

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Камова Александра Игоревна

**СОЗДАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ТРАВСТОЕВ
НА ОСНОВЕ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ (*MEDICAGO VARIA L.*)
В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ**

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Степанова Татьяна Валерьевна

Санкт-Петербург – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ (обзор литературы)...	12
1.1 Перспективы внедрения люцерны изменчивой в кормопроизводство Республики Карелия	12
1.2 Биологические и экологические особенности люцерны изменчивой	16
1.3 Сортовые особенности и агротехнические приемы возделывания люцерны изменчивой как фактор повышения урожайности агрофитоценозов.....	19
1.4 Инокуляция, как способ биологической коррекции продуктивности люцерны изменчивой.....	25
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	34
2.1 Агроклиматическая характеристика Республики Карелия и метеорологические условия в годы проведения исследований	34
2.2 Почвенные условия проведения исследований	42
2.3 Объект и методика проведения исследований.....	43
ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТРАВОСТОЕВ С ЛЮЦЕРНОЙ ИЗМЕНЧИВОЙ	51
3.1 Влияние интенсивности скашивания на устойчивость, урожайность и качество корма травостоев с участием люцерны изменчивой	51
3.1.1 Формирование бобово-злаковых агрофитоценозов с люцерной изменчивой в зависимости от интенсивности скашивания.....	51
3.1.2 Урожайность и продуктивность бобово-злаковых фитоценозов с люцерной изменчивой в зависимости от кратности скашивания	61
3.2 Адаптационная способность сортов люцерны изменчивой в одновидовых посевах и в травосмесях в условиях Карелии	65
3.2.1 Формирование одновидовых и двухкомпонентных травостоев с люцерной изменчивой	65

3.2.2 Урожайность и продуктивность одновидовых и двукомпонентных травостоев с люцерной изменчивой.....	73
3.2 Формирование травостоев люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий.....	81
3.3.1 Формирование травостоев люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий.....	82
3.3.2 Урожайность и продуктивность травостоев люцерны изменчивой разных лет жизни в зависимости от инокуляции семян	90
ГЛАВА 4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ	95
4.1 Экономическая и агроэнергетическая оценка эффективности технологий возделывания люцерны изменчивой в зависимости от интенсивности использования.....	95
4.2 Экономическая и агроэнергетическая оценка эффективности технологий возделывания люцерны изменчивой в одновидовых и смешанных посевах	99
4.3 Экономическая и агроэнергетическая оценка эффективности технологий возделывания люцерны изменчивой различных сортов и сортообразцов в зависимости от инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий	103
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	107
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ	109
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	110
ПРИЛОЖЕНИЯ	132
ПРИЛОЖЕНИЕ А – Агрометеорологические условия в годы проведения исследований (данные Агробаза КарНЦ РАН)	133
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Динамика роста и развития травостоев с люцерной изменчивой в период 2016-2018 гг. в зависимости от интенсивности использования травостоев.....	135

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта Влияние интенсивности скашивания на формирование травостоев с участием люцерны изменчивой.....	150
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Динамика роста и развития растений люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях.....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых посевах и в травосмесях в условиях Карелии.....	159
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Динамика роста и развития люцерны изменчивой различных сортов в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями.....	167
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта Влияние клубеньковых бактерий на урожайность люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян клубеньковыми бактериями за четыре года жизни растений.....	174
ПРИЛОЖЕНИЕ З – Акт о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы	180

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В Республике Карелия основной отраслью сельскохозяйственного производства является животноводство, развитие которого напрямую зависит от кормопроизводства. Питательные высокобелковые корма, необходимые для сбалансированного кормления скота, определяют рост продуктивности при сохранении здоровья животных. Согласно официальной статистике Министерства сельского хозяйства, в Республике под кормовыми культурами занято 99,6% посевных площадей (Республика Карелия в цифрах, 2024).

В современных экономических и экологических условиях устойчивое развитие сельского хозяйства должно базироваться на экологизации и ресурсосбережении, что обеспечивается введением бобовых культур в травостой для получения высококачественных кормов. В Республике Карелия ассортимент бобовых трав ограничен: в основном используется клевер луговой, который отличается небольшим долголетием. Люцерна изменчивая (*Medicago varia* L.) характеризуется высокой продуктивностью, отавностью и длительным долголетием (Лупашку М.Ф., 1988, Донских Н.А., 2011, Косолапова В.Г., 2022), обеспечивает высокобелковыми кормами с высоким содержанием витаминов, минеральных и других питательных веществ, способствующих улучшению качества молока (Laroche J-P. et al, 2022; Zhu X. et al, 2022; Feng Y. et al, 2022). Люцерна обеспечивает максимальный сбор белка с единицы площади (до 2300 – 2500 кг/га) среди полевых кормовых культур (Ивлева О.Е., 2020).

Ограничением для продвижения люцерны изменчивой в северные регионы являются почвенно-климатические условия (повышенная кислотность почв Карелии, дефицит тепла и возможность возвратных заморозков) (Спиридонов А.М., 2020, Куренкова Е.М., 2021).

Возделывание перспективных и адаптированных сортов люцерны изменчивой позволяет преодолеть почвенный и метеорологический барьеры (Куренкова Е.М., 2021). Кроме того, в современных условиях потепления климата

продвижение люцерны изменчивой в регионы, где ранее она не возделывалась является актуальной задачей (Шеудченко А.Х. и др., 2007, Благовещенский Г.В. 2008, Лазарев Н.Н., 2012, Спиридонов А.М., 2019).

Введение новых сортов и современных сортовых технологий возделывания – залог повышения урожайности практически в каждой зоне люцерносеяния (Агротехника возделывания сортов..., 2008).

Совершенствование агротехических приемов создания кормовых травостоев на основе эффективного использования биологического и адаптивного потенциала многолетних трав, обеспечивающих увеличение производства кормов, повышение их энергетической и протеиновой ценности, являются актуальным направлением кормопроизводства.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в совершенствование технологий производства многолетних трав на кормовые цели в разные годы внесли Н.А.Донских (1998), И.П. Лепкович (2004), Н.Н. Лазарев (2006, 2011), В.М. Косолапов (2007), А.М. Спиридонов (2011), Я.М. Абдушаева (2013), В.В. Владимирова (2018) и другие исследователи. Изучением взаимодействия клубеньковых бактерий и бобовых трав занимались И.А. Тихонович (1998), А.П. Кожемяков (1998, 2005), J.K. Whipps (2001), Б.Х. Жеруков (2010), Г.Н. Чуркина (2012), Л.Г. Атласова (2015) и др.

Сегодня особое внимание уделяется созданию продуктивных комбинаций сорт-штамм для повышения конкурентоспособности штаммов и увеличения эффективности азотфиксации. Подбором штаммов к бобовым культурам занимались Н.В. Новик (2004), И.В. Епифанова (2004), И.В. Рашевская (2005), конкретно на люцерне М.Т. Яковлева (2007), В.С. Бжеумыхов (2008), Н.Б. Дегунова (2015, 2017), Ю.Б. Данилова (2011, 2013), Г.В. Степанова и др. (2013), Е.Г. Шкодина (2017).

Значительный вклад в изучение вопросов выращивания люцерны изменчивой в условиях Республики Карелия внесли О.А. Голубева (2011), К.Е. Яковлева (2012), С.Н. Смирнов (2018). Культура для региона новая, и вопросы, связанные с ней, ранее не изучались. В Ленинградской области подбором сорто-

микробных систем занимались А.П. Кожемяков, С.Н. Белоброва, А.Г. Орлова (2011), Рапина О.Г. (2011, 2019), в Карелии этот вопрос требует проработки и дополнительного изучения.

Цель работы – создание продуктивного травостоя на основе люцерны изменчивой (*Medicago varia* L.) в условиях Республики Карелия для получения максимально возможной урожайности сухой массы.

Задачи исследований:

1. Оценить влияние режимов скашивания на формирование, конкурентоспособность и урожайность травостоев с участием люцерны изменчивой;
2. Выявить наиболее адаптированные сорта люцерны изменчивой в одновидовом посеве и травосмесях в условиях Республики Карелия;
3. Оценить эффективность влияния штаммов клубеньковых бактерий (*Sinorhizobium meliloti*) и режимов скашивания на урожайность и качество растительного сырья из люцерны изменчивой различных сортов и сортообразцов;
4. Определить наиболее продуктивные сорто-микробные системы люцерны изменчивой (сорт и сортообразцы) и штаммов клубеньковых бактерий (*Sinorhizobium meliloti*);
5. Обосновать агроэнергетическую и экономическую эффективность возделывания травостоев люцерны изменчивой различных сортов в зависимости от режимов скашивания и инокуляции штаммами клубеньковых бактерий.

Объект исследования – люцерна изменчивая различных сортов и сортообразцов.

Предмет исследования – кратность скашивания, состав травосмеси, клубеньковые бактерии.

Научная новизна заключается в определении наиболее адаптированных сортов люцерны изменчивой в условиях Республики Карелия.

Впервые в условиях Республики Карелия проведены исследования по подбору компонентов для получения травостоев с высокой урожайностью и питательностью сырья для заготовки кормов и дано обоснование режима использования травосмесей с люцерной изменчивой

Выявлена адаптационная способность новых и перспективных сортов люцерны изменчивой в условиях Республики Карелия на основе показателей экологической пластичности и стабильности.

Определен наиболее продуктивный бобово-ризобияльный комплекс на основе исследований микробно-растительных систем новых сортов и сортообразцов люцерны изменчивой и различных штаммов клубеньковых бактерий.

Теоретическая и практическая значимость работы. Трехукосное использование трехкомпонентного травостоя (люцерна изменчивая, костреч безостый и клевер гибридный) обеспечивает высокую урожайность (9,13 т/га сухой массы) и сбор сырого протеина 1,31 т/га.

Использование результатов исследований позволяет расширить ассортимент бобовых видов за счет введения люцерны изменчивой новых адаптированных сортов Агния и Таисия, увеличить срок продуктивного долголетия травостоев, обеспечить получение до 8,8 т/га сухой массы растительного сырья в одновидовых посевах со сбором сырого протеина 1,38 т/га.

Установлено, что в почвенно-климатических условиях Карелии применение перспективных штаммов клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti* А-1, А-5 и СХММ-1-105 для инокуляции семян при посеве увеличивает урожайность люцерны на 4,2-4,9 т/га сухой массы.

Основные положения, выносимые на защиту:

– особенности формирования травостоев с участием люцерны изменчивой в зависимости от режима использования, состава травосмеси, сорта и инокуляции семян штаммами клубеньковых бактерий;

– трехкратное скашивание травостоев люцерны изменчивой с включением костреца безостого и клевера гибридного способствует увеличению урожайности сухой массы и повышению сбора сырого протеина;

– современные сорта люцерны изменчивой обеспечивают высокую урожайность и качества корма в одновидовых посевах и травосмесях с тимофеевкой луговой в условиях Республики Карелия;

– предпосевная обработка семян люцерны изменчивой штаммами клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti* повышает урожайность сухой массы и сбор сырого протеина;

– обоснование экономической и агроэнергетической эффективности возделывания люцерны изменчивой в зависимости от режима использования, видового состава травостоев, сортов и сортообразцов, инокуляции семян штаммами клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti*.

Апробация результатов работы и её практическая значимость. Основные положения диссертационной работы доложены на: Международной научно-практической конференции «Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК» (Санкт-Петербург, 2016, 2017, 2018 г.), Международной научной конференции «Молодежь и наука XXI века» (Ульяновск, 2018 г.), IV Международной научно-практической конференции «Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве» (Киров, 2018г.), IX международной научно-практической конференции «Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых» (Краснообск, 2023 г.), Международной научно-практической конференции «АГРАРНАЯ НАУКА – 2023» (AgriScience 2023, Москва, 2023 г.), Международном семинаре Органическое сельское хозяйство и биологизация земледелия, (Н. Вилга, 2023 г.), Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию кафедры луговодства (Санкт-Петербург, 2023 г.), 8-ой Международной научно-практической конференции «Научно-методическое обеспечение производства семян трав: экология, агротехнологии и технические средства» (Санкт-Петербург, 2023 г.), Международной научно-практической конференции молодых ученых и

обучающихся «Интеллектуальный потенциал молодых ученых как драйвер развития АПК» посвящённой празднованию 120-летия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета (Санкт-Петербург, 2024 г.), I Международном форуме молодых ученых «АГРАРНАЯ НАУКА: ВЫЗОВЫ НОВОЙ ЭПОХИ» (Краснообск, 2024 г.), «Международной научной конференция «АГРОНОМИЯ – 2024» (AgriScience 2024 Москва, 2024 г.), VIII Всероссийской конференции с международным участием «Экобиотех-2025» (Уфа, 2025 г.), Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы мелиорации, рекультивации и охраны земель» (Скоропановские чтения) (Минск, Республика Беларусь, 2025 г.).

Результаты научно-исследовательской работы внедрены в производственную деятельность АО «Племенное хозяйство Ильинское» на площади 2 га в Республике Карелия, что обеспечило увеличение рентабельности производства до 116%.

Достоверность результатов исследований подтверждена проработкой литературных источников отечественных и зарубежных авторов по изучаемой теме, представленным объёмом экспериментальных данных, полученных в полевых исследованиях и в лаборатории, на производственных испытаниях. Методология научных опытов сформирована с учётом анализа научной литературы, заключается в разработке цели, задач и программы исследований, постановке полевых и лабораторных опытов, учётах и наблюдениях, математической обработке экспериментальных данных и обобщении полученных результатов.

Публикации результатов исследований. По материалам диссертации опубликовано 16 работ, в том числе 2 в журнале, индексируемом в Scopus, 6 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, зарегистрирована одна база данных (Заявка № 2024625573 от 27.11.2024).

Объем и структура диссертации. Работа изложена на 180 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 4 глав, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 193

наименования, в том числе 21 иностранных источника, содержит 26 таблиц, 19 рисунков и 7 приложений.

Личный вклад соискателя. А.И. Камовой осуществлена работа по закладке полевых опытов, проведению учётов и наблюдений за ростом и развитием растений, проведены количественные и качественные исследования в лабораторных условиях, проанализированы полученные результаты, сделана статистическая обработка данных.

Часть работы проведена в рамках научной темы Государственного задания FMEN-2022-0013 Рег. № НИОКР 122031000202-1

ГЛАВА 1 АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ В РЕСПУБЛИКЕ КАРЕЛИЯ (обзор литературы)

1.1 Перспективы внедрения люцерны изменчивой в кормопроизводство Республики Карелия

Сельское хозяйство – важнейшая отрасль производства в государстве. Согласно официальной статистике, поголовье крупного рогатого скота в РФ уменьшается с 2014 года, в целом, практически за десять лет поголовье сократилось почти на 10% (Животноводство в Российской Федерации, 2024). При этом, производство молока увеличилось на 29% с 2015 года (Сельское хозяйство..., 2023). Рост показателей выпуска продукции животноводства обеспечен повышением продуктивности животных, но не ростом поголовья.

Основная задача отрасли – обеспечение населения нашей страны молочными и мясными продуктами в необходимом количестве и качестве, в соответствии с нормами здорового питания (Доктрина..., 2020).

Кормопроизводство имеет решающее значение в обеспечении животноводства кормами. Под кормовыми культурами (вместе с зерновыми на корм) занято более 60% пашни. Организация кормопроизводства на основе многолетних трав должна быть ориентирована на производство объемистых кормов, дающих не менее 55-57 % растительного белка (Косолапов В.М., 2010, 2016, 2018).

Выращиваемые культуры являются не только источником производства кормов, но также служат основой биологизации земледелия, сохранения плодородия почвы и охраны окружающей среды (Денисенко О.А., 2017).

Важным аспектом в повышении эффективности отрасли животноводства является качество получаемых кормов (Морозов Н.М., 2016). Питательные высокобелковые корма, необходимые для сбалансированного кормления скота, определяют рост продуктивности животных при сохранении их здоровья (Организация полноценного кормления..., 2008). Использование качественных объемистых кормов, позволит снизить расход концентратов и минеральных

добавок в зимнем рационе животных, что облегчит экономическую нагрузку (Жезмер Н.В., 2020).

По данным ряда авторов (Лазарев Н.Н., 2011; Донских Н.А., 2011; Косолапов и др., 2014) в нашей стране отмечается дефицит кормового белка в рационах животных (Косолапов В. М. и др., 2012). Расширение площади посевов многолетних трав, бобовых культур способно решить проблему кормового белка. При этом значительно увеличивается поступление в почву гумуса и биологического азота, вследствие чего повышается плодородие почв, а значит, и урожайность следующих за ними в севооборотах культур (Харьков Г.Д., 2001; Донских Н.А. 2015; Косолапов В. М., 2010, 2018).

Сельское хозяйство Республики Карелия представлено в основном отраслью животноводства, чьим потребностям в полной мере должно отвечать кормопроизводство, обеспечивая бесперебойное кормление. Приоритетными являются научные исследования, направленные на разработку путей повышения продуктивности и устойчивости агроэкосистем, энергосбережения и экологической безопасности на основе эффективного использования биологического азота бобовых трав, управления дернообразовательным и сукцессионным процессами в луговых агроэкосистемах (Евсеева Г.В., 2015).

В Карелии многолетние травы являются основой для заготовки дешевых кормов: производства сена, силоса, сенажа и зелёного корма. На сегодняшний день в травостоях Республики наблюдается ограниченный ассортимент видов трав: клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), тимофеевка луговая, овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.) и реже – ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.). Данный перечень не обеспечивает отрасль животноводства дешевыми и сбалансированными кормами в полной мере. Расширение видового состава и сортового разнообразия, внедрение новых культур является дополнительным резервом увеличения объёмов и качества травянистых кормов (Никулин А.Б., 2021).

Это в первую очередь относится к бобовым культурам, способным без применения минерального азота обеспечить получение экологически безопасного

высокобелкового растительного сырья для заготовки кормов собственного производства.

Среди бобовых культур в мировом травосеянии наибольшие площади отведены под люцерну и клевер, причем первая — для укосного использования, вторая – для пастбищного (Reynolds S.G., 2005).

При создании долголетних укосных травостоев преимущество отдается таким бобовым, как козлятник восточный, лядвенец рогатый, люцерна изменчивая (Капустин Н.И., 2001).

Наряду с оптимальным подбором компонентов травостоев с целью повышения урожайности, важная агроэкологическая задача – регулирование её варьирования, создание многолетних агросистем (Peeters A., 2012).

Долгое время в Карелии производство объёмистых кормов обеспечивается за счёт многолетних трав, представленных, в основном, узким перечнем злаковых и бобовых культур. При этом климатические условия Республики позволяют значительно расширить ассортимент бобовых трав (Евсеева Г. В., 2016). Клевер луговой отличается коротким периодом хозяйственного использования (2 года) и в этой связи большой интерес представляет внедрение люцерны, особенно *M. varia*. Интродукция люцерны в европейскую часть России началась в середине XVIII в. Здесь она показала себя как высокоурожайное кормовое растение, прекрасно поедаемое всеми видами скота (Лазарев Н.Н., 2017).

Распространение люцерны ограничивается климатическими и почвенными условиями. Благодаря работе ВНИИ кормов имени В.Р.Вильямса, были выведены сорта люцерны изменчивой сенокосно-пастбищного типа, специально для условий Нечерноземной зоны, способные давать высокие урожаи на низко плодородных дерново-подзолистых почвах (Харьков Г.Д., 2003; Писковацкий Ю.М., 2002; Степанова Г.В., 2023).

Сорта люцерны Селена, Агния, Пастбищная 88 способны формировать устойчивые урожаи на относительно небогатых дерново-подзолистых почвах и длительное время произрастать на одном месте, что выгодно с экономической точки зрения ввиду снижения затрат на перезалужение (Лазарев Н. Н., 2019).

Данная культура охарактеризована высокой продуктивностью, отавностью и длительным долголетием, но до сих пор существенным препятствием для продвижения ее в северные регионы является плохое укоренение и быстрое изреживание на кислых дерново-подзолистых почвах, ввиду повышенного требования к плодородию (Степанова Г.В., 2009; Владимирова В.В., 2024). Преодолеть этот барьер возможно за счет устранения повышенной кислотности почв внесением извести, что не всегда финансово оправдано, а также, внедрением перспективных и адаптированных сортов люцерны изменчивой (Kumar T., 2018).

Люцерна – растение длинного светового дня, однако для образования семян решающее значение имеет не только продолжительность солнечного сияния, но и интенсивность, и спектральный состав света.

В.Л. Голодовский (1971) в своей работе отмечает влияние продолжительности освещения на различные сорта люцерны, которые обладают разной степенью реакции на укороченный день, что связано с их наследственными особенностями. Фотопериодическую реакцию сорта определяет ее географическое происхождение. Для нормального развития требуется люцерны длинный световой день (Технология сортовой агротехники..., 2022). Европейские сорта из регионов с длинным световым днем более чувствительны к сокращению света, а сорта горных регионов и субтропиков наиболее пластичны по освещенности. При интродукции сортов необходимо учитывать требования генотипов к световому режиму.

Люцерна является хорошим предшественником для многих сельскохозяйственных культур, очищает почву от многих возбудителей болезней, используется для рассоления и защиты почв от губительного действия эрозии (Итоги научной деятельности..., 2015), в значительной степени способствует решению таких задач, как устранение дефицита протеина в кормах и снижение их себестоимости за счет своего продуктивного долголетия и обеспечения высокобелковыми кормами без внесения дорогостоящих азотных удобрений (Куренкова Е.М., 2021).

Высокая отавность данной бобовой культуры позволяет даже в Нечерноземье ежегодно получать полноценные укосы зелёной массы с высоким содержанием сырого протеина в сухом веществе (14–24%) (Соложенцева Л. Ф., 2020)

Согласно литературным источникам (Kallenbach R. L., 2002; Лазарев Н.Н., 2014; Katanski S., 2018) посевы люцерны в среднем в России формируют три-четыре укоса за сезон, а в США до 10–11, а в условиях Сербии при пяти укосах получен более высокий урожай, чем при трех (Song J.T. et al, 2018). В Карелии она возделывается при двух, реже при трехукосном режиме скашивания, что подтверждает длительные исследования, в которых люцерна обеспечивала за сезон полноценное получение трёх укосов, достигая фазы бутонизации – начала цветения (Голубева О. А., 2011; Камова А. И. и др. 2016; Лазарев Н. Н., 2019).

Подводя итог вышесказанного, стоит отметить, что интродукция люцерны в северные регионы Российской Федерации способствует повышению урожайности травостоев, улучшению качественных показателей заготавливаемого корма, повышению плодородия почвы и улучшению экологических показателей.

Введение люцерны в северные регионы Российской Федерации способствует увеличению урожайности травостоя, улучшению качественных характеристик заготавливаемого корма, повышению плодородия почвы и улучшению экологических условий.

1.2 Биологические и экологические особенности люцерны изменчивой

Люцерна изменчивая по морфологическим и биологическим особенностям занимает промежуточное положение между синей и желтой люцерной. Сорты этого вида обладают высокой зимостойкостью, хорошо отрастают после скашивания и дают высокий урожай зеленой массы и сена (Ottman M. J., Putnam D.H., 2013).

Обладает мощной стержневой корневой системой, способной проникать на глубину почвы до 4 м, что способствует ее высокой засухоустойчивости, однако основная масса корней сосредоточена в слое 0-40 см. Количество стеблей и

ветвистость зависят от густоты стояния растений и условий произрастания, которые определяют соотношение генеративных и вегетативных побегов на растении и число сформировавшихся соцветий (от 5-7 до 15-20) на одном побеге. Побеги формируются из почек на укороченном главном стебле (коронке), которая с возрастом заглубляется в почву до 7-10 см; это обеспечивает лучшую зимостойкость растений (Лазарев Н.Н., 2017).

Люцерна изменчивая требовательна к почве. Рекомендуется высевать люцерну на почвах с $pH_{КС1}$ не ниже 5,8 (Писковацкий Ю.М., 2002; Lanyon L. E., 1988) и при отсутствии близкого залегания грунтовых вод (Благовещенский Г.В., 2009). Оптимизировать кислотность почвы для выращивания люцерны можно путем известкования (Харьков Г.Д., 2001). Внесение извести уменьшает подвижность токсичных алюминия и марганца, улучшает доступность фосфора, кальция и молибдена, способствует формированию клубеньков на корнях бобовых растений, увеличивает урожайность. Наибольшее влияние на рост, развитие и продуктивность люцерны оказывает фосфор, высокая потребность в котором проявляется у молодых растений, произрастающих в межфазный период всходы – начало бутонизации (Brauer D., 2002; Голобородько С.П., 2009).

Люцерна предъявляет повышенные требования к водному режиму, а именно к влажности почвы, в то время, как к атмосферной засухе она устойчива. Для нормального ее роста и развития растений также необходимо равномерное распределение осадков во времени (Лепкович И.П., 2005).

Люцерна, как представитель семейства Бобовых, для прорастания семян необходимо много влаги – до 90 % от массы семян (Гончаров П.Л., 1985). Для хорошего роста и развития люцерны требует оптимальной влагообеспеченности, около 70-80% ПВ. Однако она является и засухоустойчивой культурой благодаря мощной, глубоко уходящей корневой системе (Коломейченко В.В., 2007).

При нормальном росте и развитии люцерны потребляет большое количество почвенной влаги и формирует огромную площадь листовой поверхности, значительно превышающую многолетние злаковые травы и зерновые культуры.

Посевы, занятые люцерной, испаряют воды в 12 раз больше, чем озимые зерновые, и в 8 раз, чем ранние яровые (Шпаков А.С., 2005).

Данная бобовая культура отличается высокой пластичностью и возделывается в различных климатических зонах, способна выдерживать заморозки до -6°C , а в снежные зимы до $-30\text{...}-40^{\circ}\text{C}$ (Волошин Е.И., 2017).

Для возделывания в условиях Карелии важным качеством люцерны является ее высокая морозостойкость, превосходящая клевер гибридный и ползучий. Она без снежного покрова может переносить морозы до минус 30°C (Гончаров П. Л., 1985).

Семена люцерны начинают прорасти при достижении температуры почвы на глубине заделки семян, равной $2-3^{\circ}\text{C}$, а дружно всходят при $10-15^{\circ}\text{C}$. Оптимальные условия для формирования семян складываются при достижении температуры воздуха в фазу цветения $25-26^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 50%.

Система обработки почвы под люцерну определяется биологическими особенностями культуры, прежде всего высокой потребностью во влаге в верхних слоях почвы во время ее посева, а также в период начального роста и развития растений. Обязательно следует учитывать крайне слабую конкурентную способность растений люцерны в межфазный период, всходы – образование первого тройчатого листа, достигающий 6-7 дней при весенних сроках посева и 3-5 дней – при летних (августовских) и, высокую конкурентоспособность сорной растительности (Kallenbach R.L., 2002; Юдина И.Н., 2008).

Таким образом, учитывая особенности роста и развития культуры, опираясь на разработки селекционеров по внедрению новых, кислотоустойчивых сортов, а также с учетом тенденции к потеплению климата, что способствует дальнейшему продвижению люцерны в северные регионы, можно заключить, что в условиях Республики Карелия люцерна изменчивая способна зарекомендовать себя, как перспективная продуктивная бобовая, конкурирующая по многим показателям с клевером.

1.3 Сортовые особенности и агротехнические приемы возделывания люцерны изменчивой как фактор повышения урожайности агрофитоценозов

Важным фактором укрепления кормовой базы животноводства является внедрение в производство наиболее высокопродуктивных и ценных, по качеству сортов и перспективных кормовых культур (Аникиенко Т.И., 2015).

Сорт является одним из ведущих факторов повышения урожайности, от которого зависит валовый сбор. Сортовыми качествами нельзя пренебрегать, сортом ничем нельзя заменить (Краснова Л. И., 2007).

В последние годы, путем активной работы селекционеров ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса и других научных учреждений, создаются сорта нового поколения, адаптированные к местным почвенно–климатическим условиям, способные произрастать в условиях Карелии. Однако, в каждой зоне люцерносеяния имеются большие резервы повышения урожайности люцерны за счет внедрения и освоения новых улучшенных сортов, а также за счет модернизации агротехники травостоев (Агротехника возделывания..., 2008).

Основное требование, предъявляемое к сорту – наличие комплекса биологических и хозяйственно-ценных признаков. Сорт должен обладать определенной пластичностью и быть адаптивным в отношении некоторых факторов среды, для полной реализации своего потенциала, конечным направлением которого является получение стабильного и высокого урожая (Солонечный П. Н., 2017).

Наибольшую ценность представляют сорта, которые способны обеспечивать формирование стабильной урожайности, имея лучшую устойчивость к экологическим стрессам (Методика государственного сортоиспытания ... 1989).

По мнению В.А. Зыкина (2005), под экологической пластичностью сортов подразумевается их способность стабильно формировать высокую урожайность при достаточном разнообразии погодных и агротехнических условий, относительно других сортов. Данная формулировка основывается на методике

определения параметров экологической пластичности, предложенной С.А. Эберхартом и У.А. Расселом (Зыкин В.А., 2005).

В настоящее время важна специфика сорта: кислотоустойчивость, способность произрастать на засоленных, заболоченных землях, чистых песках. На основании этого можно заключить, что общую стратегию селекции определяют не только почвенно-климатические условия зоны, но и уровень агротехники. Специальные сорта нужны не только для возделывания по интенсивным технологиям, но и для обычных условий выращивания. Еще один важный признак сортов – продолжительность вегетационного периода. В северных регионах предпочтение отдается ранне- и среднеспелым (Субботин Е.В., 2014).

Сорта экологически, фитоценотически, эдафически и агрономически индивидуальны (Спиридонов А.М., 2019).

Подводя итог вышесказанного можно заключить, что требования к современным сортам весьма разнообразны: это в первую очередь, высокая продуктивность и константность сорта, его адаптивность, стабильность и пластичность в меняющихся погодных условиях. Правильно подобранный сорт наряду с качественной агротехникой способствует повышению урожайности.

В виду вышеизложенной информации, и учитывая, что в сельскохозяйственных предприятиях Карелии достаточно низкая урожайность зеленой массы многолетних трав – 11-15 т/га, представленных узким ассортиментом, включение люцерны в травостой является перспективной и актуальной задачей. В хозяйствах практически отсутствуют бобово-злаковые травостои, чья доля крайне мала, и составляет 8-10 % вместо рекомендуемых 50-60 %. (Баранов В. А., 2006).

При создании бобово-злаковых агроценозов важен правильный подбор компонентов, приспособленных к местным почвенно-климатическим условиям по видовому и сортовому составу, а также с учётом режима использования травостоев (Зими́на Т.В., 2001).

По данным Е.А. Тяпугина с соавторами (2016), в Вологодской области продуктивность люцерны изменчивой при двуукосном использовании травостоя составила 9,0–9,5 т/га сухой массы в чистых посевах и 8,4–8,7 т/га в смешанных.

Учёными МСХА им. К.А.Тимирязева установлено (Тюльдюков В.А., 2001), что при двукратном скашивании доля люцерны изменчивой в бобово-злаковом травостое на четвёртый год пользования составляла 85%. Увеличение числа укосов до трёх снижало её участие в травостое до 68%.

М.Ю. Сатаров (2014) отмечает, что в условиях Республики Башкортостан выявлен оптимальный режим скашивания травостоя при интенсивном двукратном сенокосении. Установлено, что скашивание люцерно–кострецового травостоя в фазе бутонизация – начало цветения позволяет получить с 1 га 4,73 т сена и 48,18 ГДж обменной энергии.

По данным В.Г. Храмцевой (2014), увеличение интенсивности скашивания травостоев с участием люцерны в Псковской области сопровождалось уменьшением сбора энергии и кормовых единиц. Лучшая сохранность люцерны изменчивой в травостоях отмечена при двуукосном скашивании.

Трёхукосное использование травостоев люцерны изменчивой имеет существенное преимущество в сравнении с одно– и двуукосным. По данным Е.А.Тяпугина с соавторами (2016), в условиях Северо-Запада сбор кормовых единиц при трёхукосном скашивании люцерны изменчивой был выше, чем при одноукосном в 2 раза, а сбор сырого протеина – в 2,1 раза. Также отмечена высокая сохранность люцерны изменчивой в посевах до 88%.

По данным А.М. Спиридонова (2020), в условиях Северо-Запада трёхукосное использование травостоев с люцерной изменчивой позволяет получать до 60 т зеленой массы с 1 гектара, что равноценно урожайности в 12–12,5 т сухой массы.

В условиях Европейского Севера России, Зауралья, Среднего Поволжья люцерно-кострецовые травосмеси обеспечивают высокую урожайность и низкую себестоимость (Сереброва И.В., 2004).

Если принять во внимание не только урожайность первых укосов в начале использования травостоев, но и продуктивное долголетие при минимуме затрат на поддержание угодья, то следует отметить, что между видами существует определённое равновесие (экологический гомеостаз), поддерживающее стабильность в системе и не позволяющее ей деградировать (Parente G., 2012.).

Анализируя вышеизложенное, можно сделать заключение: наряду с другими факторами, режим скашивания влияет на качественные и количественные показатели урожайности и жизнеспособности компонентов. Для каждого региона должны быть свои рекомендации по укосному режиму, с учетом выращиваемых сортов, и подобранных компонентов.

Мнения различных исследователей по вопросам преимуществ одновидовых и смешанных посевов люцерны расходятся.

Люцерна изменчивая – высокопитательное кормовое растение, однако, в чистом виде характеризуется очень низким содержанием сахара и высокой буферной ёмкостью, что определяет её принадлежность к группе несилосующихся культур. В травосмесях со злаковыми компонентами складывается лучшее сахаропротеиновое отношение, благоприятное для развития молочнокислых бактерий, а, следовательно, и для приготовления силоса из этих трав (Варакин А. Т., 2022).

По мнению геоботаника В.Н. Сукачева (1953), в смешанных посевах, наряду с конкуренцией, имеют место и взаимовыгодные отношения между растениями, которые способствуют улучшению как физических, так и химических свойств почвы, созданию микрофитоклимата, что, в конечном счете, приводит к повышению продуктивности агрофитоценозов.

А.Л. Тойгильдин с соавторами (2015) отмечает, что в Ульяновской области, смешанные агрофитоценозы имели преимущество над одновидовыми посевами на 0,20-0,24 т/га сухого вещества, и включение в состав травостоев люцерны изменчивой привело к повышению продуктивности фитоценозов.

P.N. Droslom (1976), а также Г. Агладзе с соавторами (2005), отмечают, что включение злаковых трав в травосмеси приводит к увеличению продуктивного

долголетия агрофитоценозов по сравнению с монокультурами бобовых и злаковых трав.

В. К. Храмой с соавторами (2010) утверждает, что одновидовые посевы люцерны (Ивасюк Е. В. и др., 2012) уступают травосмесям, за счет того, что последние лучше используют почвенно-климатический потенциал, более устойчивы к болезням и сорнякам.

Н.Н. Лазарев (2017) отмечает, что при благоприятных условиях для возделывания люцерну лучше высевать в чистом виде. По продуктивности и качеству получаемого корма она превосходит не только клевер, но и люцерно-злаковые смеси.

Ю.К. Новоселов (2008) в своей работе отмечает, что люцерна в одновидовом посеве превосходит по урожайности кострцово-тимофеечные и клеверо-кострцово-тимофеечные смеси и в экстремально засушливых условиях формирует урожай до 6,48 т/га сухой массы. В южных регионах страны люцерна чаще высевается в одновидовых посевах, в виду ее засухоустойчивости. Одновидовые посевы люцерны дают на 20-30% больше белка, чем смеси (Ивасюк Е.В. и др., 2012) Различные исследования, проводимые зарубежными и отечественными авторами, указывают на то, что при правильно подобранных компонентах, смешанные посевы превышают одновидовые по своей эффективности (Тойгильдин А.Л., 2015).

