // *Кормопроизводство*. – 2022. – № 2. – С. 3-8. DOI: 10.25685/krm.2022.2.2022.008.

54. Косолапов, В.М. Минеральные элементы в кормах и методы их анализа / В.М. Косолапов, В.А. Чуйков, Х.К. Худякова, В.Г. Косолапова. – Москва : Угрешская типография, 2019. – 272 с. – ISBN 978-5-91850-037-8. –DOI: 10.33814/monography_1654.

55. Косолапов, В.М. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России / В.М. Косолапов, В.И. Чернявских, С.И. Костенко // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2021. – Т. 25, № 4. – С. 401-407. DOI: 10.18699/VJ21.044.

56. Косолапов, В.М. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России / В.М. Косолапов, В.И. Чернявских, С.И. Костенко // *Кормопроизводство*. – 2022. – № 10. – С. 3-8. – EDN VEFYUB.

57. Кутузова, А.А. Инновационный ресурс производства высококачественных объемистых кормов на природных сенокосах / А.А. Кутузова, Д.М. Тебердиев, А.В. Родионова, Н.В. Жезмер, Е.Е. Проворная // *Достижения науки*

и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 2. – С. 40-43. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10210.

58. Кутузова, А.А. Основные направления развития лугового кормопроизводства в России / А.А. Кутузова, Д.М. Тебердиев, К.Н. Привалова, А.В. Родионова, Е.Е. Проворная, Н.В. Жезмер // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 2. – С. 17-20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10204.

59. Кутузова, А.А. Эффективность бобово-злаковых травостоев при использовании новых сортов для создания культурных пастбищ в нечерноземной зоне / А.А. Кутузова, Е.Е. Проворная, Е.Г. Седова, Н.С. Цыбенко // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : Сборник научных трудов. Том 22 (70). – Москва : Угрешская типография, 2020. – С. 5-13. DOI: 10.33814/МАК-2020-22-70-5-13.

60. Кутузова, А.А. Эффективность затрат антропогенной энергии при создании и использовании бобово-злаковых травостоев для культурного пастбища / А.А. Кутузова, Е.Е. Проворная, Н.С. Цыбенко // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. Том Выпуск 21 (69). – Москва : ООО «Угреша Т», 2019. – С. 62-69. DOI: 10.33814/МАК-2019-21-69-62-69.

61. Лазарев, Н.Н. Влияние азотных удобрений на урожайность пастбищных травосмесей на основе райграса пастбищного, ежи сборной и клевера ползучего / Н.Н. Лазарев, Т.В. Костинова, А.И. Беленков // Плодородие. – 2016. – №. 3(90). – С. 24-27. EDN: WBFERF.

62. Лазарев, Н.Н. Люцерна в системе устойчивого кормопроизводства / Н.Н. Лазарев, О.В. Кухаренкова, Е.М. Куренкова // Кормопроизводство. – 2019. – № 4. – С. 18-25. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.28246.

63. Лазарев, Н.Н. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) в органическом пастбищном хозяйстве / Н.Н. Лазарев, Е.М. Куренкова, О.В. Кухаренкова, А.А. Климов, С.А. Дикарева, А.Ю. Бойцова // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 3-11. – EDN OFVQSD.

64. Лазарева, В.Г. Индикаторная роль растительности при мелиорации аридных ландшафтов Прикаспия (на примере республики Калмыкия) / В.Г.

Лазарева, В.А. Бананова, Ч.С. Харитонов, И.А. Горяев, Н.В. Зунг // Юг России: экология, развитие. - 2016. - Т. 11. - № 3. - С. 151–164. DOI: 10.18470/1992-1098-2016-3-151-164.

65. Лапенко, Н.Г. К вопросу создания новых многокомпонентных продуктивных агроценозов / Н.Г. Лапенко // Вестник АПК Ставрополя. – 2021. – № 3(43). – С. 31-35. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-31-35.

66. Лапенко, Н.Г. Присельские пастбища-важная кормовая база для животных индивидуального сектора / Н.Г. Лапенко, Л.Р. Оганян // Аграрный вестник Урала. – 2019. – №. 11(190). – С. 9-17. DOI: 10.32417/article_5dcd861e318036.10746233.

67. Лапенко, Н.Г. Степные экосистемы Ставрополя и вопросы их сохранения / Н.Г. Лапенко, М.А. Старостина // Степи Северной Евразии : материалы девятого международного симпозиума, Оренбург, 07–11 июня 2021 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2021. – С. 432-437. DOI: 10.24412/cl-36359-2021-432-437.

68. Лукашов, В.Н. Многолетние бобово-злаковые агрофитоценозы –основа полевого кормопроизводства в Центральном районе Нечерноземной зоны / В.Н. Лукашов, Т.Н. Короткова, А.Н. Исаков // Научные труды по агрономии Scientific Works on Agronomy. – 2019. – С. 21. DOI: 10.35244/2658-7963-2021-5-1-21-31.

69. Макаров, В.И. Сравнительная продуктивность смесей бобовых и злаковых трав в Тульской области / В.И. Макаров, Е.П. Князева, В.В. Коломейченко // Вестник аграрной науки. – 2019. – № 5(80). – С. 3-9. DOI: 10.15217/issn2587-666X.2019.5.3.

70. Макаров, М.И. Симбиотическая азотфиксация бобовыми растениями альпийских экосистем: вегетационный эксперимент / М.И. Макаров, В.Г. Онопченко, Т.И. Малышева, А.Г. Зуев, Тиунов А.В. // Экология. – 2021. – № 1. – С. 12-20. DOI: 10.31857/S0367059721010091.

71. Мерзлая, Г.Е. Исследование устойчивости агроценозов при длительном применении удобрений на дерново-подзолистой почве / Г.Е. Мерзлая // Почвоведение. – 2021. – № 3. – С. 355-362. DOI: 10.31857/S0032180X21030126.

72. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. – 156 с.
73. Некрасов, Р.В. Агроэкологические основы химической мелиорации почв / Р.В. Некрасов, М.М. Овчаренко, Н.И. Аканова // Земледелие. – 2019. – № 4. – С. 3-7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10401.
74. Нелюбина, Ж.С. Зависимость продуктивности козлятника восточного и лядвенца рогатого от способа посева / Ж.С. Нелюбина, И.Ш. Фатыхов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 4. – С. 49-52. DOI: 10.30850/vrsn/2019/4/49-52.
75. Нелюбина, Ж.С. Фотосинтетическая деятельность лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) в зависимости от агротехнических приемов в Среднем Предуралье / Ж.С. Нелюбина, Н.И. Касаткина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 6(67). – С. 96-101. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.96-101.
76. Новосёлов, М.Ю. Оценка кормовой продуктивности перспективных селекционных образцов многолетних клеверов и лядвенца рогатого / М.Ю. Новоселов, Л.В. Дробышева, Г.П. Зятчина, Р.Г. Писковацкая, Е.В. Толмачева, О.А. Старшинова, А.М. Макаева // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 2. – С. 25-28. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10206. 11
77. Образцов, В.Н. Фестулолиум в травосмесях с бобовыми травами / В.Н. Образцов, Д.И. Щедрина, С.В. Кадыров // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14. - № 3(70). – С. 70-76. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_3_70.
78. Окорков, В.В. Роль трав 1-го года пользования в накоплении азота на серых лесных почвах / В.В. Окорков, Л.А. Окоркова, А.А. Козлов, В.И. Щукина // Владимирский земледелец. – 2023. – № 4(106). – С. 41-52. DOI: 10.24412/2225-2584-2023-4106-41-52.
79. Онучина, О.Л. Устойчивость сортов клевера лугового к стрессовым факторам кислой дерново-подзолистой почвы / О.Л. Онучина, И.А. Корнева // Сельское хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 1-8. DOI: 10.7256/2453-8809.2018.2.28120.

80. Павлючик, Е.Н. Агробиоценозы на основе перспективных сортов клевера лугового на осушаемых землях Нечерноземья / Е.Н. Павлючик, А.Д. Капсамун, Н.Н. Иванова, Т.Н. Пантелеева, Н.А. Епифанова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – Т. 21, № 2. – С. 152-159. DOI: 10.30766/2072-9081.2020.21.2.152-159.

81. Пак, Л.Н. Многолетние травы семейства Бобовые (*Fabaceae* L.) - как основная база развития кормопроизводства Нечерноземья (обзор) / Л.Н. Пак, Д.А. Иванов, М.В. Рублюк // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2024. – Т. 25, № 5. – С. 754-769. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.754.

82. Петрова, Л.И. Влияние удобрений на агрохимические показатели плодородия почвы и продуктивность севооборота / Л.И. Петрова, Ю.И. Митрофанов, М.В. Гуляев, Н.К. Первушина // Плодородие. – 2021. – № 5(122). – С. 8-11. DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.02.

83. Писковацкая, Р.Г. Селекция клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) на продуктивность и устойчивость в пастбищных травостоях / Р.Г. Писковацкая, А.М. Макаева // Адаптивное кормопроизводство. - 2017. - № 4. - С. 76–81. EDN: ZWKNTZ

84. Пищулин, Д.Н. Качественные показатели кормов на основе фестулолиума различных сортов, возделываемых в условиях лесостепи Центрального Черноземья / Д.Н. Пищулин, В.Н. Образцов // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2025. – Т. 18. – №. 2. – С. 85. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2025_2_20.

85. Подлесных, И.В. Новый подход в методологии формирования структуры севооборотов с учетом противозерозионной роли сельскохозяйственных культур / И.В. Подлесных, Ю.А. Соловьева // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 11. – С. 21-25. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-11103.

86. Попов, Ф.А. Совершенствование технологий возделывания овса в условиях Кировской области / Ф.А. Попов, Л.М. Козлова, Е.Н. Носкова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 2(63). – С. 64-68. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.64-68. 12

87. Посыпанов, Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г.С. Посыпанов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 268 с.
88. Привалова, К.Н. Баланс основных элементов питания в многовариантных пастбищных агроэкосистемах с долголетними фитоценозами / К.Н. Привалова // Кормопроизводство. – 2023. – № S11. – С. 17-20. DOI: 10.25685/krm.2023.11.2023.001.
89. Прудников, А.Д. Направления повышения урожайности кормовых культур и качества кормов в Нечерноземной зоне России / А. Д. Прудников, А. Г. Прудникова, А. Ю. Коржов, Е. А. Савина // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 11. – С. 53-55.
90. Прядыльщикова, Е.Н. Многолетние травы пастбищного использования для адаптивного кормопроизводства Вологодской области / Е.Н. Прядыльщикова, В.В. Вахрушева, О.О. Чернышева // АгроЗооТехника. – 2022. – Т. 5, № 4. DOI: 10.15838/alt.2022.5.4.1.
91. Рыбашлыкова, Л.П. Мониторинг сукцессионных изменений пастбищных фитоценозов в «потухших» очагах дефляции Северо-Западного Прикаспия / Л.П. Рыбашлыкова, А.И. Беляев, А.М. Пугачёва // Юг России: экология, развитие. - 2019. - № 14(4). - С. 78–85. DOI: 10.18470/1992-1098-2019-4-78-85.
92. Рыбашлыкова, Л.П. Урожайность и питательная ценность кормовой массы фитоценозов лесопастбищ на песках Терско-Кумского междуречья / Л.П. Рыбашлыкова, С.Н. Сивцева, Т.Ф. Маховикова // Растительные ресурсы. – 2021. – Т. 57, № 3. – С. 224-232. DOI: 10.31857/S0033994621030079.
93. Сабанова, А.А. Обогащение каштановых почв органическим веществом при возделывании бобовых трав и амаранта / А.А. Сабанова, Д.Т. Калицева, А.Х. Козырев, А.Г. Ваниев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 59-1. – С. 12-19. DOI: 10.54258/20701047_2022_59_1_12.
94. Седова, Е.Г. Последействие известкования на урожайность сеяного травостоя в условиях дерново-подзолистой почвы / Е. Г. Седова, В. А. Чуйков, Е. Е.

Проворная, Д. М. Тебердиев // Адаптивное кормопроизводство. – 2025. – № 2. – С. 15-20. DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2025-2-15-20.

95. Скируха, А.Ч. Корневые и пожнивные остатки полевых культур в севообороте как резерв повышения содержания основных элементов минерального питания в почве / А.Ч. Скируха, Л.Н. Грибанов, А.А. Усеня // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2022. – №. 53. – С. 13-19.

96. Смурыгин, М.А. Методические указания по селекции многолетних трав / М.А. Смурыгин, А.С. Новоселова, А.М. Константинова [и др.]. – Москва : Подразделение оперативной полиграфии ВИК, 1985. – 188 с. – EDN TGAPPJ.

97. Степанов, А.Ф. Азотфиксирующая способность и роль бобовых трав в биологизации земледелия / А. Ф. Степанов, С. П. Чибис, В. В. Христинич, С.Н. Александрова, С.Ю. Храмов // Земледелие. – 2023. – № 1. – С. 18-22. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-1-18-22.

98. Тебердиев, Д.М. Агроэнергетическая эффективность технологий создания и использования долголетнего сенокоса / Д.М. Тебердиев, А.В. Родионова, М.А. Щанникова, С.А. Запивалов // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : Сборник научных трудов . Том Выпуск 25 (73). – Лобня : Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса, 2021. – С. 94-100. DOI: 10.33814/МАК-2021-25-73-94-100.

99. Трофимов, И.А. Травяные экосистемы в агроландшафтах Мичуринского округа Среднерусской провинции лесостепной зоны Центрального Черноземья России / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : Сборник научных трудов. Том 24 (72). – Москва : Угрешская типография, 2020. – С. 49-53. DOI: 10.33814/МАК-2020-24-72-49-53.

100. Тюлин, В.А. Фитоценотические особенности многолетних агроценозов / В.А. Тюлин, В.П. Сутягин // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 12. – С. 110-116. – EDN XHNSKFL.

101. Тяжкороб, А.Р. Продуктивность бинарных бобово-злаковых травосмесей с лядвенцем рогатым (*Lotus corniculatus* L.) и клевером ползучим

(*Trifolium repens* L.) на кислых дерново-подзолистых почвах. / А.Р. Тяжкороб, А.В. Шитикова, Н.Н. Лазарев // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2026;(1):99-115. DOI: 10.26897/0021-342X-2026-1-99-115.

102. Тяжкороб, А.Р. Урожайность и химический состав бобово-злаковых пастбищных травосмесей с лядвенцем рогатым и клевером ползучим [Электрон. ресурс] / А.Р. Тяжкороб, И.И. Дмитриевская, С.Л. Белопухов, Н.Н. Лазарев // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2026. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2026/1/st_113.pdf DOI: 10.51419/202161113.

103. Фигурин, В.А. Повышение продуктивности многолетних трав на дерново-подзолистых кислых почвах / В.А. Фигурин, А.П. Кислицына // Пермский аграрный вестник. – 2022. – № 2(38). – С. 91-98. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_38_91.

104. Фигурин, В.А. Продуктивность и питательная ценность травосмесей фестулолиума с разнопоспевающими сортами клевера лугового / В.А. Фигурин, А.П. Кислицына // Кормопроизводство. – 2019. – № 5. – С. 18-22. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.30725.

105. Хисматуллин, М.М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травосоставная часть органического земледелия Республики Татарстан / М.М. Хисматуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14. – №. 2. – С. 64-67. DOI: 10.12737/article_5d3e169f50a868.00369270.

106. Хонина, О.В. Современное состояние естественных кормовых угодий Ставрополя и способы их улучшения / О.В. Хонина // Новости науки в АПК. – 2019. – №. 3. – С. 477-481. DOI: 10.25930/2218-855X/120.3.12.2019.

107. Чеботарев, Н.Т. Влияние минеральных удобрений на фоне последействия извести на продуктивность многолетних трав в условиях Республики Коми / Н.Т. Чеботарев, О.В. Броварова // Агрехимический вестник. – 2023. – №. 6. – С. 24-28. DOI: 10.24412/1029-2551-2023-6-004.

108. Чумакова, В.В. Сорта кормовых трав как фактор и ресурс инновационного развития регионального кормопроизводства / В.В. Чумакова, В.Ф.

Чумаков, М. В. Деревянникова, Н.С. Лебедева, Т.М. Миронова, С.А. Сухарев, Е.А. Годин // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – № 4(15). – С. 38-48. DOI: 10.25930/2687-1254/004.4.15.2022.

109. Шипилов, И.А. Высокопродуктивные травосмеси для улучшения выродившихся сенокосных и пастбищных травостоев / И.А. Шипилов, О.В. Хонина // Сельскохозяйственный журнал. – 2022. – №. 4 (15). – С. 16-27. DOI: 10.25930/2687-1254/002.4.15.2022.

110. Шплис, О.Н. Аспекты анатомического строения лядвенца рогатого / О.Н. Шплис, Н.Э. Коломиец, Н.Ю. Абрамец, Н.В. Исайкина, Р.А. Бондарчук // Фармация. – 2020. – Т. 69, № 1. – С. 23-27. DOI: 10.29296/25419218-2020-01-04.

111. Эседуллаев, С.Т. Высокопродуктивные травостои на основе нетрадиционных кормовых культур в Верхневолжье / С.Т. Эседуллаев, Н.В. Шмелева // Владимирский земледелец. – 2018. – № 4(86). – С. 26-30. DOI: 10.24411/2225-2584-2018-10036.

112. Эседуллаев, С.Т. Особенности формирования урожая, продуктивность и кормовая ценность сортотипов клевера лугового в Верхневолжье / С.Т. Эседуллаев // Владимирский земледелец. – 2024. – № 3(109). – С. 51-57. DOI: 10.24412/2225-2584-2024-3109-51-57.

113. Alvarez Vazquez, P. Forage accumulation in *Lotus corniculatus* L. as a function of harvest strategy / P. Alvarez Vazquez, J.D.D. Guerrero Rodríguez, G. Garcia De Los Santos, M.E. Ortega Cerrilla, S.I. Mendoza Pedroza, S. Joaquín Cancino // Revista mexicana de ciencias pecuarias. – 2020. – Vol. 11. – №. 4. – P. 1087-1100. DOI: 10.22319/rmcsp.v11i4.4950.

114. Amato, M. Root length and biomass losses during sample preparation with different screen mesh sizes / M. Amato, A. Pardo // Plant and Soil. – 1994. – Vol. 161. – №. 2. – P. 299-303. DOI: 10.1007/BF00046401.

115. Anderegg, W.R.L. Climate-driven risks to the climate mitigation potential of forests / W.R. Anderegg, A.T. Trugman, G. Badgley, C.M. Anderson, A. Bartuska, P. Ciais, ..., J.T. Randerson // Science. – 2020. – Vol. 368. – №. 6497. – P. eaaz7005. DOI: 10.1126/science.aaz7005.

116. Annicchiarico, P. Achievements and challenges in improving temperate perennial forage legumes / P. Annicchiarico, B. Barrett, E.C. Brummer, B. Julier, A.H. Marshall // *Critical Reviews in Plant Sciences*. – 2015. – Vol. 34(1-3). – P. 327-380. DOI: 10.1080/07352689.2014.898462.
117. Arnott, G. A comparison of confinement and pasture systems for dairy cows: what does the science say? / G. Arnott, C. Ferris, N. O'Connell // Queen's University. – Belfast : AgriSearch, 2015.
118. Bahuguna, A. Advance technology for biostimulants in agriculture / A. Bahuguna, S. Sharma, A. Rai, R. Bhardwaj, S.K. Sahoo, A. Pandey, B. Yadav // *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering*. – Elsevier, 2022. – P. 393-412. DOI: 10.1016/B978-0-323-85581-5.00010-0.
119. Bai, Y. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions / Y. Bai, M.F. Cotrufo // *Science*. – 2022. – Vol. 377. – №. 6606. – P. 603-608. DOI: 10.1126/science.abo2380.
120. Barnes, R.F. Forages: An introduction to grassland agriculture / R.F. Barnes, D.F. Miller, J.C. Nelson // Ames, IA : Iowa State University Press, 1995. – Vol. 1.
121. Barrow N.J. The effects of pH on phosphate uptake from the soil / N.J. Barrow // *Plant Soil*. – 2017. – Vol. 410. – P. 401–410. DOI: 10.1007/s11104-016-3008-9
122. Baumont R. Calculation of feed values in INRA system: feed tables and prediction equations / R. Baumont, D. Sauvant, G. Maxin, P. Chapoutot, G. Tran, A. Boudon, P. Noziere // *INRA feeding system for ruminants*. – Wageningen Academic, 2019. – P. 411-439. DOI: 10.3920/9789086868728_027.
123. Beecher, M. The variation in morphology of perennial ryegrass cultivars throughout the grazing season and effects on organic matter digestibility / M. Beecher, D. Hennessy, T.M. Boland, M. McEvoy, M. O'Donovan, E. Lewis // *Grass and Forage Science*. – 2015. – Vol. 70. – №. 1. – P. 19-29. DOI: 10.1111/gfs.12081.
124. Bekuzarova, S.A. Enhancing of nitrogen fixation by legumes / S.A. Bekuzarova, A.Kh. Kozyrev, I.A. Shabanova, G.V. Lushchenko, L.I. Vaisfeld // *II International Scientific Conference “Plants and Microbes: The Future of Biotechnology”*

(PLAMIC2020) : II International Scientific Conference “Plants and Microbes: The Future of Biotechnology” (PLAMIC2020), Saratov, 05–09 октября 2020 года. Vol. 23. – Saratov: EDP Sciences, 2020. – P. 02006. DOI: 10.1051/bioconf/20202302006.

125. Berger, A. Nitric oxide signaling, metabolism and toxicity in nitrogen-fixing symbiosis / A. Berger, A. Boscari, P. Frenedo, R. Brouquisse // *Journal of Experimental Botany*. – 2019. – Vol. 70. – №. 17. – P. 4505-4520. DOI: 10.1093/jxb/erz159.

126. Bolinder, M. A. Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops / M.A. Bolinder, D.A. Angers, J.P. Dubuc // *Agriculture, ecosystems & environment*. – 1997. – Vol. 63. – №. 1. – P. 61-66. DOI: 10.1016/S0167-8809(96)01121-8.

127. Bolinder, M. A. Root biomass and shoot to root ratios of perennial forage crops in eastern Canada / M.A. Bolinder, D.A. Angers, G. Bélanger, R. Michaud, M.R. Laverdière // *Canadian journal of plant science*. – 2002. – Vol. 82. – №. 4. – P. 731-737.

128. Boller, B. Extraordinary heterosis found in a forage grass hybrid, *Festuca apennina* × *F. pratensis* / B. Boller, D. Kopecký // *Research Square* – 2020. DOI: 10.21203/rs.2.22666/v1.

129. Brahim, N. Soil OC and N stocks in the saline soil of Tunisian gataaya oasis eight years after application of manure and compost / N. Brahim, H. Ibrahim, R. Mlih, A. Bouajila, N. Karbout, R. Bol // *Land*. – 2022. – Vol. 11. – №. 3. – P. 442. DOI: 10.3390/land11030442.

130. Buermann, W. Widespread seasonal compensation effects of spring warming on northern plant productivity / W. Buermann, M. Forkel, M. O’sullivan, S. Sitch, P. Friedlingstein, V. Haverd, ..., A.D. Richardson // *Nature*. – 2018. – Vol. 562. – №. 7725. – P. 110-114. DOI: doi.org/10.1038/s41586-018-0555-7.

131. Cai, A. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility / A. Cai, M. Xu, B. Wang, W. Zhang, G. Liang, E. Hou, Y. Luo // *Soil and Tillage Research*. – 2019. – Vol. 189. – P. 168-175. DOI: 10.1016/j.still.2018.12.022.

132. Cao, Y. Dynamic forage-livestock balance analysis in alpine grasslands on the Northern Tibetan Plateau / Y. Cao, J. Wu, X. Zhang, B. Niu, M. Li, Y. Zhang, X. Wang,

Z. Wang // Journal of Environmental Management. – 2019. – Vol. 238. – P. 352-359. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.03.010.

133. Capstaff, N.M. Improving the yield and nutritional quality of forage crops / N.M. Capstaff, A.J. Miller // Frontiers in Plant Science. – 2018. – Vol. 9. – P. 535. DOI: 10.3389/fpls.2018.00535.

134. Caradus, J.R. Plant breeding for resilient pastures / J.R. Caradus, J. Bouton, C. Brummer, M. Faville, R. George, D. Hume, C. Inch, G. Kerr, S. Montel, A. Stewart, D. Woodfield // Resilient Pasture Symposium, Grassland Research and Practice Series. - Karapiro, New Zealand : New Zealand Grassland Association, 2021. - Vol. 17. - P. 247-268. DOI: 10.33584/rps.17.2021.3441.

135. Caradus, J.R. White Clover (*Trifolium repens* L.) Benefits in Grazed Pastures and Potential Improvements / J.R. Caradus, M. Roldan, C. Voisey, D.R. Woodfield // Production and Utilization of Legumes - Progress and Prospects. – 2023. – IntechOpen. DOI:10.5772/intechopen.109625.

136. Chaki, M. Ripening of pepper (*Capsicum annuum*) fruit is characterized by an enhancement of protein tyrosine nitration / M. Chaki, P. Alvarez de Morales, C. Ruiz, J.C. Begara-Morales, J.B. Barroso, F.J. Corpas, J.M. Palma // Annals of Botany. – 2015. – Vol. 116. – №. 4. – P. 637-647. DOI: 10.1093/aob/mcv016.

137. Chapman, D.F. An economically based evaluation index for perennial and short-term ryegrasses in New Zealand dairy farm systems / D.F. Chapman, J.R. Bryant, M.E. Olayemi, G.R. Edwards, B.S. Thorrold, W.H. McMillan, G.A. Kerr, G. Judson, T. Cookson, A. Moorhead, M. Norriss // Grass and Forage Science. – 2017. – Vol. 72. – №. 1. – P. 1-21. DOI: 10.1111/gfs.12213.

138. Cheng, Y. Phylogenetic relationships in the Festuca-Lolium complex (*Loliinae*; Poaceae): new insights from chloroplast sequences / Y. Cheng, K. Zhou, M.W. Humphreys, J.A. Harper, X. Ma, X. Zhang, H. Yan, L. Huang // Frontiers in Ecology and Evolution. – 2016. – Vol. 4. – P. 89. DOI: 10.3389/fevo.2016.00089.

139. Christensen, R.G. In vitro effects of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) pasture on ruminal fermentation, microbial population, and methane production / R.G.

Christensen, J.S. Eun, S.Y. Yang, B.R. Min, J.W. MacAdam // *The Professional Animal Scientist*. – 2017. – Vol. 33. – №. 4. – P. 451-460. DOI: 10.15232/pas.2016-01558.

140. Cong, W.F. Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes / W.F. Cong, J. van Ruijven, L. Mommer, G.B. De Deyn, F. Berendse, E. Hoffland // *Journal of ecology*. – 2014. – Vol. 102. – №. 5. – P. 1163-1170. DOI: 10.1111/1365-2745.12280.

141. Crowther, T.W. Sensitivity of global soil carbon stocks to combined nutrient enrichment / T.W. Crowther, C. Riggs, E.M. Lind, E.T. Borer, E.W. Seabloom, S.E. Hobbie, J. Wubs, P.B. Adler, J. Firn, L. Gherardi, N. Hagenah, K.S. Hofmockel, J.M.H. Knops, R.L. McCulley, A.S. MacDougall, P.L. Peri, S.M. Prober, C.J. Stevens, D. Routh // *Ecology Letters*. – 2019. – Vol. 22. – №. 6. – P. 936-945. DOI: 10.1111/ele.13258.

142. de Kroon, H. Root responses to nutrients and soil biota: drivers of species coexistence and ecosystem productivity / H. de Kroon, M. Hendriks, J. van Ruijven, Ravenek, F.M. Padilla, E. Jongejans, ... , L. Mommer // *Journal of Ecology*. – 2012. – Vol. 100. – №. 1. – P. 6-15. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2011.01906.x.

143. de Melo, T.R. Biogenic aggregation intensifies soil improvement caused by manures / T.R. de Melo, M.G. Pereira, G.M. de Cesare Barbosa, E.C. da Silva Neto, A.C. Andrello, J. Tavares Filho // *Soil and Tillage Research*. – 2019. – Vol. 190. – P. 186-193. DOI: 10.1016/j.still.2018.12.017.

144. Deming, J. An examination of the effects of labor efficiency on the profitability of grass-based, seasonal-calving dairy farms / J. Deming, J. Kinsella, B. O'Brien, L. Shalloo // *Journal of Dairy Science*. – 2019. – Vol. 102. – №. 9. – P. 8431-8440. DOI: 10.3168/jds.2018-15299.

145. Dhakal, D. Grass-legume mixtures for improved soil health in cultivated agroecosystem / D. Dhakal, M.A. Islam // *Sustainability*. – 2018. – Vol. 10. – №. 8. – P. 2718. DOI: 10.3390/su10082718.

146. Dineen, M. Meta-analysis of the effect of white clover inclusion in perennial ryegrass swards on milk production / M. Dineen, L. Delaby, T. Gilliland, B. McCarthy // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – Vol. 101(2). – P. 1804-1816. DOI: 10.3168/jds.2017-12586.

147. Doetterl, S. Soil carbon storage controlled by interactions between geochemistry and climate / Sebastian Doetterl, A. Stevens, J. Six, R. Merckx, K. Van Oost, M. Casanova Pinto, A. Casanova-Katny, C. Muñoz, M. Boudin, E.Z. Venegas, P. Boeckx // *Nature Geoscience*. – 2015. – Vol. 8. – №. 10. – P. 780-783. DOI: 10.1038/ngeo2516.

148. Drobek, M. Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress—A review / M. Drobek, M. Frąc, J. Cybulska // *Agronomy*. – 2019. – Vol. 9. – №. 6. – P. 335. DOI: 10.3390/agronomy9060335.

149. Egan, M. Including white clover in nitrogen fertilized perennial ryegrass swards: Effects on dry matter intake and milk production of spring calving dairy cows / M. Egan, M.B. Lynch, D. Hennessy // *The Journal of Agricultural Science*. – 2017. – Vol. 155. – №. 4. – P. 657-668. DOI: 10.1017/S0021859616000952.

150. Egan, M. Incorporating white clover (*Trifolium repens* L.) into perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) swards receiving varying levels of nitrogen fertilizer: Effects on milk and herbage production // M. Egan, N. Galvin, D. Hennessy // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – Vol. 101. – №. 4. – P. 3412-3427. DOI: 10.3168/jds.2017-13233.

151. Enriquez-Hidalgo, D. Herbage and nitrogen yields, fixation and transfer by white clover to companion grasses in grazed swards under different rates of nitrogen fertilization / D. Enriquez-Hidalgo, T.J. Gilliland, D. Hennessy // *Grass and Forage Science*. – 2016. – Vol. 71. – №. 4. – P. 559-574. DOI: 10.1111/gfs.12201.

152. Eskelinen, A. Light competition drives herbivore and nutrient effects on plant diversity / A. Eskelinen, W.S. Harpole, M.T. Jessen, R. Virtanen, Y. Hautier // *Nature*. – 2022. – Vol. 611. – №. 7935. – P. 301-305. DOI: 10.1038/s41586-022-05383-9.

153. Farmanov, T. Improvement of Degraded Pastures in the Foothills and Sandy Desert Zone of Uzbekistan by Implementing Best Practices / T. Farmanov, A. Mukhtorov, T. Mukimov // *International Journal of Scientific and Technological Research*. – 2020. – Vol. 6. – №. 10. – P. 143. DOI: 10.7176/JSTR/6-10-12.