Возделывание травосмесей многолетних трав имеет явное преимущество в сравнении с чистыми (одновидовыми) посевами, поскольку они более высокоурожайные и уменьшается риск снижения продуктивности в экстремальных условиях вегетации (Лазарев Н.Н., 2011, Шевелева С.Н., 2019.).

В условиях Северо-Западного региона России эффективно возделывать люцерну изменчивую в одновидовых посевах и в составе травосмесей с овсяницей луговой и кострцом безостым (Тяпугин Е.А., 2016).

Н.Н. Лазарев с соавторами (2015) отмечают, что в Нечерноземье в засушливые годы преимущество по урожайности имел одновидовой посев люцерны, а во влажные – травосмеси.

Ряд ученых в своих исследованиях отмечают, что внедрение бобовых и бобово-злаковых травосмесей взамен злаковых не только способствует повышению урожайности, но также положительно влияет на качество получаемых кормов (Куляхтин М.Ф., 1983; Демарчук Г.А.; 2003, Голубева О.А., 2011).

Многие ученые (Трепачев Е.П., 1999; Новиков М.Н., 2020; Баринов В. Н., 2021) указывают, что смешанные бобово-злаковые посеы создают более благоприятные условия для функционирования бобово-ризобияльного комплекса. Так как, корневые выделения злакового компонента при незначительной его доли в травосмеси (не более одной трети) оказывают стимулирующее воздействие на нитрогиназную активность клубеньковых бактерий. По этой же причине происходит обратный процесс - вытеснение из агрофитоценоза бобовых трав при преобладании над ними злакового компонента. Его можно рассматривать как негативный, с точки зрения качества получаемого урожая для кормовых целей.

На протяжении 14 лет (2006-2019 гг.) на базе Карельской ГСХОС проводились исследования, подтвердившие возможность и экономическую эффективность возделывания люцерны изменчивой на кормовые цели в Республике Карелия (Голубева О.А., 2011; Яковлева К.Е., 2012; Смирнов С.Н., 2018). Включение люцерны изменчивой (сорта Селена, Пастбищная 88, Агния, Таисия) в состав бобово-злаковых травосмесей в условиях Карелии позволило получить высокую продуктивность одного гектара (8,5 т/га сухой массы, 6,98 тыс. корм. ед., 84,7 ГДж обменной энергии, 1,1 т сырого протеина) с оптимальными показателями качества, соответствующими нормативам кормления животных.

По мнению А.А. Жученко (2009), адаптивные особенности культивируемых видов и сортов растений определяют возможность агрофитоценозов использовать благоприятные условия окружающей среды и одновременно противостоять действию абиотических и биотических средств.

На сегодняшний день особое внимание уделяется способности многолетних бобовых трав, как в одновидовых, так и смешанных посевах, восстанавливать и улучшать структурность почвы, подавлять развитие сорной растительности,

защищать почву от эрозии, накапливать большое количество пожнивно-корневых остатков, повышать биологическую активность микрофлоры, и, как следствие, плодородие (Хисматуллин М.М., 2019).

Проанализировав информацию, можно сделать вывод, что правильный подбор компонентов для одновидовых посевов и травосмесей способен улучшить количество и качество получаемых кормов, а также способствовать ресурсосбережению и экологизации.

1.4 Инокуляция, как способ биологической коррекции продуктивности люцерны изменчивой

На сегодняшний день проблема азотного питания растений крайне актуальна, в российской земледелии в разные годы ей посвящены работы таких ученых, как: Д.Н. Прянишников (1931; 1952; 1976), Ф.В. Турчин (1972), Е.Н. Мишустин, В.К. Шильникова (1968; 1973), П.М. Смирнов (1970; 1973), Г.П. Гамзиков (1981; 2013), Д.А. Кореньков (1976; 1999), Е.П. Трепачев (1999), О.А. Соколов (1985; 1990 (в соавторстве), 1992 (в соавторстве), 2015 (в соавторстве)), В.Н. Кудеяров (1986 (в соавторстве), 1989), А.А. Завалин (2016 (в соавторстве), 2019 (в соавторстве)).

В.Н. Кудеяров (2015) в своей работе отмечает, что проблема обусловлена рядом обстоятельств: во-первых, лимитирование средней величины урожаев за счет степени обеспеченности растений азотом; во-вторых, вынос азота из почвы урожаем приводит к огромным потерям, а также из-за вымывания, эрозии, улетучивания, слабым или почти полным отсутствием последствия азотных удобрений и, наконец, дефицитом и дороговизной минерального азота, потерями его при транспортировке.

Азот в питании луговых растений находится в первом минимуме (Кутузова А.А., 2002).

По данным И.А. Тихоновича (2016), в пахотных почвах симбиотическими, ассоциативными и свободноживущими микроорганизмами фиксируется до 70-90% азота из атмосферного воздуха.

Г.А. Воробейков в своей работе (2011) отмечает, что при использовании ассоциативных диазотрофов, в зависимости от почвенно-климатических условий, в агроценозы может вовлекаться от 30 до 60 кг/га азота воздуха за вегетационный период.

Ежегодный вынос продукцией сельскохозяйственного производства составляет около 100-110 млн. т азота в мире. Покрыть такие потери за счет азота удобрений химическая промышленность не в состоянии. Компенсировать сложившийся дефицит возможно только биологическим путем, что подчеркивает важность биологического азота, поставляемого микроорганизмами (Мишустин Э.Н., 1987).

Биологическая азотфиксация – надежная альтернатива техногенной азотфиксации промышленных предприятий, ведь наряду с экологически грязным производством удобрений, опасно и их использование: при внесении азотных удобрений на поля до 50% их вымывается в окружающую среду, вызывая ее загрязнение (Миркин Б.М., 2017).

Использование биологического азота – единственный экологически чистый путь снабжения растений связанным азотом, при котором невозможно загрязнение нитратами почвы, водоемов, продукции. Кроме того, микробная азотфиксация осуществляется, главным образом, за счет энергии солнца и позволяет избежать громадных затрат энергетического сырья (Кожемяков А.П., 2011).

Важная экологическая особенность биологического азота заключается в его постепенном проникновении в почву, а не разово, что снижает опасность загрязнения не только продукции растениеводства, но и окружающей среды в целом (Лактионов Ю.В., 2013.).

Многолетние бобовые травы имеют уникальное значение, являются не только ценными кормовыми, пищевыми и медоносными культурами, но и эффективным источником экологического и экономического биологического азота (Лепкович И.П., 2004). Преимущество трав состоит в том, что они способны

усваивать атмосферный азот воздуха. За год они фиксируют 130-300 кг/га азота (Вавилов П.П., 1997; Reynolds S.G., 2005).

Р.А. Шурхо с соавторами (2004) в своей работе указывает, что бобовые травы 2-3-х летнего использования оставляют в почве с корневыми и поукосными остатками от 132 до 289 кг/га азота.

В своих работах Н.М. Мудрых (2014) отмечает, что при выращивании люцерны обогащение почвы биологическим азотом составляет 255,7 кг/га, клевера – 259,2, лядвенца рогатого – 475,9 кг/га.

В.П. Василько с соавторами (2021) отмечает, что в виде поукосных остатков люцерна составляет 18–22 ц абсолютно сухой массы, в которой содержится азота – 28-42 кг, фосфора – 11-14 кг, калия – 24-37 кг.

На малоплодородных подзолистых и дерново-подзолистых почвах только оптимальное сочетание отраслей животноводства и кормопроизводства позволяет оптимизировать функционирование агроландшафтов. Основу кормопроизводства региона должны составлять многолетние бобово-злаковые травосмеси, обеспечивающие получение достаточного количества дешевых высококачественных кормов и способствующие сохранению и повышению почвенного плодородия (Храмой В.К., 2013).

Интенсификация земледелия в последние годы привела к негативным изменениям в окружающей среде и ряду проблем экологического характера, решение которых возможно при переходе земледелия на биологическую основу (Цветков М.Л., 2019). Актуальность проблемы обусловлена, в том числе, и вопросом снижением плодородия почвы (Абрамов Н.В., 2013; Чебочаков Е.Я., 2018).

В настоящее время особое внимание уделяется биологизации земледелия и выращиваемые культуры должны отвечать ее требованиям (Лобков В.Т., 1997; Цветков М.Л., 2019).

Производство кормов в большей степени, чем другие отрасли использует воспроизводимые ресурсы (солнечную энергию, плодородие почв, фотосинтез,

биологический азот, фиксированный клубеньковыми бактериями из воздуха), основываясь на многолетних травах (Бельченко С.А., 2016).

Перспективная по многим аспектам бобовая культура – люцерна изменчивая способствует ресурсосбережению, снижает себестоимость сельскохозяйственной продукции, повышает плодородие почвы и обладает мощным фитомелиоративным эффектом. Основными ее преимуществами являются также долголетие, многоукосность, высокая урожайность, хорошее качество корма, накопление биологического азота в почве при наличии симбиотических взаимоотношений с клубеньковыми бактериями (Шкодина Е.П., 2017).

Инокуляция семян люцерны способствует увеличению диазотрофии, повышению адаптивных свойств, урожайности зеленой массы. Фиксация молекулярного азота клубеньковыми бактериями – важный процесс, обеспечивающий питание растений связанным азотом и накопление его в почве (Атласова Л.Г., 2015).

Это подтверждается рядом ученых, так, по данным Е.Е. Проворной и И.А. Селиверстова (2007), инокуляция семян обеспечивает прибавку урожая до 15%. Увеличить накопление азота в почве более чем на 100 кг/га, согласно Т.Н. Трояну (2010) и И.А. Тихонович (2011), возможно за счет применения комплементарных заводских штаммов.

Успех формирования растительно-микробной симбиотической системы с клубеньковыми бактериями (ризобиями), способной фиксировать азот атмосферы в значительной степени влияет на урожайность бобовых культур (Дедов А.В., 2012).

Многие ученые на протяжении более тридцати лет приходят к выводу, что наравне с уже известными приемами повышения продуктивности, перспективы для ее повышения имеет использование биопрепаратов, способных осуществлять целый комплекс функций, оптимизирующих рост и развитие растений (Кононов А.С., 2013). Что, согласно утверждению А.И. Попова (2019), является биологической коррекцией продуктивности и заключается в совокупности

методов воздействия на биологию растений. Активирует резервные функции растений, как один из важных приёмов земледелия, а также увеличивает устойчивость посевов к неблагоприятным условиям среды.

Биологическая коррекция – мероприятие растениеводства, способствующее развитию адаптивного земледелия, опирающееся на научные достижения современных биотехнологий, таких как: производство микробиологических препаратов, физиологически активных веществ, биологических средств защиты растений и т.д. (Попов А.И., 2019).

Путь биологической коррекции позволяет реализовать резервные функции растений, а также увеличить устойчивость посевов к неблагоприятным погодным условиям. При этом обязательно должны учитываться физиологические особенности растений.

Выращивание люцерны без инокуляции семян может быть экономически невыгодным: О.Г. Рапина в своей работе (2019) отмечает, что без применения препаратов клубеньковых бактерий бобовые из потенциальных накопителей азота могут стать активными его потребителями, снижая плодородие почв. Инокуляция бобовых трав клубеньковыми бактериями повышает симбиотическую активность симбионтов, за счет чего улучшается азотное питание растений, и, следовательно, повышается урожайность культур.

Положительное влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на побегообразовательную способность люцерны отмечено в исследованиях Н.Б. Дегуновой и Ю.Б. Даниловой (2015): ими было установлено, что обработка штаммами клубеньковых бактерий способствовала увеличению урожайности зеленой массы люцерны изменчивой на 5,6 т/га (сорт Таисия) – 21,6 т/га (сорт Благодать).

На основе опытов с биопрепаратами, создана база данных по их эффективности некоторых сельскохозяйственных культур (Кожемяков А.П., 2011). Наиболее эффективны биопрепараты для бобовых в новых регионах их возделывания. Установлено, что для сортов люцерны, имеющих гибридное

происхождение, наиболее характерна способность к формированию высокоэффективного симбиоза (Румянцева М.Л. и др., 2019).

Симбиотическая эффективность или способность увеличивать продуктивность (массу, накопление азота, количество семян) у бобовых растений-хозяев – важнейший признак, характеризующий адаптивный потенциал и практическую значимость клубеньковых бактерий (ризобий) (Проворов Н.А., 2016).

Клубеньковые бактерии, являясь симбионтами, распространяются в почвах, сопутствуя определенным видам бобовых растений. После разрушения клубеньков клетки бактерий попадают в почву и существуют за счет различных органических веществ подобно другим почвенным микроорганизмам. Почти повсеместное их распространение является доказательством высокой степени адаптируемости к различным почвенно-климатическим условиям, способности вести симбиотический и сапрофитный способ жизни (Мишустин Э.Н., 1987.)

Основное свойство клубеньковых бактерий – их активность (эффективность), т. е. способность в симбиозе с бобовыми растениями ассимилировать молекулярный азот и удовлетворять потребности растения-хозяина в нем (Мишустин Е.Н., 1968). В зависимости от того, в какой степени клубеньковые бактерии способствуют повышению урожайности бобовых культур, их принято делить на активные (эффективные), малоактивные (малоэффективные) и неактивные (неэффективные) (Долматова Е.С., 2015).

Клубеньковые бактерии могут различаться по ряду признаков, они образуются активными и неактивными культурами *Rhizobium*. Главным их отличительным признаком является расположение клубеньков по корневой системе растений. Основное количество клубеньков на главном корне формируют активные клубеньковые бактерии. Также на наличие активных клубеньков указывает их ярко-розовая окраска, в отличие от неактивных клубеньков (белый, серый, кремовый оттенок) (Кретович В.Л., 1994).

Согласно В.Б. Борисовой, наивысшая азотфиксирующая активность клубеньковых бактерий наблюдается в фазе бутонизации и цветения, в этот же

период отмечается максимальное формирование клубеньковых бактерий (Борисова В.Б., 2023).

На эффективность различных штаммов клубеньковых бактерий оказывают влияние экологические и климатические условия. Высокая активность клубеньковых бактерий возможна только при наличии оптимальных факторов среды, необходимых для симбиотической фиксации азота воздуха, среди которых важное место занимают влажность почвы и штамм этих бактерий.

Различные штаммы клубеньковых бактерий обладают неодинаковой азотфиксирующей активностью (Посыпанов Г. С., 1987).

Для симбиоза, обеспечивающего хорошее развитие растений, необходим определенный комплекс условий среды, и если последние будут неблагоприятными, то, эффективность взаимодействия будет низкой, несмотря на высокую вирулентность, конкурентную способность и активность микросимбионта (Федоров А.А., 1974).

У азотфиксирующего бобового растения процессы азотфиксации и фотосинтеза находятся в тесной взаимосвязи. В связи с этим, все приемы, направленные на улучшение развития и роста растений, повышающие фотосинтетическую деятельность посевов, способствуют увеличению количества азота, усвоенного из воздуха, и накоплению его в биомассе растений и в почве (Сидорова Л.П., 1973).

Оптимальной влажностью почвы для образования клубеньков считается 40-80% от полной полевой влагоёмкости (Назарюк В.М., 2007). Стоит отметить, что клубеньковые бактерии почв засушливого климата более стойко переносят засуху, чем бактерии почв влажного климата. В этом проявляется их экологическая приспособленность (Нетрусов А.И., 2004). Поскольку размножение бактерий в отсутствие влаги не происходит, в случае засушливой весны инокулированные (искусственно зараженные) семена необходимо вносить глубже в почву.

У различных бобовых культур неодинаков уровень критической влажности как для самих растений, так и для формирования клубеньков (Мишустин Е.Н., 1968; Сидорова К.К., 2010).

В условиях засухи резко снижается эффективность бактериальных препаратов (Завалин А.А. и др., 2019). Дефицит влаги негативно сказывается на развитии самого растения, приводя к снижению его массы и количества клубеньков, вследствие чего формируется слабый симбиотический аппарат или клубеньки отмирают вовсе. Снижается нитрогеназная активность и выделение CO_2 , а также количество фиксированного азота и общее его потребление (Hardy R.W.F., 1973, Kirda C., 1989).

Биологическая азотфиксация увеличивается по мере повышения влажности почвы, но реакция diaзотрофов на изменение влажности в разных почвах неодинакова (Завалин А.А., 2019). Так, В.В. Клевенская (1976) отмечает, что на дерново-подзолистой почве увлажнение увеличивает активность азотфиксации, но этот процесс идет медленнее по сравнению с его темпами на почвах лесостепной и степной зон.

Е.П.Трепачев отмечает (1999), что при избытке влаги в почве (в момент интенсивного выпадения осадков) образование клубеньков на корнях люцерны замедляется и активность азотфиксации в этот период снижается.

Т.Ф. Андреева (1969) отмечает, что отсутствие клубеньков на корнях бобовых растений в засушливые годы может быть вызвано рядом причин: во-первых, усиленное опробкование корней, в том числе и мелких; во-вторых, недостаточный уровень в корнях сахаров, синтезированных в листьях; в-третьих, из-за отсутствия воды происходит снижение внедрения клубеньковых бактерий в корни, так как они передвигаются с помощью жгутиков.

Согласно Н.А. Проворову (1989), на дерново-подзолистой почве (без применения азотных удобрений в засушливый период) люцерна формировала более высокий урожай сена, чем кострец и намного больше усваивала азота благодаря растению-хозяину, а не активности ризобий. Автор отмечает, что в этот

период симбиоз в большей степени зависел от корневой системы люцерны, а не от *Rhizobium meliloti*.

Оценка вклада инокуляции ассоциативными diaзотрофами в формирование урожайности и качества получаемых кормов на сегодняшний день является важной задачей.

Анализ современной научной отечественной и зарубежной литературы показал, что интродукция люцерны изменчивой в северные регионы Российской Федерации способствует повышению урожайности травостоев, улучшению качественных показателей заготавливаемого корма, повышению плодородия почвы и улучшению экологических показателей.

Тем не менее, существующий дефицит научно обоснованных, ресурсосберегающих технологий возделывания, учитывающих особенности почвенно-климатических условий и материально-технической базы региона, обуславливает необходимость проведения углублённых исследований и внедрения инновационных решений.

Приоритетными направлениями выступают: селекция и подбор сортов, устойчивых к экстремальным факторам региона; разработка агротехнологий, снижающих негативное воздействие агроклиматических условий, подбор компонентов и обоснование режима использования травостоев и активизация биологических механизмов повышения продуктивности и устойчивости люцерны – в частности, выделение наиболее продуктивных сорто-микробных систем.

ГЛАВА 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В период с 2015 по 2019 г. на базе опытного поля Карельской ГСХОС (контур 48 «Большое поле»), а с 2020 по 2024 гг. – лаборатории агротехнологий «Вилга» КарНЦ РАН проведены исследования, включающие ряд опытов по изучению люцерны изменчивой, способности формирования ее фитоценозов в условия Карелии в составе травостоев и в одновидовых посевах, в зависимости от режимов скашивания и при инокуляции различными штаммами клубеньковых бактерий, а также, осуществлен подбор наиболее продуктивных для района сортов и сорто-микробных систем.

2.1 Агроклиматическая характеристика Республики Карелия и метеорологические условия в годы проведения исследований

Территория Республики Карелия расположена на западе Европейского Севера России между 60°40' и 66°41' с. ш., 29°18' и 37°58' в. д. Протяженность с юга на север составляет 720 км, с запада на восток – до 470 км, площадь территории 180,5 тыс. км² (включая участки акваторий Ладожского и Онежского озер и Белого моря). На западе Карелия имеет протяженную (около 700 км) границу с Финляндией, на севере граничит с Мурманской областью, на юге и востоке – с Архангельской, Вологодской и Ленинградской областями. По физико-географическому районированию Карелия входит в Фенноскандию, занимая ее юго-восточную часть (Атлас..., 1989.).

Республика находится в атлантико-арктической зоне умеренного климатического пояса, климат региона характеризуется как умеренно холодный, переходный от морского к континентальному. Преобладает перенос воздушных масс северо-атлантического и арктического происхождения. Среднегодовая температура воздуха изменяется от +3° на юге до 0° на севере. Длительность вегетационного периода уменьшается со 160 дней на юге и на побережье Белого моря до 130 на севере и в континентальных (внутренних) частях Республики, безморозного периода – соответственно со 130 (120 на морском побережье) до 70

дней. Средняя продолжительность летнего сезона (устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через +10 °С) – 2,5–3,5 месяца (Кравченко А.В., 2007).

По своим природно-климатическим условиям Республика Карелия находится в зоне постоянного или временного избыточного увлажнения земель, причиной которого является неравномерное распределение осадков, приводящее к длительному застаиванию воды (Назарова Л. Е., 2003).

В среднем за год здесь выпадает 450-750 мм осадков, количество осадков уменьшается с юга к северу. В течение года осадки распределены неравномерно – их количество за теплый период (май–октябрь) колеблется от 300 до 400 мм, за холодный – 150-350 мм.

Переувлажнение, как правило, наблюдается весной и осенью, а иногда и летом в период затяжных дождей (Назарова Л.Е., 2003.). Это отрицательно сказывается на эксплуатации кормовых угодий, значительно сокращая период их использования. Избыточное увлажнение препятствует дыханию корней и парализует деятельность микроорганизмов, разлагающих органические вещества, приводит к появлению в травостоях малоценных трав и снижению их продуктивности (Уразаев Н.А., 2000).

Сильная расчлененность территории является одной из причин высокой мозаичности и мелкоконтурности почвенного покрова, который образован макро- и мезосочетаниями почв, относящихся к подзолисто-буроземному, болотно-подзолисто-буроземному и болотному типам (Кравченко А.В., 2007).

Наиболее распространенными типами почв в лесах на рыхлых отложениях (на них преобладают сосновые леса) являются подзолы, на богатых моренах – буроземы, на коренных породах – подбуры (преобладают еловые леса) или примитивные почвы (в зависимости от состава коренных пород и мощности элювия могут быть и сосновые, и еловые леса), в условиях избыточного увлажнения – болотно-подзолистые, на болотах – торфяные почвы, на морском побережье – засоленные маршевые (Бахмет О. Н., 2003).

На вторичных лугах преобладают дерновые почвы, в поселениях – урбано- и техноземы. Преобладают подзолистые почвы, сформировавшиеся в автоморфных условиях на рыхлых четвертичных отложениях, и которые занимают почти 2/3 площади суши.

Подзолистые почвы сформировались на грубых песчаных и бескарбонатных моренных отложениях, они кислые, бедные основаниями и гумусом, имеют низкую микробиологическую активность (Морозова Р. М., 2004).

Для большинства почв Карелии характерна повышенная кислотность. Площадь кислых почв составляет 70%, из них больше половины сильно- и среднекислых, требующих обязательного известкования. Вследствие резкого снижения внесения минеральных и органических удобрений наблюдается дисбаланс по содержанию элементов питания, происходит процесс деградации гумусового вещества (Марченко А.И., 1962).

Прионежский муниципальный район расположен в юго-восточной части Республики Карелия, вдоль юго-западного побережья Онежского озера. Местность в основном холмисто-грядовая сформировалась под воздействием последнего ледника. Вдоль Онежского побережья идет Шокшинская гряда с максимальными высотами до 240 метров. В районе довольно много ледниковых отложений из валунных песков и супесей, а также озерно-ледниковых глин, суглинков и песков. Близость к Онежскому озеру, большое количество рек и озер способствуют тому, что влаги здесь много, при этом испаряется она медленно. Большое количество влаги в почве при относительно малом испарении способствует заболачиванию земель. В климатическом отношении район относится к наиболее теплым местностям Карелии с мягкой и короткой зимой, наиболее длительным и солнечным вегетационным периодом. Вершина температурного диапазона, фиксируется в июле до 30,7°C, а минимум составляет –33,7°C в январе. Годовая средняя температура в Прионежском районе, учитывая данные наблюдений, составляет 6,3°C. В течение года: солнечных дней – 55, дождливых – 114, облачных – 98, дней со снегом – 99 (Романов А.А. 1961;

Агроклиматические ресурсы ..., 1974; Атлас Карельской АССР ..., 1989; Климат Карелии ..., 2004).

Исследования проводили в южной части республики Карелия Прионежского района. В орографическом отношении территория исследования располагалась в пределах Шуйской низины, которая представляет собой древнюю впадину, округ скалисто-грядового рельефа, с ясно выраженным северо-северо-западным направлением положительных и отрицательных элементов рельефа. Минеральные почвы объектов исследований отличаются сложным строением, высокой степенью мозаичности и мелкоконтурности. В значительной степени почвенное разнообразие обусловлено различиями в почвообразующих породах и сильной расчлененностью рельефа. В почвенном покрове здесь господствуют маломощные, обычно языковатые супесчаные подзолы на моренных супесях под еловыми лесами, а в местах выходов основных пород – те же почвы на легкосуглинистой локальной морене. Близ крупных озер иногда встречаются также массивы среднезернистых безвалунных песков и супесей озерного происхождения (Барановская А.В., 1958).

Все это обуславливает необходимость перехода на эффективные, ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии возделывания культур на осушаемых землях. Основу этих технологий должен составлять адаптивный подход к формированию элементов, внедрение в производство более продуктивных культур и сортов, устойчивых не только к вредным объектам, но и к переувлажнению. Особенно большими возможностями на них обладают многолетние травы, более рационально использующие особенности мелиорированных земель и одновременно способствующие повышению плодородия (Черкасов Г. Н., 2017).

Широкому использованию трав в кормопроизводстве на осушенных землях благоприятствуют их биологические особенности: зимостойкость, долголетие, пластичность, устойчивость к повышенной кислотности и переувлажнению почв, способность к вегетативному размножению.

Погодные условия оказывают существенное влияние на формирование урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур. Особенно чувствительны растения к влаге и теплу на ранних стадиях развития и в период активного роста (Клочков А.В., 2003).

По данным Всероссийского института кормов им. В.Р. Вильямса, для получения высоких урожаев травостоев, необходимо накопить около 400 мм влаги за вегетационный период, причем 100 мм – весенняя почвенная влага, а 300 мм – осадки. В среднем на Северо-Западе продолжительность вегетационного периода составляет 130 дней, соответственно, на каждый месяц приходится примерно 70 мм осадков.

Метеорологические показатели за годы исследований характеризуются неоднородностью (рисунок 1). ГТК (гидротермический коэффициент по Селянинову) варьирует от 2,7 в 2017 году (что характеризует зону, как избыточно увлажненную) до 0,8 в 2024 году (что соответствует засушливой зоне) (таблица 1).

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент увлажнения по Селянинову за годы исследования

Годы	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
ГТК	2,4	2,7	1,4	1,9	1,4	2,1	2,5	1,8	0,8

Вегетационный период 2016 года можно охарактеризовать как теплообеспеченный избыточно увлажненный, особенно в июле-августе, на фоне температур, превышающих среднемноголетние значения (приложение А, таблица А1, А2).

Начало вегетации отмечено благоприятными метеоусловиями для формирования первых укосов. Среднемесячная температура воздуха в мае составила 12,7°C, что на 4,4°C выше среднемноголетней, в июне – на 0,7°C. Количество выпавших в мае осадков составило 38 мм при среднемноголетней норме 41 мм, в июне среднемноголетний показатель (49 мм) был превышен, и составил 66 мм. В период формирования вторых укосов (июль, август)

среднемесячная температура воздуха превышала среднемноголетние значения на 1,3-2,5°C, сумма осадков в июле составила 129 мм, в августе – 202 мм, что на 59 и 117 мм выше среднемесячной нормы. Третий укос формировался в условиях превышения среднемесячной температуры и недостатке влаги.

В 2017 г. начало вегетации многолетних трав отмечено только в середине мая, а интенсивное отрастание – в конце мая – начале июня, что на две недели позже, чем в предыдущий год. Недостаточная теплообеспеченность апреля и мая, характеризующаяся низкими среднемесячными температурами воздуха, на 1,2-3,3°C отрицательно повлияла на формирование первого укоса. Травостои достигли укосной спелости только к 27 июня (1-й срок скашивания) и к 4 июля (2-й срок скашивания). Период вегетации, приходящийся на формирование вторых укосов, характеризовался значениями температуры воздуха, близкими к среднемноголетним. Сумма осадков в июле и августе составила 58 и 62 мм, что на 12 и 23 мм ниже среднемноголетних показателей, соответственно. На формирование полноценных вторых укосов потребовалось 42 дня (1-й срок скашивания) и 50 дней (2-й срок скашивания). Температурные значения воздуха при формировании урожая третьего укоса, который был проведён 28 сентября, соответствовали в августе 15,9°C, в сентябре 9,8°C, что на 1,9 и 1,0°C выше среднемноголетних показателей. Количество выпавших осадков в августе составило 62 мм при среднемноголетней норме 85 мм, в сентябре, наоборот, количество их превысило среднемноголетние значения в 2 раза: 138 мм против 70 мм.

Погодные условия вегетационного периода 2017 г. в сравнении с 2016 г. отрицательно повлияли на сроки наступления укосной спелости травостоев, запаздывание которых составляло до 10 дней.

В 2018 г. урожайность травостоев 1-го и 2-го укосов (май–июль) формировалась в экстремальных метеорологических условиях. В отличие от 3-го укоса среднемесячная температура воздуха в вышеуказанный период превышала среднемноголетние значения (8,3-16,0°C) на 2,6-4,2°C, а сумма осадков (41-70 мм), наоборот, была ниже на 14,0-23,7 мм.

На протяжении периода вегетации 2019 г. рост и развитие растений люцерны происходили в условиях пониженной теплообеспеченности и неравномерной увлажненности. Вегетационный период 2020 года характеризовался недостаточной обеспеченностью растений влагой.

Наиболее неравномерно распределились осадки в 2021 году: в июле дефицит от среднегодовой составил 60%, август же наоборот, отмечен избыточным увлажнением на 127% от нормы. Среднемесячная температура воздуха в июле составила $+20,3^{\circ}\text{C}$, что превышает среднегодовую температуру на $3,4^{\circ}\text{C}$, в августе превышение незначительное, на 1°C . Можно охарактеризовать вегетационный период, как высокотемпературный и нестабильно увлажненный. В данных метеорологических условиях произведена закладка опыта 27 июня, на 10 день отмечены всходы, полноценный укос сформирован за 79 дней при ГТК вегетационного периода 2,1.

2022 году температурные показатели были близки к среднегодовым данным и превосходили их на $1,6$, $1,8$ и $3,9^{\circ}\text{C}$ в июне, июле и августе, соответственно. По осадкам данные месяцы превышали норму на 7 , 16 и 21 мм, соответственно. Сумма активных температур составила $1757,8^{\circ}\text{C}$ при продолжительности периода с $t > 10^{\circ}\text{C}$ 105 дней. В условиях данного года происходило развитие трав второго года жизни, чье отрастание зафиксировано 4 мая, в связи с неблагоприятными засушливыми условиями, которые повлияли на дальнейшее формирование и урожайность полученной зеленой массы. Первый укос сформирован за 59 дней (2.07.22), второй укос убрали лишь через 79 дня из-за продолжительных осадков.

Вегетационный период 2023 года характеризуется как нестабильный по влагообеспеченности. Вариативность показателя обусловлена дефицитом влаги на начальном этапе отрастания бобовых трав (май – 27 мм, июнь – 26 мм) и в период второго укоса травостоев (13 мм) и сильным ее избытком в июле 155 мм, что на 72 мм превышает среднегодовое значение, и что способствовало достаточному формированию отавы ко второму укосу. По температурной составляющей вегетационный период близок к среднегодовым показателям, с

незначительными отклонениями, в пределах 0,5-3°C за учетный период, что также отразилось на формировании травостоев. Отрастание люцерны в 2023 г. отмечено 21 апреля, а к 26 июня были сформированы полноценные укосы (63 дня). Второй укос был произведен через 58 дней, ГТК составил 1,8, то есть формирование происходило при избыточном увлажнении.

Суровые условия многоснежной зимы и нестабильная по тепло- и влагообеспеченности весна оказали влияние на отрастание трав в 2024 году, которое отмечено лишь 2 мая, и первый укос сформирован к 3 июля (63 дня). Вегетационный период 2024 года характеризуется как засушливый (ГТК за сезон составил 0,8) и избыточно теплообеспеченный. Все это повлияло на отрастание трав и формирование укосов.

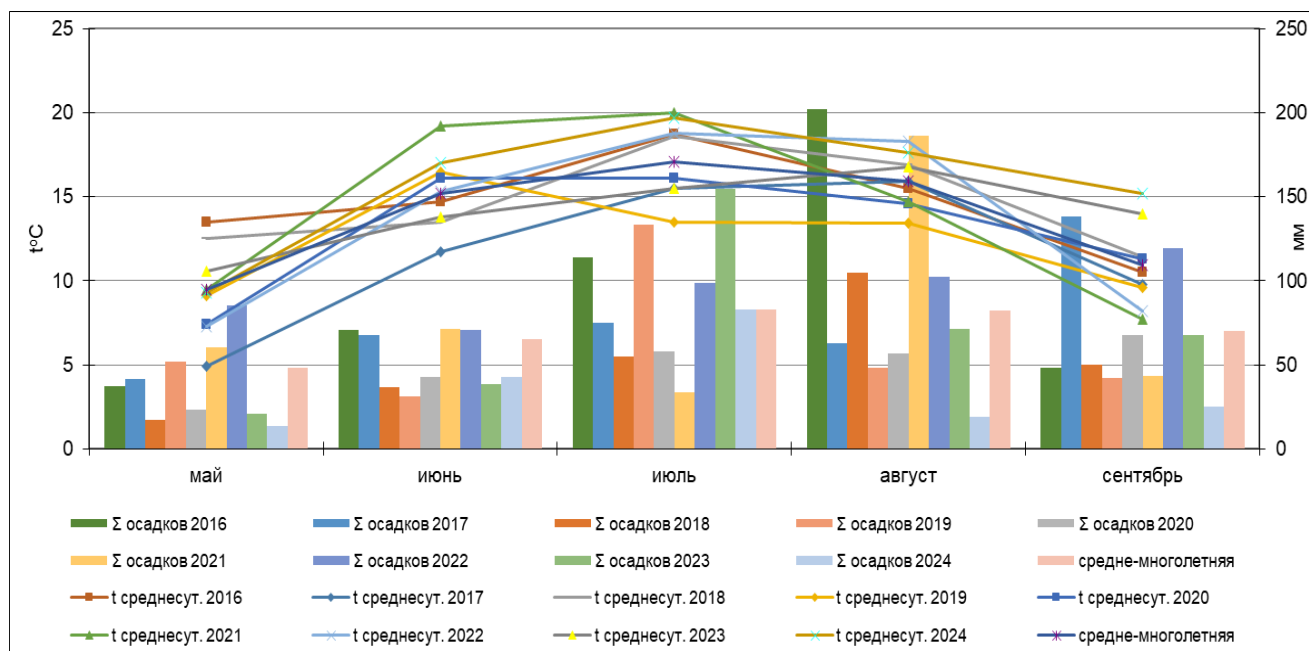


Рисунок 1 – Метеорологические условия вегетационных периодов (2016-2024 гг.)

Анализ вегетационных периодов за годы исследования (2016–2024 гг.) показывает значительную вариабельность погодных условий, оказывающую влияние непосредственно на рост травостоев, сроки формирования укосов, интервал которых составил 59-79 дней, в зависимости от погодных условий.

2.2 Почвенные условия проведения исследований

Исследования проводили на опытном поле 48 контур, «Большое поле» – неосушенный участок находится в урочище Виданы, Пряжинский район, Республика Карелия.

По классификации почв от 1977 года (под редакцией Ивановой Е.Н. и Розова Н.Н.) почва участка дерново-подзолистая, хорошо окультуренная, по гранулометрическому составу – среднесуглинистая.