154. Farrer, E.C. Teasing apart plant community responses to N enrichment: the roles of resource limitation, competition and soil microbes / E.C. Farrer, K.N. Suding // *Ecology letters*. – 2016. – Vol. 19. – №. 10. – P. 1287-1296. DOI: 10.1111/ele.12665.

155. Fjellheim, S. Phylogeographical history of the widespread meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) inferred from chloroplast DNA sequences / S. Fjellheim, O.A. Rognli, K. Fosnes, C. Brochmann // *Journal of Biogeography*. – 2006. – Vol. 33. – №. 8. – P. 1470-1478. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2006.01521.x.

156. Fynn, R.W.S. Optimal grazing management strategies: evaluating key concepts / R.W.S. Fynn, K.P. Kirkman, R. Dames // *African Journal of Range & Forage Science*. – 2017. – Vol. 34. – №. 2. – P. 87-98. DOI: 10.2989/10220119.2017.1347584.

157. Gale, W.J. Root-derived carbon and the formation and stabilization of aggregates / W.J. Gale, C.A. Cambardella, T.B. Bailey // *Soil science society of America Journal*. – 2000. – Vol. 64. – №. 1. – P. 201-207. DOI: 10.2136/sssaj2000.641201x.

158. Garcez Neto, A.F. Effect of whey permeate and lactobacillus buchneri on biomass conservation, chemical characteristics and aerobic stability of elephant grass silage / A.F. Garcez Neto, T.M. dos Santos, J. da Silva, S.R. Fernandes // *Waste and Biomass Valorization*. – 2021. – Vol. 12. – №. 2. – P. 879-893. DOI: 10.1007/s12649-020-01035-z.

159. Geisen, S. Challenges and opportunities for soil biodiversity in the anthropocene / S. Geisen, D.H. Wall, W.H. van der Putten // *Current Biology*. – 2019. – Vol. 29. – №. 19. – P. R1036-R1044. DOI: 10.1016/j.cub.2019.08.007.

160. Griffiths, A.G. Breaking Free: The Genomics of Allopolyploidy-Facilitated Niche Expansion in White Clover / A.G. Griffiths, R. Moraga, M. Tausen, V. Gupta, T.P. Bilton, M.A. Campbell, R. Ashby, I. Nagy, A. Khan, A. Larking, C. Anderson, B. Franzmayr, K. Hancock, A. Scott, N.W. Ellison, M.P. Cox, T. Asp, T. Mailund, M.H. Schierup, S.U. Andersen // *The Plant Cell*. – 2019. – Vol. 31(7). – P. 1466-1487. DOI: 10.1105/tpc.18.00606.

161. Griscom, B.W. Natural climate solutions / B.W. Griscom, J. Adams, P.W. Ellis, R.A. Houghton, G. Lomax, D.A. Miteva, ..., J. Fargione // *Proceedings of the*

National Academy of Sciences. – 2017. – Vol. 114. – №. 44. – P. 11645-11650. DOI: 10.1073/pnas.1710465114.

162. Gross, A. Meta-analysis on how manure application changes soil organic carbon storage / A. Gross, B. Glaser // *Scientific reports*. – 2021. – Vol. 11. – №. 1. – Art. 5516. DOI: 10.1038/s41598-021-82739-7.

163. Hackney, B.F. Soil acidity and nutrient deficiency cause poor legume nodulation in the permanent pasture and mixed farming zones of south-eastern Australia / B.F. Hackney, J. Jenkins, J. Powells, C.E. Edwards, S. De Meyer, J.G. Howieson, ..., S.E. Orgill // *Crop and Pasture Science*. – 2019. – Vol. 70. – №. 12. – P. 1128-1140. DOI: 10.1071/CP19039.

164. Hanrahan, L. Factors associated with profitability in pasture-based systems of milk production / L. Hanrahan, N. McHugh, T. Hennessy, B. Moran, R. Kearney, M. Wallace, L. Shalloo // *Journal of dairy science*. – 2018. – Vol. 101. – №. 6. – P. 5474-5485. DOI: 10.3168/jds.2017-13223.

165. Hanrahan, L. PastureBase Ireland: A grassland decision support system and national database / L. Hanrahan, A. Geoghegan, M. O'Donovan, V. Griffith, E. Ruelle, M. Wallace, L. Shalloo // *Computers and Electronics in Agriculture*. – 2017. – Vol. 136. – P. 193-201. DOI: 10.1016/j.compag.2017.01.029.

166. Harpole, W.S. Addition of multiple limiting resources reduces grassland diversity / W.S. Harpole, L.L. Sullivan, E.M. Lind, J. Firn, P.B. Adler, E.T. Borer, E., ..., P.D. Wragg // *Nature*. – 2016. – Vol. 537. – №. 7618. – P. 93-96. DOI: 10.1038/nature19324.

167. Hatfield, R.D. Carbohydrate and protein nutritional chemistry of forages / R.D. Hatfield, K.F. Kalscheur // *Forages: the science of grassland agriculture*. – 2020. – Vol. 2. – P. 595-607. DOI: 10.1002/9781119436669.ch33.

168. Hautier, Y. Anthropogenic environmental changes affect ecosystem stability via biodiversity / Y. Hautier, D. Tilman, F. Isbell, E.W. Seabloom, E.T. Borer, P.B. Reich // *Science*. – 2015. – Vol. 348. – №. 6232. – P. 336-340. DOI: 10.1126/science.aaa1788.

169. Hawes, M.C. Root caps and rhizosphere / M.C. Hawes, G. Bengough, G. Cassab, G. Ponce // *Journal of plant growth regulation*. – 2002. – Vol. 21. – №. 4. – P. 352-367. DOI: 10.1007/s00344-002-0035-y.

170. Hayes, R.C. Prospects for improving perennial legume persistence in mixed grazed pastures of south-eastern Australia, with particular reference to white clover / R.C. Hayes, I. Ara, W.B. Badgery, R.A. Culvenor, R.E. Haling, C.A. Harris, G.D. Li, M.R. Norton, S.E. Orgill, B. Penrose, R.W. Smith // *Crop and Pasture Science*. – 2019. – Vol. 70. – №. 12. – P. 1141-1162. DOI: 10.1071/CP19063.

171. Hisham, M.B. Bacterial communities associated with silage of different forage crops in Malaysian climate analysed using 16S amplicon metagenomics / M. B. Hisham, A.M. Hashim, N.M. Hanafi, N.A. Rahman, N.E.A. Mutalib, C.K. Tan, M.H. Nazli, N.F.M. Yusoff // *Scientific Reports*. – 2022. – Vol. 12. – №. 1. – Art. 7107. DOI: 10.1038/s41598-022-08819-4.

172. Holohan, C. A survey analysis of farmer practices and perceptions of zero-grazing on Irish dairy farms / C. Holohan, T. Russell, F.J. Mulligan, K.M. Pierce, M.B. Lynch // *Journal of Dairy Science*. – 2021. – Vol. 104. – №. 5. – P. 5665-5674. DOI: 10.3168/jds.2020-19164.

173. Hu, L. Root dynamics along a restoration chronosequence of revegetated grasslands in degraded alpine meadows of the Qinghai-Tibetan Plateau, China / L. Hu, H. Zi, X. Luo, M. Lerda, C. Wang // *Land Degradation & Development*. – 2021. – Vol. 32. – №. 13. – P. 3561-3572. DOI: 10.1002/ldr.3954.

174. Humphreys, M.W. *Festulolium*, a century of research and breeding and its increased relevance in meeting the requirements for multifunctional grassland agriculture / M.W. Humphreys, Z. Zwierzykowski // *Festulolium: From the Nature to Modern Breeding*. – 2020. – P. 1. DOI: 10.32615/bp.2020.108.

175. Isbell, F. Biodiversity increases the resistance of ecosystem productivity to climate extremes / F. Isbell, D. Craven, J. Connolly, M. Loreau, B. Schmid, C. Beierkuhnlein, ..., N. Eisenhauer // *Nature*. – 2015. – Vol. 526. – №. 7574. – P. 574-577. DOI: 10.1038/nature15374.

176. Janssen, P.W.L. White clover (*Trifolium repens*) population dynamics are partly dependent on timing of seminal taproot death / P.W.L. Janssen, N.J. Hoekstra, J.R. van der Schoot, N. van Eekeren // *Grass and Forage Science*. - 2022. – P. 1-11. DOI: 10.1111/gfs.12598.

177. Jayanegara, A. Divergence between purified hydrolysable and condensed tannin effects on methane emission, rumen fermentation and microbial population in vitro / A. Jayanegara, G. Goel, H.P. Makkar, K. Becker // *Animal Feed Science and Technology*. – 2015. – Vol. 209. – P. 60-68. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2015.08.002.

178. Kamau, S. A route to decreasing N pollution from livestock: Use of *Festulolium* hybrids improves efficiency of N flows in rumen simulation fermenters / S. Kamau, A. Belanche, T. Davies, P. Rees Stevens, M. Humphreys, A.H. Kingston-Smith // *Food and Energy Security*. – 2020. – Vol. 9. – №. 3. – P. e209. DOI: 10.1002/fes3.209.

179. Keller, A.B. Stronger fertilization effects on aboveground versus belowground plant properties across nine US grasslands / A.B. Keller, C.A. Walter, D.M. Blumenthal, E.T. Borer, S.L. Collins, L.C. DeLancey, ..., S.E. Hobbie // *Ecology*. – 2023. – Vol. 104. – №. 2. – P. e3891. DOI: 10.1002/ecy.3891.

180. Kibet, L.C. Root biomass and soil carbon response to growing perennial grasses for bioenergy / L.C. Kibet, H. Blanco-Canqui, R.B. Mitchell, W.H. Schacht // *Energy, Sustainability and Society*. – 2016. – Vol. 6. – №. 1. – P. 1. DOI: 10.1186/s13705-015-0065-5.

181. Kole, C. Application of genomics-assisted breeding for generation of climate resilient crops: progress and prospects / C. Kole, M. Muthamilarasan, R. Henry, D. Edwards, R. Sharma, M. Abberton, J. Batley, A. Bentley, ... M. Prasad // *Frontiers in plant science*. – 2015. – Vol. 6. – P. 563. DOI: 10.3389/fpls.2015.00563.

182. Kopecký, D. An increasing need for productive and stress resilient *Festulolium* amphiploids: what can be learnt from the stable genomic composition of *Festuca pratensis* subsp. *apennina* (De Not.) Hegi? / D. Kopecký, J. Harper, J. Bartoš, D. Gasiór, J. Vrána, E. Hřibová, B. Boller, N.M.G. Ardenghi, D. Šimoníková J. Doležel, M.W. Humphreys // *Frontiers in Environmental Science*. – 2016. – Vol. 4. – P. 66. DOI: 10.3389/fenvs.2016.00066.

183. Lapenko, N.G. Current state and ways to save the steppe ecosystems of Stavropol / N.G. Lapenko, E.I. Godunova, L.V. Dudchenko, S.A. Kuzminov, A.S. Kapustin // *Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2019. – Vol. 6. – №. 3. – P. 6329-6336. DOI: 10.5281/zenodo.2604260.
184. Li, H. Nitrogen addition delays the emergence of an aridity-induced threshold for plant biomass / H. Li, C. Terrer, M. Berdugo, F.T. Maestre, Z. Zhu, J. Peñuelas, ..., J.S. Ye // *National science review*. – 2023. – Vol. 10. – №. 11. – P. nwad242. DOI: 10.1093/nsr/nwad242.
185. Li, Y. Effects of storage time on nutritive qualities, volatile components, and microbial community of native grass hay / Y. Li, L. Hao, S. Du, Q. Si, Y. Zhang, K. Lin, Y. Jia // *Journal of Stored Products Research*. – 2024. – Vol. 109. – P. 102454. DOI: 10.1016/j.jspr.2024.102454.
186. Liu, H. Shifting plant species composition in response to climate change stabilizes grassland primary production / H. Liu, Z. Mi, L.I. Lin, Y. Wang, Z. Zhang, F. Zhang, ..., J.S. He // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2018. – Vol. 115. – №. 16. – P. 4051-4056. DOI: 10.1073/pnas.1700299114.
187. Liu, X. Mixture of alfalfa, orchardgrass, and tall fescue produces greater biomass yield in southwest China / X. Liu, M. Tahir, C. Li, C. Chen, Y. Xin, G. Zhang, ..., Y. Yan // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12. – №. 10. – P. 2425. DOI: 10.3390/agronomy12102425.
188. Loaiza, P.A. Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate / P.A. Loaiza, O. Balocchi, A. Bertrand // *Grass and Forage Science*. – 2017. – Vol. 72. – №. 3. – P. 556-567. DOI: 10.1111/gfs.12258.
189. Lorite, M. J. The Rhizobia-Lotus symbioses: deeply specific and widely diverse / M.J. Lorite, M.J. Estrella, F.J. Escaray, A. Sannazzaro, I.M. Videira e Castro, J. Monza, M. León-Barrios // *Frontiers in microbiology*. – 2018. – Vol. 9. – P. 2055. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02055.
190. Luo, F. Legume-grass mixtures increase forage yield by improving soil quality in different ecological regions of the Qinghai-Tibet Plateau / F. Luo, W. Li, W. Mi,

X. Ma, K. Liu, Z. Ju, W. Li // *Frontiers in plant science*. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1280771. DOI: 10.3389/fpls.2023.1280771.

191. Ma, Z. Impacts of soil management on root characteristics of switchgrass / Z. Ma, C.W. Wood, D.I. Bransby // *Biomass and Bioenergy*. – 2000. – Vol. 18. – №. 2. – P. 105-112. DOI: 10.1016/S0961-9534(99)00076-8.

192. Mackiewicz-Walec, E. Biostimulants in the production of forage grasses and turfgrasses / E. Mackiewicz-Walec, M. Olszewska // *Agriculture*. – 2023. – Vol. 13. – №. 9. – P. 1796. DOI: 10.3390/agriculture13091796.

193. Marshall, A.H. A new emphasis on root traits for perennial grass and legume varieties with environmental and ecological benefits / A.H. Marshall, R.P. Collins, M.W. Humphreys, J. Scullion // *Food and energy security*. – 2016. – Vol. 5. – №. 1. – P. 26-39. DOI: 10.1002/fes3.78.

194. Merrill, S.D. Root length growth of eight crop species in Haplustoll soils / S.D. Merrill, D.L. Tanaka, J.D. Hanson // *Soil Science Society of America Journal*. – 2002. – Vol. 66. – №. 3. – P. 913-923. DOI: 10.2136/sssaj2002.9130.

195. Minogue, C.T. The effect of including plantain in a perennial ryegrass-white clover forage on dry matter intake, milk production, and urine nitrogen concentration of dairy cows / C.T. Minogue, T.M. Boland, S. Vigors, N.A. Walsh, M. Markiewicz-Keszycka, A. Mirzapour-Kouhdasht, ..., Z.C. McKay // *Animal Feed Science and Technology*. – 2025. – P. 116536. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2025.116536.

196. Mommer, L. Unveiling below-ground species abundance in a biodiversity experiment: a test of vertical niche differentiation among grassland species / L. Mommer, J. Van Ruijven, H. De Caluwe, A.E. Smit-Tiekstra, C.A. Wagemaker, N. Joop Ouborg, ... H. De Kroon // *Journal of Ecology*. – 2010. – Vol. 98. – №. 5. – P. 1117-1127. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2010.01702.x.

197. Muhandiram, N.P.K. Do agricultural grasses bred for improved root systems provide resilience to machinery-derived soil compaction? / N.P.K. Muhandiram, M.W. Humphreys, R. Fychan, J.W. Davies, R. Sanderson, C.L. Marley // *Food and Energy Security*. – 2020. – Vol. 9. – №. 3. – P. e227. DOI: 10.1002/fes3.227.

198. Nguyen, C. Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls / C. Nguyen // *Agronomie*. – 2003. – Vol. 23. – №. 5-6. – P. 375-396. DOI: 10.1051/agro:2003011.
199. Nguyen, T.T. Incorporating plantain with perennial ryegrass-white clover in a dairy grazing system: dry matter yield, botanical composition, and nutritive value response to sowing rate, plantain content and season / T.T. Nguyen, S. Navarrete, D.J. Horne, D.J. Donaghy, P.D. Kemp // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12. – №. 11. – P. 2789. DOI: 10.3390/agronomy12112789.
200. Nichols, S. Effect of hybridisation with *Trifolium uniflorum* on tap root survival in white clover / S. Nichols, R. Hofmann, W. Williams // *New Zealand Journal of Agricultural Research*. – 2015. – Vol. 58(4). – P. 371–383. DOI: 10.1080/00288233.2015.1071711.
201. Niu, Y. Overgrazing leads to soil cracking that later triggers the severe degradation of alpine meadows on the Tibetan Plateau / Y. Niu, H. Zhu, S. Yang, S. Ma, J. Zhou, B. Chu, ..., L. Hua // *Land Degradation & Development*. – 2019. – Vol. 30. – №. 10. – P. 1243-1257. DOI: 10.1002/ldr.3312.
202. Nölke, I. Seasonal plasticity is more important than population variability in effects on white clover architecture and productivity // I. Nölke, B. Tonn, J. Isselstein // *Annals of Botany*. – 2021. – Vol. 128(1) – P. 73–82. DOI: 10.1093/aob/mcab040.
203. Norby, R.J. A question of litter quality / R.J. Norby, M.F. Cotrufo // *Nature*. – 1998. – Vol. 396. – №. 6706. – P. 17-18. DOI: 10.1038/23812.
204. Nugmanov, A.B. Poly-species phytocenoses for ecosystem restoration of degraded soil covers / S.V. Mamikhin, Kh.Kh. Valiev, A.U. Bugubaeva, A.S. Tokusheva, S.A. Tulkubaeva, A.G. Bulaev // *OnLine Journal of Biological Sciences*. – 2022. – Vol. 22. – №. 3. – P. 268-278. DOI: 10.3844/ojbsci.2022.268.278.
205. Nuralykyzy, B. Influence of land use types on soil carbon fractions in the Qaidam Basin of the Qinghai-Tibet Plateau / B. Nuralykyzy, A. Nurzhan, N. Li, Q. Huang, Z. Zhu, S. An // *Catena*. – 2023. – Vol. 231. – P. 107273. DOI: 10.1016/j.catena.2023.107273.

206. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Washington, DC: The National Academies Press. – 2021. DOI: 10.17226/25806.

207. O'Brien, B. Scientific appraisal of the Irish grass-based milk production system as a sustainable source of premium quality milk and dairy products / B. O'Brien, D. Hennessy // *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. – 2017. – Vol. 56(1) – P. 120-129. DOI: 10.1515/ijafr-2017-0011.

208. Olszewska, M. Effects of cultivar, nitrogen rate and harvest time on the content of carbohydrates and protein in the biomass of perennial ryegrass / M. Olszewska // *Agronomy*. – 2021. – Vol. 11. – №. 3. – P. 468. DOI: 10.3390/agronomy11030468.

209. Paustian, K. Agricultural soils as a sink to mitigate CO₂ emissions / K.A. O. J. H. Paustian, O. Andren, H.H. Janzen, R. Lal, P. Smith, G. Tian, ... P.L. Woomer // *Soil use and management*. – 1997. – Vol. 13. – P. 230-244. DOI: 10.1111/j.1475-2743.1997.tb00594.x.

210. Pittarello, M. Grazing Management Plans improve pasture selection by cattle and forage quality in sub-alpine and alpine grasslands / M. Pittarello, M. Probo, E. Perotti, M. Lonati, G. Lombardi, S. Ravetto Enri // *Journal of Mountain Science*. – 2019. – Vol. 16. – №. 9. – P. 2126-2135.

211. Ploughe, L.W. Community Response to Extreme Drought (CRED): a framework for drought-induced shifts in plant–plant interactions / L.W. Ploughe, E.M. Jacobs, G.S. Frank, S.M. Greenler, M.D. Smith, J.S. Dukes // *New Phytologist*. – 2019. – Vol. 222. – №. 1. – P. 52-69. DOI: 10.1111/nph.15595.

212. Popp, J. Bioeconomy: Biomass and biomass-based energy supply and demand / J. Popp, S. Kovács, J. Oláh, Z. Divéki, E. Balázs // *New biotechnology*. – 2021. – Vol. 60. – P. 76-84. DOI: 10.1016/j.nbt.2020.10.004.

213. Preeti Verma, P.V. Variations in soil properties, species composition, diversity and biomass of herbaceous species due to ruminant dung residue in a seasonally dry tropical environment of India / P.V. Preeti Verma, R. Sagar, N.G. Nitu Giri, R.P. Ranjana Patel, H.V. Hariom Verma, D.K. Singh, K.K. Kuldeep Kumar // *Tropical*

Grasslands - Forrajes Tropicales. – 2015. - Vol. 3 - No. 2 – P. 112-128. DOI: 10.17138/TGFT(3)112-128.

214. Puget, P. Short-term dynamics of root-and shoot-derived carbon from a leguminous green manure / P. Puget, L.E. Drinkwater // Soil Science Society of America Journal. – 2001. – Vol. 65. – №. 3. – P. 771-779. DOI: 10.2136/sssaj2001.653771x.

215. Rockström, J. Safe and just Earth system boundaries / J. Rockström, J. Gupta, D. Qin, S.J. Lade, J.F. Abrams, L.S. Andersen, D.I. Armstrong McKay, X. Bai, G. Bala, S.E. Bunn, D. Ciobanu, F. DeClerck, K. Ebi, L. Gifford, C. Gordon, S. Hasan, N. Kanie, T.M. Lenton, S. Loriani, D.M. Liverman, A. Mohamed, N. Nakicenovic, D. Obura, D. Ospina, ..., X. Zhang // Nature. – 2023. – Vol. 619. – №. 7968. – P. 102-111. DOI: 10.1038/s41586-023-06083-8.

216. Rouphael, Y. Synergistic biostimulatory action: Designing the next generation of plant biostimulants for sustainable agriculture / Y. Rouphael, G. Colla // Frontiers in plant science. – 2018. – Vol. 9. – P. 1655. DOI: 10.3389/fpls.2018.01655.

217. Roy, S. Celebrating 20 years of genetic discoveries in legume nodulation and symbiotic nitrogen fixation / S. Roy, W. Liu, R.S. Nandety, A. Crook, K.S. Mysore, C.I. Pislariu et al. // The Plant Cell. – 2020. – Vol. 32. – №. 1. – P. 15-41. DOI: 10.1105/tpc.19.00279.

218. Ryals, R. Grassland compost amendments increase plant production without changing plant communities / R. Ryals, V.T. Eviner, C. Stein, K.N. Suding, W.L. Silver // Ecosphere. – 2016. – Vol. 7. – №. 3. – P. e01270. DOI: 10.1002/ecs2.1270.

219. Sainju, U.M. Root biomass, root/shoot ratio, and soil water content under perennial grasses with different nitrogen rates / U.M. Sainju, B.L. Allen, A.W. Lenssen, R.P. Ghimire // Field Crops Research. – 2017. – Vol. 210. – P. 183-191. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.05.029.

220. Scarbrough D. A. Evaluation of dry matter loss, nutritive value, and in situ dry matter disappearance for wilting orchardgrass and bermudagrass forages damaged by simulated rainfall / D.A. Scarbrough, W.K. Coblenz, J.B. Humphry, K.P. Coffey, T.C. Daniel, T.J. Sauer, ..., D.W. Kellogg // Agronomy Journal. – 2005. – Vol. 97. – №. 2. – P. 604-614. DOI: 10.2134/agronj2005.0604.

221. Seabloom, E.W. Increasing effects of chronic nutrient enrichment on plant diversity loss and ecosystem productivity over time / E.W. Seabloom, P.B. Adler, J. Alberti, L. Biederman, Y.M. Buckley, M.W. Cadotte, ..., E.T. Borer // *Ecology*. – 2021. – Vol. 102. – №. 2. – P. e03218. DOI: 10.1002/ecy.3218.
222. Seddon, N. Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges / N. Seddon, A. Chausson, P. Berry, C.A.J. Girardin, A. Smith, B. Turner // *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. – 2020. – Vol. 375. – №. 1794. – Art. 20190120. DOI: 10.1098/rstb.2019.0120.
223. Shalloo, L. Grass-based dairy systems, data and precision technologies / L. Shalloo, M.O' Donovan, L. Leso, J. Werner, E. Ruelle, A. Geoghegan, L. Delaby, N. O'Leary // *Animal*. – 2018. – Vol. 12. – №. s2. – P. s262-s271. DOI: 10.1017/S175173111800246X.
224. Shi, T.S. A global meta-analysis on the effects of organic and inorganic fertilization on grasslands and croplands / T.S. Shi, S.L. Collins, K. Yu, J. Peñuelas, J. Sardans, H. Li, J.S. Ye // *Nature Communications*. – 2024. – Vol. 15. – №. 1. – P. 3411.
225. Si, Q. Insights into the microbiome and metabolome assembly during short-term storage of native grass hay / Q. Si, Z. Wang, L. Sun, M. Liu, W. Liu, G. Ge, S. Du // *Journal of Stored Products Research*. – 2024. – Vol. 106. – P. 102283. DOI: 10.1016/j.jspr.2024.102283.
226. Signorelli, S. The role of nitric oxide in nitrogen fixation by legumes / S. Signorelli, M. Sainz, S. Tabares-da Rosa, J. Monza // *Frontiers in Plant Science*. – 2020. – Vol. 11. – P. 521. DOI: 10.3389/fpls.2020.00521.
227. Song, X. Nitrogen addition increased CO₂ uptake more than non-CO₂ greenhouse gases emissions in a Moso bamboo forest / X. Song, C. Peng, P. Ciais, Q. Li, W. Xiang, W. Xiao, G. Zhou, L. Deng // *Science Advances*. – 2020. – Vol. 6. – №. 12. – Art. eaaw5790. DOI: 10.1126/sciadv.aaw5790.
228. Sprague, H.B. Root development of perennial grasses and its relation to soil conditions / H.B. Sprague // *Soil Science*. – 1933. – Vol. 36. – №. 3. – P. 189-210.
229. Stevens, C.J. Atmospheric nitrogen deposition in terrestrial ecosystems: Its impact on plant communities and consequences across trophic levels / C.J. Stevens, T.I.

David, J. Storkey // *Functional Ecology*. – 2018. – Vol. 32. – №. 7. – P. 1757-1769. DOI: 10.1111/1365-2435.13063.

230. Sun, R. Effects of long-term application of chemical and organic fertilizers on the abundance of microbial communities involved in the nitrogen cycle / R. Sun, X. Guo, D. Wang, H. Chu // *Applied Soil Ecology*. – 2015. – Vol. 95. – P. 171-178. DOI: 10.1016/j.apsoil.2015.06.010.

231. Tahir, M. Mixed legume–grass seeding and nitrogen fertilizer input enhance forage yield and nutritional quality by improving the soil enzyme activities in Sichuan, China / M. Tahir, X. Wei, H. Liu, J. Li, J. Zhou, B. Kang, D. Jiang, Y. Yan // *Frontiers in Plant Science*. – 2023. – Vol. 14. – Art. 1176150. DOI: 10.3389/fpls.2023.1176150.

232. Tahir, M. Mixture composition influenced the biomass yield and nutritional quality of legume–grass pastures / M. Tahir, C. Li, T. Zeng, Y. Xin, C. Chen, H.H. Javed, ..., Y. Yan // *Agronomy*. – 2022. – Vol. 12. – №. 6. – P. 1449. DOI: 10.3390/agronomy12061449.

233. Thomas, H. Progress and potential of interspecific hybrids of *Lolium* and *Festuca* / H. Thomas, M.O. Humphreys // *The Journal of Agricultural Science*. – 1991. – Vol. 117. – №. 1. – P. 1-8. DOI: 10.1017/S0021859600078916.

234. Tian, Q. A novel soil manganese mechanism drives plant species loss with increased nitrogen deposition in a temperate steppe / Q. Tian, N. Liu, W. Bai, L. Li, J. Chen, P.B. Reich, ..., W.H. Zhang // *Ecology*. – 2016. – Vol. 97. – №. 1. – P. 65-74. DOI: 10.1890/15-0917.1.

235. Tibbett, M. Identifying potential threats to soil biodiversity / M. Tibbett, T.D. Fraser, S. Duddigan // *PeerJ*. – 2020. – Vol. 8. – P. e9271. DOI: 10.7717/peerj.9271.

236. Timmermans, B.G. Phytoextraction of soil phosphorus by potassium-fertilized grass-clover swards / B.G. Timmermans, N. van Eekeren // *Journal of Environmental Quality*. – 2016. – Vol. 45(2). – P. 701–708. DOI: 10.2134/jeq2015.08.0422.

237. Tomić D. Forage yield of a grass-clover mixture on an acid soil in the third year after soil liming / D. Tomić, V. Stevović, D. Đurović, N. Bokan, B. Popović, J.

Knežević // Journal of Central European Agriculture. – 2018. – Vol. 19(2). - P. 482-489
DOI: 10.5513/JCEA01/19.2.2149.

238. Veresoglou, S.D., Halley J. M., Rillig M. C. Extinction risk of soil biota / S.D. Veresoglou, J.M. Halley, M.C. Rillig // Nature communications. – 2015. – Vol. 6. – №. 1. – P. 8862. DOI: 10.1038/ncomms9862.

239. Volden, H. NorFor-The Nordic feed evaluation system. – Wageningen Academic Publishers. - 2023. ISBN: 978-90-8686-718-9.

240. von Felten, S. Complementarity among species in horizontal versus vertical rooting space / S. von Felten, B. Schmid // Journal of Plant Ecology. – 2008. – Vol. 1. – №. 1. – P. 33-41. DOI: 10.1093/jpe/rtm006.

241. Wang, P. Nitric oxide suppresses the inhibitory effect of abscisic acid on seed germination by S-nitrosylation of SnRK2 proteins / P. Wang, J.K. Zhu, Z. Lang // Plant Signaling & Behavior. – 2015. – Vol. 10. – №. 6. DOI: 10.1080/15592324.2015.1031939.

242. Wieder, W.R. Future productivity and carbon storage limited by terrestrial nutrient availability / W.R. Wieder, C.C. Cleveland, W.K. Smith, K. Todd-Brown // Nature Geoscience. – 2015. – Vol. 8. – №. 6. – P. 441-444. DOI: 10.1038/ngeo2413.

243. Wilkinson, J.M. Some challenges and opportunities for grazing dairy cows on temperate pastures / J.M. Wilkinson, M.R. Lee, M.J. Rivero, A.T. Chamberlain // Grass and Forage Science. – 2020. – Vol. 75. – №. 1. – P. 1-17. DOI: 10.1111/gfs.12458.

244. Wims, C.M. Effect of pregrazing herbage mass on methane production, dry matter intake, and milk production of grazing dairy cows during the mid-season period / C.M. Wims, M.H. Deighton, E. Lewis, B. O'loughlin, L. Delaby, T.M. Boland, M. O'donovan // Journal of Dairy Science. – 2010. – Vol. 93. – №. 10. – P. 4976-4985. DOI: 10.3168/jds.2010-3245.

245. Wróbel, B. Challenges of pasture feeding systems—opportunities and constraints / B. Wróbel, W. Zielewicz, M. Staniak // Agriculture. – 2023. – Vol. 13. – №. 5. – P. 974. DOI: 10.3390/agriculture13050974.

246. Wróbel, B. Improving forage quality from permanent grasslands to enhance ruminant productivity / B. Wróbel, W. Zielewicz, A. Paszkiewicz-Jasińska // Agriculture. – 2025. – Vol. 15. – №. 13. – P. 1438. DOI: 10.3390/agriculture15131438.