В пределах опытного поля наблюдалась вариабельность по агрохимическим показателям. Почва первого опытного участка имела реакцию почвенного раствора – близкую к нейтральной ($\text{pH}_{\text{сол}} - 5,8$). Содержание P_2O_5 высокое (250 мг/кг) и K_2O – высокое (94 мг/кг). Органическое вещество – 3,16%. Почва второго опытного участка – слабокислая ($\text{pH}_{\text{сол}} - 5,3$). Содержание P_2O_5 очень высокое (439 мг/кг) и K_2O – высокое (301 мг/кг). Органическое вещество – 4,2%. Реакция почвенного раствора третьего опытного участка – близкая к нейтральной ($\text{pH}_{\text{сол}} - 5,9$). Содержание P_2O_5 очень высокое (849 мг/кг) и K_2O – высокое (412 мг/кг). Органическое вещество – 3,53%.

По классификации (Классификация и диагностика почв, 2004) почва данного участка характеризуется как агрозем альфегумусовый среднесуглистый на озерно ледниковых отложениях. Данный тип почв типичен для Республики Карелия.

Почвенный профиль имеет следующие горизонты (рисунок 2):



Рисунок 2 - Почвенный разрез урочище «Виданы», Пряжинский район, Республика Карелия (авт.фото Ткаченко Ю.Н.,мл.н.сотр. Лаборатории экологического мониторинга и моделирования ОКНИ КарНЦ РАН)

Р; 0 - 38; увлажненный; комковатый; среднесуглинистый; плотное; корни до 30 см; граница ровная; переход резкий по цвету, плотности;

ВF; 38 - 68; увлажненная; супесчаный; плотное, плотнее чем Р; в средней части черное пятно плохо разложившегося угля; граница волнистая; переход резкий по цвету, грансоставу;

В2; 68 - 110; свежая; песок; уплотненное; в нижней части ржавые полосы; граница волнистая; переход резкий по цвету, грансоставу;

ВС1; 110 - 123; увлажненная; слоистая; супесь; уплотненное; граница ровная; переход резкий по цвету, грансоставу;

ВС2; 123 - 140; увлажненная; песок; рыхлое; граница ровная; переход по цвету и влажности;

С; 140 - 170; влажная; песок; рыхлое; ржавые вертикальные полосы;

Почва участков 48 контура «Большое поле» по параметрам подходит для выращивания многолетних кормовых культур.

2.3 Объект и методика проведения исследований

Экспериментальные исследования проводили в лаборатории агротехнологий «Вилга» КарНЦ РАН на базе опытного поля участок неосушенный – 48 контур, «Большое поле», с использованием методик, разработанных ВНИИ кормов им. В.Р.Вильямса (Методика государственного

сортоиспытания ..., 1989; Методика опытов на сенокосах и пастбищах ..., 1971; Методическое пособие по агроэнергетической..., 2000) и методики полевого опыта (Доспехов Б.А., 1985).

Биохимические показатели образцов определяли на научном оборудовании Центра коллективного пользования Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (спектрофотометр СФ-2000, атомно-абсорбционный спектрофотометр АА-7000, потенциометр Анион 4100). Агрохимический анализ почвенных образцов и оценку качества кормов проводили по общепринятым биохимическим методам ФГБУ «Станция агрохимической службы «Карельская», и Испытательной лаборатории экологического контроля объектов окружающей среды (ИЛ ЭКООС) СПбГАУ

Статистическая обработка данных проводится в программах MicrosoftExcel, StatgraphicPlus.

Статистическую обработку экспериментальных данных по направлениям исследований (кормопроизводство) осуществили на персональном компьютере с использованием программного пакета Excel и компьютерной программы StatGraphics Centurion XV, StatgraphicPlus.

Исследования проводили в трех опытах.

Опыт 1 – изучали формирование бобово-злаковых фитоценозов с люцерной изменчивой в зависимости от режимов использования в 2015-2018 гг.

Фактор А – интенсивность использования (таблица 2).

Таблица 2 – Интенсивность использования травостоев

Интенсивность использования	Первый укос	Второй укос	Третий укос
Два укоса	Начало цветения злаковых и бобовых	Через 50-56 дней	-
Три укоса	Начало колошения злаковых и начало бутонизации бобовых	Через 42-51 - дней	Через 51-54 дня

Фактор Б – состав травосмеси (таблица 3).

Таблица 3 – Состав травосмеси и норма высева

№	Травосмеси (Фактор Б)	Норма высева, кг/га
1	Тимофеевка луговая Ленинградская 204	5
	Кострец безостый СИБНИИСХОЗ 189	9
	Клевер гибридный Первенец	8
2	Тимофеевка луговая Ленинградская 204	5
	Кострец безостый СИБНИИСХОЗ 189	9
	Люцерна изменчивая Таисия	7
3	Тимофеевка луговая Ленинградская 204	5
	Люцерна изменчивая Таисия	7
	Клевер гибридный Первенец	4
4	Кострец безостый СИБНИИСХОЗ 189	9
	Люцерна изменчивая Таисия	7
	Клевер гибридный Первенец	4
5	Фестулолиум ВИК 90	13
	Люцерна изменчивая Таисия	7
	Клевер гибридный Первенец	4

Двухфакторный опыт заложен 26 июня 2015 г. Посев беспокровный, рядовой. Перед посевом внесены минеральные удобрения в дозе $P_{60}K_{90}$. В день посева семена бобовых компонентов обработаны ризоторфином: люцерна изменчивая – *Rhizobium meliloti* (штамм 425а), клевер гибридный – *Rhizobium trifolli* (штамм 348а).

Площадь делянки 10 м², повторность 4–х кратная, размещение делянок – рендомизированное. Учёт урожайности сплошной со всей делянки: 1–й срок в фазу начала колошения злаковых и начала бутонизации бобовых; 2–й срок в фазу начала цветения злаковых и бобовых трав (таблица 3).

При двукратном режиме скашивания 1-й укос проводили 20.06-04.07, 2–й – 15.08-23.08; при трёхкратном – 07.06-27.06 и 02.08-08.08, соответственно; 3-й укос – 19.09-28.09. В зависимости от влаго– и теплообеспеченности периодов вегетации на формирование второго укоса требовалось 51-56 дней при двукратном скашивании и 42 – 51 день – при трёхкратном. Урожай третьего укоса формировался за 54-56 дней.

Опыт 2 – оценка новых и перспективных сортов, а также для подбор наиболее адаптивных из них для условий Карелии с 2019-2024 гг.

Двухфакторный опыт посеян 27 июня 2019 г.

Фактор А – состав травостоя

1. Люцерна изменчивая 15 кг/га
2. Люцерна изменчивая 8 кг/га + тимофеевка луговая 7 кг/га

Фактор Б – сорт:

1. Вега 87 (контроль),
2. Пастбищная 88,
3. Луговая 67,
4. Селена,
5. Агния
6. Таисия.

В опыте изучали тимофеевку луговую сорт Олонецкая местная. При посеве производилась обработка семян люцерны ризоторфином.

Площадь учётной делянки 3 м², повторность 3-х кратная, размещение вариантов — рендомизированное. Учёт урожайности сплошной со всей делянки в фазу начала бутонизации, двуукосное использование.

Опыт 3 – изучение наиболее адаптивных сорто-микробных систем и определение наиболее продуктивного штамма проводили в период 2021-2024 гг.

В двухфакторном опыте изучали:

Фактор А – штаммы клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti*:

1. Контроль (без обработки)
2. Штамм 415 (производственный)
3. Штамм А-1
4. Штамм А-5
5. Штамм СХМ-1-105

Фактор Б - сорта и сортообразцы люцерны изменчивой:

1. Пастбищная 88
2. Таисия
3. Агния ВИК
4. СГП-387

5. 506 (Люся)

Посев беспокровный, проведен 27 июня 2021 г. Площадь деланки 10 м², повторность 4-х кратная, размещение вариантов – систематическое. Учёт урожайности сплошной со всей деланки в фазу начала бутонизации, режим использования – двуукосное.

Норма высева люцерны изменчивой – 6 кг/га, способ посева – широкорядный (ширина междурядий – 30 см).

Характеристика сортов люцерны изменчивой сортов (Сорта ..., 2019) и штаммов клубеньковых бактерий.

Вега 87 – выведен во ВНИИ кормов совместно с Московской селекционной станцией. Среднеранний, с коротким периодом цветения. Зимостойкость высокая, засухоустойчивость выше средней. Быстро отрастает после укосов. Устойчив к полеганию, к корневым гнилям. Урожайность сухой массы составляет 10 – 11 т/га, семян в Нечерноземной зоне — 250-300 кг/га.

Луговая 67 – совместный сорт ВНИИ кормов и фирмы «Агропрогресс». Зимостойкость высокая, засухоустойчивость выше средней. Быстро отрастает после укосов. Устойчив к основным болезням. Допущен к использованию в Северо-Западном регионе.

Сорт **Селена** выведен во ВНИИ кормов методом искусственной гибридизации. Впервые для условий Нечерноземной зоны создан сорт с высокой устойчивостью к кислотности почв (рН 4,8-5,5), быстрым отрастанием после укосов, зимостойкий, с более высокой (на 4–14 %) устойчивостью к корневым гнилям. Отличается продуктивным долголетием (четыре–пять лет), повышенной симбиотической азотфиксацией, высокой конкурентной способностью при возделывании в многовидовых агрофитоценозах. Рекомендован для одновидовых посевов и в травосмеси на почвах с рН 4,8-7.

Люцерна изменчивая сорт **Агния** – создан во ВНИИ кормов и ООО Научно-технологический центр «Травы Сибири». Устойчив к возделыванию на слабокультуренной почве (рН 4,8- 5,5), отличается зимостойкостью. При выращивании на кислой почве травостой люцерны 2-5-го года пользования

способен обеспечить получение 7-9 т/га сена.

Сорт люцерны изменчивой **Таисия** создан с использованием биотехнологии сопряженной симбиотической растительно-микробной селекции для возделывания на неокультуренных и средне окультуренных, кислых почвах Нечерноземной зоны России. Урожайность сухого вещества при традиционном способе выращивания (без предпосевной инокуляции), в зависимости от плодородия почвы, года и места выращивания, в среднем за 8 лет испытаний составила в Северо-Западном регионе 6,8-17,0 т/га, в Центральном – 7,7-14,2 т/га. Предпосевная инокуляция семян комплементарными штаммами клубеньковых бактерий повышала урожайность зеленой массы в Северо-Западном регионе на 30-177% (Государственный реестр селекционных достижений...2018.).

Сорт **Агния ВИК** – сорт люцерны изменчивой, создан с использованием методов биотехнологии сопряженной растительно-микробной селекции, находящийся на государственном сортоиспытании. Обладает высокой зимостойкостью, устойчив к кратковременному затоплению в период активной вегетации (Степанова Г.В., 2023).

Сорт **Пастбищная 88** создан во ВНИИ кормов совместно с Московской селекционной станцией методом искусственной гибридизации двух сортов и отбора высококонкурентных биотипов на производственных пастбищах при возделывании в травосмесях. Обладает высокой зимостойкостью, засухоустойчивость выше средней. Быстро отрастает после укусов и стравливания; конкурентоспособен, устойчивостью к выпасу, корневым гнилям, отличается повышенной азотфиксирующей способностью. Допущен для возделывания в Северо-Западном и других регионах. Характеризуется стабильно высокой урожайностью кормовой массы (Агротехника возделывания сортов люцерны ... 2008.).

СП-387 и 506 (Люся) сортотипы в испытании (Степанова Г.В., 2013).

На повышение продуктивности травостоев влияет не только растительный компонент, но и микробный, а также их взаимодействие (Румянцева М.Л., 2019).

Наличие симбиотических взаимоотношений с клубеньковыми бактериями *Sinorhizobium meliloti*, является одним из основных факторов экологизации сельскохозяйственного производства (Орлова А.Г., 2017).

Штамм 415 выделен в ВНИИСХ микробиологии, Мильто Н.И. ИНМИБ. Отнесен к производственным штаммам с 1984 г. высокопродуктивный производственный штамм, на основе которого производится Ризоторфин для люцерны.

Штамм А-5 задепонирован в Ведомственной коллекции полезных микроорганизмов сельскохозяйственного назначения РАН под номером РСАМ02148. В Географической сети опытов присвоен номер А-5. Штамм выделен из клубеньков *Medicago falcate*, собранного в Челкарской обл. (Мугоджары, Казахстан) (Рапина О.Г., 2019).

Штамм СХМ-1-105 получен в результате УФ-мутагенеза штамма на основе *Sinorhizobium (Ensifer) meliloti*, выделенного как высокоактивного из клубеньков люцерны в Алматинской области (Казахстан, АС ¹ 549454 от 25.05.1977) (Румянцева М.Л. и др., 2017) Происхождение штамма: получен на основе эффективного производственного штамма 425а и, наравне со штаммом Rm1021, используется в качестве «референса» в молекулярно-генетических исследованиях и в опытах по изучению симбиотической активности.

Полногеномная последовательность штамма СХМ-1-105 получена с использованием высокопроизводительного секвенирования 2-го и 3-го поколения. (Baturina О.А., 2019).

Штамм А-1. Происхождение штамма: выделен из засоленных почв Приаралья (Р. Казахстан). Устойчив к стрессовым условиям: засуха, засоление. Обладает высокой симбиотической активностью и эффективностью. (Московская, Ленинградская, Брянская, Воронежская, Томская обл.). В настоящее время готовятся материалы для патентования этого штамма.

Исследования базируются на основе всестороннего анализа изучаемой проблемы, постановке цели и задач исследований, проведении полевых опытов по

современным методикам, статистической обработке экспериментальных данных и анализе полученных результатов.

В течение вегетационных периодов проводили фенологические наблюдения: измерение длины стеблей растений, определение плотности травостоев и ботанического состава созданных агрофитоценозов перед укосами, учёт урожайности зелёной и сухой массы, энергетической продуктивности, сбора сырого протеина, биохимического состава и протеиновой ценности корма.

При проведении исследований использовались общепринятые методики:

1. Структура урожая укосной массы определялся по методике ВИК в фазу бутонизации – начало цветения (Методические указания..., 1997).
2. Особенности побегообразования изучались методом сравнительно морфологического анализа растений по годам жизни, а в пределах каждого года по укосам. При описании растений применяли терминологию, предложенную И.Г. Серебряковым (1962) и П.Л. Гончаровым, П.А. Лубенцом (1985).
3. Содержание сухого вещества в надземной массе – весовым методом (в четырехкратной повторности) с последующим высушиванием взятых навесок в термостате при температуре 105°C до постоянной массы (Методические указания по проведению полевых опытов..., 1987).
4. Общий азот в растительных образцах определяли методом Кьельдаля, сырой протеин – умножением процента содержания общего азота на коэффициент 6,25 (Петухова Е.А, Бессарабова Р.Ф. и др., 1981).
5. Статистическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов (Доспехов Б.А., 2011) на ПЭВМ с использованием программ Excel 07.
6. Расчет агроэнергетической эффективности возделывания люцерны при инокуляции семян штаммами клубеньковых бактерий проводили по методике оценки агроэнергетической эффективности технологий возделывания полевых культур (Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке..., 1995; Методические указания к лабораторно-практическим занятиям ..., 2009)

ГЛАВА 3 ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТРАВСТОЕВ С ЛЮЦЕРНОЙ ИЗМЕНЧИВОЙ

3.1 Влияние интенсивности скашивания на устойчивость, урожайность и качество корма травостоев с участием люцерны изменчивой

3.1.1 Формирование бобово-злаковых агрофитоценозов с люцерной изменчивой в зависимости от интенсивности скашивания

При формировании агрофитоценозов необходимо подбирать видовой и сортовой состав, учитывая особенности их взаимоотношений, основываясь на принципе комплементарности, т.е. способности различных видов и сортов избегать конкуренции и взаимодополнять друг друга (Жученко А.А., 2009; Кошеваров Н.И. и др., 2013; Кошеваров Н.И. 2017; Новиков М.Н., 2020).

Кратность скашивания травостоев оказывает влияние на формирование травостоев, конкурентоспособность и продуктивное долголетие растений, а также на качество получаемых кормов. Мнения об интенсивности использования травостоев с участием люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного региона разнятся.

При двуукосном скашивании первый укос проводили в фазу бутонизации бобовых – колошения у злаков (таблица 4). В течение трех лет исследований на его формирование требовалось от 40 до 47 дней и сумма активных температур варьировала от 357,3 до 556,5°C. Второй укос проводили в зависимости от фазы (бутонизация – начало цветения), и межукосный период до второго отчуждения трав составил 50-56 дней, с суммой активных температур 823,4-1030,1°C.

При трехукосном – первый укос проводили в фазу начала бутонизации бобовых – начала колошения злаков, в течение трех лет исследований на период от отрастания до первого укоса потребовалось от 31 до 37 дней с суммой активных температур в диапазоне 167,9-380,1°C. На формирование вторых укосов требовалось 42-51 день и 657,1-857,2°C суммы активных температур, третьих – от 51 до 54 дней и 300,6-613,5°C.

Таблица 4 – Даты укосов и суммы активных температур их формирования, 2016-2018 гг.

Укос	Показатель	Год		
		2016	2017	2018
отрастание	дата	13 мая	23 мая	11 мая
Двуукосное скашивание				
1	дата	28 июня	04 июля	20 июня
	количество дней	47	42	40
	сумма активных температур, °С	556,5	357,3	495,7
2	дата	18 августа	23 августа	15 августа
	количество дней	51	50	56
	сумма активных температур, °С	897,5	823,4	1030,1
Трёхукосное скашивание				
1	дата	18 июня	27 июня	07 июня
	количество дней	37	31	27
	сумма активных температур, °С	380,1	167,9	355,7
2	дата	03 августа	08 августа	28 июля
	количество дней	46	42	51
	сумма активных температур, °С	857,2	657,1	821,0
3	дата	26 сентября	28 сентября	19 сентября
	количество дней	54	51	52
	сумма активных температур, °С	613,5	481,8	300,6

Высота трав является косвенным показателем, определяющим урожайность. По высоте травостоев ориентировочно устанавливают время проведения укосов, особенно второго и последующих (Методические основы..., 2024.).

Характер вариации высоты люцерны изменчивой в зависимости от режима скашивания был следующий: увеличение высоты от первого укоса ко второму и достаточное снижение к третьему – для трёхукосного режима использования травостоев, и при двуукосном режиме во всех вариантах отмечено снижение данного показателя ко второму укосу лишь в первый год жизни, в остальные годы наблюдалось превышение последнего над первым (рисунок 3).

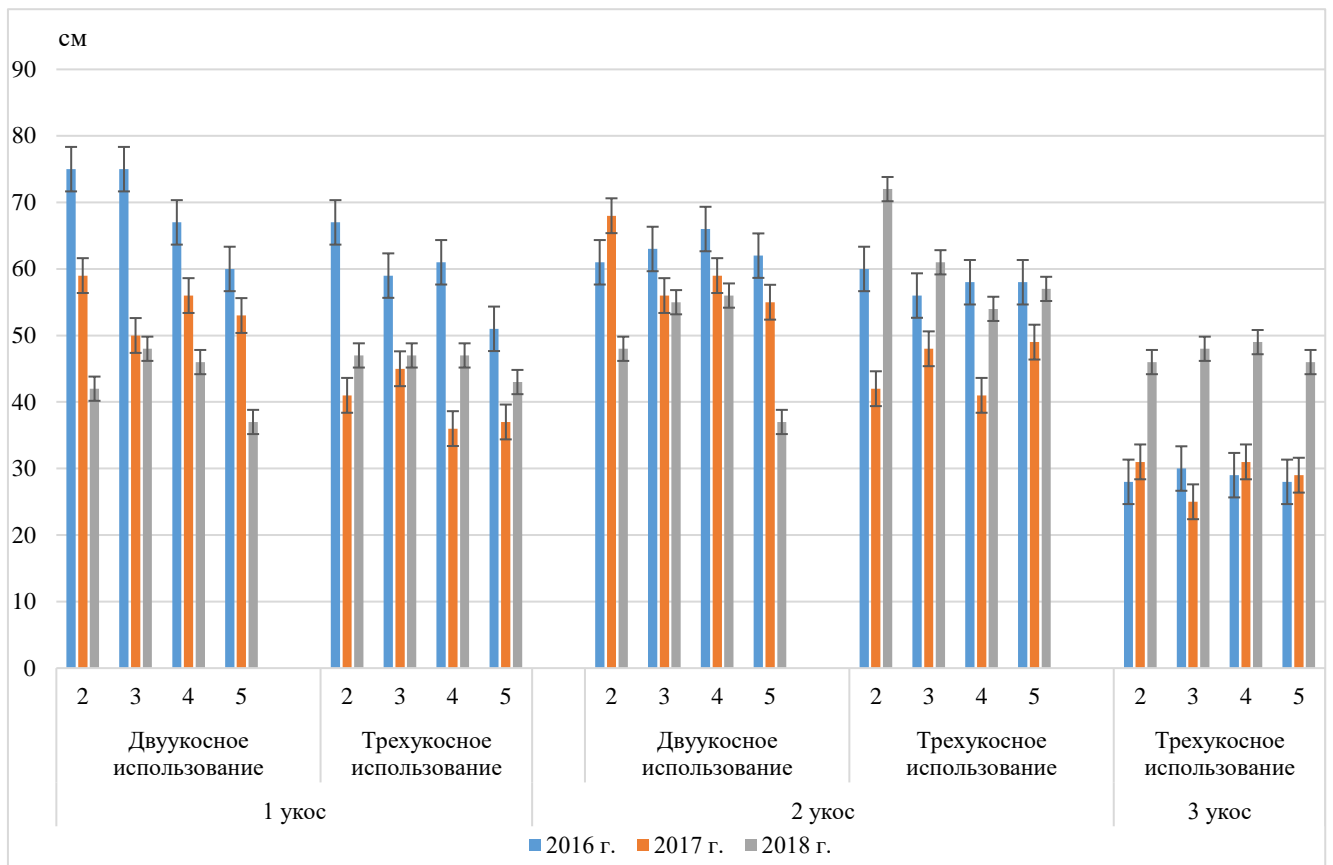


Рисунок 3 – Высота люцерны изменчивой в зависимости от кратности скашивания и состава травосмеси, см

При двукратном использовании травостоя в первый год пользования средняя высота составила 69,3 см в первом укосе, и ко второму данный показатель был на 9% ниже, 63 см. На второй и третий годы пользования значения вторых укосов были выше первых. В 2017 году средняя высота люцерны составила 54,5 см при первом отчуждении и на 9% выше при втором, 59,5 см, в 2018 показатели были 43,3 и 49 см, соответственно.

При трехкратном отчуждении зеленой массы в первый год использования трав отмечали снижение высоты растений люцерны от первого укоса к третьему (на 51%). На второй и третий годы использования максимальные показатели высоты наблюдали во втором укосе, что связано с благоприятными погодными условия формирования вторых укосов.

Высота травостоев перед 1 укосом при двуукосном использовании превышала высоту травостоев при трехукосном в 2016 г. в среднем на 22,8 см, однако в 2017 г. высота травостоев мало различалась, а в 2018 г. была даже ниже

на 1,5 см. Перед 2 укосом данные показатели в зависимости от кратности использования в 2016 г. мало различались, однако в 2017 г. травостой при трехукосном использовании были на 5 см ниже, чем при двухукосном, в 2018 г. наоборот на 4,7 см выше.

Состав травостоя, как и кратность использования, влияют на ростовые показатели. Так, в варианте с фестулолиумом во всех укосах в обоих изучаемых режимах отмечали минимальную высоту люцерны – 34,3-54,7 см, вероятно, фестулолиум по отношению к люцерне оказывал угнетающее действие. Максимальную высоту люцерны в первых укосах как при двух-, так и при трехкратном скашивании наблюдали при комбинировании с тимофеевкой и кострцом (51,7-58,7 см), второй укос при двухукосном и третий укос при трехукосном использовании травостоев отмечены максимальной высотой люцерны в варианте с кострцом и клевером (60,3 и 36,3 см соответственно).

Для определения формирования бобово-злаковых травостоев в условиях Карелии важно изучить и поведение наиболее распространённого для региона вида – клевера гибридного (рисунок 4). Включение его в состав травостоев позволит сравнить между собой бобовые виды и определить характер их взаимодействия.

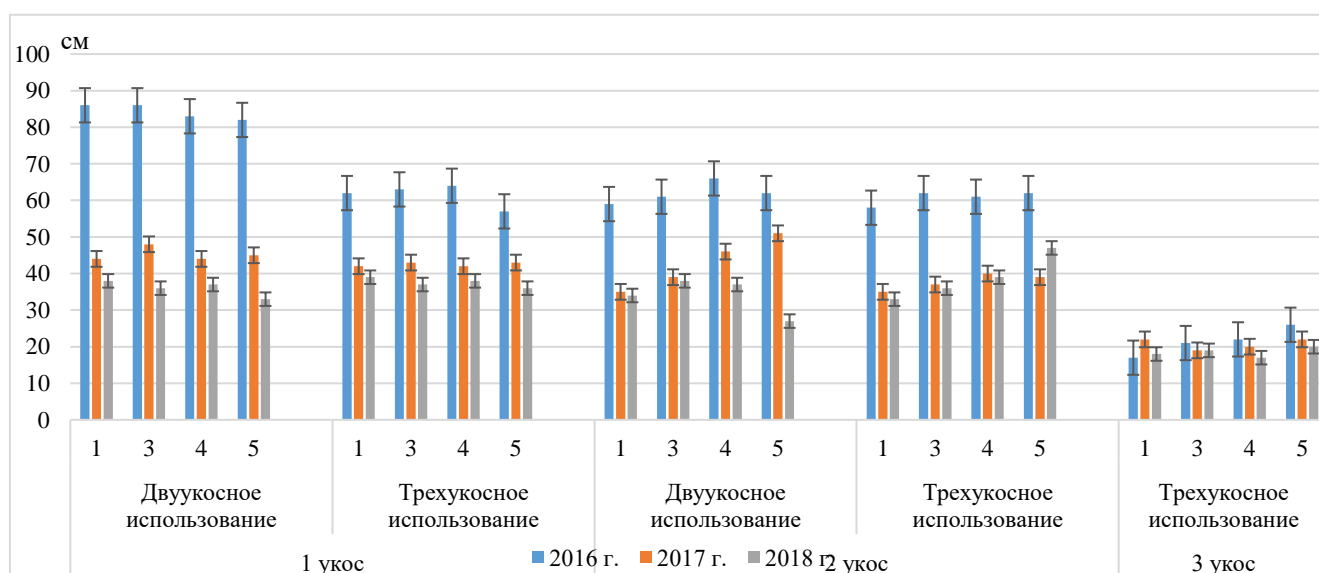


Рисунок 4 – Высота клевера гибридного в зависимости от кратности скашивания и состава травосмеси, см

Высота клевера гибридного снижалась от первого года к третьему, независимо от кратности использования, что характерно для данной малолетней культуры.

В течение вегетационного периода отмечали снижение высоты травостоев при двуукосном скашивании от первого укоса ко второму на 22,3 см в 2016 г., 2,5 см в 2017 г. и 2,0 см в 2018 г. Данную тенденцию наблюдали и при трехукосном использовании.

При сравнении бобовых компонентов необходимо отметить, что в первый год жизни люцерны изменчивая развивается медленнее, чем клевер, поэтому линейные показатели клевера превышают люцерну, однако, с 2017 года (второго года пользования) различия по высоте между данными бобовыми в пользу люцерны.

Для более полной оценки состояния агрофитоценозов необходимо учитывать и густоту травостоя или число побегов на 1 м². Густота во многом определяет продуктивность многолетних бобовых трав (Туркова Е.В., 2015). Побегообразовательная способность зависит от биологических особенностей видов, от обеспеченности ресурсами среды и от агротехнических приемов выращивания (Бейдеман И.Н., 1974).

Интенсивность использования травостоев оказала влияние на формирование количества побегов на единице площади. При двуукосном использовании отмечали снижение густоты травостоев от первого укоса ко второму практически во всех вариантах по годам, за исключением сочетаний костреч + клевер + люцерна (4 вариант) и фестулолиум + клевер + люцерна (5 вариант). Густота клеверно-люцерно-кострецового травостоя в первый и третий годы пользования практически не менялась по укосам, но в 2017 году отмечено увеличение плотности, за счет нарастания всех компонентов травостоя. В варианте с включением фестулолиума в первый и третий годы пользования трав отмечен рост плотности от укоса к укосу, а в 2017, наоборот, отмечено снижение, как и у большинства изучаемых травостоев, что обусловлено температурным режимом межукосного периода (рисунок 5).

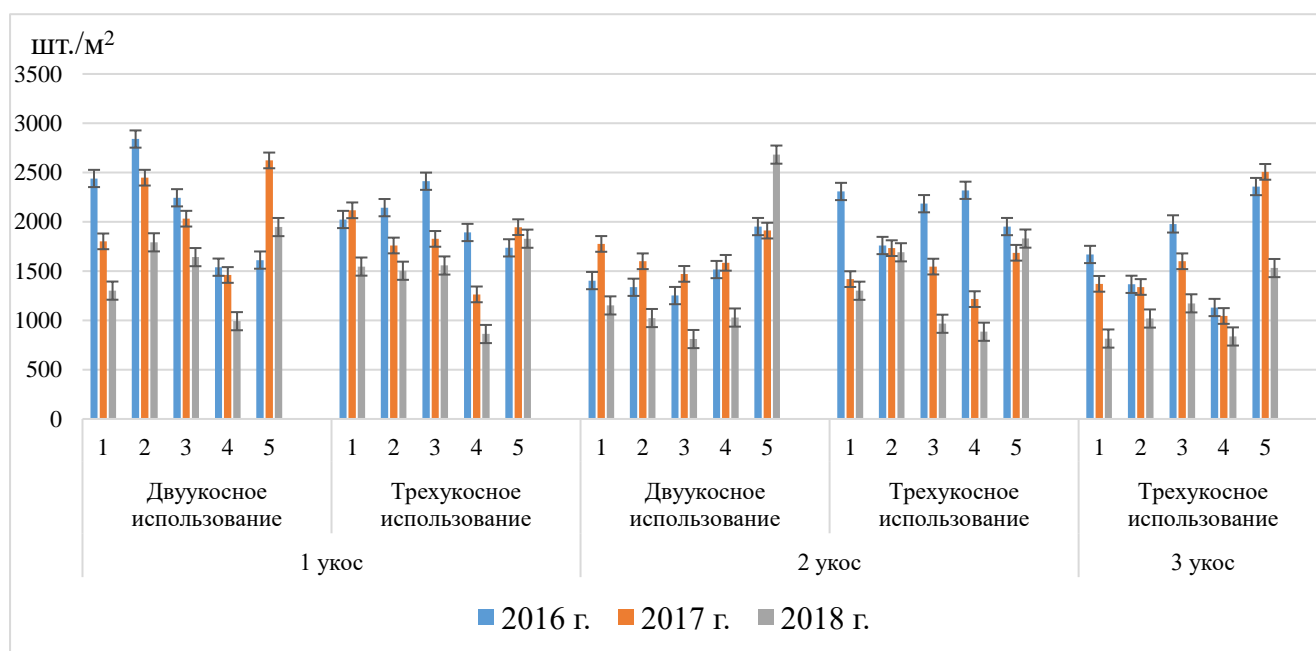


Рисунок 5 – Густота стояния травостоев с участием люцерны изменчивой в зависимости от кратности скашивания и состава травостоя, шт./м²

При трёхукосном использовании травостоя густота по укосам значительно варьировала по годам. Вариабельность обусловлена разной реакцией компонентов на условия среды и составом травосмесей.

С возрастом травостоя количество побегов на единицу площади в среднем за три года снижалось, как при двукратном (в 1,4 раза в первом укосе, в 1,1 раза – во втором), так и при трехкратном (в 1,3 раза в первом укосе, в 1,6 – во втором и в 1,4 раза в третьем) использовании.

Динамика побегообразования бобовых видов зависела от возраста травостоев. У люцерны изменчивой происходило увеличение густоты от первого года к третьему в 2,4 раза в первом укосе (80-192 шт./м²) в 1,8 раза во втором (181 до 328 шт./м²) (рисунок 6), тогда как у клевера гибридного, наоборот, к третьему году плотность снижалась в 12,5 раз (269-21,5 шт./м²) в первом укосе, и в 5,3 раза во втором (413-77,3 шт./м²), что объясняется его биологическими особенностями (малолетний вид) (рисунок 7).

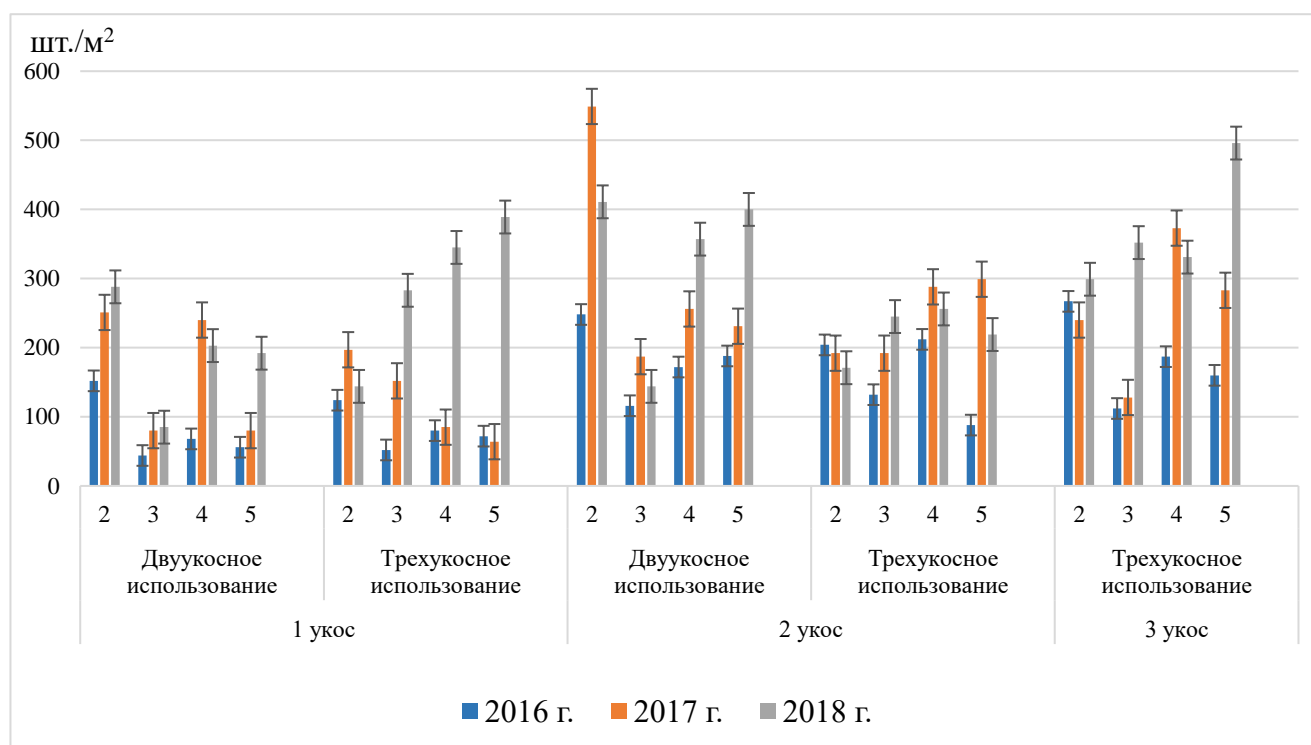


Рисунок 6 – Количество побегов люцерны изменчивой в зависимости от кратности скашивания и состава травостоя, шт./м²

На побегообразовательную способность бобовых видов оказывал влияние состав травостоев. Активное побегообразование клевера гибридного (236-624 шт./м² в первый год, 144-117 – во второй, и 16-96 шт./м² в третий) при двуукосном использовании оказывало угнетающее действие на формирование побега люцерны в травостое с тимофеевкой луговой (3 вариант). Минимальные значения густоты люцерны составили 44-187 шт./м². Максимальные показатели густоты люцерны отмечены в 2 варианте с кострецом и тимофеевкой (152-411 шт./м²). При трехукосном использовании травостоев в первые два года (2016-2017 г.) минимальные показатели отмечены в варианте 3 с тимофеевкой и клевером (52-192 шт./м²), на третий год в варианте с кострецом и тимофеевкой (144-299 шт./м²). Максимальные значения в первые два года отмечены в фитоценозе с тимофеевкой и кострецом (122-267 шт./м²), на третий год – с фестулолиумом (389-496 шт./м²). Такая динамика формирования плотности травостоев люцерны обуславливается биологическими особенностями злаковых компонентов травостоев: при активизации побегообразования злаковых трав увеличивается конкуренция за ресурсы среды и снижается количество побегов люцерны на единицу площади.

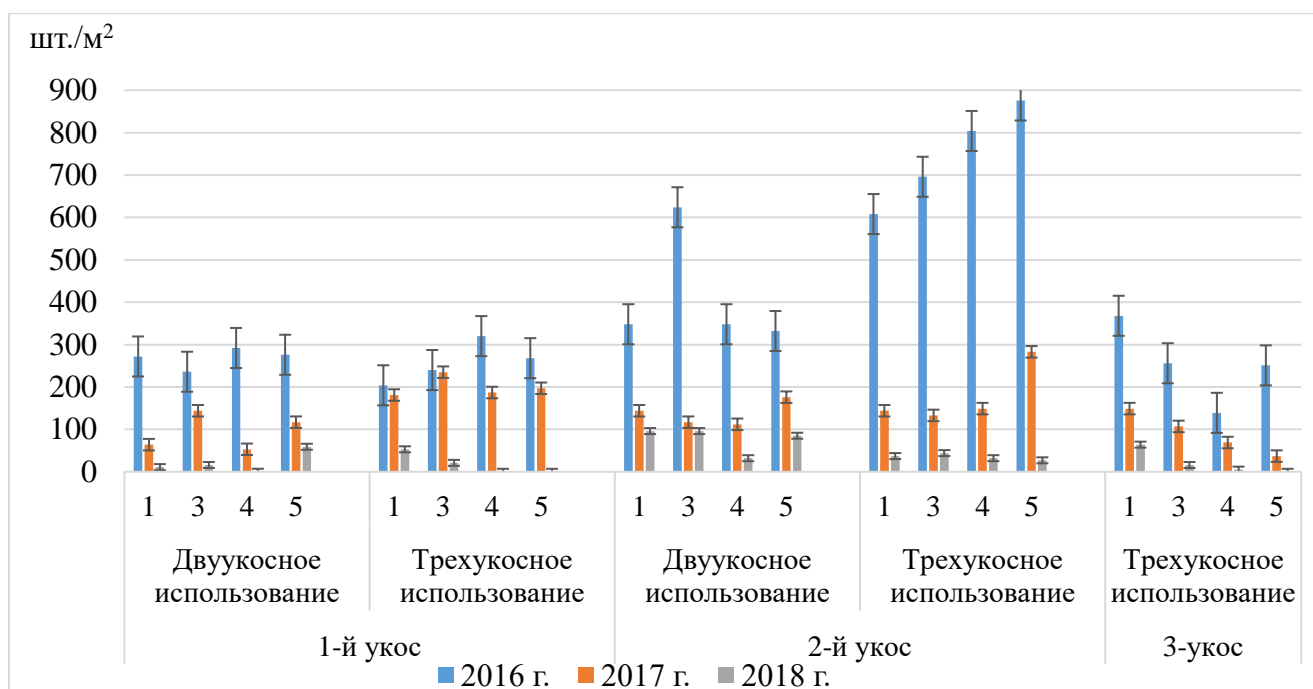


Рисунок 7 – Количество побегов клевера гибридного в зависимости от кратности использования и состава травосмеси, шт./м²

Для оценки устойчивости изучаемых видов и их конкурентоспособности в данных экологических условиях в смешанных травостоях необходим анализ динамики видового состава травостоев.

При двукратном скашивании происходит увеличение участия бобовых компонентов при формировании урожая второго укоса, при этом массовая доля злаковых компонентов снижается (рисунок 8). У бобовых компонентов наблюдаются аналогичные с густотой стояния тенденции: доля люцерны изменчивой увеличивается от первого года к третьему по укосам (в 6,8 раз в первом и в 2,9 – во втором), доля клевера – снижается к третьему году (в 13,9 раз в первом укосе и в 3,2 во втором). При оценке влияния состава травостоя на конкурентность люцерны при двукратном использовании травостоя отмечали увеличение доли участия люцерны в варианте с тимофеевкой и кострцом (в среднем за три года с 14,2 до 59,1%). Долевое участие клевера гибридного было наибольшим в травостое с фестулолиумом и люцерной (14,8-25,0%).

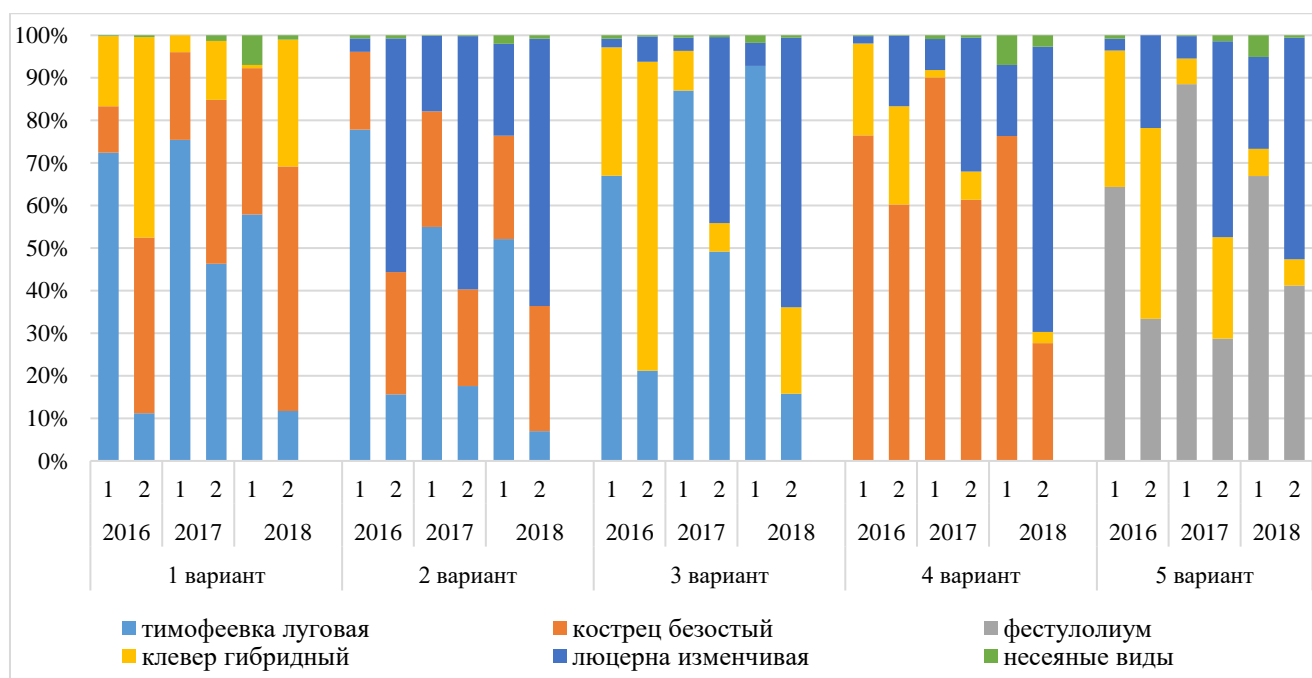


Рисунок 8 – Динамика видового состава травостоев при двуукосном использовании, %

При трёхкратном скашивании по укосам отмечено, что люцерна во всех вариантах показывала увеличение массовой доли к третьему укосе (рисунок 9). В среднем за три года ее доля возросла в 5 раз (с 11,3% в первых укосах до 55,3% в третьих) (рисунок 9). Массовая доля клевера гибридного, наоборот, к третьему году сократилась в среднем в 7,5 раз, что опять же подтверждает небольшое долголетие данной бобовой культуры. Максимальные значения доли люцерны в первый год (4,3-48,5%) наблюдали в травостое с тимофеевкой и костречом, минимальные в травостое с тимофеевкой и клевером (0,7-13,5%), к третьему году пользования отмечена обратная тенденция, что объясняется ритмом развития злаковых компонентов.

В целом, за три года изучения массовая доля люцерны изменчивой динамично возрастала с 4,0-29,1 до 34,4-42,2% при двуукосном и с 3,9-27,6 до 48,8-60,3% – трёхукосном скашивании (приложение Б). Традиционный бобовый компонент – клевер гибридный, наоборот, снизил своё участие в травостое с 22,4-51,4% до 1,3-15,3% и с 27,4-40,0 до 0,7-13,9%, соответственно.

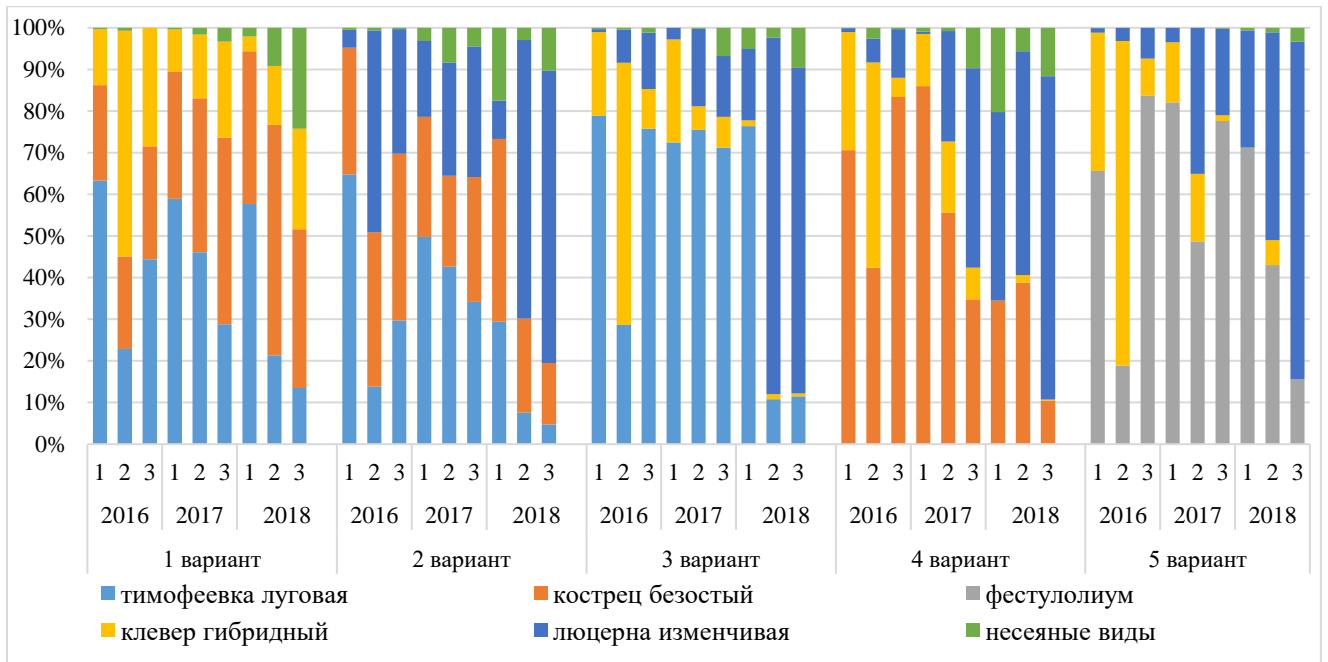


Рисунок 9 – Динамика видового состава травостоев при трехукосном использовании

Побегообразование, конкурентоспособность люцерны изменчивой определялись ритмами развития видов, активное развитие малолетних видов (клевер, фестулолиум) приводило к снижению показателей в первые годы и способствовало их увеличению на третий год. В то время как в травостоях с долголетним видом (кострецом безостым) отмечали обратную тенденцию.

Оптимальный выбор режима использования (двух- или трёхукосного) в сочетании с подбором состава травостоя – действенный инструмент повышения продуктивности и устойчивости агрофитоценозов с люцерной изменчивой в условиях Республики Карелия.

На основании проведенных исследований оптимальным следует считать трёхукосное скашивание, так как оно стимулирует побегообразование, обеспечивает нарастание доли люцерны до 55,3 % к третьему укосу, позволяет эффективнее использовать вегетационный период. При этом важно соблюдать сроки укосов (первый – в начале бутонизации бобовых, второй – через 42-51 день, третий – через 51-54 дня) и подбирать комплементарные виды в травосмесях (кострец безостый, тимофеевка луговая), избегая более агрессивных компонентов (фестулолиум).

3.1.2 Урожайность и продуктивность бобово-злаковых фитоценозов с люцерной изменчивой в зависимости от кратности скашивания

Главным оценочным критерием при создании агрофитоценозов является урожайность (приложение Б). В целом, за три года исследования, независимо от кратности использования, наблюдалась тенденция снижения урожайности сухой массы от первого года к третьему во всех вариантах, кроме фитоценоза с кострцом, клевером и люцерной, при трехкратном отчуждении, где отмечено увеличение урожайности к третьему году, за счет нарастания люцерны изменчивой и кострца безостого (таблица 5).

Таблица 5 – Урожайность сухой массы травостоев в зависимости от кратности использования, т/га

Скашивание	Вариант опыта	2016 г.	2017 г.	2018 г.	В среднем за 3 года
1	2	3	4	5	6
Двуукосный	1. Т. луговая + К. безостый + К. гибридный – контроль	11,0	6,3	5,1	7,5
	2. Т. луговая + К. безостый + Л. изменчивая	9,2	7,1	6,0	7,4
	3. Т. луговая + Л. изменчивая + К. гибридный	10,0	7,0	5,6	7,5
	4. К. безостый + Л. изменчивая + К. гибридный	10,6	7,6*	6,7*	8,3
	5. Ф.+ Л. изменчивая+ К. гибридный	13,2*	8,2*	4,4	8,6
Трехукосный	1. Т. луговая + К. безостый + К. гибридный – контроль	9,4	6,4	5,1	7,0
	2. Т. луговая + К. безостый + Л. изменчивая	8,0	7,3	6,7*	7,3
	3. Т. луговая + Л. изменчивая + К. гибридный	11,0	7,4	6,9*	8,4
	4. К. безостый + Л. изменчивая + К. гибридный	10,7	7,3	9,4*	9,1*
	5. Ф.+ Л. изменчивая+ К. гибридный	10,0	7,4	5,3	7,6
НСР ₀₅		2,52	1,19	1,19	1,15
НСР _А и АВ		2,23	1,05	1,06	1,02
НСР _В		1,77	0,83	0,84	0,81

Примечание: Т.луговая - тимopheевка луговая сорт Олонеккая местная, К.безостый - кострец безостый сорт СИБНИИСХОЗ 189, К.гибридный - клевер гибридный сорт Первенец, Л. изменчивая - люцерна изменчивая сорт Таисия, Ф. - фестулолиум ВИК 90, * - достоверно выше контроля.

При двукратном скашивании в среднем за три года выделились варианты сочетания бобовых компонентов с кострцом (8,3 т/га сухой массы) и фестулолиумом (8,6 т/га сухой массы). При трехкратном – также, сочетание бобовых с кострцом обеспечило максимальный выход сухой массы (9,1 т/га), существенно превышая контроль.

Кратность использования оказывал влияние на урожайности вариантов по годам. В 2016 и 2017 годах уровень урожайности вариантов при разных количествах укосов был практически одинаков, однако в контроле и варианте с фестулолиумом урожайность при трех укосах уступала двукратному скашиванию. К 2018 году урожайность трехукосных вариантов превышала двуукосные, что связано с биологическими особенностями развития люцерны изменчивой и ее реакцией на трехкратное отчуждение надземной массы (Фигурин В. А., 2014).

Важной характеристикой эффективности изучаемых агротехнических приемов возделывания фитоценозов являются показатели продуктивности травостоев (таблица 6).

Продуктивностью, согласно методике, является зеленая масса, сухое вещество, валовая обменная энергия и кормовые единицы (Методические основы..., 2024)

В среднем за три года пользования максимальные показатели урожайности сухой массы (8,31-8,58 т/га), энергетической (6,21-7,45 тыс. корм. ед./га; 79,7-88,8 ГДж/га) и протеиновой (0,81-1,11 т/га) продуктивности среди бобово-злаковых травостоев при двуукосном использовании обеспечили варианты: кострец + люцерна + клевер; фестулолиум + люцерна + клевер. Данные травостои превысили контрольный вариант по урожайности сухой массы и продуктивности на 10,9-14,6 и 4,4-25,2%, 7,4-19,7 и 11,0-52,1%, соответственно. Другие травостои с участием бобовых компонентов по урожайности и продуктивности мало отличались от контроля.

За три года исследований, при трёхукосном скашивании кормовой массы наибольшие показатели получены в варианте кострец + люцерна + клевер, обеспечившим получение с 1 га 9,13 т/га сухой массы, 7,98 тыс. корм. ед., 94,7

ГДж обменной энергии и 1,31 т сырого протеина, что на 31,2; 31,5; 31,2; и 44,0 % выше, чем в контроле. Незначительно уступили ему тимофеевка + люцерна + клевер и фестулолиум + люцерна + клевер.

Таблица 6 – Урожайность и продуктивность травостоев при двуукосном и трёхукосном скашивании (всего за вегетационный период, в среднем за 2016–2018 гг.

Вариант опыта	Кратность использования	Получено с 1 га			
		сухой массы, т/га	корм.ед., тыс	ОЭ, ГДж	СП, т/га
1. Тимофеевка луговая + кострец безостый + клевер гибридный – контроль	2 укоса	7,49	5,95	74,20	0,73
	3 укоса	6,96	6,07	72,20	0,91
2. Тимофеевка луговая + кострец безостый + люцерна изменчивая	2 укоса	7,43	5,98	73,90	0,81
	3 укоса	7,34	6,36	75,60	1,04
3. Тимофеевка луговая + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	7,52	6,07	75,10	0,8
	3 укоса	8,42	7,51	88,20	1,18
4. Кострец безостый + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	8,31	6,21	79,70	0,81
	3 укоса	9,13	7,98	94,70	1,31
5. Фестулолиум + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	8,58	7,45	88,80	1,11
	3 укоса	7,55	10,09	81,10	1,05

В целом, трёхкратное использование травостоев имело значительное преимущество (на 18,6-61,7%) относительно двуукосного по сбору сырого протеина независимо от состава травостоев, и максимальный показатель получен в варианте кострец + люцерна + клевер – 1,31 т/га против 0,81 т/га при двукратном скашивании. По урожайности сухой массы и энергетической продуктивности подобной закономерности не установлено.

При трёхкратном скашивании по всем изученным показателям бобово-злаковые фитоценозы превысили контроль, особенно в варианте с включением костреца безостого. Трёхкратное отчуждение кормовой массы обеспечило более высокий сбор сырого протеина с 1 га по сравнению с двукратным.

В результате проведённых исследований установлено, что включение люцерны изменчивой сорта Таисия и фестулолиума сорта ВИК 90 в состав бобово-злаковых травосмесей в условиях Карелии позволило получить высокую продуктивность созданных травостоев с оптимальными показателями качества сухой массы, соответствующими нормативам кормления животных (приложение Б).

В целом, независимо от кратности скашивания, максимальные параметры урожайности сухой массы, протеиновой ценности, среди бобово-злаковых травостоев, обеспечил фитоценоз при сочетании видов кострец безостый + люцерна изменчивая + клевер гибридный.

Для достижения максимальной продуктивности травостоев с люцерной изменчивой в условиях Республики Карелия целесообразно применять трёхукосное скашивание в сочетании с травосмесью кострец безостый + люцерна изменчивая + клевер гибридный: такой подход обеспечивает урожайность сухой массы до 9,13 т/га, сбор сырого протеина – 1,31 т/га и обменной энергии – 94,7 ГДж/га, а также способствует нарастанию доли люцерны до 55,3 % к третьему укосу и на 18,6–61,7 % повышает сбор протеина по сравнению с двуукосным режимом.

3.2 Адаптационная способность сортов люцерны изменчивой в одновидовых посевах и в травосмесях в условиях Карелии

3.2.1 Формирование одновидовых и двухкомпонентных травостоев с люцерной изменчивой в условиях Карелии

Подбор сортов должен базироваться на адаптивности и пластичности сорта в конкретных природно-климатических условиях. Наиболее ценятся сорта, способные не реагировать на внешние стрессовые условия (Филиппов Е.Г., 2022; Kozyreva M.Yu., 2020).

Люцерна изменчивая является культурой, способной в равной степени хорошо развиваться как в одновидовом посеве, так и в составе травосмеси с другими компонентами, в зависимости от внешних условий произрастания (Владимирова В.В., 2024). Так, ее адаптационная способность в одновидовом посеве заключается в стабильных урожаях, превосходящих клеверо-кострецово-тимофеечные смеси, особенно в засушливых условиях. Однако смешанные бобово-злаковые посева создают оптимальные условия для функционирования бобово-ризобиального комплекса (Баринов В.Н., 2021). Если доля злакового компонента в травостое не превышает трети, его корневые выделения стимулируют нитрогеназную активность бобовых. Однако при преобладании злаковых культур в составе агрофитоценоза происходит вытеснение бобовых видов (Новиков М.Н., 2020).

Темпы роста и развития компонентов фитоценозов различаются в зависимости от его возраста, биологических особенностей видов и сортовых особенностей состава, а также от неоднородности метеорологических показателей полевых сезонов.

Одновидовые люцерновые и двухкомпонентные люцерно-тимофеечные травостои оценивались в условиях нестабильной влагообеспеченности, что отразилось на качественных и количественных показателях урожайности (Приложение В).

На формирование первых укосов в годы исследования требовалось от 52 до 63 дней, с суммой активных температур межукосного периода от 578,9 до 764°C, наиболее холодными для формирования травостоя перед первым отчуждением оказались 2020 и 2023 годы, 54 дня с суммой активных температур 590,2°C и 63 дня при сумме активных температур 578,9°C (таблица 7). Вторые укосы формировались за 56-79 дней и с суммами активных температур от 891 до 1162,7°C.

Таблица 7 – Даты укосов и суммы активных температур по укосам, 2020-2024 гг.

Укос	Год	2020	2021	2022	2023	2024
отрастание	дата	10 мая	05 мая	04 мая	21 апреля	02 мая
	дата	02 июля	26 июня	02 июля	26 июня	03 июля
1	кол-во дней	54	52	59	63	63
	сумма акт t, °C	590,2	726,5	598,8	578,9	764,0
	дата	28 августа	26 августа	19 сентября	24 августа	02 сентября
2	кол-во дней	56	61	79	58	61
	сумма акт t, °C	891,0	1143,1	1162,7	969,1	1070,0

На темпы роста и развития трав оказывают влияние не только метеорологические условия, но и состав травостоя, и сортовые особенности культур.

В период исследований наблюдалась тенденция к увеличению высоты растений с возрастом травостоев. В среднем за 5 лет двухкомпонентные травостои увеличили высоту в 1,9 раза с 45,9 см до 86,7 см в первом укосе и в 2,9 раза во втором, с 34,4 до 101,3 см, соответственно. Однокомпонентные травостои также отмечены увеличением высоты по годам. Так, в первом укосе высота увеличилась в 1,5 раза, с 49,1 до 74,6 см, во втором – в 2,2 раза, с 46,9 до 101,7 см.

Наиболее стабильно это проявлялось у сорта Агния с 51,2 см в 2020 году до 107,1 см в 2024 г.

В целом, люцерна в одновидовых посевах была более высокой, чем люцерна в двухкомпонентных травостоях, в среднем, на 1,1 и 5,9 см выше в первом и втором укосах, соответственно. Наименьшими показателями характеризовались растения сортов Вега 87 и Пастбищная 88, 40,4-61,3 см и 28,3-90,1 см, соответственно (рисунок 10).

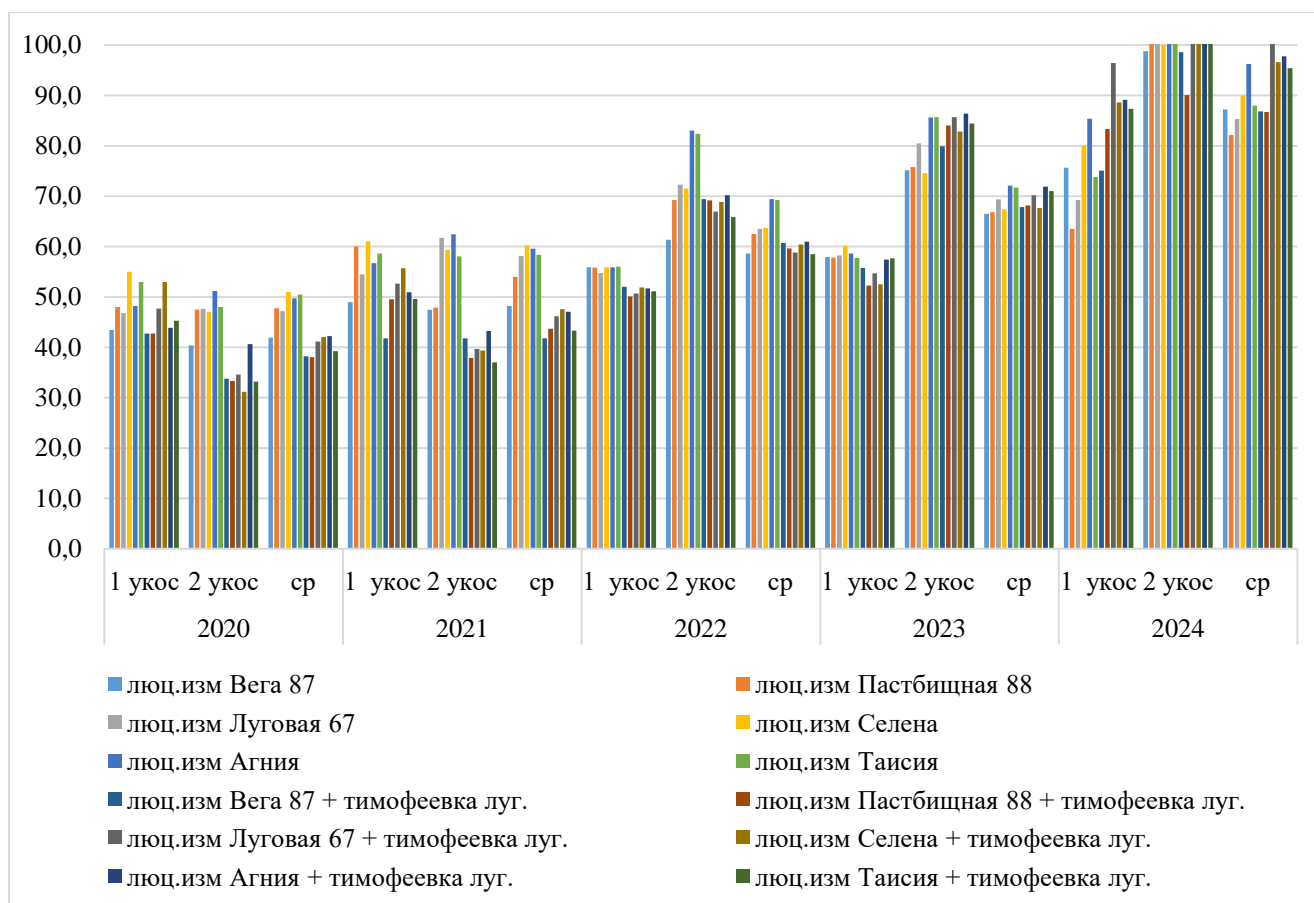


Рисунок 10 – Высота одновидовых и смешанных травостоев различных сортов люцерны изменчивой, см (2020–2024 гг.)

Количество побегов наряду с другими показателями продуктивности характеризуют сорта, формирующие агроценозы (Рапина О.Г., 2019). В одновидовых посевах самая высокая побегообразовательная способность была у сорта Агния (до 248 шт./м²), Сорта Вега 87, Пастбищная 88, Селена показали умеренную густоту стояния побегов с колебаниями от 128 до 198 шт./м², что говорит об их относительной стабильности. Сорта Луговая 67 и Таисия отличились неравномерной динамикой образования побегов.

Плотность двухкомпонентных травостоев увеличивается в первый год до 1350 шт./м², наиболее активным побегообразованием отличалась тимофеевка луговая, 400-1138 шт./м². В первые годы доминировала тимофеевка луговая, к 2023-2024 гг. выросло количество побегов люцерны, так как в первый год жизни растения люцерны развиваются слабо.

В среднем за годы исследования в течение вегетации, количество побегов на единицу площади, как в одновидовом, так и двухкомпонентном травостоях, снижалось ко второму укос (таблица 8).

Таблица 8 – Густота стояния одновидовых и двухкомпонентных травостоев с участием люцерны изменчивой различных сортов, шт./м² (2020-2024 г.)

Вид сорт	Год									
	2020		2021		2022		2023		2024	
	Укос									
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л.изменчивая Вега 87 (контроль)	139	128	179	149	198	137	200	129	131	178
Л.изменчивая Пастбищная 88	165	159	204	191	206	159	187	146	149	154
Л. изменчивая Луговая 67	161	139	129	199	209	156	227	152	107	134
Л. изменчивая Селена	181	155	173	169	228	168	165	158	139	168
Л. изменчивая Агния	192	173	226	230	248	199	208	173	129	189
Л.изменчивая Таисия	157	149	167	201	236	201	185	168	112	146
Л. изменчивая Вега 87	220	184	144	169	159	144	189	149	110	142
Т.луговая Олонецкая местная	980	698	670	457	779	603	795	405	698	532
	1200	882	814	626	938	747	984	554	808	674
Л.изменчивая Пастбищная 88	168	136	158	126	188	163	153	179	112	132
Т.луговая Олонецкая местная	1095	764	698	493	812	680	776	573	769	392
	1263	900	856	619	1000	843	929	752	881	524

Продолжение Таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Л. изменчивая Луговая 67	187	168	187	162	175	169	187	165	118	160
Т. луговая Олонецкая местная	1138	738	538	465	628	494	784	501	549	376
	1325	906	725	627	803	663	971	667	667	536
Л. изменчивая Селена	225	198	199	158	164	157	174	148	134	147
Т. луговая Олонецкая местная	1013	608	498	429	697	578	875	481	684	369
	1238	806	697	587	861	735	1049	629	818	516
Л.изменчивая Агния	218	182	171	153	198	173	198	162	151	168
Т. луговая Олонецкая местная	1132	643	449	403	842	532	768	400	574	421
	1350	825	620	556	1040	705	966	562	725	589
Л.изменчивая Таисия	175	128	169	139	218	181	160	185	120	152
Т. луговая Олонецкая местная	1098	742	592	436	867	687	829	568	584	341
	1273	870	761	575	1085	868	989	753	704	493

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что максимальное побегообразование приходится на 2-й–3-й год жизни травостоя (2022 г.), что соответствует биологическим особенностям люцерны – период максимальной реализации потенциала. На 4-5 годы наблюдается естественное снижение густоты стояния побегов в одновидовых посевах. В двухкомпонентных травостоях тимофеевка нивелирует колебания плотности по годам, и для более длительного использования посевов, согласно полученным данным, наиболее подходят сорта люцерны изменчивой Агния, Селена, Пастбищная 88.

Анализ видового состава травостоев отражает устойчивость и конкурентоспособность сортов люцерны изменчивой в сложных экологических условиях Республики Карелия.

В одновидовых посевах выявлена устойчивая тенденция доминирования люцерны в агрофитоценозе к 2024 году (доля превышает 70-90% у всех

изучаемых сортов). Условно период исследования можно разделить на этапы, с учетом биологических особенностей люцерны изменчивой: начальный, характеризующийся высокой долей несеянных видов (21,4-65,9%), период активного нарастания люцерны (второй-третий годы пользования 48,2-67,7% и 64,0-72,4%, соответственно), далее, период стабильного преобладания люцерны в составе травостоя (69,7-72,0%).

Сорт Агния отличался наибольшей конкурентной способностью уже на второй год пользования, тогда как остальные сорта увеличивают долевое участие лишь на третий год (рисунок 11).

В двухкомпонентных травостоях также наблюдается устойчивая тенденция роста доли люцерны к 2024 г. где она достигает 60-80%, при этом доля тимофеевки сокращается с 30-40% до 10-20%, а несеянных видов – с 10-15% до 2-5%. При этом сорта Агния и Селена демонстрируют увеличение долевого участия к третьему-четвертому году пользования, тогда как остальные сорта наращивают долю люцерны медленнее, дольше сохраняя примесь других видов (рисунок 12).

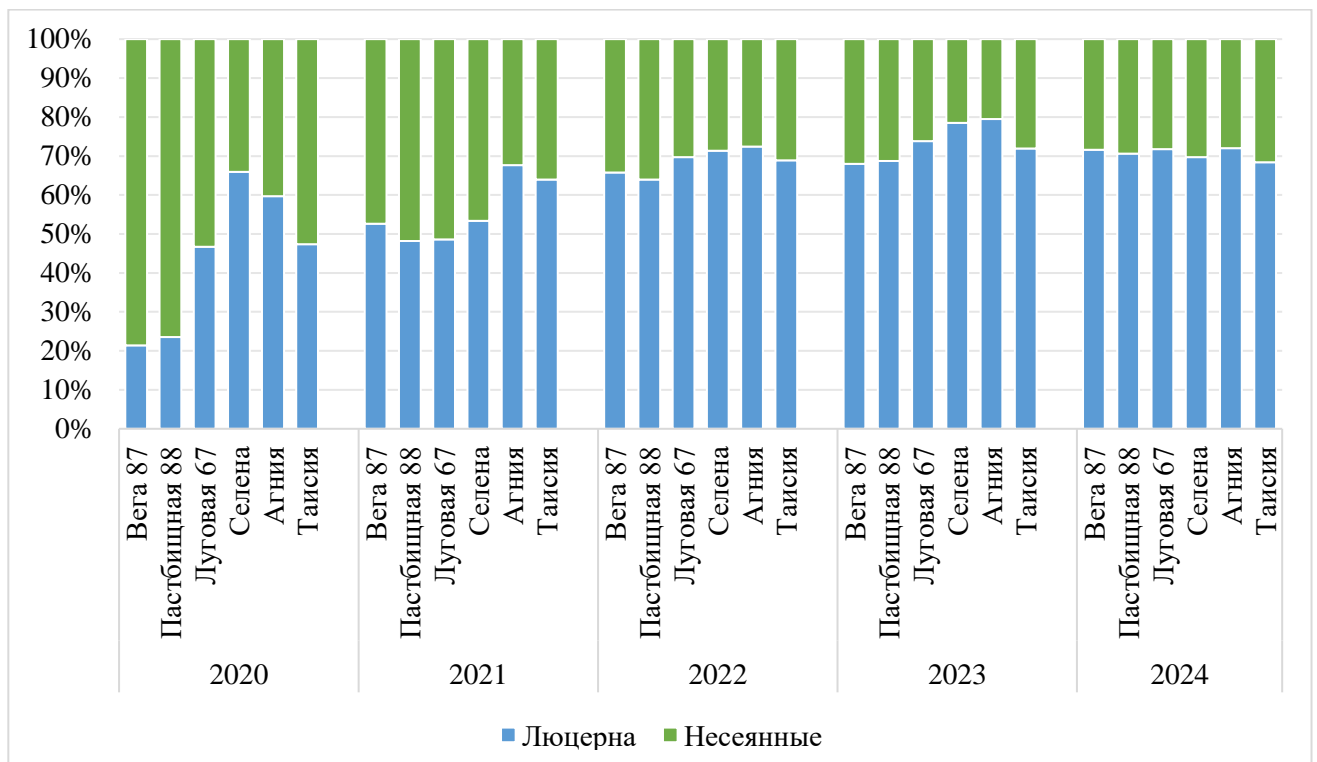


Рисунок 11 – Динамика видового состава одновидовых фитоценозов различных сортов 1 укос, % (в 2020-2024 гг.)