247. Xue, X. Experimental warming aggravates degradation-induced topsoil drought in alpine meadows of the Qinghai–Tibetan plateau / X. Xue, Q. You, F. Peng, S. Dong, H. Duan // *Land degradation & development*. – 2017. – Vol. 28. – №. 8. – P. 2343-2353. DOI: 10.1002/ldr.2763.

248. Yang, G. Soil biodiversity enhances the persistence of legumes under climate change / G. Yang, J. Roy, S.D. Veresoglou, M.C. Rillig // *New Phytologist*. – 2021. – Vol. 229. – №. 5. – P. 2945-2956. DOI: 10.1111/nph.17065.

249. Yang, T.A. Large forage gap in forage availability in traditional pastoral regions in China / T. Yang, J. Dong, L. Huang, Y. Li, H. Yan, J. Zhai, J. Wang, Z. Jin, G. Zhang // *Fundamental Research*. – 2023. – Vol. 3. – №. 2. – P. 188-200. DOI: 10.1016/j.fmre.2023.01.003.

250. Yang, Y. Variation and Trade-Offs in Leaf and Root Traits of Perennial Grasses Under Nitrogen Deposition / Yang, Y., Chen, H., Liu, G., Hang, R., Wei, X. // *Agronomy*. – 2026. – Vol. 16. – №. 7. – P. 739. DOI: 10.3390/agronomy16070739.

251. Zhou, Z. Meta-analysis of the impacts of global change factors on soil microbial diversity and functionality / Z. Zhou, C. Wang, Y. Luo // *Nature communications*. – 2020. – Vol. 11. – №. 1. – P. 3072. DOI: 10.1038/s41467-020-16881-7.

252. Zhu, J. Synergistic effects of nitrogen and CO₂ enrichment on alpine grassland biomass and community structure / J. Zhu, Y. Zhang, X. Yang, N. Chen, L. Jiang // *New Phytologist*. – 2020. – Vol. 228. – №. 4. – P. 1283-1294. DOI: 10.1111/nph.16767.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Ботанический состав травостоев при четырехукосном использовании в
2023/2024/2025 гг., %

Вариант	Укос	Сеяные злаки	Сеяные бобовые	Несеяные злаки и бобовые	Разнотравье
1. Фестулолиум	1	75,5/86,2/67,4		15,5/2,8/1,3	9,0/11,0/31,3
	2	74,2/85,5/63,4		16,1/2,7/0,8	9,7/11,8/35,8
	3	0/87,0/68,9		0/2,6/1,1	0/10,4/30,0
	4	0/71,9/60,4		0/2,3/0,7	0/25,8/38,9
2. Райграс пастбищный	1	70,5/81,0/61,9		18,5/2,7/1,2	11,0/16,3/36,9
	2	67,7/73,6/62,4		20,1/2,4/1,0	12,2/24,0/36,6
	3	0/75,8/70,1		0/2,2/0,6	0/22,0/29,3
	4	0/69,1/63,6		0/3,1/0,7	0/27,8/35,7
3. Овсяница луговая	1	77,7/86,9/69,7		13,9/2,0/0,5	8,4/1,1/29,8
	2	75,3/84,1/66,7		16,3/2,9/1,3	8,4/13,0/32,0
	3	0/82,5/60,4		0/2,2/0,8	0/15,3/38,8
	4	0/69,3/59,7		0/2,7/2,5	0/28,0/37,8
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	90,2/90,0/86,8		7,7/2,2/0,9	2,1/7,8/12,3
	2	90,6/93,2/88,3		6,4/2,0/1,7	3,0/4,8/10,0
	3	0/90,8/81,8		0/2,5/1,4	0/6,7/16,8
	4	0/76,1/75,0		0/2,2/1,0	0/21,7/24,0
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	82,5/83,6/81,9		11,5/3,3/1,7	6,0/13,1/16,4
	2	79,3/78,7/79,9		13,1/2,8/0,7	7,6/18,5/19,4
	3	0/79,2/85,4		0/3,1/2,3	0/17,7/12,3
	4	0/63,2/77,3		0/6,9/3,0	0/29,9/19,7
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	89,4/94,6/84,8		7,2/2,9/1,2	3,4/2,5/14,0
	2	82,8/86,3/80,2		11,3/3,1/1,7	5,9/10,6/18,1
	3	0/90,0/87,2		0/2,6/0,5	0/7,4/12,3
	4	0/75,1/72,4		0/2,5/1,8	0/22,4/25,8
7. Фестулолиум + клевер ползучий	1	39,0/37,0/40,6	53,5/52,7/54,5	5,3/2,7/1,3	2,2/7,6/3,6
	2	38,2/39,5/37,7	54,2/50,8/57,0	5,6/4,2/0,7	2,0/5,5/4,6
	3	0/32,5/38,2	0/59,7/55,8	0/1,9/1,5	0/5,9/4,5
	4	0/43,8/47,6	0/38,3/46,0	0/2,8/0,6	0/15,1/5,8
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	1	33,0/30,4/35,5	51,9/54,5/50,2	11,1/6,9/2,5	4,0/8,2/11,8
	2	33,5/38,1/30,7	53,5/51,8/54,1	8,4/3,7/0,3	4,6/6,4/14,9
	3	0/36,4/51,3	0/52,6/42,3	0/5,4/1,6	0/5,6/4,8
	4	0/49,7/48,5	0/31,0/46,3	0/6,2/1,9	0/13,1/3,3
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	1	36,2/39,9/32,4	53,5/46,0/59,9	6,9/3,8/0,7	3,4/10,3/7,0
	2	49,2/53,4/44,6	40,5/35,3/45,3	7,3/4,4/2,0	3,0/6,9/8,1
	3	0/43,1/36,7	0/46,7/55,4	0/2,7/0,6	0/7,5/7,3
	4	0/38,5/50,9	0/44,7/44,1	0/3,0/0,4	0/13,8/4,6
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1	36,2/40,5/32,8	56,2/52,0/60,3	5,4/2,7/1,5	2,2/4,8/5,4
	2	38,5/47,4/29,2	52,6/43,2/61,4	6,0/3,8/0,8	2,9/5,6/8,6
	3	0/32,8/25,2	0/59,1/69,9	0/2,2/0,3	0/5,9/4,6
	4	0/42,0/46,9	0/40,1/48,1	0/4,4/0,6	0/13,5/4,4

11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1	31,8/33,2/30,1	58,2/55,5/60,5	7,0/3,9/1,7	3,0/7,4/7,7
	2	34,3/43,7/24,6	55,3/47,0/64,6	7,7/4,2/3,0	2,7/5,1/7,8
	3	0/34,4/38,2	0/60,6/54,7	0/2,7/1,0	0/2,4/6,1
	4	0/42,2/37,0	0/43,0/52,2	0/3,5/2,4	0/11,3/8,4
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1	29,2/34,4/23,7	58,4/51,2/65,6	9,4/6,9/3,1	3,0/7,5/7,6
	2	37,5/40,2/34,3	53,8/49,1/58,0	6,0/3,7/1,4	2,7/7,0/6,3
	3	0/37,0/30,8	0/53,4/62,5	0/4,2/1,9	0/5,4/4,8
	4	0/41,7/41,2	0/38,9/50,2	0/6,7/2,5	0/12,7/6,1

Ботанический состав травостоев при трехукосном использовании в
2023/2024/2025 гг., %

Вариант	Укос	Сеяные злаки	Сеяные бобовые	Несеяные злаки и бобовые	Разнотравье
1. Фестулолиум	1	75,3/86,6/67,0		16,0/2,8/2,0	8,7/10,6/31,0
	2	0/87,7/60,9		0/2,3/1,5	0/10,0/37,6
	3	0/77,3/70,2		0/3,0/1,6	0/19,7/28,2
2. Райграс пастбищный	1	71,8/83,2/62,5		18,0/2,5/3,3	10,2/14,3/34,2
	2	0/82,0/63,2		0/2,9/2,2	0/15,1/34,6
	3	0/78,6/66,8		0/2,3/1,3	0/19,1/31,9
3. Овсяница луговая	1	82,4/87,6/68,7		11,8/1,9/3,0	5,8/10,5/28,3
	2	0/82,1/69,8		0/3,0/1,5	0/14,9/28,7
	3	0/74,1/67,5		0/2,4/1,8	0/23,5/30,7
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	89,9/90,8/88,9		6,8/2,2/1,2	3,3/7,0/9,9
	2	0/91,0/89,5		0/2,2/0,7	0/6,8/9,8
	3	0/80,6/85,6		0/2,8/1,1	0/16,6/13,3
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	84,7/83,9/85,0		9,8/2,9/0,8	5,5/13,2/14,2
	2	0/75,7/76,1		0/1,4/3,3	0/22,9/20,6
	3	0/80,5/78,3		0/2,1/1,6	0/17,4/20,1
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	90,1/90,0/90,5		6,9/2,3/2,4	3,0/7,7/7,1
	2	0/86,6/84,2		0/2,6/0,9	0/10,8/14,9
	3	0/78,2/81,2		0/2,7/1,6	0/19,1/17,2
7. Фестулолиум + клевер ползучий	1	47,5/39,6/52,7	46,5/52,4/43,4	4,2/1,4/1,6	1,8/6,6/2,3
	2	0/33,2/43,3	0/58,0/52,2	0/2,0/0,4	0/6,8/4,1
	3	0/36,1/49,7	0/57,1/44,1	0/4,2/0,6	0/2,6/5,6
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	1	34,6/30,1/41,0	56,0/58,3/52,9	6,9/3,9/2,0	2,5/7,7/4,1
	2	0/36,7/42,8	0/54,5/48,8	0/3,6/1,3	0/5,2/7,1
	3	0/33,8/46,5	0/56,3/45,5	0/2,7/1,5	0/7,2/6,5
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	1	43,5/36,4/50,4	48,5/54,9/42,3	5,6/2,8/1,4	2,4/5,9/5,9
	2	0/39,0/45,9	0/50,7/47,7	0/3,6/0,7	0/6,7/5,7
	3	0/35,4/45,7	0/56,7/48,4	0/4,0/1,4	0/3,9/4,5
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1	46,2/47,7/45,7	47,2/49,7/44,6	4,8/1,4/2,2	1,8/1,2/7,5
	2	0/42,5/41,1	0/50,6/53,8	0/2,7/0,9	0/4,2/5,2
	3	0/36,3/41,4	0/57,0/55,2	0/2,9/1,3	0/3,8/2,1
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1	34,5/35,8/36,8	53,3/57,2/52,4	9,8/3,7/2,6	2,4/3,3/8,2
	2	0/35,2/37,6	0/58,6/52,6	0/4,2/2,0	0/2,0/7,8
	3	0/36,9/44,7	0/52,2/48,0	0/5,0/1,6	0/5,9/5,7
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1	39,4/38,6/40,9	51,1/54,8/47,2	6,3/2,9/0,3	3,2/3,7/11,6
	2	0/39,1/37,5	0/53,7/57,9	0/4,5/0,5	0/2,7/4,1
	3	0/41,0/49,9	0/49,2/41,3	0/4,0/2,8	0/5,8/6,0

Урожайность травостоев в 2023 году по повторностям, т/га сухого вещества

Вариант	I	II	III	IV
	Трехукосное использование			
1. Фестулолиум	1,37	1,12	1,17	1,32
2. Райграс пастбищный	1,25	0,93	1,13	1,06
3. Овсяница луговая	0,97	1,21	1,22	0,95
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1,20	1,24	1,35	1,43
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1,20	1,30	1,09	1,25
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1,39	1,63	1,42	1,35
7. Фестулолиум + клевер ползучий	1,54	1,76	1,74	1,96
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	1,74	1,70	1,60	1,34
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	1,81	1,67	1,46	1,70
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1,46	1,59	1,60	1,43
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	1,31	1,41	1,37	1,31
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	1,66	1,36	1,49	1,69
	Четырехукосное использование			
1. Фестулолиум	1,23	1,40	1,30	1,29
2. Райграс пастбищный	1,12	1,22	1,19	1,15
3. Овсяница луговая	1,56	1,46	1,70	1,41
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1,61	1,94	1,78	1,66
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1,70	1,58	1,84	1,60
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1,98	2,03	2,12	1,87
7. Фестулолиум + клевер ползучий	2,32	2,00	1,95	2,19
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	1,80	2,06	2,09	1,97
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	1,94	1,85	2,13	2,27
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	1,95	1,76	1,80	2,01
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	2,32	1,84	1,70	1,86
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	2,18	2,20	1,95	2,19

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F – факт.	0.05	Различия
B	0,0425	1	0,0425	2,138	3,980	-

А	9,2672	11	0,8425	42,380	1,930	+
ВА	0,8849	11	0,0804	4,047	1,930	+
П	0,0045	3	0,0015	0,075	2,740	-
Остаточ.	1,3717	69	0,0199			
Общая	11,5708	95				
НСР ₀₅						
частных различий	0,20					
режимов скашивания	0,14					
травостоев	0,06					

Урожайность травостоев в 2024 году по повторностям, т/га сухого вещества

Вариант	I	II	III	IV
	Трехукосное использование			
1. Фестулолиум	2,91	3,05	2,69	3,08
2. Райграс пастбищный	2,51	2,21	2,71	2,74
3. Овсяница луговая	2,19	2,44	2,52	2,65
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	5,23	5,84	5,89	5,99
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	4,96	5,47	5,26	5,35
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	5,17	4,91	4,99	5,10
7. Фестулолиум + клевер ползучий	6,77	6,42	6,23	6,56
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	5,39	5,07	5,70	5,71
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	5,36	5,56	5,71	5,60
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	6,99	7,54	7,70	7,62
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	6,38	6,58	6,50	6,12
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	6,75	7,13	6,41	6,63
	Четырехукосное использование			
1. Фестулолиум	2,55	2,42	2,49	2,75
2. Райграс пастбищный	2,34	2,3	2,34	2,37
3. Овсяница луговая	2,07	2,29	2,45	2,23
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	5,84	5,53	5,27	5,82
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	5,63	4,89	4,99	5,25
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	5,22	4,92	5,55	5,48
7. Фестулолиум + клевер ползучий	5,1	5,46	5,74	5,7
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	4,83	5,03	5,11	5,35
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	5,08	5,58	5,53	5,37
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	6,49	6,26	6,69	6,29
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	5,92	5,79	5,44	5,62
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	6,05	6,31	6,14	5,57

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F – факт.	0.05	Различия
B	10,8878	1	10,8878	191,918	3,980	+

А	168,0108	11	15,2737	269,228	1,930	+
ВА	46,0835	11	4,1894	73,846	1,930	+
П	0,2404	3	0,0801	1,413	2,740	-
Остаточ.	3,9145	69	0,0567			
Общая	229,1370	95				
НСР ₀₅						
частных различий	0,34					
режимов скашивания	0,24					
травостоев	0,10					

Урожайность травостоев в 2025 году по повторностям, т/га сухого вещества

Вариант	I	II	III	IV
	Трехукосное использование			
1. Фестулолиум	3,72	3,50	3,49	3,64
2. Райграс пастбищный	3,20	3,27	3,72	3,56
3. Овсяница луговая	3,18	3,46	3,08	3,67
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	7,06	6,90	6,96	7,11
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	6,90	7,56	6,56	7,09
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	7,53	7,07	7,06	7,66
7. Фестулолиум + клевер ползучий	6,96	7,46	7,43	7,86
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	7,37	7,14	7,38	7,12
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	7,73	7,53	8,04	7,89
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	7,77	8,06	7,94	8,21
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	7,92	7,94	8,32	8,54
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	8,62	8,22	8,57	8,53
	Четырехукосное использование			
1. Фестулолиум	3,34	3,54	3,55	3,79
2. Райграс пастбищный	2,99	2,96	3,34	3,18
3. Овсяница луговая	3,65	3,48	3,65	3,32
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	7,04	6,60	7,09	6,89
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	6,86	7,17	6,79	6,96
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	7,10	7,16	7,14	6,99
7. Фестулолиум + клевер ползучий	6,59	6,72	6,99	7,22
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	6,98	7,03	6,81	6,81
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	6,40	6,52	6,89	6,86
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	7,11	7,39	7,61	7,88
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	7,44	7,57	7,80	7,84
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	8,28	8,11	8,07	8,04

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F – факт.	0.05	Различия
B	12,1980	1	12,1980	264,525	3,980	+

А	251,3010	11	22,8455	495,427	1,930	+
ВА	40,2318	11	3,6574	79,315	1,930	+
П	0,6134	3	0,2045	4,434	2,740	+
Остаточ.	3,1818	69	0,0461			
Общая	307,5259	95				
НСР ₀₅						
частных различий	0,32					
режимов скашивания	0,22					
травостоев	0,09					

Урожайность травостоев в среднем за три года по повторностям, т/га сухого
вещества

Вариант	I	II	III	IV
	Трехукосное использование			
1. Фестулолиум	2,67	2,56	2,45	2,68
2. Райграс пастбищный	2,32	2,14	2,52	2,45
3. Овсяница луговая	2,11	2,37	2,27	2,42
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	4,50	4,66	4,73	4,84
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	4,35	4,78	4,30	4,56
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	4,70	4,54	4,49	4,70
7. Фестулолиум + клевер ползучий	5,09	5,21	5,13	5,46
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	4,83	4,64	4,89	4,72
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	4,97	4,92	5,07	5,06
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	5,41	5,73	5,75	5,75
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	5,20	5,31	5,40	5,32
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	5,68	5,57	5,49	5,62
	Четырехукосное использование			
1. Фестулолиум	2,37	2,45	2,45	2,61
2. Райграс пастбищный	2,15	2,16	2,29	2,23
3. Овсяница луговая	2,43	2,41	2,60	2,32
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	4,83	4,69	4,71	4,79
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	4,73	4,55	4,54	4,60
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	4,77	4,70	4,94	4,78
7. Фестулолиум + клевер ползучий	4,67	4,73	4,89	5,04
8. Райграс пастбищный + клевер ползучий	4,54	4,71	4,67	4,71
9. Овсяница луговая + клевер ползучий	4,47	4,65	4,85	4,83
10. Фестулолиум + лядвенец рогатый	5,18	5,14	5,37	5,39
11. Райграс пастбищный + лядвенец рогатый	5,23	5,07	4,98	5,11
12. Овсяница луговая + лядвенец рогатый	5,50	5,54	5,39	5,27

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	F – факт.	0.05	Различия
-------------------	-----------------	------------------------	-----------------	-----------	------	----------

В	5,4531	1	5,4531	379,720	3,980	+
А	104,1062	11	9,4642	659,032	1,930	+
ВА	19,3866	11	1,7624	122,724	1,930	+
П	0,1582	3	0,0527	3,672	2,740	+
Остаточ.	0,9909	69	0,0144			
Общая	130,0949	95				
НСР ₀₅						
частных различий	0,17					
режимов скашивания	0,12					
травостоев	0,05					

Урожайность сухого вещества по укосам 2023–2025 гг., т/га

Вариант	Укос	2023	2024	2025
3-х укосное использование				
1. Фестулолиум	1	1,25	1,46	1,85
	2		1,05	1,32
	3		0,43	0,42
2. Райграс пастбищный	1	1,09	1,22	1,76
	2		1	1,21
	3		0,31	0,47
3. Овсяница луговая	1	1,09	1,25	1,71
	2		0,9	1,24
	3		0,31	0,4
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	1,31	2,51	3
	2		2,16	2,37
	3		1,07	1,64
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	1,21	2,47	2,95
	2		2,02	2,2
	3		0,77	1,88
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	1,45	2,07	3,08
	2		1,93	2,35
	3		1,04	1,87
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	1,75	2,45	3,13
	2		2,75	2,59
	3		1,3	1,71
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	1,6	2,06	3,27
	2		2,3	2,33
	3		1,11	1,65
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	1,66	2,35	3,57
	2		2,12	2,27
	3		1,09	1,96
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	1,52	2,85	3,36
	2		2,75	2,41
	3		1,87	2,23
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	1,35	2,62	3,28
	2		2,4	2,65
	3		1,38	2,25
12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	1,55	2,42	3,36
	2		2,53	2,82
	3		1,78	2,31
4-х укосное использование				
1. Фестулолиум	1	0,77	0,85	1,3
	2	0,54	0,89	1,07
	3		0,6	0,79
	4		0,22	0,4
2. Райграс пастбищный	1	0,77	0,7	1,14
	2	0,4	0,93	0,95
	3		0,58	0,68

	4		0,13	0,35
3. Овсяница луговая	1	0,9	0,69	1,25
	2	0,63	0,84	1,01
	3		0,55	0,81
	4		0,19	0,46
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	0,82	1,96	1,94
	2	0,93	1,71	2,19
	3		1,44	1,53
	4		0,51	1,25
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	0,73	1,84	1,81
	2	0,95	1,55	1,93
	3		1,33	1,75
	4		0,48	1,45
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	0,88	1,62	1,96
	2	1,12	1,64	1,83
	3		1,47	1,89
	4		0,57	1,43
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	1,24	1,96	2,16
	2	0,88	1,7	2,06
	3		1,56	1,54
	4		0,29	1,12
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	1,14	1,65	1,92
	2	0,84	1,7	2,14
	3		1,47	1,84
	4		0,26	1,02
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	1,24	1,61	1,81
	2	0,81	2,08	1,98
	3		1,42	1,69
	4		0,28	1,2
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	1,14	2,3	2,12
	2	0,74	1,97	2,21
	3		1,76	1,91
	4		0,42	1,26
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	1,07	2,03	2,1
	2	0,86	1,9	2,18
	3		1,45	2,07
	4		0,32	1,32
12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	1,22	2,17	2,31
	2	0,91	2	2,47
	3		1,53	2,1
	4		0,33	1,25

Содержание сырого протеина в зеленой массе многолетних трав по укосам, в % от
сухого вещества

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	10,48/11,69	11,79/11,31	9,53/8,96
	2	12,30	9,52/11,42	10,17/8,55
	3		10,48/11	9,78/10,13
	4		11,2	9,63
2. Райграс пастбищный	1	9,83/10,05	10,76/11,19	10,53/9,15
	2	11,20	9,94/10,87	9,17/8,69
	3		10,71/10,53	8,75/9,63
	4		10,79	10,1
3. Овсяница луговая	1	10,1/10,03	11,24/10,12	10,23/10,47
	2	10,80	10,42/11,01	11,9/9,27
	3		11,66/11,11	10,64/10,76
	4		12,95	11,65
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	14,6/15,45	14,24/15,49	15,67/16,97
	2	14,90	14,69/15,88	15,38/13,67
	3		13,78/14,08	13,87/14,47
	4		15,41	14,68
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	13,32/14,68	15,74/16,97	14,17/14,33
	2	13,75	13,73/16,02	15,25/12,43
	3		12,81/15,2	13,59/13,67
	4		15,88	15,59
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	15,46/15,58	13,46/16,96	14,87/16,57
	2	14,20	15,84/16,69	14,25/13,45
	3		13,57/14,8	14,58/14,54
	4		14,26	13,22
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	14,81/15,91	15,97/16,44	14,64/15,51
	2	15,10	16,09/15,8	14,09/13,86
	3		14,21/14,32	13,33/14,88
	4		16,09	15,51
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	13,9/14,21	16,6/16,33	12,89/14,88
	2	13,50	15,43/16,49	13,99/12,09
	3		14,29/14,46	14,35/15,53
	4		15,93	14,15
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	13,65/14,28	16,95/17,86	15,45/14,22
	2	13,90	15,51/15,76	15,89/13,18
	3		15,51/15,3	15,96/15,95
	4		14,94	15,69
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	15,41/13,84	15,04/16,49	16,21/15,86
	2	12,80	16,94/15,71	15,59/14,25
	3		15,88/14,28	14,73/15,43
	4		16,02	15,42
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	14,62/13,16	16,62/15,73	15,65/13,06
	2	12,40	16,22/16,46	14,61/14,16
	3		14,59/15,19	14,04/16,85
	4		15,78	14,21

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	14,1/14,63	17,55/16,91	15,27/14,19
	2	13,30	17,53/17,38	16,7/13,59
	3		15,14/15,16	15,74/16,22
	4		16,26	16,31
НСР ₀₅	1	1,33/1,42	1,42/1,57	1,28/1,47
	2	1,3	1,42/1,51	1,3/1,19
	3		1,22/1,35	1,28/1,34
	4		1,43	1,34

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Содержание сырой клетчатки в зеленой массе многолетних трав по укосам, в % от
сухого вещества

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	28,51/28,87	29,1/28,08	23,35/23,5
	2	26,50	29,64/29,3	27,4/28,31
	3		30,23/30,14	24,45/27,5
	4		26,74	26,98
2. Райграс пастбищный	1	28,42/29,65	30,42/28,66	28,41/24,4
	2	27,90	31,89/30,17	28,28/28,77
	3		30,07/32,78	29,67/29,22
	4		27,65	29,48
3. Овсяница луговая	1	26,61/25,99	29,28/29,09	28,49/25,15
	2	28,10	29,63/30,31	27,73/30,31
	3		30,63/32,62	23,9/26,75
	4		27,75	23,53
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	26,41/26,26	29,48/27,29	24,52/24,54
	2	24,80	30,23/30,45	27,98/29,08
	3		30,58/31,07	23,92/26,29
	4		27,64	30,73
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	25,6/24,55	29,04/29,51	28,32/25,31
	2	24,30	30,39/30,27	28,72/29,55
	3		30,88/31,41	27,02/28,61
	4		27,01	26,84
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	25,41/24,02	28,31/28,89	28,78/24,51
	2	25,10	29,02/29,2	29,33/29,9
	3		30,81/30,7	24,14/25,79
	4		28,01	25,04
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	25,35/24,24	26,52/26,76	25,42/24,74
	2	24,90	29,5/29,26	26,54/25,89
	3		28,85/30,63	23,03/26,13
	4		26,83	22,86
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	25,38/23,94	26,47/26,45	24,51/25,17
	2	23,70	28,42/28,98	26,59/25,77
	3		29,49/30,32	25,32/28,24
	4		27,69	25,56
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	26,08/24,6	26/25,48	27,1/25,25
	2	25,40	29,34/28,87	26,2/26,16
	3		29,38/30,18	23,84/25,84
	4		28,03	24,17
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	26,64/25,89	28,22/27,72	24,83/24,97
	2	26,20	28,89/28,69	27,8/26,65
	3		29,32/32,04	24,61/27,25
	4		27,01	24,14
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	27,9/26,58	28,49/28,14	26,31/25,52
	2	27,30	29,09/28,12	28,84/26,92
	3		28,55/30,42	26,13/27,74
	4		26,83	25,13

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	28,41/25,14	29,4/28,63	28,25/25,03
	2	25,80	28,17/27,7	28,69/26,54
	3		28,48/30,81	26,59/27,21
	4		27,21	24,03
НСР ₀₅	1	2,12/2,01	2,34/2,43	2,36/2,17
	2	2,78	2,54/2,56	2,42/2,43
	3		2,62/2,65	2,15/2,37
	4		2,38	2,15

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Содержание сырой золы в зеленой массе многолетних трав по укосам, в % от
сухого вещества

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	7,45/5,3	9,2/9,33	5,27/6,56
	2	5,45	8,07/7,68	7,03/7,01
	3		6,05/7,27	8,05/8,2
	4		6,71	7,05
2. Райграс пастбищный	1	6,02/5,11	8,96/9,01	5,32/5,17
	2	5,88	7,45/7,01	6,53/6,15
	3		5,87/7,12	5,19/7,61
	4		7,09	6,45
3. Овсяница луговая	1	8,05/5,77	8,46/8,73	4,91/6,3
	2	6,12	7,39/7,54	6,82/6,41
	3		5,39/6,97	7,24/8,77
	4		7,01	6,27
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	9,18/6,88	8,76/8,79	5,11/8,04
	2	6,95	7,51/7,74	6,27/7,38
	3		5,55/7,23	8,02/8,43
	4		7,04	5,88
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	6,47/6,46	9,09/9,01	5,07/6,85
	2	6,62	7,43/7,7	6,85/6,77
	3		5,02/7,09	7,14/7,77
	4		6,73	6,01
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	6,35/6,3	7,96/9,13	5,08/6,85
	2	5,77	8,16/7,7	5,96/7,42
	3		5,29/7,41	9,15/8,35
	4		7,05	6,28
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	9,46/5,99	9,14/9,47	7/7,61
	2	6,05	9,13/7,66	7,19/6,58
	3		5,75/7,92	7,69/6,81
	4		6,62	6,67
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	6,84/6,1	8,96/9,96	7,15/7,53
	2	6,33	9,28/7,68	6,07/7,11
	3		5,79/6,79	6,22/7,2
	4		7,06	6,86
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	5,99/5,6	9,97/9,03	6,5/7,6
	2	5,91	9,29/7,77	6,52/6,23
	3		6,15/7,77	7,09/6,32
	4		6,89	6,85
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	5,91/7,04	8,62/9,17	5,54/5,86
	2	6,74	7,84/7,89	6,13/6,62
	3		5,38/6,88	6,44/5,96
	4		6,76	6,5
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	6,88/6,44	8,15/8,86	5,11/6,43
	2	6,38	7,75/7,46	5,57/5,99
	3		3,75/7,23	6,26/5,74
	4		6,38	6,84

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	6,32/6,8	8,82/8,78	5,74/6,64
	2	6,59	7,14/7,52	4,47/6,47
	3		5,8/6,92	6,32/5,46
	4		6,71	6,29
НСР ₀₅	1	0,68/0,55	0,76/0,84	0,58/0,66
	2	1,11	0,78/0,67	0,59/0,63
	3		0,48/0,64	0,71/0,69
	4		0,06	0,56

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Содержание сырого жира в зеленой массе многолетних трав по укосам, в % от
сухого вещества

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	1,7/2,06	2,4/2,38	1,67/2,02
	2	1,95	2,65/2,64	2,07/2,03
	3		2,64/2,6	2,42/2,09
	4		3,16	2,17
2. Райграс пастбищный	1	1,52/2,31	2,44/2,44	1,81/1,97
	2	2,18	2,48/2,67	2,21/1,94
	3		2,59/2,3	2,35/1,69
	4		3,13	2,07
3. Овсяница луговая	1	1,61/2,46	2,64/2,45	1,63/1,9
	2	2,35	2,62/2,65	2,02/1,77
	3		2,75/2,35	2,26/2,08
	4		3,17	2,28
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	1,99/2,26	2,59/2,25	1,84/2,32
	2	2,42	2,73/2,66	1,89/2,01
	3		2,46/2,55	2,31/2,37
	4		3,11	2,48
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	1,86/1,88	2,67/2,59	1,72/2,15
	2	2,11	2,72/2,65	1,82/1,71
	3		2,74/2,53	2,07/2,19
	4		3,09	2,66
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	2,04/1,99	2,65/2,58	1,62/2,05
	2	1,92	2,72/2,76	1,92/2,14
	3		2,55/2,51	2,7/2,44
	4		3,19	2,42
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	2,13/2,06	2,83/2,86	2,2/2,24
	2	2,05	2,98/3,03	1,99/1,95
	3		2,55/2,55	2,4/1,92
	4		3,2	2,42
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	2,08/2,37	2,99/3,09	2,1/2,24
	2	2,28	3,03/2,88	1,95/2,02
	3		2,56/2,53	2,32/1,77
	4		3,14	2,21
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	2,09/2,31	3,1/3,33	1,89/2,18
	2	2,33	2,88/3,04	2,19/1,93
	3		2,88/2,58	2,13/1,88
	4		3,2	2,18
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	1,83/2,1	2,89/3,08	1,98/2,31
	2	2,19	3,13/3,01	2,11/2,36
	3		2,86/2,43	2,32/2,26
	4		3,08	2,36
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	1,9/2	2,94/3,06	2,03/2,16
	2	2,08	3,26/3,32	2,2/2,17
	3		2,77/2,62	1,83/2,1
	4		3,11	2,11