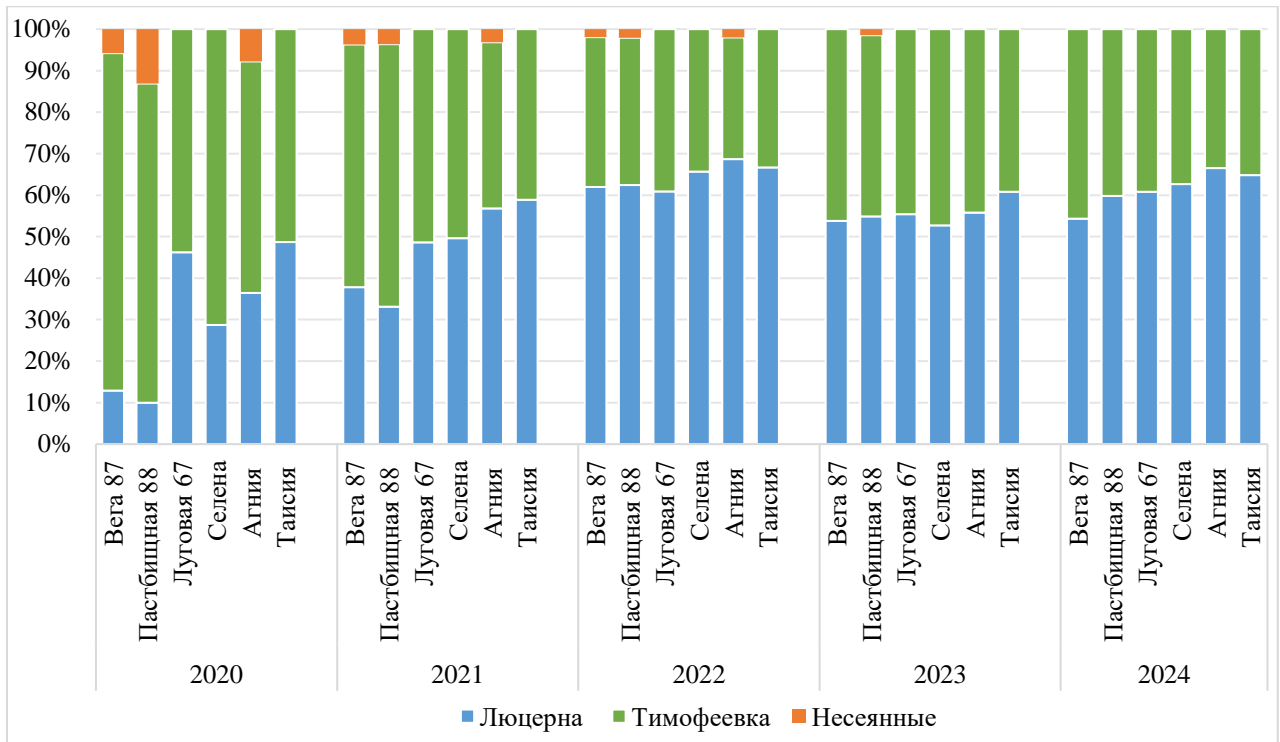


Рисунок 12 – Динамика видового состава двухкомпонентных фитоценозов различных сортов 1 укос, % (в 2020-2024 гг.)

Долевое участие люцерны в однокомпонентных травостоях ко второму укосу первого года пользования достигло максимума у ряда сортов: Вега 87 (74%), Пастбищная 88 (79,5%) и Селена (81,5%). Содержание бобового компонента в травостоях с сортами Таисия (69,4%), Луговая 67 (71,4%) и Агния (73,2%) (рисунок 13).

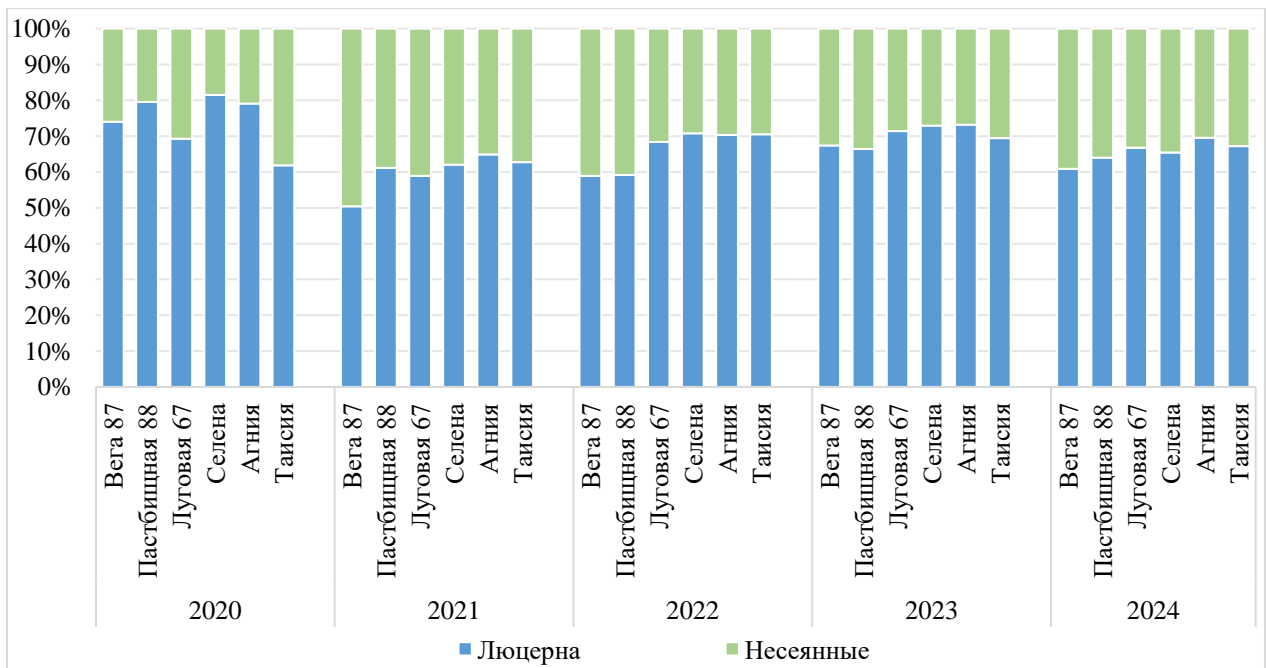


Рисунок 13 – Динамика видового состава одновидовых фитоценозов различных сортов 2 укос, % (в 2020-2024 гг.)

Во втором укосе в первый год пользования в двухкомпонентных фитоценозах так же, как и в первом укосе зафиксирован минимум во всех сортах от 12,8% (Пастбищная 88) до 60,3% (Таисия) (рисунок 14).

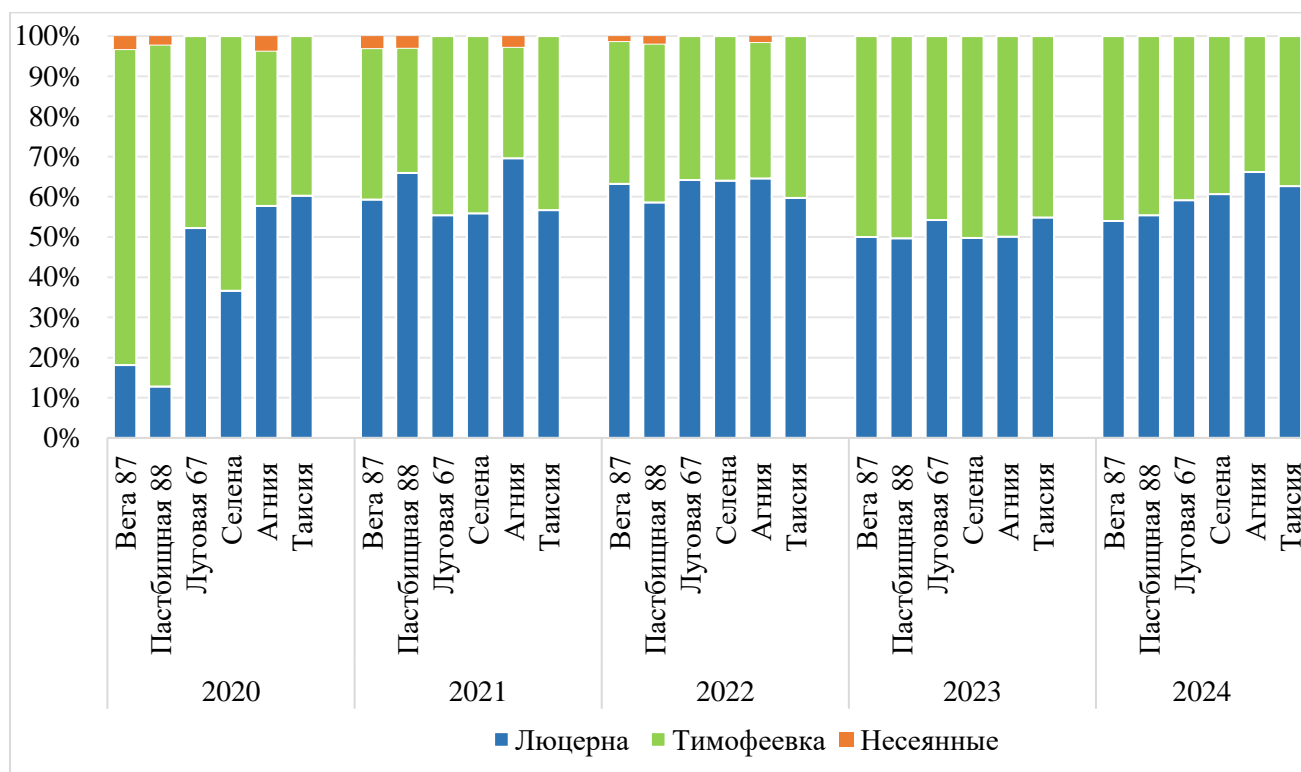


Рисунок 14 – Динамика видового состава двухкомпонентных фитоценозов различных сортов 2 укос, % (в 2020-2024 гг.)

В двухкомпонентных фитоценозах максимальная доля люцерны наблюдалась на второй год исследований от 65,9% (Пастбищная 88) до 69,6% (Агния).

В среднем за 5 лет использования травостоев содержание люцерны в одновидовых посевах варьировало в пределах 59,1 (сорт Вега 87) – 70,8% (сорт Агния) и несеянных видов 29,2 – 40,9% (рисунок 15).

В двухкомпонентных травостоях сорт Агния характеризовался максимальным долевым участием (59,3%), минимальное содержание люцерны наблюдали у сорта Пастбищная 88 (46,3%).

В однокомпонентных травостоях наиболее высокие показатели доли люцерны отмечены у сортов Агния, Селена и Таисия (70,8, 69,2 и 65,2%, соответственно).

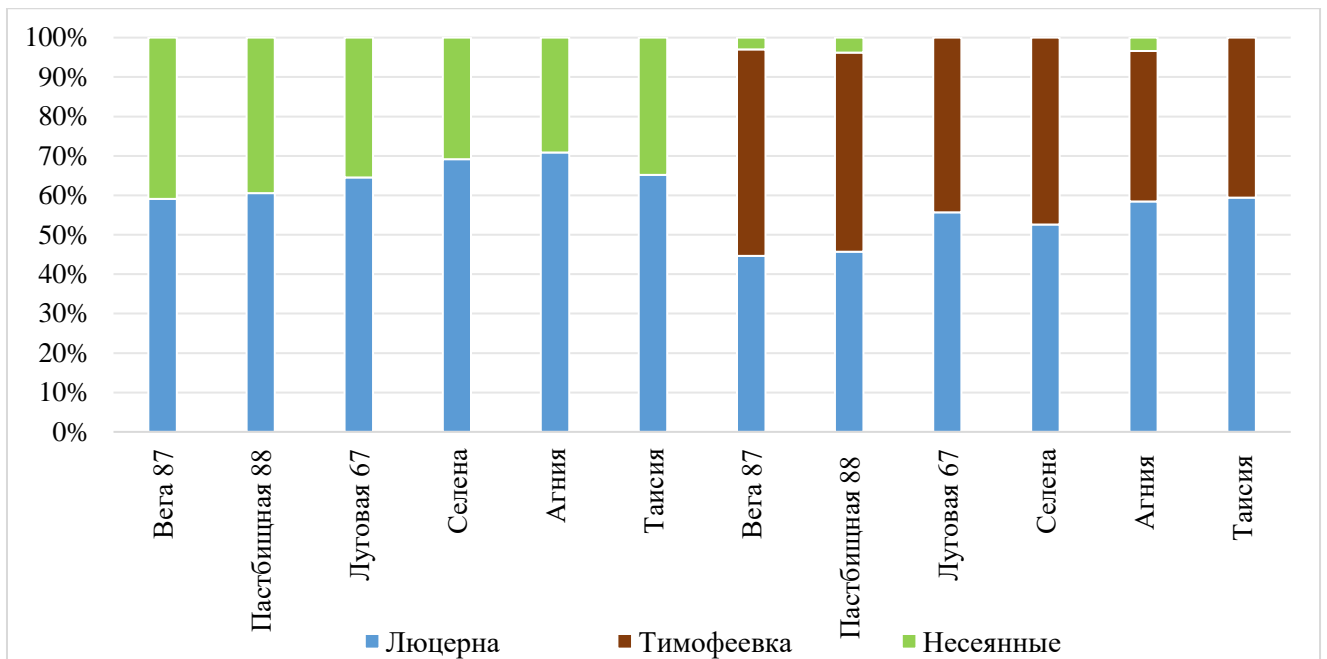


Рисунок 15 – Видовой состав одновидовых и смешанных фитоценозов, % (в среднем 2020-2024 гг.)

Двухкомпонентные травостои были более конкурентоспособными за счет включения злакового компонента, доля которого варьировала с разными сортами люцерны от 40,6 до 54,7%. Травостои с включением таких сортов как Луговая 67, Селена и Таисия не имели несеянные виды в своем составе, что указывает на их высокую конкурентоспособность.

В результате пятилетнего исследования можно заключить, что содержание люцерны изменчивой увеличивалось в травостоях от первого года к третьему и оставалось на высоком уровне, что говорит о ее достаточной конкурентоспособности.

Таким образом, по показателям, влияющим на формирование урожайности травостоев (динамика роста, плотности и видового состава) двухкомпонентные фитоценозы уступают однокомпонентным. Среди сортов максимальными параметрами охарактеризован сорт Агния.

3.2.2 Урожайность и продуктивность одновидовых и двухкомпонентных травостоев с люцерной изменчивой в условиях Карелии

Современные сорта должны быть не только высокоурожайными, но и устойчивыми к неблагоприятным факторам среды, т.е. высоко адаптированными.

Для определения данной характеристики определяют параметры пластичности и стабильности по методике S.A. Eberhart, W.A. Russell (Eberhart S.A., 1966.).

Экологическая пластичность (b_i) показывает, как сорт реагирует на улучшение условий выращивания. Он может принимать значение больше и меньше 1, а также быть равным ей. Если $b_i > 1$, то сорт обладает большей отзывчивостью на улучшение условий среды, для таких сортов лучшим является интенсивный фон с высоким уровнем агротехники. Если $b_i < 1$ сорт слабее реагирует на улучшение условий среды и больше подходит к экстенсивному фону. При $b_i = 1$ имеется полное соответствие сорта с условиями выращивания и их изменением, а при $b_i = 0$ сорт никак не реагирует на изменения в среде.

В наших исследованиях в однокомпонентных травостоях среди изучаемых сортов наиболее пластичными являются Таисия, Селена и Агния (показатель их пластичности близок к 0, что указывает на устойчивость сорта в данных условиях), тогда как Вега 87, Пастбищная 88 и Луговая 67 проявили себя, как наиболее требовательные к условиям среды сорта (приложение В).

Следующий показатель – стабильность. Его определяют по квадратическому отклонению показателей фактических данных от теоретических. Чем оно меньше, тем стабильнее сорт (таблица 9). В наших исследованиях данный показатель по всем сортам был в диапазоне 0,02-1,12, что говорит о наибольшей стабильности сортов Таисия, Пастбищная 88, Селена и Агния. Сорта Луговая 67 и Вега 87 в данных условиях оказались менее стабильными.

Урожайность травостоев является важным количественным показателем, а также зависит как от метеорологических факторов, так и от сортовых и видовых особенностей травостоев (таблица 9, приложение В).

В зависимости от сорта показатель урожайности варьировал по годам от 5,5 – 8,9 т/га в первый год до 7,5-9,6 т/га в пятый год пользования в одновидовых посевах и от 4,4-5,7 т/га до 6,4-10,1 т/га в двухкомпонентных (таблица 10).

Таблица 9 – Определение пластичности (Эколог.пласт. b_i) и стабильности (Стабиль. S_i^2) сортов люцерны изменчивой 2020-2024 г.

Вариант/ Год	2020	2021	2022	2023	2024	$\sum Y_i$	Средняя 2020-2024	Эколог. .пласт. b_i	Стабиль. S_i^2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вега 87 (контроль)	5,5	6,1	8,1	6,9	8,8	35,4	7,1	1,8	0,63
Пастбищная 88	6,9	7,2	7,6	7,6	9,3	38,6	7,7	1,3	0,13
Луговая 67	5,9	6,4	7,4	9,1	7,5	36,2	7,3	1,2	1,12
Селена	7,1	7,9	7,2	7,5	8,5	38,2	7,7	0,6	0,22
Агния	8,9	8,7	8,1	8,9	9,6	44,1	8,8	0,4	0,25
Таисия	7,1	7,2	7,4	7,9	8,0	37,5	7,5	0,6	0,02
сумма средней урожайности сортов за год $\sum Y_j$	41,4	43,4	45,8	47,9	51,7	230,1	46,0		
средняя Y_j	6,9	7,2	7,6	8,0	8,6				
индекс условий среды I_j	-0,78	-0,43	-0,04	0,31	0,95				

Примечание: $\sum Y_j$ - сумма средней урожайности сортов за год, $\sum Y_i$ - сумма средних урожайностей сорта по годам, I_j - индекс условий среды, b_i - экологическая пластичность сорта, S_i^2 - среднее квадратическое отклонение (стабильность)

В однокомпонентных травостоях сорта Вега 87, Пастбищная 88 и Луговая 67 отмечены наименьшими показателями урожайности в первый год, и увеличением ее к третьему году пользования. Сорта Селена, Агния и Таисия обеспечили высокую урожайность уже в первый год.

В результате, в среднем за пять лет использования максимальную урожайность обеспечил сорт Агния (8,8 т/га сухой массы), превышая контроль на 1,75 т/га сухой массы.

В двухкомпонентных вариантах все изучаемые сорта имели минимальную урожайность в первый год, и ее рост отмечен с увеличением возраста травостоя.

Максимальная урожайность обеспечена сортом Агния 10,1 т/га сухой массы в 2024 году. В среднем за 5 лет сорт Агния выделился и в двухкомпонентных травостоях, превышая контроль на 0,98 т/га сухой массы.

Таблица 10 – Урожайность одновидовых и двухкомпонентных травостоев люцерны изменчивой т/га сухой массы (2020-2024 гг.)

	Варианты	2020	2021	2022	2023	2024	Средняя 2020-2024
Однокомпонентный	Вега 87 (контроль)	5,50	6,07	8,12	6,90	8,81	7,08
	Пастбищная 88	6,87	7,23	7,55	7,63	9,29	7,71
	Луговая 67	5,90	6,39	7,38	9,10	7,47	7,25
	Селена	7,10	7,94	7,20	7,51	8,49	7,65
	Агния	8,90	8,65	8,14	8,86	9,60	8,83
	Таисия	7,10	7,16	7,36	7,87	8,04	7,51
Двухкомпонентный	Вега 87 (контроль)	5,70	4,92	6,47	8,84	6,39	6,47
	Пастбищная 88	4,40	4,61	6,83	7,29	7,99	6,22
	Луговая 67	5,60	5,09	7,61	9,04	9,71	7,41
	Селена	5,30	6,41	6,34	8,36	7,52	6,79
	Агния	5,10	5,72	8,08	8,23	10,12	7,45
	Таисия	4,70	4,19	8,40	8,47	8,52	6,86
	НСР ₀₅	1,34	0,93	0,56	3,70	0,53	0,81
	НСР _А	1,34	0,93	0,56	3,70	0,53	0,81
	НСР _В	0,55	0,38	0,23	1,54	0,22	0,33
	НСР _{АВ}	0,95	0,65	0,39	2,62	0,38	0,57

В среднем, за годы исследования, под влиянием метеорологических факторов, одновидовые фитоценозы обеспечили большую урожайность, чем смешанные травостои, подтверждая данные Новоселова (2008.). Стоит отметить, что урожайность сорта Агния в чистом виде в 1,2 раза выше урожайности её травосмеси.

Таким образом, в результате 5-ти летних исследований подтверждена возможность долголетнего использования люцерны изменчивой в условиях Республики Карелия с достаточно высоким уровнем урожайности сухой массы

как в одновидовых посевах, так и в смеси со злаковым компонентом – до 7,5-8,8 т/га (Приложение В).

Для полной оценки эффективности возделывания изучаемых сортов люцерны и их травосмесей с тимофеевкой луговой необходимо оценить продуктивность травостоев (таблица 11).

Таблица 11 – Питательная и энергетическая ценность одновидовых и двухкомпонентных травостоев по укосам (в среднем за 2020-2024 гг.)

Вариант		1 укос				2 укос			
		Содержание в сухом веществе		В 1 кг сухого вещества		Содержание в сухом веществе		В 1 кг сухого вещества	
		Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %	Обменная энергия МДж	К.ед.	Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %	Обменная энергия МДж	К.ед.
Однокомпонентный	Вега 87	28,56	12,25	9,77	0,77	28,06	15,68	9,94	0,80
	Пастбищная 88	31,70	12,00	9,32	0,70	30,12	14,45	9,62	0,75
	Луговая 67	28,62	12,85	9,78	0,77	31,96	18,14	9,47	0,73
	Селена	28,59	11,49	9,74	0,77	31,53	18,76	9,55	0,74
	Агния	28,71	12,83	9,77	0,77	28,77	18,44	9,93	0,80
	Таисия	31,22	11,35	9,37	0,71	32,11	18,94	9,47	0,73
Двухкомпонентный	Вега 87	30,40	6,49	9,34	0,71	29,50	12,33	9,64	0,75
	Пастбищная 88	31,08	11,95	9,41	0,72	31,36	17,39	9,53	0,74
	Луговая 67	32,53	9,94	9,14	0,68	31,29	18,36	9,57	0,74
	Селена	31,61	10,62	9,29	0,70	31,10	14,80	9,49	0,73
	Агния	31,04	12,54	9,43	0,72	29,24	15,17	9,76	0,77
	Таисия	32,98	11,63	9,13	0,68	31,47	20,67	9,61	0,75

В среднем, за годы изучения по содержанию сырого протеина в урожае, вторые укосы превосходили первые, независимо от сортов и состава травостоя в однокомпонентных фитоценозах на 2,45-7,59%, в двухкомпонентных на 2,63-9,04%.

Минимальные показатели сырого протеина в первом укосе однокомпонентных травостоев выявили у сорта Таисия (11,35%), максимальные – у сортов Агния и Луговая 67 (12,83 и 12,85%).

В урожае вторых укосов минимальное содержание сырого протеина было у сорта Пастбищная 88 (14,45%), а максимальное – у сорта Таисия (18,94%). В двухкомпонентных фитоценозах наименьшее содержание сырого протеина в обоих укосах отмечали у сорта Вега 87 (6,49% и 12,33%), наибольшими показателями характеризовались сорта Агния в первом укосе (12,54%) и Таисия во втором (20,67%).

По содержанию клетчатки вторые укосы двухкомпонентных фитоценозов незначительно уступали первым. Из всех изучаемых сортов наименьшее содержание клетчатки определили в первом укосе у сорта Вега 87 (30,4%), во втором у сорта Агния (29,24%), а наибольшее в обоих укосах у сорта Таисия 32,98% и 31,47%, соответственно.

По содержанию обменной энергии и кормовых единиц в килограмме сухого вещества в одновидовых и двухкомпонентных фитоценозах вторые укосы превосходили первые. В однокомпонентных в травостоях энергетические показатели варьировали от 9,32 МДж и 0,7 корм.ед. (сорт Пастбищная 88) до 9,78 МДж и 0,77 корм.ед. (сорт Луговая 67, и 9,77 МДж и 0,77 корм.ед. у сортов Вега 87 и Агния) в первом укосе, и от 9,47 МДж и 0,73 корм.ед. (сорта Луговая 67 и Таисия) до 9,94 МДж и 0,8 корм.ед. (сорт Вега 87), 9,93 МДж и 0,8 корм.ед. (сорт Агния) во втором.

При оценке энергетической ценности урожая изучаемых травостоев выявили, что в первом укосе однокомпонентные травостои на 0,24-0,63 МДж ОЭ (на 0,04-0,1 кормовых единиц) превышали двухкомпонентные, во втором эти различия были незначительны. Минимальное содержание обменной энергии и кормовых единиц в 1 кг сухого вещества в двухкомпонентных травостоях отмечено у сорта Таисия (9,13 МДж и 0,68 корм.ед.) в первом укосе и у сорта Селена (9,49 МДж и 0,73 корм.ед.) во втором. Максимум данного показателя в обоих укосах зафиксирован у сорта Агния (9,43 и 9,76 МДж и 0,72 и 0,77 корм.ед. в первом и втором укосах, соответственно).

В среднем за годы исследования продуктивность травостоев люцерны изменчивой с 1 га варьировала в зависимости от укоса, состава травостоя и сорта (таблица 12).

Таблица 12 – Продуктивность одновидовых и двухкомпонентных травостоев в зависимости от состава травосмеси с 1 га, в среднем за 2020-2024г.

Вариант	Сухая масса, т	Корм.ед., тыс	ОЭ, ГДж	СП, т
Люцерна изменчивая Вега 87 (контроль)	7,10	5,57	69,78	0,98
Люцерна изменчивая Пастбищная 88	7,70	5,60	73,01	1,02
Люцерна изменчивая Луговая 67	7,30	5,46	69,95	1,12
Люцерна изменчивая Селена	7,60	5,77	73,72	1,13
Люцерна изменчивая Агния	8,80	6,95	87,12	1,38
Люцерна изменчивая Таисия	7,50	5,40	70,82	1,14
Люцерна изменчивая Вега 87 + тимофеевка луговая	6,40	4,69	60,98	0,60
Люцерна изменчивая Пастбищная 88 + тимофеевка луговая	6,30	4,57	59,62	0,91
Люцерна изменчивая Луговая 67 + тимофеевка луговая	7,50	5,27	69,62	1,03
Люцерна изменчивая Селена + тимофеевка луговая	6,80	4,83	63,62	0,85
Люцерна изменчивая Агния + тимофеевка луговая	7,50	5,56	71,65	1,03
Люцерна изменчивая Таисия + тимофеевка луговая	6,80	4,87	64,11	1,11

Одновидовые фитоценозы превышали двухкомпонентные по урожайности (на 0,7-1,4 т/га сухой массы), по количеству кормовых единиц (0,2-1,4 тыс.), по обменной энергии (0,3 - 15,5 ГДж) и по выходу сырого протеина (0,1-0,4 т/га). Среди однокомпонентных травостоев наиболее продуктивным был вариант с сортом Агния (урожайность составила 8,8 т/га сухой массы, 6,95 тыс.корм.единиц, 87,12 ГДж обменной энергии и 1,38 т/га сырого протеина), а наименее продуктивным – Вега 87 (7,1 т/га сухой массы, 5,4 тыс.кормовых единиц, 69,78 ГДж обменной энергии и 0,98 т/га сырого протеина).

Среди двухкомпонентных травостоев также лидировал сорт Агния (7,5 т/га, 5,56 тыс.корм.ед., 71,65 ГДж обменной энергии и 1,03 т/га сырого протеина), однако количество сырого протеина у данного сорта было не максимальным, наибольший выход сырого протеина отмечен у травостоя с включением сорта Луговая 67 – 1,11 т/га.

Таким образом, в результате пятилетних исследований установлено, что в условиях Республики Карелия одновидовые посевы люцерны изменчивой превосходят по продуктивности двухкомпонентные травостои (с тимофеевкой луговой): разница составляет 0,7-1,4 т/га по урожайности сухой массы, 0,2-1,4 тыс. корм. ед., 0,3-15,5 ГДж по обменной энергии и 0,1-0,4 т/га по выходу сырого протеина. Среди изученных сортов лучше всего зарекомендовал себя сорт Агния. По комплексу признаков (урожайность, экологическая пластичность и стабильность) сорт Агния наиболее адаптирован к условиям Карелии и обеспечивает надёжную продуктивность как в одновидовом посеве, так и в травосмеси. При этом его урожайность в одновидовом посеве в 1,2 раза выше, чем в смеси.

3.3 Формирование травостоев люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий

Ведущим фактором в кормопроизводстве является биологизация производства кормов. Особое внимание уделяется характеру взаимоотношений сорто-микробных систем, их влиянию на урожайность и продуктивность получаемых травостоев, на накопление ими биологического азота и растительного белка, что сказывается на качестве получаемых кормов.

Основным приемом повышения эффективности симбиотической азотфиксации является внесение в почву препаратов, в составе которых выделена чистая культура клубеньковых бактерий, с чьей помощью можно стимулировать рост растений и повысить продуктивность посевов (Адров С.В., 2010).

На сегодняшний день создаются новые сорта люцерны, способные формировать эффективные растительно-микробные (сорто-микробные) симбиотические системы с комплементарными штаммами ризобий, которые характеризуются повышенной адаптивной способностью к стрессовым факторам, как биотическим (поражение болезнями и некоторыми вредителями), так и абиотическим (дефицит питательных веществ в почве, высокая почвенная кислотность, дефицит и избыток влаги, резкие изменения погоды) (Степанова Г.В., 2023).

Для повышения продуктивности растений при использовании ассоциативных бактерий большое значение имеет выявление соответствующего штамма ризобактерий и создание условий для эффективного микробно-растительного взаимодействия (Воробейков Г.А., 2011).

Преимущества сорто-микробных систем, созданных с использованием новой биотехнологии, особенно заметно проявляются при выращивании люцерны в стрессовых условиях (Шатский И.М., 2016).

Проведенные исследования подтверждают, что в условиях Республики Карелия сорта люцерны изменчивой положительно реагируют на инокуляцию штаммами клубеньковых бактерий по ряду хозяйственно полезных признаков.

3.3.1 Формирование травостоев люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян различными штаммами клубеньковых бактерий

Различные сорта в одних и тех же климатических условиях развиваются с разной скоростью, на их рост и развитие большое влияние оказывает инокуляция клубеньковыми бактериями (Приложение Г).

На формирование первых укосов в годы исследования требовалось от 59 до 63 дней с суммой активных температур от 578,9 до 764°C, вторые укосы формировались за 58-79 дней и с суммами активных температур от 969,1 до 1162,7°C (таблица 13).

Таблица 13 – Даты укосов и суммы активных температур по укосам, 2022-2024гг.

Укос	Год	2022	2023	2024
отрастание	дата	04 мая	21 апреля	02 мая
1	дата	02 июля	26 июня	03 июля
	кол-во дней	59	63	63
	сумма акт t, °C	598,8	578,9	764,0
2	дата	19 сентября	24 августа	02 сентября
	кол-во дней	79	58	61
	сумма акт t, °C	1162,7	969,1	1070,0

Отрастание люцерны начиналось в 2022 и в 2024 годах 2-4 мая, в 2023 году – 21 апреля, что связано с высокими температурными показателями апреля (нетипичными для Карелии). В первой декаде мая отмечали значительное похолодание, что привело к задержке развития трав, и общее число дней до укоса составило 63 дня. На формирование вторых укосов требовалось от 58 дней в 2023 году до 79 в 2022 году, что было связано с избыточным увлажнением в августе и сентябре, не позволяющем провести укос.

Темпы роста и развития люцерны изменчивой определяются сортовыми особенностями культуры, штамма клубеньковых бактерий и метеорологическими условиями произрастания (рисунок 16).

За годы исследования отмечена тенденция к увеличению высоты растений с возрастом травостоя, средние значения высоты люцерны изменчивой в первом укосе возрастали от 60,9 см в 2022 г. до 93,8 см в 2024 г.

В течение вегетационного периода в 2022 году высота растений первого и второго укосов мало различалась (60,9 и 60,4 см), в 2023 году - ко второму укосу показатель линейного роста увеличился до 72,5 см, а в 2024 году наблюдали снижение высоты растений люцерны до 54 см, в виду засушливых условий в августе (23,3% от среднемноголетней месячной нормы осадков), что подтверждает данные о снижении эффективности бактериальных препаратов в условиях засухи (Hardy R.W.F., 1973.; Kirda C., 1989; Проворов Н.А., 1989).

По высоте растений люцерны первые укосы превосходили вторые у всех сортов и сортообразцов независимо от инокуляции. Наиболее рослыми за годы исследований были растения сортообразца 506 (Люся) – 70 см, растения сорта Агния ВИК незначительно уступали – 67,9 см, следующим, по высоте, оказался сорт Таисия – 66,6 см, далее СГП-387 – 66,5 см, и наиболее низкорослыми были растения люцерны сорта Пастбищная 88 – 64 см.

Инокуляция семян люцерны способствовала увеличению ростовых показателей. Высота растений люцерны в контроле в среднем была 50,4 см, при инокуляции штаммом 415 – 52,1 см, максимальную прибавку по высоте обеспечила инокуляция штаммом А-1 – 79,2 см (на 28,8 см), а штаммы А-5 (76,6 см) и СХМ-1-105 (76,7 см) дали примерно равную прибавку на 26,2 и 26,3 см.

Изучая эффективность сорто-микробных систем, выявили, что инокуляция штаммом А-5 наибольшее положительное влияние оказала в первом укосе на сорт Пастбищная 88 (83,3 см) и сорт Агния ВИК (83,1 см), что на 29,6 и 27,7 см выше вариантов без инокуляции, во втором - Агния ВИК (74,8 см) на 34,4 см больше контроля. При инокуляции штаммом А-1 отмечено увеличение ростовых показателей всех сортов относительно вариантов без инокуляции, высота растений сорта Таисия (92,6 см), превышала контроль на 39,7 см в первом укосе, Агния ВИК (75,6 см), на 35,2 см выше контроля - во втором. Применение штамма СХМ-1-105 в обоих укосах обеспечило максимальную высоту растений люцерны сорта Агния ВИК (86,4 и 74,7 см, что на 31,0 и 34,4 см выше контрольных).

В целом, инокуляция штаммами А-5, А-1 и СХМ-1-105 положительно отразилась на скорости роста растений люцерны изменчивой всех сортов.

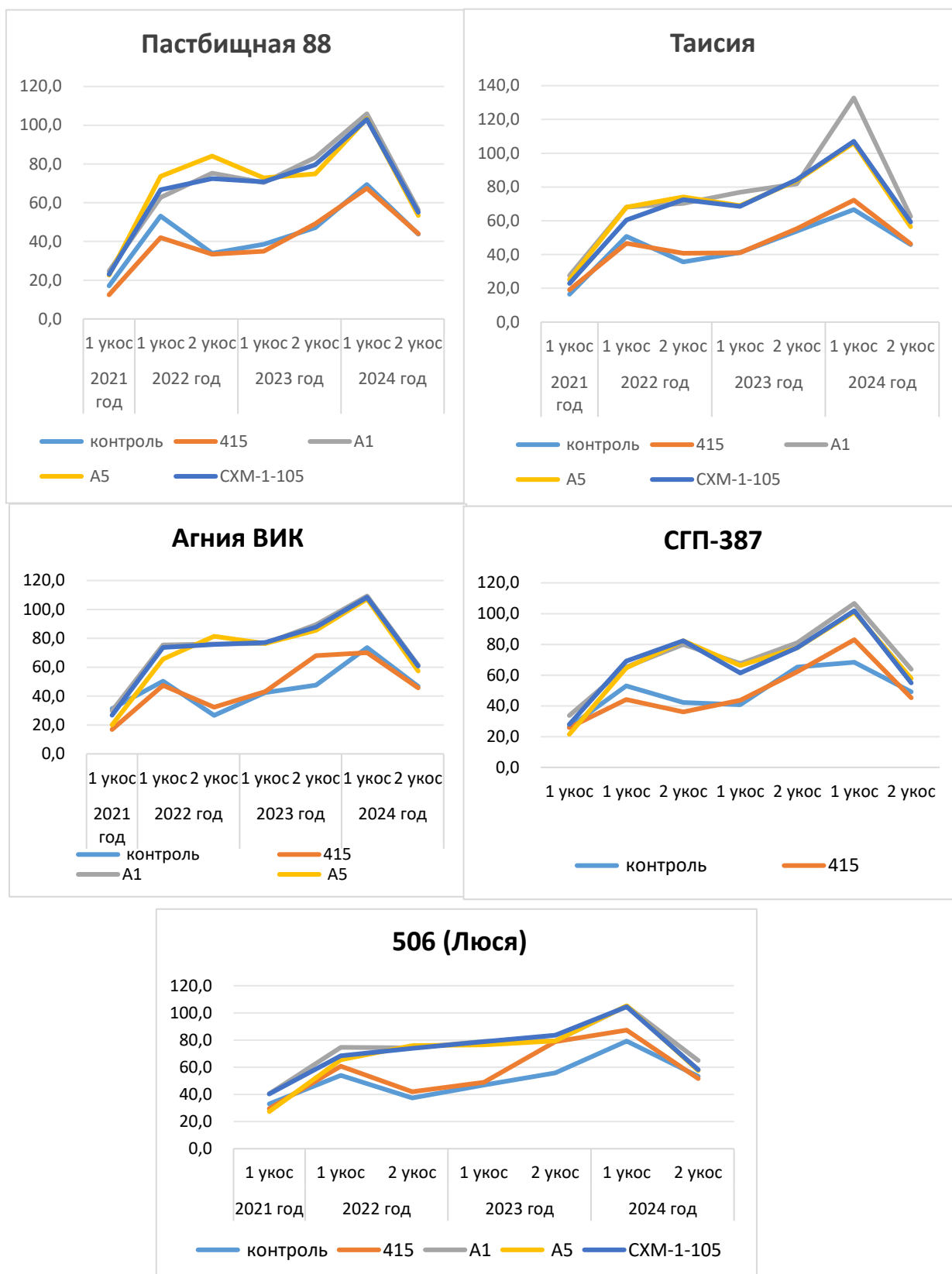


Рисунок 16 – Высота растений люцерны изменчивой различных сортов и сортообразцов в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями в 2021-2024 гг., см

Проведенные исследования выявили влияние метеорологических условий, возраста травостоев, сортовых особенностей и применяемых штаммов клубеньковых бактерий на побегообразовательную способность люцерны изменчивой.

Максимальная густота травостоев люцерны изменчивой отмечена в 2023 году до 744 шт./м², в 2024 году наблюдали снижение количества побегов на единице площади (не характерно для люцерны), что связано с условиями перезимовки: высокий снежный покров и продолжительное время таяния снега привели к гибели части растений (таблица 14).

Таблица 14 – Густота стояния травостоев различных сортов и сортообразцов люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями (2022-2024 гг.), шт./м²

Штамм	Вариант	2022 год		2023 год		2024 год	
		Укосы					
		1	2	1	2	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль	Пастбищная 88	94	124	192	168	76	84
	Таисия	111	129	232	408	144	136
	Агния ВИК	91	176	156	240	64	124
	СГП-387	111	147	180	332	172	124
	506 (Люся)	147	180	292	324	156	116
415	Пастбищная 88	94	128	192	156	132	76
	Таисия	100	168	232	356	88	120
	Агния ВИК	95	118	220	396	100	124
	СГП-387	115	120	124	296	88	112
	506 (Люся)	88	159	388	396	364	284
А-1	Пастбищная 88	95	343	700	448	436	504
	Таисия	151	314	580	592	400	652
	Агния ВИК	93	249	544	364	480	716
	СГП-387	143	277	340	360	324	300
	506 (Люся)	167	268	744	520	512	484
А-5	Пастбищная 88	98	332	548	404	436	472
	Таисия	124	258	592	492	572	592
	Агния ВИК	96	356	584	584	460	556
	СГП-387	137	296	488	380	408	480
	506 (Люся)	108	386	712	640	564	512
СХМ-1-105	Пастбищная 88	107	275	704	488	612	488
	Таисия	122	306	548	536	412	524
	Агния ВИК	105	316	564	512	560	656
	СГП-387	146	336	316	472	428	520
	506 (Люся)	157	268	552	612	648	536

Примечание: 1,2 - укосы

Густота стояния травостоев всех изучаемых сортов независимо от инокуляции возрастала от первого укуса ко второму.

В среднем за годы использования травостоев минимальная побегообразовательная способность была у сорта Пастбищная 88 – 123,0 шт./м², максимальная у сортообразца 506 (Люся) – 487,0 шт./м².

Контрольные варианты (без инокуляции) имели наименьшее количество побегов на единицу площади (123,0-202,5 шт./м²). Инокуляция производственным штаммом 415 практически не повлияла на побегообразование люцерны изменчивой по сравнению с контролем, а в некоторых сочетаниях (Таисия и СГП-387) привела к снижению числа побегов.

Для разных сортов оптимальными были разные изучаемые штаммы клубеньковых бактерий.

Для сортообразца 506 (Люся) наилучшими оказались штаммы А-5 (487 шт./м²) и СХМ-1-105 (462 шт./м²), для сортов Агния ВИК и Пастбищная 88 - штамм СХМ-1-105 (452 шт./м² и 446 шт./м²). Сорт Таисия и сортообразец СГП-387 при инокуляции штаммом А-1 характеризуются плотностью травостоев люцерны на уровне 448 и 370 шт./м² и в сочетании со штаммом А-5 эти сорта формировали (438 и 365 шт./м²).

Среди сортов наиболее отзывчивым на инокуляцию оказался сортообразец 506 (Люся), который обеспечил максимальное количество побегов на единицу площади со всеми вариантами обработки. Наименьшая отзывчивость отмечена у второго сортообразца СГП-387 (рисунок 17)

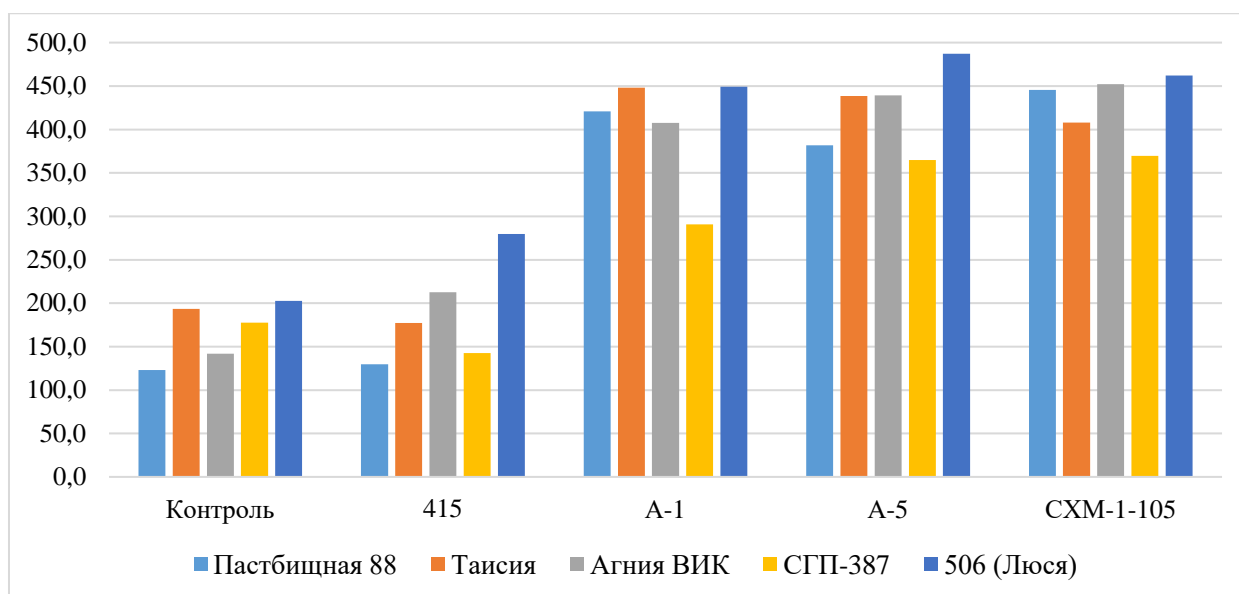


Рисунок 17 – Густота стояния травостоев различных сортов люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями (в среднем за 2022-2024), шт./м²

В процессе исследований оценивали влияние инокуляции клубеньковыми бактериями на способность растений люцерны противостоять заселению агрофитоценоза сорной растительностью. Анализ видового состава травостоев позволяет судить об устойчивости изучаемых видов и адаптированность в данных экологических условиях. На устойчивость люцерны изменчивой в агрофитоценозах по укосам и годам влияли не только метеорологические условия, но также сортовые особенности изучаемого вида и применяемые инокулянты (рисунок 18).

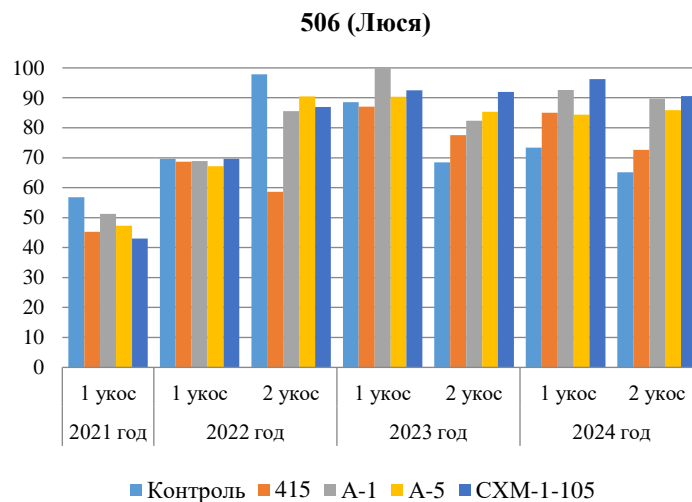
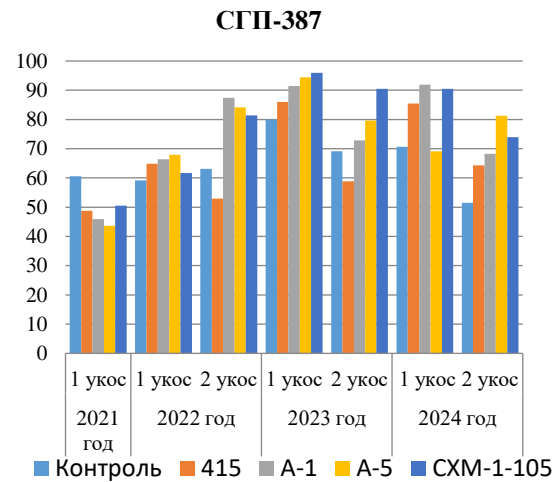
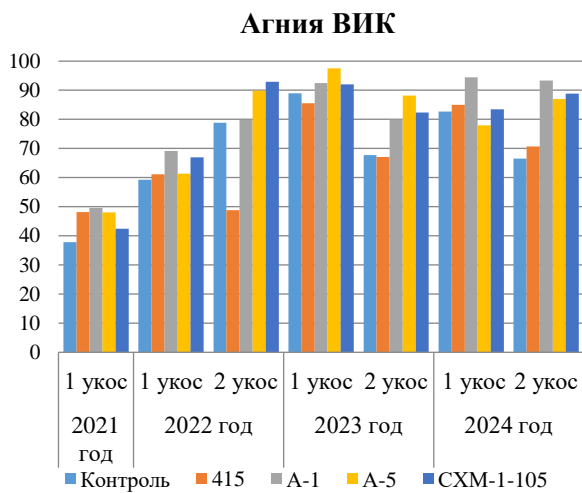
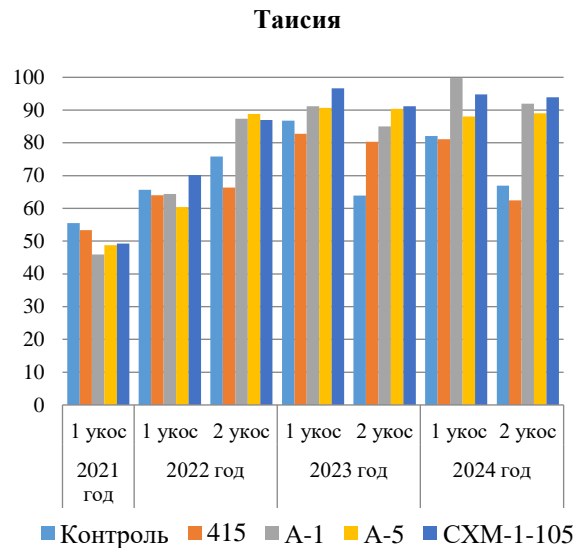
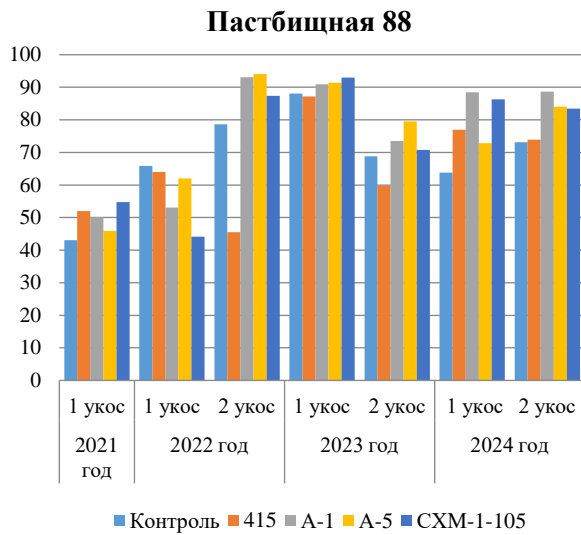


Рисунок 18 – Доля люцерны изменчивой различных сортов в травостоях в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями в 2021-2024 гг., %

Долевое участие люцерны изменчивой варьировало по годам. В первый год жизни люцерны развивается довольно медленно, поэтому наибольшее количество несеяных трав отмечено в 2021 году. На второй год пользования наблюдали увеличение долевого содержания люцерны в первом укосе. Максимальное процентное содержание бобового вида в агрофитоценозе отмечали в 2023 году (90,5%), на следующий год наблюдали незначительное снижение количества люцерны до 83,9%.

В течение вегетационного периода в первый год использования травостоев ко второму укосе отмечено увеличение доли люцерны в урожае во всех вариантах, за исключением варианта с применением производственного штамма 415, где процентное содержание люцерны незначительно уменьшилось. На второй и третий годы долевого участия изучаемого бобового вида снижалось ко вторым укосам.

Процентное содержание люцерны в травостоях также зависело от конкурентоспособности и адаптивности сорта. Минимальное процентное содержание люцерны в составе фитоценозов по укосам зафиксировано у сортообразца СГП-387 (от 65,6% до 82,3%), второй сортообразец 506 (Люся), напротив, обеспечил максимальное долевого участие люцерны в травостоях со всеми инокулянтами (от 74,9% до 88,0%).

В среднем за годы исследования содержание основного компонента травостоев в зависимости от инокулянта варьировало от 70,81% (производственный штамм 415) до 84,9% (СХМ-1-105).

Интересными являются результаты сравнительного анализа сорто-микробных систем. Инокуляция семян перспективными штаммами А-1, А-5 и СХМ-1-105 привела к увеличению конкурентоспособности люцерны изменчивой. Все сорта в контрольных вариантах и при инокуляции 415 штаммом характеризовались минимальным содержанием бобового вида в агрофитоценозе. Сорто-микробная система на основе сорта Таисия и СХМ-1-105 характеризовались максимальным содержанием люцерны в обоих укосах, 87,2% и 90,7%, соответственно. Инокуляция штаммом А-1 оказала положительное

влияние на устойчивость травостоев люцерны к внедрению несеянных видов в сочетании с сортом Пастбищная 88 – 77,5%, с сортом Агния ВИК – 85,4%, с сортообразцами СГП-387 и 506 (Люся) – 83,3 и 87,13%, соответственно, в первом укосе. Во вторых укосах инокуляция штаммом СХМ-1-105 повышала конкурентоспособность сортообразцов СГП-387 и 506 (Люся) (81,9 и 89,8%), а инокуляция штаммом А-5 – сортов Агния ВИК и Пастбищная 88 (88,3 и 85,9%).

Инокуляция штаммами А-1, А-5 и СХМ-1-105 способствовала увеличению конкурентоспособности, начиная со второго года жизни. Максимальный эффект отмечали в третий год жизни травостоев – увеличение содержания бобового вида на 6,7-17,8 % от контроля. Производственный штамм 415 показал прибавку лишь на первый год жизни, однако уже на следующий год участие люцерны в травостое снижалось.

Таким образом, наименее чувствительным к инокуляции по ряду показателей оказался сортообразец СГП-387, а сортообразец 506 (Люся), напротив, положительно реагирует на инокуляцию, как и сорта Агния ВИК и Таисия. Среди штаммов, как и в предыдущих показателях, выделились А-1, А-5 и СХМ-1-105. Стоит отметить, что среди штаммов 415, производственный, не проявил себя, и травостои сортов в сочетании с ним не превышали даже контроль.

3.3.2 Урожайность и продуктивность травостоев люцерны изменчивой разных лет жизни в зависимости от инокуляции семян

Урожайность люцерны изменчивой по годам варьировала в зависимости от сорта, инокулянта и погодных условий сезона. Отмечена тенденция увеличения данного показателя от первого года ко второму на всех изучаемых травостоях, на третий год урожайность сухой массы возрастала у сорта Агния ВИК и у сортообразца 506 (Люся), у сорта Пастбищная 88, Таисия и у сортообразца СГП-387 наблюдали снижение выхода сухой массы, что связано с засушливыми условиями 2024 года (рисунок 19).

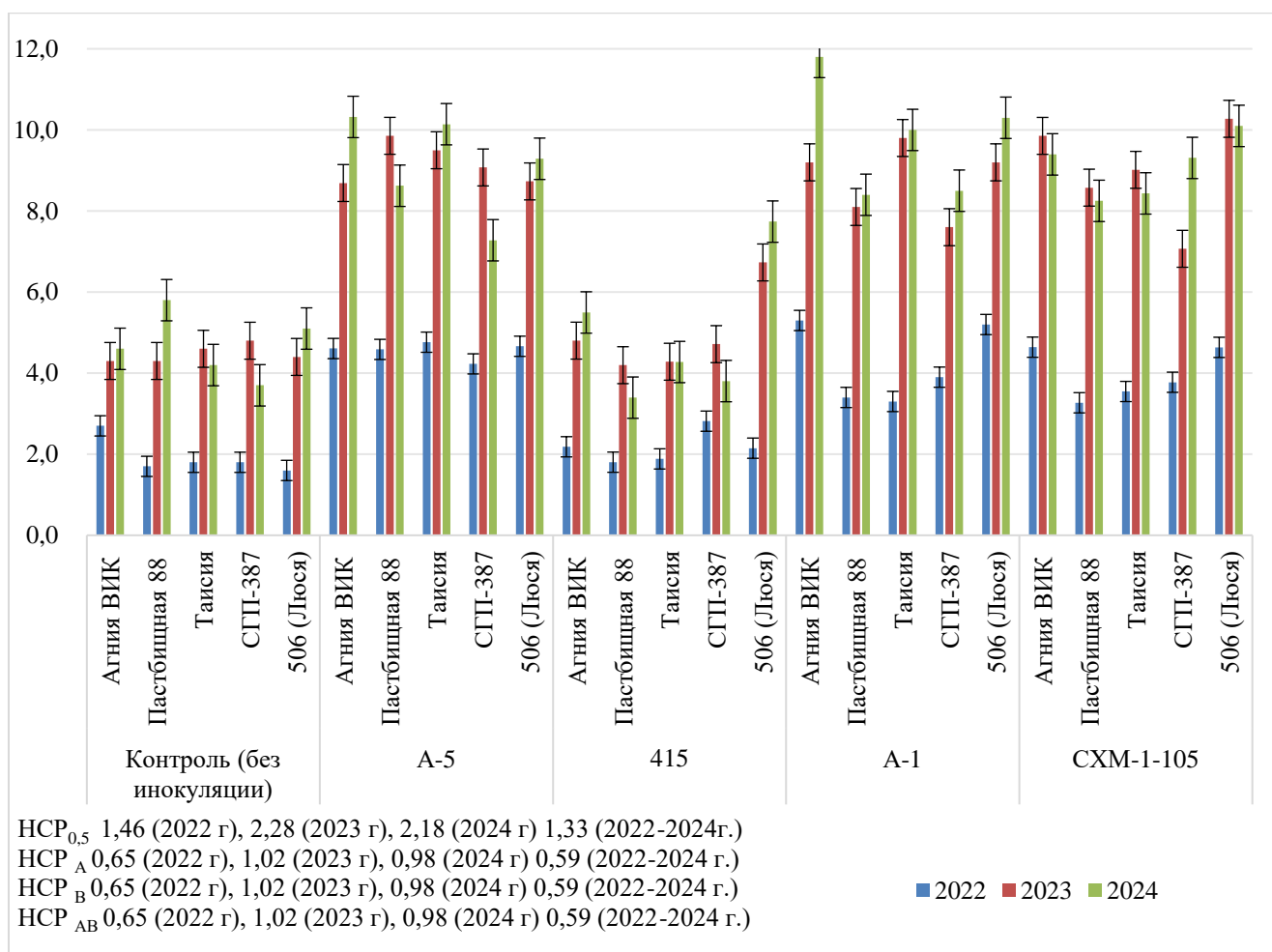


Рисунок 19 – Урожайность травостоев люцерны изменчивой различных сортов и сортообразцов в зависимости от инокуляции, т/га сухой массы (2022-2024 гг.)

При оценке сорто-микробных систем выявили, что различные штаммы клубеньковых бактерий оказывали влияние на формирование урожайности сухой массы люцерны изучаемых сортов в зависимости от метеорологических условий. Наибольшую прибавку урожайности относительно контроля обеспечила инокуляция штаммом А-1 сорта Таисия, сортообразца 506 (Люся) и сорта Агния ВИК, на 4,2-4,9 т/га сухой массы. Инокуляция штаммом А-5 привела к увеличению урожайности сортообразца СПП-387, Пастбищная 88 и Таисия на 3,4-4,6 т/га сухой массы. Инокуляция штаммом СХМ-1-105 обеспечила увеличение урожайности сортообразца 506 (Люся) на 4,6 т/га сухой массы относительно контроля. Производственный штамм 415 не обеспечил существенных прибавок урожайности, которая варьировала в диапазоне 3,1-5,5 т/га, практически на уровне контрольных, не инокулированных вариантов (3,4-3,9 т/га).

В среднем за три года наибольшая урожайность сухой массы отмечена у сорто-микробной системы Агния ВИК в сочетании со штаммом А-1 (8,8 т/га сухой массы), далее, урожайность на уровне 8,3 т/га обеспечило сочетание сортообразца 506 (Люся) со штаммом СХМ-1-105, и растительно-микробная система 506 (Люся) и А-1 (8,2 т/га).

Таким образом, инокуляция оказывает положительное влияние на развитие люцерны и формирование травостоев, а также способствует увеличению урожайности сортов. Исследования показали, что наиболее универсальными в условиях Республики Карелия являются штаммы А-5 и А-1, положительно влияющие на большинство изучаемых сортов и сортообразцов. Штамм СХМ-1-105 также отмечен высокими показателями урожайности, но с меньшим числом сортов. Среди сортов наиболее урожайными в условиях Карелии являются Агния ВИК и сортообразец 506 (Люся), способные обеспечить урожайность сухой массы в среднем до 8,3-8,8 т/га.

Для более полной оценки изучаемых сортов и сортообразцов провели определение их пластичности (b_i) и стабильности (S_i^2) (приложение Г). Индекс условий среды I_j показал, что наиболее благоприятными для формирования урожаев являлись полевые сезоны 2023 и 2024 годов, проведенный анализ показал, что несмотря на применение различных штаммов, наиболее пластичным и стабильным в данных условиях возделывания оказался сортообразец СГП-387, который отличался минимальными показателями b_i и S_i^2 , что характеризует его как наименее требовательный в данных условиях, и что, вероятно, объясняет минимальную реакцию данного сортообразца на инокуляцию, по ряду показателей.

Анализ продуктивности травостоев люцерны изменчивой в среднем за три года пользования приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Урожайность и продуктивность травостоев люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями, с 1 га (в среднем за три года)

Штамм	Вариант	Сухой массы, т	Корм.ед., тыс	ОЭ, ГДж	СП, т
Контроль	Пастбищная 88	3,9	3,53	45,72	0,41
	Таисия	3,5	3,71	44,39	0,47
	Агния ВИК	3,9	3,30	41,39	0,41
	СПП-387	3,4	2,32	29,50	0,34
	506 (Люся)	3,7	3,88	47,16	0,50
415	Пастбищная 88	3,1	2,54	33,31	0,30
	Таисия	3,5	2,92	37,32	0,39
	Агния ВИК	4,2	3,88	49,70	0,45
	СПП-387	3,8	2,78	34,90	0,38
	506 (Люся)	5,5	5,06	65,81	0,89
А-1	Пастбищная 88	6,6	5,56	72,38	0,80
	Таисия	7,7	6,87	88,37	1,20
	Агния ВИК	8,8	6,97	92,18	1,07
	СПП-387	6,7	5,57	67,75	0,74
	506 (Люся)	8,2	8,19	99,42	1,07
А-5	Пастбищная 88	7,7	6,60	80,77	1,06
	Таисия	8,1	6,90	88,87	0,96
	Агния ВИК	7,9	6,98	88,92	1,18
	СПП-387	6,9	4,97	64,66	0,83
	506 (Люся)	7,6	6,36	81,63	0,99
СХМ-1-105	Пастбищная 88	6,7	5,43	70,23	0,82
	Таисия	7,0	6,42	78,80	0,92
	Агния ВИК	8,0	6,33	83,80	1,08
	СПП-387	6,7	6,36	79,98	1,02
	506 (Люся)	8,3	6,95	90,13	1,23

Анализируя продуктивность травостоев по сортам выявили следующее распределение: Агния ВИК в сочетании со штаммом А-1 обеспечивает максимальный выход сухой массы (8,8 т/га) и обменной энергии (92,18 ГДж), выход кормовых единиц (6,97 тыс.) и на 0,01 уступает сорто-микробной системе этого сорта со штаммом А-5, которая отличалась максимальным выходом сырого протеина (1,18 т/га) и кормовых единиц (6,98 тыс.). Сорт Пастбищная 88 в сочетании со штаммом А-5 показал максимальные значения продуктивности. Сорт Таисия хорошо отозвался на инокуляцию обоими штаммами А-5 и А-1, разница отмечена лишь по выходу сырого протеина, где инокуляция штаммом А-

5 несколько уступает инокуляции штаммом А-1. Растительно-микробная система СГП-387 + СХМ-1-105 характеризовалась максимальными показателями, в остальных вариантах данный сортообразец отмечен минимальными значениями. Сортообразец 506 (Люся) отмечен максимальными значениями продуктивности в составе сорто-микробных систем со штаммами А-1 (урожайность, кормовые единицы, обменная энергия) и СХМ-1-105 (незначительно уступает предыдущему штамму по урожайности и обеспечивает максимальный выход сырого протеина).

В среднем за три года максимальный выход сухой массы обеспечила сорто-микробная система Агния ВИК и штамм А-1 (8,8 т/га), однако, максимальный выход кормовых единиц и обменной энергии обеспечило сочетание сортообразца 506 (Люся) со штаммом А-1 (8,19 тыс.корм.ед и 99,42 ГДж), этот же сортообразец но в сочетании со штаммом СХМ-1-105 обеспечил максимальный выход сырого протеина на единицу площади, 1,23 т/га.

Таким образом, можно заключить, наиболее продуктивными в условиях Республики Карелия являются растительно-микробные системы: сортообразец 506 (сорт Люся) и сорт Агния ВИК при инокуляции семян штаммом СХМ-1-105, (8,3 и 8,0 т/га соответственно). Штаммы клубеньковых бактерий А-1 и А-5 являются универсальными, так как инокуляция семян изучаемых сортов и сортообразцов привела к увеличению урожайности сухой массы более чем в 1,8-2,2 раза по сравнению с контрольным вариантом.

ГЛАВА 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ И АГРОЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЁМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ

На сегодняшний день в аграрном секторе экономический подход выходит на первое место, внедряются технологии ресурсосбережения, направленные на снижение затрат, учитывается оценка эффективности возделывания культур. В данных условиях применим метод оценки потоков антропогенной энергии в агроэкосистемах (Методическое пособие по агроэнергетической и экономической оценке..., 1995).

Применение данного метода позволяет оценивать затратность отдельных приемов, определять наибольшую энергозатратность с целью дальнейшего совершенствования технологии, а также проводить сравнение различных технологий выращиваемых культур при различных уровнях антропогенных вложений по совокупным затратам энергии на единицу площади (га).

4.1 Экономическая и агроэнергетическая оценка эффективности технологий возделывания люцерны изменчивой

в зависимости от интенсивности использования

Агроэнергетическая оценка технологии выращивания культур включает расчет суммы итоговых затрат по отдельным статьям (Энергетическая оценка..., 2016). Энергетическая эффективность оценивается по эффективности использования техногенной энергии (E_T – расход энергии, МДж/га). Кратность использования травостоев оказывает влияние продуктивность и долговечность агрофитоценозов. Для оценки двух- и трехкратного использования травостоев определили расход энергии на определенные статьи (таблица 16)

Согласно полученным данным, в период исследований 2016-2018 гг., максимальный расход энергии (E_T) отмечен при трехкратном использовании люцерно-клеверо-тимофеечного травостоя (74660 МДж/га), минимальный - при двухкратном отчуждении за сезон (62637 МДж/га). При этом, выход валовой

энергии (Q) при технологии возделывания данной травосмеси с трехукосным использованием составил 125411 МДж, при двухукосном – 103021 МДж.

Таблица 16 – Оценка затрат полной и совокупной техногенной энергии на 1 га травостоев с включением люцерны изменчивой в зависимости от кратности использования

Статья затрат совокупной энергии	Расход энергии, МДж/га				Удельный вес полный затрат, %			
	кострец + люцерна + клевер		фестулолиум + люцерна + клевер		кострец + люцерна + клевер		фестулолиум + люцерна + клевер	
	2	3	2	3	2	3	2	3
1. Посевной (посадочный) материал	1600	1600	1920	1920	2,6	2,1	2,7	2,7
2. Тракторы, с.х. орудия и машины	4098	4779	4572	4779	6,5	6,4	6,4	6,8
3. Горюче-смазочные материалы	13017	14790	14440	14790	20,8	19,8	20,3	20,9
4. Электроэнергия	12,9	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Живой труд, всего: в т.ч. механизаторов рабочие	20955	25528	23888	23496	33,5	34,2	33,7	33,2
	22954	27963	26166	25738	36,6	37,5	36,9	36,4
Итого:	62637	74660	70985	70722	100	100	100	100

Примечание: 2, 3 - количество укосов.

Расход энергии при выращивании травостоя люцерны с включением клевера и фестулолиума при двухукосном использовании составил 70985 МДж, при трехукосном – 70722 МДж, при выходе валовой энергии 117685 и 115252 МДж, соответственно.

Для определения агроэнергетической эффективности применяемых технологий или отдельных их операций при выращивании люцерны изменчивой необходимо сравнить ряд показателей (биоэнергетический коэффициент (r),

прирост энергии (ΔQ), коэффициент энергетической эффективности (K), энергетическая рентабельность (R) и себестоимость урожая (C_y), себестоимость энергии урожая (C_Q) с требуемыми критериями (таблица 17).

Таблица 17 – Критерии величин показателей энергетической эффективности технологий выращивания культур

Показатель	Технология является энергосберегающей	Технология может быть рекомендована для реализации производства
1. Прирост энергии (ΔQ), МДж	$\Delta Q > 0$	$\Delta Q > E_T$
2. Биоэнергетический коэффициент, r	$r > 1$	$r > 2$
3. Использование техногенной энергии, R , %	$R > 0$	$R > 100$
4. Себестоимость энергии продукта (C_Q)	$C_Q < 1$	$C_Q < 0,5$
5. Себестоимость единицы урожая, МДж/т		

Согласно полученным данным, независимо от кратности использования, технологии являются ресурсосберегающими (таблица 18).

Оба варианта также удовлетворяют требованиям критериев. Себестоимость энергии продукта (C_Q) рассматриваемых технологий при двух- и трехукосном использовании травостоев варьирует от 0,58-0,61. Максимальный прирост энергии отмечен при трехукосном использовании травостоя люцерны в сочетании с кострцом и клевером (52335,3 МДж), при этом себестоимость единицы урожая составила 5391,04 МДж/т.

При сравнении кратности использования травостоев в среднем за три года (2016-2018 гг.) максимальная рентабельность отмечена при трехукосном использовании травостоя с люцерной изменчивой включающего кострец безостый и клевер гибридный - себестоимость 1 т составила 292,3 руб (144,7% - высокий уровень рентабельности), данный вариант при максимальной себестоимости 13208 руб./га обеспечил прибыль в размере 45530 руб./га, что

превышает прибыль от двухукосного использования данного травостоя на 8326 руб./га (таблица 19). Себестоимость при двухукосном использовании составила 297,7 руб. (на 5,4 руб./т зеленой массы уступая трехкратному использованию).

Таблица 18 – Критерии величин показателей энергетической эффективности технологий выращивания травостоев с люцерной изменчивой в зависимости от кратности использования

Показатель	Кострец + люцерна + клевер	
	2 укоса	3 укоса
Прирост энергии (ΔQ), МДж	41981,15	52335,27
Биоэнергетический коэффициент, г	1,69	1,72
Коэффициент энергетической эффективности, К	0,69	0,72
Энергетическая рентабельность, R	53,01	71,62
Энергетическая себестоимость урожая	5,48	5,39
Себестоимость энергии продукта (C_Q)	0,61	0,58
Себестоимость единицы урожая, МДж/т	5481,80	5391,04
Прирост энергии (ΔQ), МДж	48601,10	46430,53
Биоэнергетический коэффициент, г	1,70	1,67
Коэффициент энергетической эффективности, К	0,70	0,67
Энергетическая рентабельность, R	70,35	67,47
Энергетическая себестоимость урожая	5,43	5,52
Себестоимость энергии продукта (C_Q)	0,59	0,60
Себестоимость единицы урожая, МДж/т	5431,16	5524,74

Себестоимость 1 т зеленой массы травостоя люцерны изменчивой с включением фестулолиума и клевера гибридного составила 299 и 309,9 руб при двух- и трехкратном использовании, соответственно.