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	2,03/2,12	2,81/2,99	2,07/2,19
	2	2,14	3,21/3,01	2,17/2,1
	3		2,73/2,51	2,15/2,05
	4		3,14	2,23
НСР ₀₅	1	0,19/0,18	0,26/0,25	0,17/0,19
	2	0,29	0,24/0,23	0,16/0,17
	3		0,21/0,22	0,22/0,19
	4		0,28	0,21

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Содержание фосфора в зеленой массе многолетних трав по укосам, в % от сухого
вещества

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	0,31/0,24	0,32/0,31	0,25/0,23
	2	0,25	0,32/0,34	0,26/0,31
	3		0,27/0,32	0,24/0,32
	4		0,24	0,25
2. Райграс пастбищный	1	0,3/0,22	0,34/0,33	0,21/0,23
	2	0,23	0,33/0,33	0,24/0,29
	3		0,28/0,34	0,23/0,28
	4		0,24	0,24
3. Овсяница луговая	1	0,28/0,26	0,33/0,34	0,22/0,26
	2	0,27	0,34/0,31	0,23/0,29
	3		0,28/0,31	0,22/0,31
	4		0,22	0,25
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	0,25/0,27	0,34/0,36	0,2/0,29
	2	0,26	0,33/0,33	0,24/0,32
	3		0,25/0,31	0,26/0,35
	4		0,22	0,23
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	0,25/0,26	0,31/0,37	0,2/0,3
	2	0,29	0,3/0,34	0,24/0,29
	3		0,26/0,33	0,22/0,34
	4		0,22	0,24
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	0,25/0,28	0,3/0,37	0,23/0,28
	2	0,24	0,33/0,34	0,22/0,32
	3		0,27/0,32	0,26/0,34
	4		0,2	0,27
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	0,24/0,31	0,35/0,35	0,27/0,29
	2	0,30	0,37/0,36	0,28/0,32
	3		0,27/0,31	0,26/0,33
	4		0,23	0,28
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	0,31/0,25	0,36/0,38	0,29/0,32
	2	0,28	0,37/0,33	0,27/0,31
	3		0,26/0,32	0,24/0,32
	4		0,24	0,28
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	0,34/0,26	0,37/0,35	0,27/0,3
	2	0,27	0,36/0,33	0,33/0,29
	3		0,29/0,33	0,25/0,33
	4		0,22	0,26
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	0,32/0,27	0,34/0,35	0,25/0,26
	2	0,26	0,35/0,36	0,26/0,31
	3		0,24/0,29	0,26/0,3
	4		0,22	0,27
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	0,24/0,3	0,36/0,37	0,23/0,27
	2	0,31	0,34/0,34	0,31/0,32
	3		0,25/0,31	0,21/0,33
	4		0,22	0,25

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	0,26/0,28	0,39/0,36	0,28/0,27
	2	0,29	0,34/0,33	0,26/0,28
	3		0,25/0,32	0,26/0,3
	4		0,24	0,26
НСР ₀₅	1	0,03/0,01	0,03/0,03	0,03/0,02
	2	0,02	0,03/0,04	0,02/0,03
	3		0,02/0,03	0,02/0,03
	4		0,02	0,02

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Вынос фосфора (P_2O_5) с урожаем многолетних трав по укосам, кг/га

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	8,9/4,1	10,8/6,0	10,5/6,9
	2	3,2	7,8/6,9	7,8/7,6
	3		2,7/4,4	2,3/5,7
	4		1,1	2,3
2. Райграс пастбищный	1	7,6/3,9	9,4/5,3	8,5/6,0
	2	2,1	7,6/7,1	6,6/6,4
	3		2,1/4,6	2,5/4,4
	4		0,7	1,8
3. Овсяница луговая	1	7,1/5,3	9,4/5,3	8,7/7,6
	2	3,9	7,1/6,0	6,6/6,6
	3		2,1/3,9	2,1/5,7
	4		0,9	2,7
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	7,6/5,0	19,5/16,3	13,7/12,8
	2	5,5	16,3/12,8	13,1/16,0
	3		6,2/10,3	9,8/12,4
	4		2,5	6,6
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	6,9/4,4	17,6/15,6	13,5/12,4
	2	6,4	14,0/12,1	12,1/12,8
	3		4,6/10,1	9,4/13,7
	4		2,5	8,0
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	8,2/5,7	14,2/13,7	16,3/12,6
	2	6,2	14,7/12,8	11,9/13,5
	3		6,4/10,8	11,2/14,7
	4		2,5	8,9
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	9,6/8,7	19,7/15,8	19,5/14,4
	2	6,0	23,4/14,0	16,7/15,1
	3		8,0/11,0	10,1/11,7
	4		1,6	7,1
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	11,5/6,6	16,9/14,4	21,8/14,0
	2	5,5	19,5/12,8	14,4/15,1
	3		6,6/10,8	9,2/13,5
	4		1,4	6,6
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	12,8/7,3	19,9/12,8	22,0/12,4
	2	5,0	17,4/15,8	17,2/13,1
	3		7,3/10,8	11,2/12,8
	4		1,4	7,1
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	11,2/7,1	22,2/18,5	19,2/12,6
	2	4,4	22,0/16,3	14,4/15,8
	3		10,3/11,7	13,3/13,1
	4		2,1	7,8
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	7,3/7,3	21,5/17,2	17,2/13,1
	2	6,2	18,8/14,9	18,8/16,0
	3		8,0/10,3	10,8/15,6
	4		1,6	7,6
	1	9,2/7,8	21,5/17,9	21,5/14,2

12. Овсяница луговая + Лядвенец	2	6,0	19,7/15,1	16,7/15,8
	3		10,3/11,2	13,7/14,4
	4		1,8	7,6
НСР ₀₅	1	0,8/0,7	1,6/1,5	1,8/1,3
	2	0,6	1,9/1,2	1,4/1,4
	3		0,7/1,1	1,0/1,4
	4		0,2	0,8

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Содержание кальция в зеленой массе многолетних трав по укосам, в % от сухого вещества

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	0,55/0,56	0,52/0,67	0,61/0,54
	2	0,55	0,74/0,85	0,57/0,40
	3		0,76/0,71	0,53/0,56
	4		0,83	0,41
2. Райграс пастбищный	1	0,56/0,67	0,58/0,70	0,7/0,57
	2	0,71	0,77/0,78	0,5/0,43
	3		0,82/0,77	0,43/0,51
	4		0,74	0,39
3. Овсяница луговая	1	0,50/0,69	0,66/0,77	0,68/0,63
	2	0,64	0,69/0,79	0,58/0,57
	3		0,77/0,73	0,58/0,53
	4		0,79	0,38
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	0,42/0,42	0,6/0,88	0,66/0,64
	2	0,44	0,83/0,81	0,58/0,42
	3		0,72/0,75	0,49/0,48
	4		0,84	0,40
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	0,49/0,41	0,59/0,76	0,7/0,76
	2	0,47	0,86/0,78	0,52/0,45
	3		0,8/0,80	0,59/0,44
	4		0,90	0,45
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	0,55/0,48	0,62/0,83	0,63/0,79
	2	0,52	0,78/0,81	0,59/0,44
	3		0,75/0,88	0,42/0,54
	4		0,81	0,43
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	0,88/0,73	0,96/1,01	0,78/0,75
	2	0,76	1,02/0,98	0,68/0,75
	3		1,01/1,13	0,68/0,88
	4		1,18	0,62
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	0,88/0,66	1,03/1,08	0,74/0,8
	2	0,68	1,06/1,21	0,71/0,8
	3		1,1/1,11	0,77/0,87
	4		1,29	0,56
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	0,83/0,8	1,05/0,98	0,88/0,76
	2	0,83	1,15/1,2	0,75/0,77
	3		1,12/1,27	0,79/0,96
	4		1,21	0,63
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	0,73/0,88	0,85/1,07	0,83/0,86
	2	0,85	1,13/1,02	0,69/0,83
	3		1,05/1,19	0,74/0,94
	4		1,29	0,71
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	0,61/0,77	1,07/1,08	0,77/0,83
	2	0,79	1,16/1,12	0,73/0,83
	3		1,08/1,21	0,66/0,98
	4		1,19	0,6

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	0,64/0,73	1,03/1,16	0,86/0,82
	2	0,70	1,11/1,16	0,68/0,91
	3		1,12/1,28	0,72/1,00
	4		1,27	0,75
НСР ₀₅	1	0,07/0,05	0,08/0,09	0,06/0,07
	2	0,04	0,07/0,09	0,04/0,09
	3		0,08/0,1	0,08/0,07
	4		0,1	0,05

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Накопление общего азота в надземной массе многолетних трав по укосам, кг/га

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	21,0/14,4	27,5/15,4	28,2/18,6
	2	10,6	16,0/16,3	21,5/14,6
	3		7,2/10,6	6,6/12,8
	4		3,9	6,2
2. Райграс пастбищный	1	17,1/12,4	21,0/12,5	29,7/16,7
	2	7,2	15,9/16,2	17,8/13,2
	3		5,3/9,8	6,6/10,5
	4		2,2	5,7
3. Овсяница луговая	1	17,6/14,4	22,5/11,2	28,0/20,9
	2	10,9	15,0/14,8	23,6/15,0
	3		5,8/9,8	6,8/13,9
	4		3,9	8,6
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	30,6/20,3	57,2/48,6	75,2/52,7
	2	22,2	50,8/43,4	58,3/47,9
	3		23,6/32,4	36,4/35,4
	4		12,6	29,4
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	25,8/17,1	62,2/50,0	66,9/41,5
	2	20,9	44,4/39,7	53,7/38,4
	3		15,8/32,3	40,9/38,3
	4		12,2	36,2
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	35,9/21,9	44,6/44,0	73,3/52,0
	2	25,4	48,9/43,8	53,6/39,4
	3		22,6/34,8	43,6/44,0
	4		13,0	30,2
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	41,5/31,6	62,6/51,6	73,3/53,6
	2	21,3	70,8/43,0	58,4/45,7
	3		29,6/35,7	36,5/36,7
	4		7,5	27,8
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	35,6/25,9	54,7/43,1	67,4/45,7
	2	18,1	56,8/44,9	52,2/41,4
	3		25,4/34,0	37,9/45,7
	4		6,6	23,1
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	36,3/28,3	63,7/46,0	88,3/41,2
	2	18,0	52,6/52,4	57,7/41,8
	3		27,0/34,8	50,1/43,1
	4		6,7	30,1
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	37,5/25,2	68,6/60,7	87,1/53,8
	2	15,2	74,5/49,5	60,1/50,4
	3		47,5/40,2	52,6/47,2
	4		10,8	31,1
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	31,6/22,5	69,7/51,1	82,1/43,9
	2	17,1	62,3/50,0	61,9/49,4
	3		32,2/35,2	50,5/55,8
	4		8,1	30,0
	1	35,0/28,6	68,0/58,7	82,1/52,4

12. Овсяница луговая + Лядвенец	2	19,4	71,0/55,6	75,4/53,7
	3		43,1/37,1	58,2/54,5
	4		8,6	32,6
НСР ₀₅	1	3,49/2,46	5,51/4,82	6,81/4,88
	2	2,23	5,84/4,21	5,33/4,08
	3		2,49/3,49	4,13/4,18
	4		1,12	3,12

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Накопление симбиотического азота в зеленой массе многолетних трав по укосам,
кг/га

Вариант	Укос	2023	2024	2025
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	20,5/17,2	35,1/36,2	45,1/35,0
	2	10,6	54,8/26,7	36,9/31,0
	3		22,3/25,2	29,9/23,9
	4		3,5	21,6
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	18,4/13,5	33,7/30,6	37,8/29,0
	2	11,0	40,9/28,7	34,4/28,2
	3		20,1/24,2	31,3/35,2
	4		4,4	17,4
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	18,6/13,9	41,3/34,8	60,3/20,2
	2	7,1	37,6/37,7	34,1/26,8
	3		21,3/25,0	43,2/29,2
	4		2,8	21,6
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	16,5/10,8	41,0/45,3	58,9/35,2
	2	4,5	58,5/33,3	38,6/35,8
	3		40,3/29,7	46,0/34,3
	4		6,8	24,9
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	14,4/10,1	48,7/38,6	52,5/27,2
	2	9,9	46,4/33,9	44,2/36,2
	3		26,9/25,5	44,0/45,3
	4		5,8	24,4
12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	17,4/14,1	45,5/47,5	54,1/31,5
	2	8,5	56,0/40,8	51,7/38,7
	3		37,3/27,3	51,4/40,6
	4		4,6	24,0
НСР ₀₅	1	1,67/1,2	3,97/4,07	6,32/2,80
	2	0,41	4,88/3,57	3,24/3,01
	3		3,6/2,71	4,57/2,92
	4		0,6	2,32

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Коэффициенты азотфиксации по укосам

Вариант	Укос	2023	2024	2025
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	0,49/0,54	0,56/0,70	0,62/0,65
	2	0,50	0,77/0,62	0,63/0,68
	3		0,76/0,70	0,82/0,65
	4		0,47	0,78
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	0,52/0,52	0,62/0,71	0,56/0,63
	2	0,60	0,72/0,64	0,66/0,68
	3		0,79/0,71	0,83/0,77
	4		0,66	0,76
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	0,51/0,49	0,65/0,76	0,68/0,49
	2	0,40	0,71/0,72	0,59/0,64
	3		0,79/0,72	0,86/0,68
	4		0,41	0,72
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	0,44/0,43	0,60/0,75	0,68/0,65
	2	0,30	0,79/0,67	0,64/0,71
	3		0,85/0,74	0,87/0,73
	4		0,63	0,80
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	0,46/0,45	0,70/0,75	0,64/0,62
	2	0,58	0,74/0,68	0,71/0,73
	3		0,84/0,72	0,87/0,81
	4		0,72	0,81
12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	0,50/0,49	0,67/0,81	0,66/0,60
	2	0,44	0,79/0,73	0,69/0,72
	3		0,87/0,74	0,88/0,74
	4		0,54	0,74
НСР ₀₅	1	0,05/0,05	0,06/0,07	0,07/0,05
	2	0,03	0,07/0,07	0,06/0,06
	3		0,08/0,07	0,08/0,07
	4		0,05	0,07

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Коэффициенты использования азота из удобрений по укосам

Вариант	Укос	2024	2025
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	0,25/0,28	0,39/0,28
	2	0,29/0,23	0,31/0,28
	3	0,14/0,18	0,25/0,19
	4	0,07	0,19
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	0,34/0,31	0,31/0,21
	2	0,24/0,20	0,30/0,21
	3	0,09/0,19	0,29/0,23
	4	0,08	0,25
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	0,18/0,27	0,38/0,26
	2	0,28/0,24	0,25/0,20
	3	0,14/0,21	0,31/0,25
	4	0,08	0,18
НСР ₀₅	1	0,05/0,04	0,03/0,02
	2	0,03/0,02	0,04/0,03
	3	0,01/0,02	0,04/0,03
	4	0,02	0,04

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Эквиваленты азотных удобрений по укосам, кг/га д.в. минерального удобрения

Вариант	Укос	2023	2024	2025
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	255,2/351,0	141,9/130,8	115,2/123,3
	2	110,5	189,1/117,9	120,2/112,0
	3		163,7/138,1	120,3/126,6
	4		49,0	111,9
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	256,0/340,9	98,2/98,0	121,8/140,4
	2	95,9	172,3/146,1	114,9/134,4
	3		230,0/128,8	109,5/152,1
	4		52,8	68,6
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	122,5/222,4	224,0/127,5	159,7/78,3
	2	58,7	133,1/155,8	136,5/131,7
	3		151,9/119,8	141,0/116,6
	4		36,5	119,3
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	205,6/221,7	166,1/163,8	150,5/124,0
	2	47,1	202,0/146,8	125,8/129,0
	3		295,2/162,6	185,0/182,2
	4		94,9	128,9
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	200,4/255,6	141,7/123,6	169,2/131,5
	2	86,5	195,5/172,5	147,6/172,5
	3		308,3/135,4	153,8/195,7
	4		70,4	95,8
12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	114,1/226,0	246,9/174,0	143,3/121,9
	2	69,9	198,0/168,9	207,2/190,5
	3		266,7/131,0	167,4/162,1
	4		61,5	133,1
НСР ₀₅	1	16,1/18,1	21,6/15,1	15,7/9,2
	2	4,5	16,1/14,5	12,1/13,6
	3		24,4/14,3	17,3/15,0
	4		8,4	13,0

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Показатели N-тестера на многолетних травах по укосам, ед.