Таблица 19 – Экономическая эффективность выращивания травостоев с включением люцерны изменчивой в зависимости от кратности скашивания (в среднем за три года)

Вариант опыта	Кратность использования	Получено с 1 га				
		Урожайность зел. массы, т	Выручка руб.	Себестоимость руб.	Прибыль руб.	Р, %
Кострец безостый + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	37,1	48251,7	11048,0	37204,0	136,7
	3 укоса	45,2	58738,3	13208,0	45530,0	144,7
Фестулолиум + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	42,4	55120,0	12676,0	42444,0	134,8
	3 укоса	41,5	53980,3	12867,0	41113,0	119,5

Примечание: Р - рентабельность.

4.2 Экономическая и агроэнергетическая оценка эффективности технологий возделывания люцерны изменчивой в одновидовых и смешанных посевах

При агроэнергетической оценке технологии выращивания люцерны изменчивой в одновидовых и в смешанных посевах провели сравнение технологий выращивания двух сортов Вега 87 и Агния (таблица 20).

Согласно полученным данным, в период исследований 2019-2024 гг. расход энергии (E_T) на одновидовые посева сортов Агния и Вега 87 (99168,0 и 79199,2 МДж/га) был выше, чем на смешанные с тимофеевкой посева обоих сортов (78828,6 и 67880,3 МДж/га, соответственно). При этом, сорт Вега 87 уступает сорту Агния на 19968,7 в одновидовом и 11319,0 МДж/га в двухкомпонентном травостоях, что связано с большей урожайностью сорта Агния, чем Вега 87. Выход валовой энергии (Q) в одновидовых посевах были выше двухкомпонентных, и сорт Вега 87 (130549 МДж/га) уступал сорту Агния (166870

МДж/га) при технологии одновидового посева, и на 19966 МДж/га в технологии выращивания травосмеси.

Таблица 20– Оценка затрат полной и совокупной техногенной энергии на 1 га одновидовых и двухкомпонентных посевов люцерны изменчивой сортов Вега 87 и Агния

Статья затрат совокупной энергии	Расход энергии, МДж/га				Удельный вес в полных затратах, %			
	Агния	Агния + тимофеевка	Вега 87	Вега 87 + тимофеевка	Агния	Агния + тимофеевка	Вега 87	Вега 87 + тимофеевка
1. Посевной (посадочный) материал	1440	1440	1440	1440	1,5	1,8	1,8	2,1
2. Тракторы, с.х. орудия и машины	6554	5357	5379	4713	6,6	6,8	6,8	6,9
3. Горюче-смазочные материалы	20060	16462	16527	14525	20,2	20,9	20,9	21,4
4. Электроэнергия	0,16	0,13	0,16	0,13	0,0	0,0	0,0	0,0
5. Живой труд, всего: в т.ч. механизаторов рабочие	33938	26520	26655	22527	34,2	33,6	33,7	33,2
	37176	29050	29198	24676	37,5	36,9	36,9	36,4
Итого: E _T	99168	78829	79199	67880	100	100	100	100

Сопоставляя полученные данные с критериями оценки (таблица 21) выявили, что выращивание люцерны изменчивой сортов Вега 87 и Агния как в одновидовом, так и при двухкомпонентном посеве являются энергосберегающими приемами, однако, по ряду критериев требуют совершенствования, чтобы их можно было бы рекомендовать для реализации производства. Коэффициент энергетической эффективности возделывания сорта

Агния выше сорта Вега 87, независимо от состава травостоя, 1,68 и 1,65 против 1,65 и 1,62 в одновидовом и двухкомпонентном выращивании, соответственно (таблица 21).

Таблица 21 – Критерии величин показателей энергетической эффективности технологий выращивания сортов люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях

Показатель	Вега 87	Агния
Прирост энергии (ΔQ), МДж	51349,3	67702,0
Биоэнергетический коэффициент, г	1,65	1,68
Коэффициент энергетической эффективности, К	0,65	0,68
Энергетическая рентабельность, R	64,8	68,3
Энергетическая себестоимость урожая	5,60	5,48
Себестоимость энергии продукта (C_Q)	0,61	0,59
Себестоимость единицы урожая, МДж/т	5598,3	5484,0
Показатель	Вега 87 + тимофеевка	Агния + тимофеевка
Прирост энергии (ΔQ), МДж	42080,6	51046,3
Биоэнергетический коэффициент, г	1,62	1,65
Коэффициент энергетической эффективности, К	0,62	0,65
Энергетическая рентабельность, R	61,99	64,76
Энергетическая себестоимость урожая	5,70	5,60
Себестоимость энергии продукта (C_Q)	0,62	0,61
Себестоимость единицы урожая, МДж/т	5696,6	5601,0

Полученные данные показывают, что наименьшая себестоимость единицы урожая отмечена у сорта Агния при выращивании в одновидовом посеве (5484,0 МДж/т), на 114,3 МДж/га меньше, чем при возделывании сорта Вега 87 (5598,3 МДж/га).

Таким образом, возделывание люцерны изменчивой сорта Агния соответствует критериям энергосберегающей технологии и является наиболее рентабельным в условиях Карелии. В качестве рекомендации к улучшению технологии возможен подбор более продуктивного штамма клубеньковых бактерий.

Экономический наиболее рентабельно в условиях Республики выращивание люцерны сорта Агния в одновидовом посеве, себестоимость 1т зеленой массы которой составила 383 руб, что на 13,4 руб. меньше себестоимости сорта Вега 87 в одновидовом посеве – 396,4 руб./т, себестоимость двухкомпонентной травосмеси люцерны сорта Агния с тимофеевкой (397 руб./т.), что на 6,5 руб ниже, чем травосмесь с сортом Вега 87 – 403,5 руб./т. (таблица 22).

Таблица 22 – Экономическая эффективность выращивания люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях (в среднем за пять лет)

Вариант опыта	Получено с 1 га				
	Урожайность Зел.масы, т	Выручка, руб/га	Себестоимость, руб с га	Прибыль, руб с га	Рентабельность, %
Вега 87	28,3	22069,3	11218,6	10851,0	96,7
Вега 87 тимофеевка	23,8	18589,0	9604,3	8985,0	93,5
Агния	36,2	28209,5	13869,7	14340,0	103,4
Агния тимофеевка	28,1	21955,4	11160,7	10795,0	96,7

Технология выращивания люцерны изменчивой в одновидовом посеве сорта Агния обеспечила максимальную прибыль с га (14340 руб.) при максимальной себестоимости технологии 13869,7 руб/га. Рентабельность данной технологии составила 103,4 %.

4.3 Экономическая и агроэнергетическая оценка эффективности технологий возделывания люцерны изменчивой различных сортов и сортообразцов в зависимости от инокуляции семян штаммами клубеньковых бактерий

Технология выращивания люцерны изменчивой является комплексом агротехнических приемов и мероприятий, направленных на получение высоких урожаев. Такими приемами являются в том числе и подбор сорта и сорто-микробной системы. Для сравнения выбраны наиболее продуктивные растительно-микробные системы сорта Агния ВИК и сортообразца 506 (Люся) с перспективным штаммом клубеньковых бактерий СХМ-1-105 (таблица 23).

В период с 2021 – 2024 гг. расход энергии при выращивании сорта Агния ВИК инокулированного штаммом СХМ-1-105 составил 41002,13 МДж/га, сортообразца 506 (Люся) при инокуляции штаммом СХМ-1-105 — 44908,61 МДж/га.

Таблица 23– Оценка затрат полной и совокупной техногенной энергии на 1 га посева различных сортов и сортообразцов люцерны изменчивой при инокуляции штаммом СХМ-1-105

Статья затрат совокупной энергии	Расход энергии, МДж/га		Удельный вес полный затрат, %	
	Агния ВИК	506 (Люся)	Агния ВИК	506 (Люся)
1. Посевной (посадочный) материал	1200	1200	2,93	2,67
2. Тракторы, с.х. орудия и машины	2923,2	3153,1	7,13	7,02
3. Горюче-смазочные материалы	9401,6	10092,7	22,93	22,47
4. Электроэнергия	0,15	0,15	0,000	0,000
5. Живой труд, всего: в т.ч. механизаторов рабочие	13113,1	14537,9	31,98	32,37
	14364,1	15924,7	35,03	35,46
Итого E_T :	41002,1	44908,6	100	100

При этом выход валовой энергии (Q , МДж/га) с урожаем сорта Агния ВИК при инокуляции штаммом СХМ-1-105 составил 90698,3 МДж/га, сортообразца 506 (Люся) – 100849 МДж/га (таблица 24).

Сопоставляя полученные данные с критериями оценки (таблица 24) выявили, что технологические приемы подбора сорто-микробных систем инокуляция штаммом СХМ-1-105 сорта Агния ВИК и инокуляция штаммом СХМ-1-105 сортообразца 506 (Люся) являются ресурсосберегающими и могут быть рекомендованы для реализации производства. Можно отметить, что сортообразец 506 (Люся) имеет меньшую себестоимость единицы урожая (4109,3 МДж/т), чем сорт Агния ВИК (4171,7 МДж/т).

Таблица 24 – Критерии величин показателей энергетической эффективности технологий выращивания люцерны изменчивой сорта Агния ВИК и сортообразца 506 (Люся) при инокуляции штаммом СХМ-1-105

Показатель	Агния ВИК + СХМ-1-105	506 (Люся) + СХМ-1-105
Прирост энергии (ΔQ), МДж	90698,30	100849,10
Биоэнергетический коэффициент, γ	2,21	2,25
Коэффициент энергетической эффективности, K	2,21	2,25
Энергетическая рентабельность, R	221,20	224,57
Энергетическая себестоимость урожая	4,17	4,11
Себестоимость энергии продукта (C_Q)	0,45	0,45
Себестоимость единицы урожая, МДж/т	4171,70	4109,30

Максимальный коэффициент энергетической эффективности отмечен у сортообразца 506 (Люся) и составил 2,25. Сравнение двух сортов показало незначительные различия, в связи с чем, проведено дополнительное сравнение инокуляции производственным штаммом 415 и СХМ-1-105 и без инокуляции сортообразца 506 (Люся) 4 (таблица 25).

Согласно полученным данным все варианты являются энергосберегающими, однако, возделывание люцерны без инокуляции является самым нерентабельным и не может быть рекомендовано для производства.

Применение производственного штамма 415 также уступает по себестоимости и рентабельности сорто-микробной системе СХМ-1-105 и 506 (Люся).

Таблица 25 – Критерии величин показателей энергетической эффективности технологий выращивания люцерны изменчивой сортообразца 506 (Люся) при инокуляции различными штаммами

Показатель	506 (Люся) + СХМ-1- 105	506 (Люся) + 415	506 (Люся) + контроль
Прирост энергии (ΔQ), МДж	100849,10	32990,40	22529,60
Биоэнергетический коэффициент, r	2,25	2,08	1,94
Коэффициент энергетической эффективности, K	2,25	1,08	0,94
Энергетическая рентабельность, R	224,57	107,98	93,85
Энергетическая себестоимость урожая	4,11	4,44	4,76
Себестоимость энергии продукта (C_Q)	0,45	0,48	0,52
Себестоимость единицы урожая, МДж/т	4109,30	4436,90	4760,40

Экономическая оценка показала, что стоимость 1 т зеленой массы обеих сорто-микробных систем (Агния ВИК + СХМ-1-105 и 506 (Люся) + СХМ-1-105) составила 292,5 руб./т (таблица 26).

Таблица 26 – Экономическая эффективность выращивания люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях (в среднем за три года)

Вариант опыта	Получено с 1 га				
	Урожайность зел.массы, т	Выручка, руб	Себестоим ость, руб	Прибыль, руб	Рентабель ность, %
Агния ВИК + СХМ-1- 105	32,8	42592,3	9583,3	33009	144,4
506 (Люся) + СХМ-1- 105	36,4	47363,3	10656,8	36707	144,4
506 (Люся) + 415	23,0	29839,3	7161,4	22678	116,7
506 (Люся) без инокуляции	16,8	21840,0	5678,4	16162	84,6

Рентабельность данных технологий составила 144%, что соответствует высокому уровню рентабельности.

При сравнении же себестоимости технологий выращивания люцерны 506 (Люся) с применением производственного штамма 415 и без инокуляции выявили, что последняя является наиболее затратной, себестоимость составила 338 руб./т зеленой массы, с применением 415 штамма – 312 руб./т, что на 45,5 и 19,5 рублей уступает технологии с применением штамма СХМ-1-105.

При этом оценка экологической безопасности возделывания люцерны показала ее безопасное возделывание, не ведущее к деградации почв. Согласно неравенству, затраты на обработку почв, проведение посева, внесение удобрений, применение пестицидов и уборку урожая должны быть меньше 15 ГДж/га. При выращивании сорта Агния ВИК сумма затрат составила 3,44 ГДж/га, при выращивании сортообразца 506 (Люся) – 3,77 ГДж/га, что в обоих случаях соответствует неравенству и указывает на безопасность применяемых технологий.

Таким образом, сорто-микробная система сортообразец 506 (Люся) инокулированный штаммом СХМ-1-105 оказалась наиболее урожайной и рентабельной для производства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В условиях Республики Карелия при возделывании люцерны изменчивой возможно получение урожайности на уровне 9,13 т/га сухой массы, при этом, оптимальным режимом скашивания является трехкратное использование травостоев.
2. По характеру взаимодействия с компонентами травостоя люцерна изменчивая демонстрирует конкурентное противостояние с клевером гибридным, при котором люцерна постепенно вытесняет его из травостоя – доля клевера снижается в 7,5 раз за вегетационный период, что обусловлено биологическими особенностями и различной продолжительностью жизни этих культур. При этом, лучшими злаковым компаньоном люцерны изменчивой является кострец безостый, обеспечивающий высокую продуктивность и устойчивость травостоя при правильном режиме использования, тогда как фестулолиум оказал угнетающее действие, а тимopheевка формировала умеренную совместимость.
3. Оптимальным травостоем для Карелии является сочетание люцерны изменчивой с кострцом безостым и клевером гибридным, что позволяет получить до 9,13 т/га сухой массы, собрать 1,31 т сырого протеина и накопить обменной энергии 94,7 ГДж/га.
4. Сорт, как элемент технологии возделывания, оказывает существенное влияние на урожайность выращиваемых травостоев. Наибольшие показатели продуктивности были получены на посевах люцерны изменчивой сорта Агния: до 8,8 т/га сухой массы, 87,12 ГДж, и 1,38 т сырого протеина при выращивании в одновидовых посевах и до 7,4 т/га сухой массы, 71,65 ГДж обменной энергии и 1,03 т сырого протеина в сочетании с тимopheевкой луговой. Растения сорта Агния отличается устойчивостью к колебаниям условий ($bi \approx 0,4$) и высокой стабильностью ($Si^2 = 0,25$). Благодаря этому его рекомендуется возделывать в Карелии как в одновидовых посевах, так и в травосмесях.
5. Однокомпонентные травостои люцерны изменчивой в среднем за 5 лет пользования оказались на 0,7–1,4 т/га более урожайными, чем двухкомпонентные. постепенно наращивая доленое участие люцерны к третьему году и сохраняя её на

высоком уровне (70–90 % к пятому году). В травосмесях тимофеевка стабилизирует посевы в первые годы, но затем люцерна увеличивает свою долю до 60–80 %.

6. При инокуляции семян сортов и сортообразцов люцерны изменчивой всеми исследованными штаммами клубеньковых бактерий *Sinorhizobium meliloti* урожайность люцерны существенно выросла по сравнению с контролем (3,7 т/га). Штаммы А-1, А-5 и СХМ-1-105 доказали универсальность при инокуляции люцерны в условиях Карелии. Штамм 415 не показал существенных преимуществ перед контролем.

7. В среднем за три года максимальный выход сухой массы обеспечила сорто-микробная система Агния ВИК и штамм А-1 (8,8 т/га), однако, максимальный выход кормовых единиц и обменной энергии обеспечило сочетание сортообразца 506 (Люся) со штаммом А-1 (8,19 тыс. к.ед. и 99,42 ГДж), этот же сортообразец но в сочетании со штаммом СХМ-1-105 обеспечил максимальный выход сырого протеина на единицу площади – 1,23 т/га.

8. Анализ экономической эффективности проведенных исследований показал: высокую рентабельность трехкратного скашивания травостоя с люцерной изменчивой включающего кострец безостый и клевер гибридный – 292,3 руб./т зеленой массы (144,7% рентабельность); целесообразность выращивания люцерны изменчивой сорта Агния в одновидовом посеве (383 руб./т зеленой массы), рентабельность которой соответствует 103,4%; экономическую обоснованность внедрения сорто-микробных систем на основе новых сортов (Агния ВИК) и сортообразцов 506 (Люся) с инокуляцией перспективными штаммами СХМ-1-105, себестоимость 1 т зеленой массы которых составила 292,5 руб.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВУ

Для формирования на дерново-подзолистых почвах в условиях Республики Карелия устойчивых агроценозов с урожайностью 8,80 - 9,13 т/га сухой массы рекомендуем:

1. Возделывать травосмесь с люцерной изменчивой (7 кг/га), кострцом безостым (9 кг/га) и клевером гибридным (4 кг/га) при трехкратном скашивании.
2. Создавать травостои на основе адаптированных к местным условиям сортов люцерны: Агния, Агния ВИК и нового сортообразца 506 (Люся)
3. На основании проведенных исследований рекомендуем производителями микробиологическим препаратов включить в список производственных штаммов штаммы клубеньковых бактерий, депонированные в ФГБОНУ ВНИИ сельскохозяйственная микробиология А-1 и А-5, как универсальные для инокуляции семян люцерны различных сортов и штамм СХМ-1-105 для инокуляции семян новых сортообразцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдушаева, Я.М. Экологическая оценка и биоресурсный потенциал растений семейства Fabaceae Lindl. в условиях ландшафтов Новгородской области: дис. ... канд. биол. наук: 03.02.07 / Я. М. Абдушаева. – Москва, 2013. – 189 с.
2. Абрамов, Н.В. Производительность агроэкосистем и состояние плодородия почв Западной Сибири: монография / Н. В. Абрамов. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2013. – 254 с.
3. Агладзе, Г. Влияние соотношения бобовых и злаковых многолетних трав на продуктивность сеяного сенокоса / Г. Агладзе, Д. Джинчарадзе, М. Чабукиани // Кормопроизводство. – 2005. – № 2. – С. 9–11.
4. Агроклиматические ресурсы Карельской АССР. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1974. – 114 с.
5. Агротехника возделывания сортов люцерны селекции ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса на семенные и кормовые цели: рекомендации / ФГУ РЦСК. – Москва, 2008. – 39 с.
6. Адров, С.В. Экологическая эффективность влагообеспеченности почвы в зоне сухих степей Нижнего Поволжья / С. В. Адров, А. Е. Габидулина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2010. – № 2 (18). – С. 88–93.
7. Андреева, Т.Ф. Фотосинтез и азотный обмен листьев / Т. Ф. Андреева; АН СССР. Науч. совет по проблемам фотосинтеза, Ин-т физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – Москва : Наука, 1969. – 199 с.
8. Аникиенко, Т.И. Химический состав и питательность зеленой массы и клубней топинамбура в сравнении с другими культурами // Успехи современного естествознания. – 2015. – № 9–2. – С. 278–282.
9. Атлас Карельской АССР. – Москва, 1989. – С. 14–15.
10. Атласова, Л.Г. Симбиотическая деятельность клубеньковых бактерий *Medicago falcata* L. в условиях Центральной Якутии / Л. Г. Атласова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – Т. 17, № 5. – С. 77–80.
11. Барановская, А.В. Краткая характеристика условий почвообразования и природных районов южной Карелии / А. В. Барановская, Е. М. Перевозчикова

- // Почвы южной Карелии и мероприятия по повышению их плодородия / Гос. изд-во Карельской АССР. – Петрозаводск, 1958. – С. 4–27.
12. Баринов, В.Н. Биологические приемы оптимизации минерального питания и развития козлятника восточного на легких почвах нечерноземной зоны / В. Н. Баринов, М. Н. Новиков // Агрехимия. – 2021. – № 9. – С. 45–49.
 13. Бахмет, О.Н. Почвенный покров / О. Н. Бахмет, Р. М. Морозова // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. – Петрозаводск, 2003. – С. 34–37.
 14. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ: метод. указания / И. Н. Бейдеман. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1974. – 155 с.
 15. Бельченко, С.А. Об итогах социально-экономического развития АПК Брянской области в 2015 году и задачах на 2016 год / С. А. Бельченко, В. Е. Ториков, И. Н. Белоус, С. Н. Поцепай // Вестник Брянской ГСХА. – 2016. – № 1 (53).
 16. Бжеумыхов, В.С. Научное обоснование повышения эффективности возделывания люцерны на основе интенсификации и рационального использования симбиотической азотфиксации: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.09 / В. С. Бжеумыхов. – Орёл, 2008. – 44 с.
 17. Благовещенский, Г.В. Кормопроизводство Нечернозёмной зоны в изменяющемся климате / Г. В. Благовещенский // Кормопроизводство. – 2008. – № 10. – С. 6–8.
 18. Благовещенский, Г.В. Эффективность биоразнообразия в агроэко системах / Г. В. Благовещенский, В. Д. Штырхунов, В. В. Конончук и др. // Доклады ТСХА. – 2009. – Вып. 281. – С. 100–102.
 19. Борисова, В.Б. Эффективность применения удобрений и инокуляции семян биопрепаратом клубеньковых бактерий при возделывании люцерны серповидной на мерзлотной таежной палеовой почве центральной Якутии: дис. ... канд. с.-х. наук / В. Б. Борисова. – Москва, 2023. – 176 с.
 20. Вавилов, П.П. Бобовые культуры и проблемы растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов. – Москва: Россельхозиздат, 1983. – 256 с.
 21. Варакин, А.Т. Эффективность возделывания одновидовых и смешанных посевов люцерны изменчивой в условиях Северо-Западного региона России для приготовления кормов / А. Т. Варакин, С. Н. Шевелёва, Н. А. Щекутьева и

- др. // Известия НВ АУК. – 2022. – Т. 4, № 68. – С. 207–213. – DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-24.
22. Василько, В.П. Теоретические аспекты системы земледелия на агроландшафтной основе: учеб. пособие / В. П. Василько, А. М. Кравцов, А. А. Квашин, Р. В. Кравченко. – Краснодар: КубГАУ, 2021. – 113 с.
23. Владимирова, В. В. Питательность сырья травостоев, созданных на основе люцерны изменчивой, при возделывании в условиях Ленинградской области / В. В. Владимирова // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 50. – С. 17–22.
24. Владимирова, В.В. Создание укосных однокомпонентных и многокомпонентных травостоев с люцерной изменчивой в условиях Ленинградской области / В. В. Владимирова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2024. – № 1 (139). – С. 1–6.
25. Волошин, Е.И. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав (люцерна, клевер, донник, эспарцет) : метод. рекомендации / Е. И. Волошин, А. Т. Аветисян ; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017. – 31 с.
26. Воробейков, Г.А. Исследование эффективности штаммов ассоциативных ризобактерий в посевах различных видов растений / Г. А. Воробейков, Т. К. Павлова, С. В. Кондрат и др. // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. – 2011. – № 141. – С. 114–123.
27. Голобородько, С.П. Люцерна: монография / С. П. Голобородько, Н. Н. Лазарев. – Москва : Изд-во РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, 2009. – 425 с.
28. Голодовский, В.Л. Биология семенной люцерны / В. Л. Голодовский, Х. И. Ибрагимов, Х. У. Азимов. – Ташкент: ФАН, 1971. – 240 с.
29. Голубева, О.А. Продуктивность и питательная ценность фитоценозов с люцерной изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в условиях Республики Карелия / О. А. Голубева, Г. В. Евсеева, К. Е. Яковлева // Кормопроизводство. – 2011. – № 4. – С. 36–38.
30. Гончаров, П.Л. Биологические аспекты возделывания люцерны / П. Л. Гончаров, П. А. Лубенец. – Новосибирск: Наука, 1985. – 250 с.

31. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорты растений: офиц. изд. / ФГБНУ «Росинформагротех». – Москва, 2018. – 504 с.
32. Дегунова, Н.Б. Применение биопрепаратов на посевах козлятника восточного и их влияние на продуктивность зеленой массы и семян / Н. Б. Дегунова, Ю. Б. Данилова, Е. П. Шкодина // Живые и биокосные системы. – 2015. – № 14. – Режим доступа: <http://www.jbks.ru/archive/issue-14/article-9> (дата обращения: 10.12.2024).
33. Дедов, А.В. Влияние многолетних трав на плодородие почв / А. В. Дедов, М. А. Несмеянова // Агрохимический вестник. – 2012. – № 4. – С. 7–9.
34. Демарчук, Г.А. Ученые В. Р. Вильямса о питании многолетних трав в свете современных знаний / Г. А. Демарчук // Кормопроизводство. – 2003. – № 12. – С. 14–15.
35. Денисенко, О.А. Биологизация как способ повышения плодородия почв / О. А. Денисенко // Студенческий научный форум: сб. материалов IX Междунар. студ. науч. конф. – 2017. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017035886> (дата обращения: 03.12.2024).
36. Долматова, Е.С. Клубеньковые азотфиксирующие бактерии / Е. С. Долматова // Студенческий научный форум : сб. материалов VII Междунар. студ. науч. конф. – 2015. – Режим доступа: (дата обращения: 20.12.2024).
37. Донских, Н.А. Создание долголетних укосных травостоев на Северо-Западе России / Н. А. Донских // Современные проблемы развития лугопастбищного хозяйства в Северо-Западной зоне РФ: материалы науч.-практ. конф. – 1998. – С. 22–23.
38. Донских, Н.А. Эффективность создания сенокосных травостоев с люцерной изменчивой в условиях Ленинградской области / Н. А. Донских, А. Джумбе, З. Й. Айиссотоде // Вестник студенческого научного общества: науч. журн. – 2011. – № 1. – С. 171–175.

39. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учеб. пособие / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
40. Евсева, Г.В. Многолетние травы – основа кормопроизводства Карелии / Г. В. Евсева, С. Н. Смирнов. – Петрозаводск, 2016. – 80 с.
41. Евсева, Г.В. Фестулолиум (*Festulolium*) – новая кормовая культура в Карелии / Г. В. Евсева, С. Н. Смирнов, А. И. Камова, С. Е. Котов // Кормопроизводство. – 2015. – № 6. – С. 18–21.
42. Епифанова, И.В. Приемы возделывания многолетних бобовых трав на семена и кормовые цели в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.09 ; 06.01.05 / И. В. Епифанова. – Пенза, 2004. – 20 с.
43. Жезмер, Н.В. Качество травяного сырья и вынос питательных веществ на долголетних среднеспелых трехукосных злаковых травостоях / Н. В. Жезмер // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 1. – С. 6–14.
44. Жеруков, Б.Х. Биологический азот в сельском хозяйстве: проблемы, решения и перспективы развития / Б. Х. Жеруков // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 47, № 2. – С. 43–47.
45. Животноводство в Российской Федерации: стат. сб. / Росстат. – М., 2024. – 136 с. – URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/zhivot_2023.pdf (дата обращения: 20.11.2024).
46. Жизнь растений: в 6 т. / гл. ред. чл.-кор. АН СССР А. А. Федоров. – Т. 1 : Введение. Бактерии и актиномицеты / под ред. чл.-кор. АН СССР Н. А. Красильникова, проф. А. А. Уранова. – Москва : Просвещение, 1974. – 487 с.
47. Жученко, А.А. Основы адаптивного использования природных биологических и техногенных ресурсов / А. А. Жученко // Зернофураж в России. – 2009. – С. 10–32.
48. Завалин, А.А. Экология азотфиксации / А. А. Завалин, О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева. – Москва: РАН, 2019. – 252 с.
49. Зимина, Т.В. Формирование злаковых и злаково-бобовых агрофитоценозов в зависимости от режима использования травостоев / Т. В. Зимина // Учёные

- записки академии сельского хозяйства и природных ресурсов НовГУ. – Великий Новгород, 2001. – С. 73–75.
50. Зыкин, В.А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В. А. Зыкин, И. А. Белан, В. С. Юсов. – Уфа: БашГАУ, 2005. – 100 с.
51. Ивлева, О.Е. Роль многолетних бобовых трав в кормопроизводстве Приморского края / О. Е. Ивлева, С. А. Берсенева, Л. В. Митрополова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 8 (98). – DOI: 10.23670/IRJ.2020.98.8.025. – Режим доступа: <https://www.irj.ru> (дата обращения: 27.10.2025).
52. Камова, А.И. Перспективные культуры для наращивания кормовой базы Республики Карелия / А. И. Камова, Т. В. Степанова, С. Н. Смирнов, Г. В. Евсеева // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов / СПбГАУ. – Санкт-Петербург, 2016. – С. 21–23.
53. Капустин, Н.И. Биологизация кормового производства – основное звено увеличения производства кормов в Северной части Нечерноземной зоны / Н. И. Капустин // Биологизация интенсификационных процессов – перспективное направление в земледелии и растениеводстве на Северо-Западе РФ: сб. науч. ст. – Санкт-Петербург–Пушкин, 2001. – С. 102–104.
54. Клевенская, В. В. Состояние и перспективы развития Центральной справочной библиотеки в системе фондов Библиотеки имени В. И. Ленина / В. В. Клевенская, М. Н. Морозова // Труды Государственной библиотеки СССР им. В. И. Ленина: в 13 т. – Т. 13: Фонды: состояние и тенденции развития. – Москва : Книга, 1976.
55. Климат Карелии: изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / КарНЦ РАН. – Петрозаводск, 2004. – 224 с.
56. Клочков, А.В. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А. В. Клочков, О. Б. Соломко, О. С. Клочкова

- // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии: науч.-метод. журн. – Горки, 2003. – ISSN 2076-5215. – С. 101–105.
57. Кожемяков, А.П. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений / И. А. Тихонович, А. А. Завалин, Г. Г. Благовещенская, А. П. Кожемяков // Плодородие. – 2011. – № 3. – С. 9–13.
58. Кожемяков, А.П. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных биопрепаратов комплексного действия / А. П. Кожемяков, С. Н. Белоброва, А. Г. Орлова // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 112–115.
59. Кононов, А.С. Физиология процесса азотфиксации и фотосинтез в гетерогенном посеве / А. С. Кононов // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. – 2013. – № 1 (1). – С. 42–50.
60. Концепция развития кормопроизводства в Российской Федерации. – Москва, 1999. – 70 с.
61. Косолапов, В.М. Адаптивная интенсификация кормопроизводства / В. М. Косолапов // Интенсификация и эффективность отраслей животноводства России : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Москва, 26–27 июня 2007 г.) / ВНИИ экономики, труда и управления в сельском хозяйстве. – Москва: Восход-А, 2007. – С. 306–318.
62. Косолапов, В.М. Кормопроизводство в экономике сельского хозяйства / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов // Вестник РАСХН. – 2010. – № 1. – С. 31–32.
63. Косолапов, В.М. Кормопроизводство, рациональное природопользование и агроэкология / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Г. Н. Бычков, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Кормопроизводство. – 2016. – № 8. – С. 3–8.
64. Косолапов, В.М. Стратегия инновационного развития кормопроизводства / В. М. Косолапов // Вестник РАСХН. – 2012. – № 1.
65. Косолапов, В.М. Рациональное природопользование и кормопроизводство в сельском хозяйстве России / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева. – Москва: РАН, 2018. – 132 с.

66. Косолапов, В.М. Качество и эффективность кормов / В. М. Косолапов, А. И. Фицев, А. П. Гаганов // Животноводство России. – 2010. – № 11. – С. 50–52.
67. Косолапов, В.М. Кормопроизводство в сельском хозяйстве, экологии и рациональном природопользовании: теория и практика / В. М. Косолапов, И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова. – Москва: Типография Россельхозакадемии, 2014. – 135 с.
68. Косолапова, В. Корма из люцерны для дойных коров / В. Косолапова, Г. Степанова, С. Муссие // Молочное скотоводство. – 2022. – № 9. – С. 45–48. – DOI: 10.25701/ZZR.2022.09.09.001.
69. Кошеваров, Н.И. Урожайность и качество зернофуража из одновидовых и смешанных посевов в условиях Сибири и Северного Казахстана / Н. И. Кошеваров, Т. А. Садохин, Д. Ю. Бакшаев и др. // Кормопроизводство. – 2017. – № 1. – С. 22–26.
70. Кошеваров, Н.И. Многокомпонентные сенажные смеси в решении проблемы дефицита кормового растительного белка / Н. И. Кошеваров, В. С. Сапрыкин, В. П. Данилов // Кормопроизводство. – 2013. – № 1. – С. 3–7.
71. Кравченко, А.В. Конспект флоры Карелии / А. В. Кравченко. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 403 с.
72. Краснова, Л.И. Частная селекция и первичное семеноводство полевых культур в условиях степного и лесостепного Приуралья / Л. И. Краснова. – Оренбург: ОГАУ, 2007. – 220 с.
73. Кретович, В.Л. Биохимия усвоения азота воздуха растениями / В. Л. Кретович // Усвоение и метаболизм азота у растений. – Москва, 1994. – С. 168.
74. Кудеяров, В.Н. Оценка питательной деградации пахотных почв России / В. Н. Кудеяров // Вестник Российской академии наук. – 2015. – Т. 85, № 9. – С. 771–775.
75. Куляхтин, М.Ф. Люцерно-кострецовые травосмеси в Западной Сибири / М. Ф. Куляхтин // Кормопроизводство. – 1983. – № 5. – С. 29–31.

76. Куренкова, Е.М. Урожайность различных сортов люцерны изменчивой в зависимости от способов основной обработки почвы и известкования: дис. ... канд. с.-х. наук / Е. М. Куренкова. – Москва, 2021. – 185 с.
77. Кутузова, А.А. Рекомендации по устойчивости агроландшафта на основе ресурсовозобновляющей роли многолетних трав / А. А. Кутузова, Г. Д. Харьков, Т. В. Прологова. – Москва : ВНИИ кормов, 2002. – 17 с.
78. Лазарев, Н.Н. Луговые травы в Нечерноземье: урожайность, долголетие, питательность / Н. Н. Лазарев, А. Н. Исаков, А. М. Стародубцева. – Москва : Изд-во РГАУ–МСХА им. К. А. Тимирязева, 2015. – 165 с.
79. Лазарев, Н.Н. Продуктивное долголетие различных сортов люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в условиях Московской области / Н. Н. Лазарев, А. М. Стародубцева, Е. М. Куренкова, Д. В. Пятинский // Кормопроизводство. – 2014. – № 11. – С. 7–11.
80. Лазарев, Н.Н. Люцерна в системе устойчивого кормопроизводства / Н. Н. Лазарев, О. В. Кухаренкова, Е. М. Куренкова // Кормопроизводство. – 2019. – № 4. – С. 3–8.
81. Лазарев, Н.Н. Многолетние бобовые травы в Нечерноземье: монография / Н. Н. Лазарев, А. Д. Прудников, Е. М. Куренкова, А. М. Стародубцева. – Москва: Изд-во РГАУ–МСХА, 2017. – 162 с.
82. Лазарев, Н.Н. Урожайность люцерно-тимофеечных травосмесей в зависимости от способов обработки почвы, известкования и кратности скашивания / Н. Н. Лазарев, Е. М. Куренкова, А. Н. Садовский // Кормопроизводство. – 2011. – № 1. – С. 16–18.
83. Лазарев, Н.Н. Урожайность сортов люцерны (*Medicago L.*) на дерново-подзолистой почве в Московской области / Н. Н. Лазарев, А. Н. Садовский, А. А. Потапов // Кормопроизводство. – 2012. – № 11. – С. 23–24.
84. Лактионов, Ю.В. Урожайность и качество сельскохозяйственной продукции при использовании биопрепаратов / Ю. В. Лактионов, А. П. Кожемяков, В. В. Яхно, В. И. Корчагин, Н. А. Сумина // Агромир Черноземья. – 2013. – № 1–2 (103). – С. 24–25.