Вариант	Виды трав	Укос	2023	2024	2025
1.	Фестулолиум	1	261/236	338/368	297/278
		2	297	398/303	293/323
		3		361/580	304/335
		4		263	274
2.	Райграс пастбищный	1	356/327	331/328	320/306
		2	389	341/332	295/354
		3		290/580	330/355
		4		283	311
3.	Овсяница луговая	1	267/241	230/283	326/324
		2	305	391/354	300/381
		3		157/606	342/366
		4		352	338
4.	Фестулолиум + N ₁₂₀	1	340/307	441/383	331/376
		2	372	444/327	317/389
		3		451/655	383/370
		4		354	360
5.	Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	364/332	456/435	332/377
		2	402	430/392	333/404
		3		424/697	442/401
		4		385	378
6.	Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	319/285	256/319	344/456
		2	355	421/378	348/418
		3		271/712	454/456
		4		531	389
7.	Фестулолиум	1	478/444	457/436	345/457
		2	514	445/393	349/419
		3		728/713	455/457
		4		532	390
	Клевер ползучий	1	624/591	727/739	666/509
		2	663	737/591	567/645
		3		426/746	535/640
		4		711	634
8.	Райграс пастбищный	1	433/395	460/440	350/460
		2	472	450/395	355/425
		3		700/715	460/460
		4		535	395
	Клевер ползучий	1	684/645	708/715	759/615
		2	623	601/681	631/690
		3		668/765	630/606
		4		682	686
9.	Овсяница луговая	1	450/413	465/445	355/465
		2	489	455/400	360/430
		3		805/720	465/468
		4		540	401

	Клевер ползучий	1	676/638	709/726	673/624
		2	612	743/692	618/676
		3		678/606	674/673
		4		701	685
10.	Фестулолиум	1	361/323	361/405	353/401
		2	401	448/337	331/396
		3		668/590	411/380
		4		385	392
	Лядвенец	1	698/662	638/608	679/650
		2	642	657/813	632/679
		3		618/656	687/692
		4		666	694
11.	Райграс пастбищный	1	379/342	481/499	380/383
		2	418	486/402	387/397
		3		662/699	314/437
		4		394	450
	Лядвенец	1	808/770	680/689	637/743
		2	845	695/763	718/713
		3		602/726	672/600
		4		613	658
12.	Овсяница луговая	1	322/294	347/373	432/493
		2	381	440/453	351/437
		3		482/713	492/499
		4		653	483
	Лядвенец	1	771/739	665/689	674/658
		2	813	675/781	624/633
		3		679/627	608/613
		4		664	652
НСР 05	1	57/53	60/61	57/49	
	2	54	56/52	48/54	
	3		68/63	51/53	
	4		61	54	

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Содержание валовой энергии в зеленой массе многолетних трав по укосам,
МДж/кг СВ

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	17,97/18,52	17,92/17,84	18,16/17,98
	2	18,45	18,04/18,22	18,08/17,99
	3		18,47/18,28	17,88/17,88
	4		18,43	18,05
2. Райграс пастбищный	1	18,14/18,52	17,94/17,92	18,37/18,24
	2	18,39	18,20/18,33	18,16/18,14
	3		18,50/18,28	18,43/17,90
	4		18,36	18,23
3. Овсяница луговая	1	17,78/18,35	18,08/17,91	18,38/18,13
	2	18,36	18,21/18,25	18,23/18,14
	3		18,70/18,35	18,03/17,80
	4		18,52	18,26
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	17,95/18,47	18,21/18,16	18,65/18,33
	2	18,42	18,51/18,54	18,53/18,28
	3		18,74/18,50	18,12/18,16
	4		18,66	18,75
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	18,29/18,36	18,26/18,35	18,63/18,35
	2	18,32	18,46/18,55	18,42/18,25
	3		18,84/18,60	18,28/18,24
	4		18,72	18,73
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	18,49/18,46	18,29/18,31	18,66/18,45
	2	18,47	18,44/18,59	18,55/18,30
	3		18,80/18,50	18,06/18,18
	4		18,61	18,43
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	17,92/18,56	18,24/18,22	18,36/18,30
	2	18,51	18,36/18,60	18,27/18,34
	3		18,71/18,38	18,14/18,36
	4		18,78	18,46
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	18,31/18,49	18,35/18,17	18,17/18,28
	2	18,38	18,27/18,60	18,45/18,14
	3		18,73/18,58	18,50/18,35
	4		18,70	18,36
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	18,46/18,58	18,20/18,47	18,47/18,22
	2	18,53	18,26/18,57	18,54/18,35
	3		18,81/18,47	18,37/18,50
	4		18,69	18,42
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	18,55/18,29	18,32/18,35	18,65/18,65
	2	18,30	18,66/18,53	18,61/18,47
	3		18,97/18,57	18,47/18,65
	4		18,73	18,50
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	18,37/18,34	18,53/18,36	18,74/18,35
	2	18,34	18,66/18,71	18,69/18,53
	3		19,13/18,57	18,38/18,76
	4		18,78	18,33

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	18,48/18,37	18,46/18,45	18,66/18,38
	2	18,34	18,82/18,68	19,01/18,39
	3		18,80/18,61	18,57/18,74
	4		18,77	18,56
НСР ₀₅	1	1,58/1,60	1,57/1,59	1,60/1,59
	2	1,59	1,59/1,62	1,60/1,58
	3		1,63/1,61	1,58/1,59
	4		1,62	1,61

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Накопление валовой энергии в зеленой массе многолетних трав по укосам, ГДж/га

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	22,47/14,26	26,17/15,16	33,59/23,37
	2	9,96	18,95/16,22	23,87/19,25
	3		7,94/10,97	7,51/14,13
	4		4,06	7,22
2. Райграс пастбищный	1	19,77/14,26	21,89/12,54	32,33/20,80
	2	7,35	18,20/17,05	21,97/17,24
	3		5,74/10,60	8,66/12,18
	4		2,39	6,38
3. Овсяница луговая	1	19,38/16,51	22,60/12,36	31,44/22,67
	2	11,57	16,39/15,33	22,60/18,32
	3		5,80/10,09	7,21/14,42
	4		3,52	8,40
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	23,52/15,14	45,71/35,59	55,95/35,56
	2	17,13	39,98/31,70	43,91/40,03
	3		20,05/26,64	29,71/27,78
	4		9,52	23,44
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	22,13/13,40	45,10/33,76	54,95/33,21
	2	17,40	37,30/28,75	40,52/35,22
	3		14,51/24,74	34,36/31,91
	4		8,99	27,16
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	26,81/16,24	37,85/29,66	57,48/36,17
	2	20,69	35,59/30,48	43,59/33,50
	3		19,55/27,19	33,77/34,36
	4		10,61	26,36
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	31,36/23,01	44,68/35,72	57,46/39,53
	2	16,29	50,48/31,62	47,32/37,77
	3		24,33/28,68	31,01/28,28
	4		5,45	20,67
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	29,29/21,08	37,79/29,99	59,42/35,10
	2	15,44	42,02/31,62	42,99/38,82
	3		20,79/27,31	30,52/33,77
	4		4,86	18,72
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	30,65/23,04	42,78/29,73	65,94/32,97
	2	15,01	38,72/38,63	42,08/36,34
	3		20,51/26,23	36,01/31,26
	4		5,23	22,10
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	28,19/20,85	52,23/42,21	62,67/39,54
	2	13,54	51,30/36,51	44,85/40,81
	3		35,47/32,69	41,18/35,62
	4		7,87	23,31
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	24,80/19,63	48,54/37,28	61,46/38,53
	2	15,77	44,78/35,56	49,53/40,40
	3		26,40/26,93	41,36/38,83
	4		6,01	24,20
	1	28,64/22,41	44,68/40,04	62,70/42,46

12. Овсяница луговая + Лядвенец	2	16,69	47,61/37,37	53,60/45,42
	3		33,46/28,47	42,89/39,35
	4		6,19	23,20
НСР ₀₅	1	2,58/1,74	3,89/3,16	5,40/3,39
	2	1,75	4,15/2,86	4,18/3,47
	3		2,03/2,69	3,31/3,17
	4		0,85	2,44

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Содержание обменной энергии в зеленой массе многолетних трав по укосам,
МДж/кг СВ

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	9,19/9,42	9,09/9,18	10,00/9,88
	2	9,72	9,07/9,21	9,40/9,23
	3		9,20/9,12	9,70/9,28
	4		9,68	9,45
2. Райграс пастбищный	1	9,29/9,31	8,91/9,14	9,41/9,91
	2	9,49	8,84/9,14	9,32/9,24
	3		9,24/8,75	9,26/9,06
	4		9,51	9,19
3. Овсяница луговая	1	9,35/9,74	9,14/9,08	9,41/9,74
	2	9,45	9,16/9,08	9,43/9,03
	3		9,26/8,81	9,86/9,35
	4		9,58	10,04
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	9,47/9,76	9,18/9,46	10,11/9,93
	2	9,94	9,22/9,21	9,55/9,27
	3		9,29/9,10	9,90/9,60
	4		9,67	9,27
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	9,76/9,95	9,26/9,24	9,56/9,84
	2	9,96	9,18/9,24	9,39/9,19
	3		9,30/9,10	9,56/9,31
	4		9,79	9,82
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	9,90/10,08	9,38/9,31	9,51/10,00
	2	9,93	9,36/9,41	9,37/9,17
	3		9,28/9,15	9,84/9,68
	4		9,59	9,92
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	9,60/10,10	9,61/9,57	9,82/9,89
	2	9,98	9,25/9,41	9,62/9,75
	3		9,52/9,10	10,04/9,73
	4		9,85	10,24
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	9,80/10,10	9,67/9,58	9,85/9,82
	2	10,08	9,36/9,45	9,71/9,66
	3		9,44/9,24	9,91/9,43
	4		9,68	9,80
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	9,79/10,06	9,66/9,87	9,65/9,77
	2	9,92	9,23/9,45	9,81/9,72
	3		9,50/9,21	10,05/9,84
	4		9,63	10,03
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	9,75/9,72	9,41/9,50	10,07/10,04
	2	9,68	9,49/9,45	9,62/9,71
	3		9,58/9,00	10,00/9,72
	4		9,79	10,08
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	9,48/9,65	9,48/9,44	9,90/9,80
	2	9,55	9,46/9,63	9,51/9,71
	3		9,78/9,23	9,74/9,70
	4		9,85	9,85

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	9,46/9,87	9,32/9,42	9,58/9,89
	2	9,76	9,67/9,67	9,70/9,68
	3		9,62/9,19	9,77/9,77
	4		9,79	10,13
НСР ₀₅	1	0,96/0,99	0,93/0,92	0,94/0,96
	2	0,98	0,91/0,91	0,93/0,92
	3		0,91/0,89	0,96/0,93
	4		0,95	0,97

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

Накопление обменной энергии в зеленой массе многолетних трав по укосам,

ГДж/га

Вариант	Укос	2023	2024	2025
1. Фестулолиум	1	11,49/7,25	13,27/7,81	18,51/12,85
	2	9,72	9,53/8,20	12,41/9,88
	3		3,96/5,47	4,08/7,33
	4		9,68	3,78
2. Райграс пастбищный	1	10,13/7,17	10,87/6,40	16,56/11,29
	2	9,49	8,84/8,50	11,28/8,78
	3		2,87/5,07	4,35/6,16
	4		9,51	3,22
3. Овсяница луговая	1	10,19/8,76	11,42/6,27	16,08/12,18
	2	9,45	8,24/7,63	11,70/9,12
	3		2,87/4,84	3,94/7,57
	4		9,58	4,62
4. Фестулолиум + N ₁₂₀	1	12,41/8,01	23,04/18,53	30,33/19,27
	2	9,94	19,92/15,74	22,64/20,30
	3		9,94/13,10	16,24/14,68
	4		9,67	11,59
5. Райграс пастбищный + N ₁₂₀	1	11,81/7,26	22,88/17,01	28,19/17,80
	2	9,96	18,54/14,32	20,66/17,73
	3		7,16/12,10	17,97/16,30
	4		9,79	14,24
6. Овсяница луговая + N ₁₂₀	1	14,35/8,87	19,42/15,08	29,28/19,61
	2	9,93	18,06/15,43	22,02/16,78
	3		9,66/13,45	18,40/18,29
	4		9,59	14,18
7. Фестулолиум + Клевер ползучий	1	16,80/12,52	23,54/18,75	30,75/21,36
	2	9,98	25,44/15,99	24,92/20,08
	3		12,38/14,20	17,17/14,98
	4		9,85	11,47
8. Райграс пастбищный + Клевер ползучий	1	15,69/11,52	19,92/15,81	32,21/18,85
	2	10,08	21,52/16,06	22,62/20,67
	3		10,48/13,59	16,36/17,34
	4		9,68	10,00
9. Овсяница луговая + Клевер ползучий	1	16,25/12,48	22,70/15,90	34,44/17,69
	2	9,92	19,56/19,65	22,27/19,24
	3		10,35/13,08	19,71/16,63
	4		9,63	12,04
10. Фестулолиум + Лядвенец	1	14,82/11,08	26,83/21,85	33,82/21,29
	2	9,68	26,09/18,63	23,18/21,45
	3		17,92/15,83	22,29/18,56
	4		9,79	12,70
11. Райграс пастбищный + Лядвенец	1	12,80/10,33	24,84/19,17	32,47/20,59
	2	9,55	22,71/18,29	25,21/21,16
	3		13,49/13,38	21,91/20,09
	4		9,85	13,00

12. Овсяница луговая + Лядвенец	1	14,67/12,04	22,55/20,44	32,19/22,85
	2	9,76	24,47/19,34	27,34/23,91
	3		17,12/14,06	22,57/20,52
	4		9,79	12,66
НСР ₀₅	1	1,40/0,96	2,03/1,63	2,84/1,83
	2	0,96	2,10/1,45	2,17/1,81
	3		1,02/1,33	1,78/1,65
	4		0,44	1,31

*Примечание – числитель соответствует трехкратному скашиванию, знаменатель – четырехкратному.

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева

С.С. Макаров

« 04 »

июня
М.П.

2026 г.

АКТ
ВНЕДРЕНИЯ

Технологии создания и использования бобово-злаковых травостоев лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) сорта Солнышко с фестулолиумом (*Festulolium* F. Asch. et Graebn) сорта ВИК 90 и овсяницей луговой (*Festuca pratensis* L.) сорта Свердловская 37. Норма высева лядвенца – 9 кг/га, фестулолиума и овсяницы – по 8 кг/га.

Авторы: Тяжкороб А.Р., Лазарев Н.Н.

Мы, нижеподписавшиеся: д.с.-х.н. Лазарев Н.Н., д.с.-х.н. Шитикова А.В., Жогин И.М. составили настоящий акт о том, что на Полевой опытной станции ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева внедрены выше-названные травосмеси при трехукосном режиме скашивания на площади 8 га.

Травосмеси позволяют получать на кислых дерново-подзолистых почвах урожайность сухого вещества на уровне 6,7-8,5 т/га.

Доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, профессор кафедры
Растениеводства и луговых экосистем

Н.Н. Лазарев

Доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, и.о. директора института
Агробиотехнологии

А.В. Шитикова

И.о. заведующего Полевой
опытной станцией

И.М. Жогин