85. Лепкович, И.П. Современное луговое хозяйство / И. П. Лепкович. – Санкт-Петербург: Профи-информ, 2005. – 420 с.
86. Лепкович, И.П. Экотипы видов люцерны на природных лугах и возделывание сортов козлятника восточного в Новгородской области / И. П. Лепкович, Т. В. Зимина, О. С. Журавлева, Б. И. Суханов // Кормопроизводство. – 2004. – № 6. – С. 24–28.
87. Лобков, В.Т. Биологизация земледелия и почвозащитный комплекс / В. Т. Лобков // Земледелие. – 1997. – № 1. – С. 8.
88. Лупашку, М.Ф. Люцерна / М. Ф. Лупашку. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 256 с.
89. Марченко, А.И. Почвы Карелии / А. И. Марченко. – Москва; Ленинград, 1962. – 310 с.
90. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: в 2 вып. / Госкомиссия по сортоиспытанию с.-х. культур. – Вып. 2. – Москва, 1989. – 250 с.
91. Методика опытов на сенокосах и пастбищах: в 2 ч. / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т кормов им. В. Р. Вильямса. – Ч. 1. – Москва, 1971. – 19 с.
92. Методические основы полевых опытов с кормовыми культурами / А. С. Шпаков, Ю. К. Новоселов, Г. Д. Харьков, В. Т. Воловик, Л. А. Трузина, Т. В. Прологова, А. Н. Уланов, Н. А. Ларетин, С. Е. Сергеева, Т. Г. Усольцева. – Москва: ФГБОУ ДПО РАКО АПК, 2024. – 332 с.
93. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса; подгот. Ю. К. Новоселов и др. – 2-е изд. – Москва: ВИК, 1987. – 197 с.
94. Методическое пособие по агроэнергетической оценке технологий и систем ведения кормопроизводства. – Москва: Россельхозакадемия, 2000. – 53 с.
95. Миркин, Б. М. Введение в современную науку о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова. – Москва: ГЕОС, 2017. – 280 с.

96. Мишустин, Е. Н. Биологическая фиксация атмосферного азота / Е. Н. Мишустин, В. К. Шильникова; АН СССР. Ин-т микробиологии, Моск. с.-х. акад. им. К. А. Тимирязева. – Москва: Наука, 1968. – 531 с.
97. Мишустин, Э. Н. Микробиология / Э. Н. Мишустин, В. Т. Емцев. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
98. Морозов, Н. М. Создание прочной кормовой базы и технических средств нового поколения – залог успешного развития животноводства / Н. М. Морозов, В. К. Скоркин, А. В. Скоркин // Вестник ВНИИМЖ. – 2016. – № 4 (24).
99. Морозова, Р. М. Земельные ресурсы Карелии и их охрана / Р. М. Морозова, Н. Г. Федорец. – Петрозаводск, 2004. – 152 с.
100. Мудрых, Н. М. Экологическая организация системы «сельскохозяйственные животные – кормовые угодья – пашня» / Н. М. Мудрых, И. А. Самофалова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 6 (116). – С. 83–88.
101. Назарова, Л. Е. Климат / Л. Е. Назарова // Разнообразие биоты Карелии: условия формирования, сообщества, виды. – Петрозаводск, 2003. – С. 29–33.
102. Назарюк, В.М. Почвенно-экологические основы оптимизации питания растений = Soil and ecological factors of plant nutrition optimization / В. М. Назарюк; отв. ред. Л. Л. Убугунов; Российская академия наук, Сибирское отделение, Институт почвоведения и агрохимии. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 359 с.
103. Нетрусов, А.И. Экология микроорганизмов / А. И. Нетрусов (ред.), Е. А. Бонч-Осмоловская, В. М. Горленко. – Москва: Академия, 2004. – 272 с.
104. Никулин, А.Б. Формирование укосных травостоев с козлятником восточным сорта Кривич в условиях Ленинградской области / А. Б. Никулин // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. – 2021. – № 2. – С. 9–18.
105. Новик, Н.В. Сортовые реакции люпина жёлтого и узколистного на предпосевную инокуляцию семян: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.05 / Новик Наталья Валентиновна. – Брянск, 2005. – 20 с.

106. Новиков, М. Н. Биологические приемы эффективного использования азота почвы, удобрений, симбиотической азотфиксации в полевых агроценозах / М. Н. Новиков // *Агрохимия*. – 2020. – № 8. – С. 60–69.
107. Новоселов, Ю.К. Стратегия совершенствования сырьевой базы для производства растительного масла и высокобелковых кормов / Ю. К. Новоселов, В. Т. Воловик, В. В. Рудоман // *Кормопроизводство*. – 2008. – № 10. – С. 2–5.
108. Организация полноценного кормления высокопродуктивных коров: рекомендации. – Москва : ФГУ РЦСК, 2008. – 58 с.
109. Орлова, А.Г. Продуктивность люцерны изменчивой в зависимости от применения микробных препаратов в условиях Ленинградской области / А. Г. Орлова, О. Г. Рапина // *Кормопроизводство*. – 2017. – № 8. – С. 33–37.
110. Петухова, Е.А. Зоотехнический анализ кормов / Е. А. Петухова, Р. Ф. Бессарабова, Л. Д. Хваленева, О. А. Антонова. – Москва: Колос, 1981. – 256 с.
111. Писковацкий, Ю.М. Новые направления в селекции люцерны и создание экологически дифференцированных сортов, различающихся по типу использования / Ю. М. Писковацкий, Ю. М. Ненароков, Г. В. Степанова и др. // *Адаптивное кормопроизводство: проблемы и решения*. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – С. 294–308.
112. Попов, А.И. Научное обоснование биологической коррекции продуктивности сельскохозяйственных культур / А. И. Попов, Н. М. Ковалёва // *Научные труды по агрономии*. – 2019. – Т. 2, № 2. – С. 37–45.
113. Посыпанов, Г.С. Симбиотическая активность сои в зависимости от уровня влагообеспеченности и штамма *Rhizobium* / Г. С. Посыпанов, Б. М. Князев, Б. Х. Жеруков и др. // *Известия ТСХА*. – 1987. – Вып. 5. – с. 45-51.
114. Потребление основных продуктов питания (в расчете на душу населения): [официальный сайт] / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). – URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/31346> (дата обращения: 20.11.2024).

115. Проворов, Н.А. Габитус и продуктивность люцерны в зависимости от инокуляции штаммами *Sinorhizobium meliloti*, различающимися по солеустойчивости / Н. А. Проворов, О. П. Онищук, О. Н. Курчак // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 3. – С. 343–350.
116. Проворов, Н.А. Зависимость симбиотической активности клубеньковых бактерий люцерны (*Rhizobium meliloti*) от метеорологических факторов / Н. А. Проворов, С. Н. Федоров, Б. В. Симаров // Труды ВНИИСХМ. – 1989. – Т. 59. – С. 45–52.
117. Рапина, О.Г. Формирование урожайности различных сортов люцерны изменчивой в зависимости от применения биопрепаратов / О. Г. Рапина, А. Г. Орлова // Вестник Студенческого научного общества. – 2011. – № 1. – С. 199–203.
118. Рапина, О.Г. Влияние инокуляции семян перспективными штаммами клубеньковых бактерий (*Sinorhizobium meliloti*) на продуктивность люцерны изменчивой в условиях Ленинградской области / О. Г. Рапина // Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. – Санкт-Петербург, 2019. – С. 5.
119. Рашевская, И. В. Рост, минеральное питание и продуктивность козлятника восточного (*Galega orientalis* L.) при инокуляции семян клубеньковыми и ассоциативными ризобактериями : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.12 / Рашевская Ирина Владимировна. – Санкт-Петербург, 2005. – 20 с.
120. Республика Карелия в цифрах, 2024: краткий статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Карелия (Карелиястат). – Петрозаводск, 2024. – 121 с.
121. Романов, А.А. О климате Карелии / А. А. Романов. – Петрозаводск: Госиздат Карело-Финской АССР, 1961. – 139 с.
122. Российская кормовая отрасль: итоги 2020 года: [сайт] / Консалтинговая группа «Текарт». – URL: https://techart.ru/download/insights/0008/4434/add_files/2020results_feed_industry_techart-1615466331.pdf (дата обращения: 20.11.2024).

123. Румянцева, М.Л. Сравнительный анализ геномных характеристик у референтных штаммов *Sinorhizobium meliloti* – симбионтов люцерны / М. Л. Румянцева, В. С. Мунтян, М. Е. Черкасова и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 5. – С. 928–939.
124. Румянцева, М.Л. Высокоэффективные штаммы клубеньковых бактерий люцерны (*Medicago varia* L.): молекулярно-генетическая характеристика и использование в сопряженной селекции / М. Л. Румянцева, М. Е. Владимирова, В. С. Мунтян и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 6. – С. 1306–1323.
125. Сатаров, М.Ю. Оптимальный режим скашивания люцерно-кострецовой травосмеси / М. Ю. Сатаров // Кормопроизводство. – 2014. – № 5. – С. 8–12.
126. Сельскохозяйственная экология / Н. А. Уразаев, А. А. Вакулин, А. В. Никитин и др. – Москва : Колос, 2000. – 384 с.
127. Семеноводство и сертификация семян: краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство, профиль подготовки «Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений» / Е. В. Субботин. – Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2014. – 76 с.
128. Сереброва, И.В. Создание бобово-злаковых травостоев укосного использования в условиях Европейского Севера России / И. В. Сереброва, В. В. Вахрушева, Л. И. Кременская // Интенсификация сельскохозяйственного производства : сб. науч. ст. / Северо-Западный НИИ молочного и лугопастбищного хозяйства. – Вологда-Молочное, 2004. – С. 76–79.
129. Сидорова, К.К. Симбиогенетика и селекция макросимбионта на повышение азотфиксации на примере гороха (*Pisum sativum* L.) / К. К. Сидорова, В. К. Шумный, Е. Ю. Власова и др. // Вестник ВОГиС. – 2010. – Т. 14, № 2. – С. 357–374.
130. Сидорова, Л.П. Синтез, строение и свойства формазапов, содержащих фрагменты бензимидазола-5(6) и бензимидазола-4(7) : автореф. дис. ... канд. хим. наук : 03.00.08 / Л. П. Сидорова ; Уральский политехнический институт им. С. М. Кирова. – Свердловск, 1973. – 30 с.

131. Смирнов, С.Н. Возделывание люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в составе бобово–злаковых травосмесей в условиях Европейского Севера / С. Н. Смирнов, Л. П. Евстратова, Г. В. Евсеева // Кормопроизводство. – 2018. – № 11. – С. 23–26.
132. Сокращение поголовья крупного рогатого скота на 2,2% до 17,1 млн животных: [сайт] / T Adviser. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Животноводство_в_России (дата обращения: 20.11.2024).
133. Солонечный, П.Н. АММИ и GGE biplot анализ взаимодействия генотип–среда линий ячменя ярового / П. Н. Солонечный // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – Т. 21, № 6. – С. 657–662. – DOI: 10.18699/VJ17.283.
134. Сорты кормовых культур селекции ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса»: монография / ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». – Москва: ООО «Угрешская типография», 2019. – 92 с.
135. Спиридонов, А.М. Влияние инокуляции на семенную продуктивность люцерны изменчивой в условиях Северо-Запада России / А. М. Спиридонов // Collection of scientific articles IX International correspondence scientific specialized conference. Problems of science. – Boston, 2019. – P. 18–25.
136. Спиридонов, А.М. Многолетние бобовые травы в земледелии и кормопроизводстве Северо-Запада РФ / А. М. Спиридонов. – Москва; Берлин: Directmedia, 2021. – 240 с.
137. Спиридонов, А.М. Современные аспекты кормопроизводства: учеб. пособие / А. М. Спиридонов. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2019. – 144 с.
138. Спиридонов А.М., Мазин А.М. Продуктивность сортов люцерны изменчивой и синей в условиях Северо-Запада России / Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – №60. – С.16-22.

139. Степанова, Г.В. Сорта люцерны для северных регионов возделывания / Г. В. Степанова, А. А. Ионов, Н. М. Барсуков, А. В. Пьянков // Кормпроизводство. – 2023. – № 11. – С. 32–36.
140. Степанова, Г.В. Создание сортов люцерны изменчивой нового поколения с высокой азотфиксирующей способностью / Г. В. Степанова // Материалы XXII международного симпозиума «Охрана биосферы. Эниология. Нетрадиционное растениеводство. Экология и медицина». – Алушта: Форма, 2013. – С. 240–243.
141. Степанова, Г. В. Селекция кормовых трав на повышение эффективности ассоциативного симбиоза / Г. В. Степанова, Ю. В. Нижник, С. А. Донсков // Съезд генетиков и селекционеров, посвящённый 200-летию со дня рождения Чарльза Дарвина. V съезд Вавиловского общества генетиков и селекционеров : тез. докл. Ч. 1 (Москва, 21–28 июня 2009 г.). – Москва, 2009. – С. 332.
142. Сукачев, В. Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений / В. Н. Сукачев // Ботанический журнал. – 1953. – Т. 38, № 1. – С. 38–57.
143. Технология сортовой агротехники люцерны изменчивой в Тюменской области: технологические рекомендации. – Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2022. – 38 с. – URL: <https://www.tsaa.ru/documents/publications/2022/xaralgina.pdf> (дата обращения: 20.11.2024). – Текст: электронный.
144. Тихонович, И.А. Перспективы использования азотфиксирующих и фитостимулирующих микроорганизмов для повышения эффективности агропромышленного комплекса и улучшения агроэкологической ситуации РФ / И. А. Тихонович, А. А. Завалин // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 28–32.
145. Тойгильдин, А.Л. Модели смешанных посевов многолетних трав для условий лесостепи Поволжья / А. Л. Тойгильдин, О. В. Солнцева, И. А. Тойгильдина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 52–58.

146. Трепачев, Е.П. Агрехимические аспекты биологического азота в современном земледелии / Е. П. Трепачев. – Москва, 1999. – 531 с.
147. Троян, Т. Н. Формирование эффективного бобово-ризобияльного симбиоза и его роль в повышении продуктивности агроэкосистем: автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Троян Татьяна Николаевна. – Калининград, 2010. – 20 с.
148. Туркова, Е.В. Морфобиологические особенности побегообразования многолетних бобовых трав / Е. В. Туркова // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2015. – № 11. – С. 7–14.
149. Тюльдюков, В.А. Продуктивность люцерно- и клеверо-злаковых травосмесей при двух- и трёхкратном скашивании / В. А. Тюльдюков, Н. Н. Лазарев, А. В. Кольцов // Кормопроизводство. – 2001. – № 4. – С. 15–18.
150. Тяпугин, Е.А. Возделывание люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в смешанных посевах в условиях Северо-Запада России / Е. А. Тяпугин, Г. А. Симонов, Н. Ю. Коновалова, Т. Н. Соболева // Кормопроизводство. – 2016. – № 10. – С. 22–25.
151. Фигурин, В. А. Выращивание люцерны на запольных участках в условиях Кировской области / В. А. Фигурин, А. П. Кислицына, Н. П. Сунцова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2014. – № 1. – С. 25–29.
152. Филиппов, Е.Г. Анализ показателей адаптивности сортов и линий ярового ячменя в экологическом сортоиспытании / Е. Г. Филиппов, Р. Н. Брагин, Д. П. Донцов // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 4(32). – С. 221–230.
153. Харьков, Г.Д. Многолетние травы – основной источник кормов / Г. Д. Харьков // Кормопроизводство. – 2001. – № 3. – С. 15–19.
154. Харьков, Г.Д. Эффективное использование сортов люцерны нового поколения в полевом кормопроизводстве Нечерноземной зоны России: рекомендации / Г. Д. Харьков. – Москва, 2003. – 28 с.
155. Хисматуллин, М. М. Бобовые и бобово-злаковые многолетние травы – составная часть органического земледелия Республики Татарстан / М. М.

- Хисматуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. – Т. 14, № 2 (53). – С. 64–67.
156. Храмой, В.К. Особенности формирования травостоев люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в чистом виде и в смешанных посевах с мятликовыми травами при двухукосном и трёхукосном использовании / В. К. Храмой, Н. М. Ивасюк, Е. В. Ивасюк // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2010. – № 6. – С. 36–42.
157. Храмой, В.К. Продуктивность люцерны изменчивой в чистом виде и в смешанных посевах при двух- и трёхукосном использовании / В. К. Храмой, Е. В. Ивасюк, Н. М. Ивасюк // Кормопроизводство. – 2013. – № 3. – С. 14–15.
158. Храмцева, В.Г. Урожайность люцерны изменчивой в зависимости от интенсивности использования травостоев / В. Г. Храмцева, Р. А. Андреева, С. В. Буров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2014. – № 8 (95). – С. 78–81.
159. Цветков, М.Л. Элементы биологизации в земледелии Алтайского края: монография / М. Л. Цветков, Л. М. Лысенко. – Барнаул: АЗБУКА, 2019. – 195 с.
160. Чебочаков, Е.Я. Эффективность приемов биологизации земледелия в разных агроэкологических районах Средней Сибири / Е. Я. Чебочаков, А. А. Шпедт // Земледелие. – 2018. – № 6. – С. 3–5.
161. Черкасов, Г.Н. Многолетние травы – важнейший ресурс повышения плодородия почвы и продуктивности земель / Г. Н. Черкасов // Кормопроизводство. – 2017. – № 1. – С. 18–20.
162. Чуркина, Г.Н. Эффективность биологической фиксации азота у новых сортов бобовых трав / Г. Н. Чуркина // Биотехнология. Теория и практика. – 2012. – № 2. – С. 66–70.
163. Шатский, И. М. Селекция и семеноводство многолетних трав в Центрально-Чернозёмном регионе России : науч. изд. / И. М. Шатский, И. С. Иванов, Н. И. Перепрраво и др. – Воронеж : ОАО «Воронежская областная типография», 2016. – 236 с.

164. Шевелева, С. Н. Продуктивность люцерны изменчивой в одновидовых и смешанных посевах в условиях Вологодского района / С. Н. Шевелева, Н. А. Щекутьева // Передовые достижения науки в молочной отрасли: сб. науч. тр. по результатам работы всерос. науч.-практ. конф. – Вологда, 2019. – С. 102–107.
165. Люцерна / А. Х. Щеуджен, Л. М. Онищенко, Х. Д. Хурум. – Майкоп: ОАО «Полиграфиздат» Адыгея, 2007. – 206 с.
166. Шкодина, Е. П. Применение биопрепаратов на люцерне изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в условиях северо-запада Российской Федерации / Е. П. Шкодина, Н. Б. Дегунова // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень ВНИИМК. – 2017. – Вып. 4 (172). – С. 90–95.
167. Шпаков, А.С. Агрорландшафтно-экологическое районирование и адаптивная интенсификация кормопроизводства Центрального экономического района Российской Федерации / А. С. Шпаков, И. А. Трофимов, А. А. Кутузова и др. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 396 с.
168. Шурхно, Р. А. Микробиологический статус микрофлоры ризосферы многолетних бобовых трав как критерий оценки и прогноза состояния почвы / Р. А. Шурхно, О. Л. Шайтанов, Р. Г. Гареев и др. // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – № 3. – С. 61–66.
169. Энергетическая оценка эффективности приёмов технологий возделывания полевых культур: учеб. пособие / ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2016. – 62 с.
170. Юдина, И. Н. Урожайность козлятника восточного в совместных посевах с многолетними бобовыми травами на дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях Калужской области / И. Н. Юдина, Л. Д. Попова, М. А. Бункова // Известия ТСХА. – 2008. – Вып. 1. – С. 154–160.
171. Яковлева, К. Е. Продуктивность агрофитоценозов с люцерной изменчивой в условиях Карелии / К. Е. Яковлева, О. А. Голубева, Г. В. Евсеева, С. Н. Смирнов // Научное обеспечение развития агропромышленного комплекса Европейского Севера РФ: сб. науч. тр. по материалам науч. Яковлева М.Т.

- Продуктивность и качество люцерны серповидной в зависимости от применения азотфиксирующих препаратов в условиях Центральной Якутии: автореф. дисс. канд. с.-х. наук: 06.01.09 / Яковлева Мария Тимофеевна. – Якутск, 2007. – 19 с.
172. Яковлева, М. Т. Продуктивность и качество люцерны серповидной в зависимости от применения азотфиксирующих препаратов в условиях Центральной Якутии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Яковлева Мария Тимофеевна. – Якутск, 2007. – 19 с.
173. Baturina, O. A. Draft Genome Sequence of *Sinorhizobium meliloti* strain CXM1-105 / O. A. Baturina [et al.] // *Microbiology Resource Announcements*. – 2019. – Vol. 8, № 12. – e01621-18. – DOI: 10.1128/MRA.01621-18.
174. Brauer, D. Effects of Lime and Calcium on Root Development and Nodulation of Clovers / D. Brauer, D. Ritchey, D. Belesky // *Crop Science*. – 2002. – Vol. 42. – P. 1640–1646.
175. Drosлом, P. N. Adapting Species for Mixtures / P. N. Drosлом, D. Smith // *Multiple Cropping*. – Madison : American Society of Agronomy, 1976. – P. 223–234.
176. Eberhart, S. A. Stability Parameters for Comparing Varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russell // *Crop Science*. – 1966. – Vol. 6, № 1. – P. 36–40.
177. Feng, Y. Yield and Quality Properties of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) and Their Influencing Factors in China / Y. Feng, Y. Shi, M. Zhao, H. Shen, L. Xu, Y. Luo, Y. Liu, A. Xing, J. Kang, H. Jing // *European Journal of Agronomy*. – 2022. – Vol. 141. – 126637. – DOI: 10.1016/j.eja.2022.126637.
178. Hardy, R. W. F. Application of the Acetylene Assay for Measurement of Nitrogen Fixation / R. W. F. Hardy // *Soil Biology and Biochemistry*. – 1973. – Vol. 5. – P. 41–83.
179. Kallenbach, R. L. Quality, and Persistence of Grazing- and Hay-Type Alfalfa under Three Harvest Frequencies / R. L. Kallenbach, C. J. Nelson, J. H. Coutts // *Agronomy Journal*. – 2002. – Vol. 94. – P. 1094–1103.

180. Kallenbach, R. L. Quality, and Persistence of Grazing- and Hay-Type Alfalfa under Three Harvest Frequencies / R. L. Kallenbach, C. J. Nelson, J. H. Coutts // *Agronomy Journal*. – 2002. – Vol. 94. – P. 1094–1103.
181. Katanski, S. Dry Matter Yield and Plant Density of Alfalfa as Affected by Cutting Schedule and Seeding Rate / S. Katanski, D. Milić, D. Karagić, S. Vasiljević [et al.] // *Grassland Science in Europe*. – 2018. – Vol. 23. – P. 265–267.
182. Kirda, C. Temporal Water Stress Effects on Nodulation, Nitrogen Accumulation and Growth of Soybean / C. Kirda // *Plant and Soil*. – 1989. – Vol. 120, № 1. – P. 49–55.
183. Kozyreva, M. Yu. Growth and Development of Alfalfa Depending on the Type of Nitrogen Nutrition / M. Yu. Kozyreva, L. Zh. Basieva, H. M. Nagham Majeed Al-A., A. Kh. Chibirova, Kh. M. Khetagurov // II International Scientific Conference “Plants and Microbes: The Future of Biotechnology” (PLAMIC2020). – 2020. – № 23.
184. Kumar, T. The Progress of Genetic Improvement in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) / T. Kumar, A. K. Bao, Z. Bao, F. Wang, L. Gao, S. M. Wang // *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding*. – 2018. – Vol. 54, № 2. – P. 41–51. – DOI: 10.17221/46/2017-CJGPB.
185. Lanyon, L. E. Nutrition and Fertilizer Use / L. E. Lanyon, W. K. Griffith // *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. – Madison : American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 1988. – P. 333–372.
186. Laroche, J.-P. Milk Production and Efficiency of Utilization of Nitrogen, Metabolizable Protein, and Amino Acids Are Affected by Protein and Energy Supplies in Dairy Cows Fed Alfalfa-Based Diets / J.-P. Laroche, R. Gervais, H. Lapierre, D. Ouellet, G. Tremblay, C. Halde, M.-S. Boucher, É. Charbonneau // *Journal of Dairy Science*. – 2022. – Vol. 105, № 1. – P. 329–346. – DOI: 10.3168/jds.2021-20674.
187. Ottman, M. J. Nitrogen Management in Alfalfa / M. J. Ottman, D. H. Putnam // *Proceedings of the 2013 Western Alfalfa & Forage Symposium*. – Reno, NV, 11–13 December 2013. – P. 17–34.

188. Parente, G. The Role of Grassland in Rural Tourism and Recreation in Europe / G. Parente, S. Bovolenta // Grassland – A European Resource? Book of Abstracts. 24th General Meeting of the European Grassland Federation. – Lublin, Poland, 3–7 June 2012. – Poznań : Oficyna Wydawnicza Garmond, 2012. – P. 139.
189. Peeters, A. Past and Future of European Grasslands. The Challenge of the CAP towards 2020 / A. Peeters // Grassland – A European Resource? Proceedings of the 24th General Meeting of the European Grassland Federation. – Lublin, Poland, 3–7 June 2012. – Poznań : Oficyna Wydawnicza Garmond, 2012. – P. 84.
190. Reynolds, S. G. Grasslands: Developments, Opportunities, Perspectives / S. G. Reynolds, J. Frame. – Rome : FAO, 2005. – 254 p. – (FAO Plant Production and Protection Series ; № 89).
191. Song, J. T. Harnessing the Potential of Forage Legumes, Alfalfa, Soybean, and Cowpea for Sustainable Agriculture and Global Food Security / J. T. Song, J. G. Shannon, J.-D. Lee // Frontiers in Plant Science. – 2018. – Vol. 9. – 1314. – DOI: 10.3389/fpls.2018.01314.
192. Whipps, J. K. Microbial Interactions and Biocontrol in the Rhizosphere / J. K. Whipps // Journal of Experimental Botany. – 2001. – Vol. 52, № 354. – P. 9–13. – DOI: 10.1093/jexbot/52.354.9.
193. Zhu, X. Effects of Different Roughage Diets on Fattening Performance, Meat Quality, Fatty Acid Composition, and Rumen Microbe in Steers / X. Zhu, B. Liu, J. Xiao, M. Guo, S. Zhao, M. Hu, Y. Cui, D. Li, C. Wang, S. Ma // Frontiers in Nutrition. – 2022. – Vol. 9. – 885069. – DOI: 10.3389/fnut.2022.885069.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Агрометеорологические условия в годы проведения исследований (данные Агробаза КарНЦ РАН)

Таблица А 1 – Погодные условия в течение периода вегетации по годам исследования

месяц	Годы									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	средне-многолетняя
	среднемесячная температура °С									
май	13,5	4,9	12,5	9,1	7,4	9,5	7,3	10,6	9,3	9,5
июнь	14,7	11,7	13,5	16,5	16,1	19,2	15,3	13,8	17	15,2
июль	18,7	15,5	18,6	13,5	16,1	20	18,8	15,5	19,7	17,1
август	15,5	15,9	16,9	13,4	14,6	14,7	18,3	16,8	17,6	15,9
сентябрь	10,5	9,8	11,4	9,6	11,3	7,7	8,2	14	15,2	11,0
	сумма активных температур выше +10°С									
май	361,2	53,6	328,6	192,7	84,3	203,5	95,6	274,6	199,1	199,2
июнь	361,7	295,2	352,7	477,3	474,5	561,9	603,1	357,9	510,4	443,9
июль	572,2	463,5	576,2	367,7	484,7	619,7	582	481,2	574	524,6
август	467,2	482,2	524,9	382,3	433,4	436,9	540,5	459,7	518,8	471,8
сентябрь	193,7	126,5	131,8	192,40	272,20	70,7	65,8	412,4	411,8	208,6
Сумма за вегетационный период	1956	1421	1914,2	1612,4	1749,1	1892,7	1887	1985,8	2214,1	1848,0

Таблица А 2 – Сумма осадков периодов вегетации по годам исследований, мм и ГТК

Месяц	Годы									средне-многолетняя
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
май	37,1	41,2	17,3	51,8	23,4	60,5	85,6	20,9	13,7	48
июнь	71,0	67,9	36,5	31,0	42,6	71,1	70,7	38,6	42,5	65
июль	113,8	74,7	55,1	133,2	58,1	33,3	98,6	154,8	82,7	83
август	202,2	62,7	104,5	48,5	56,7	186,1	102,5	71,1	19,1	82
сентябрь	48,5	138,0	49,9	42,4	67,6	43,5	119,4	67,4	25,1	70
Сумма за вегетационный период	472,6	384,5	263,3	306,9	248,4	394,5	476,8	352,8	183,1	348
ГТК										
Месяц	Годы									средне-многолетняя
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
май	1,0	7,7	0,5	2,7	2,8	3,0	9,0	0,8	0,7	3,1
июнь	2,0	2,3	1,0	0,6	0,9	1,3	1,2	1,1	0,8	1,2
июль	2,0	1,6	1,0	3,6	1,2	0,5	1,7	3,2	1,4	1,8
август	4,3	1,3	2,0	1,3	1,3	4,3	1,9	1,5	0,4	2,0
сентябрь	2,5	10,9	3,8	2,2	2,5	6,2	18,1	1,6	0,6	5,4
Сумма за вегетационный период	2,4	2,7	1,4	1,9	1,4	2,1	2,5	1,8	0,8	1,9

Примечание: ГТК - гидротермический коэффициент Селянинова

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Динамика роста и развития травостоев с люцерной изменчивой в период 2016-2018 гг. в зависимости от интенсивности использования травостоев

Таблица Б 1 – Высота трав по видам, см (2016 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трехукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	105	73	82	67	23
кострец безостый	122	73	99	72	35
клевер гибридный	86	59	62	58	17
2. Тимофеевка луговая	107	59	79	63	19
кострец безостый	125	67	98	58	37
люцерна изменчивая	75	61	67	60	31
3. Тимофеевка луговая	112	74	79	72	24
люцерна изменчивая	75	63	59	56	25
клевер гибридный	86	61	63	62	21
4. Кострец безостый	128	87	107	74	59
люцерна изменчивая	67	66	61	58	31
клевер гибридный	83	66	64	61	22
5. Фестулолиум	94	76	72	74	37
люцерна изменчивая	60	62	51	58	29
клевер гибридный	82	62	57	62	26

Таблица Б 2 – Высота трав по видам, см (2017 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трехукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	74	42	52	39	29
кострец безостый	75	55	52	41	33
клевер гибридный	44	35	42	35	22
2. Тимофеевка луговая	71	43	51	43	31
кострец безостый	77	62	54	48	39
люцерна изменчивая	59	68	41	42	28
3. Тимофеевка луговая	73	45	54	44	31
люцерна изменчивая	50	56	45	48	30
клевер гибридный	48	39	43	37	19
4. Кострец безостый	96	66	70	61	23
люцерна изменчивая	56	59	36	41	29
клевер гибридный	44	46	42	40	20
5. Фестулолиум	68	49	52	53	29
люцерна изменчивая	53	55	37	49	28
клевер гибридный	45	51	43	39	22

Таблица Б 3 – Высота трав по видам, см (2018 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трехукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	63	30	45	25	23
кострец безостый	67	43	59	44	27
клевер гибридный	38	34	39	33	18
2. Тимофеевка луговая	59	24	48	34	27
кострец безостый	67	43	65	51	34
люцерна изменчивая	42	48	47	72	46
3. Тимофеевка луговая	63	31	55	25	27
люцерна изменчивая	48	55	47	61	48
клевер гибридный	36	38	37	36	19
4. Кострец безостый	75	50	61	41	32
люцерна изменчивая	46	56	47	54	49
клевер гибридный	37	37	38	39	17
5. Фестулолиум	38	29	49	35	33
люцерна изменчивая	37	37	43	57	46
клевер гибридный	33	27	36	47	20

Таблица Б 4 – Густота стояния изучаемых травостоев, шт./м² (2016 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трёхукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	1824	400	1448	764	704
кострец безостый	344	656	372	936	597
клевер гибридный	272	348	204	608	368
внедрившиеся	60	12	24	36	-
Всего	2500	1416	2048	2344	1669
2. Тимофеевка луговая	2060	476	1384	436	603
кострец безостый	628	612	636	1120	496
люцерна изменчивая	152	248	124	204	267
внедрившиеся	20	44	24	40	5
Всего	2860	1380	2168	1800	1371
3. Тимофеевка луговая	1964	512	2120	1356	1611
люцерна изменчивая	44	116	52	132	112
клевер гибридный	236	624	240	696	256
внедрившиеся	16	40	24	24	27
Всего	2260	1292	2436	2208	2006
4. Кострец безостый	1180	996	1492	1304	805
люцерна изменчивая	68	172	80	212	187
клевер гибридный	292	348	320	804	139
внедрившиеся	32	16	32	44	27
Всего	1572	1532	1924	2364	1158
5. Фестулолиум	1280	1432	1396	988	1947
люцерна изменчивая	56	188	72	88	160
клевер гибридный	276	332	268	876	251
внедрившиеся	16	-	16	4	11
Всего	1628	1952	1752	1956	2369

Таблица Б 5 – Густота стояния изучаемых травостоев, шт./м² (2017 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трехукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	1381	1152	1339	912	491
кострец безостый	357	480	597	363	731
клевер гибридный	64	144	181	144	149
внедрившиеся	5	70	21	48	27
Всего	1807	1846	2138	1467	1398
2. Тимофеевка луговая	1781	795	1019	1253	539
кострец безостый	416	256	544	288	560
люцерна изменчивая	251	549	197	192	240
внедрившиеся	16	16	32	91	64
Всего	2464	1616	1792	1824	1403
3. Тимофеевка луговая	1808	1168	1440	1221	1365
люцерна изменчивая	80	187	5	192	128
клевер гибридный	144	117	235	133	107
внедрившиеся	11	43		21	37
Всего	2043	1515	1680	1567	1637
4. Кострец безостый	1168	1216	992	779	603
люцерна изменчивая	240	256	85	288	373
клевер гибридный	53	112	187	149	69
внедрившиеся	16	43	59	75	59
Всего	1477	1627	1323	1291	1104
5. Фестулолиум	2426	1504	1685	1104	2187
люцерна изменчивая	80	231	64	299	283
клевер гибридный	117	176	197	283	37
внедрившиеся	5	59		16	11
Всего	2628	1952	1946	1702	2518

Таблица Б 6 – Густота стояния изучаемых травостоев, шт./м² (2018 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трёхукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	880	229	1013	608	165
кострец безостый	411	827	480	656	587
клевер гибридный	11	96	53	37	64
внедрившиеся	48	37	59	64	117
Всего	1350	1189	1605	1365	933
2. Тимофеевка луговая	1088	197	773	720	197
кострец безостый	416	416	587	800	523
люцерна изменчивая	288	411	144	171	299
внедрившиеся	27	21	112	48	123
Всего	1818	1045	1616	1739	1142
3. Тимофеевка луговая	1541	571	1253	677	805
люцерна изменчивая	85	144	283	245	352
клевер гибридный	16	96	21	44	16
внедрившиеся	16	37	48	37	123
Всего	1658	848	1605	970	1296
4. Кострец безостый	789	640	517	597	501
люцерна изменчивая	203	357	345	256	331
клевер гибридный	-	32	-	32	5
внедрившиеся	80	48	107	53	117
Всего	1072	1077	969	938	954
5. Фестулолиум	1696	2197	1440	1584	1035
люцерна изменчивая	192	400	389	219	496
клевер гибридный	59	85	-	27	-
внедрившиеся	85	37	32	32	91
Всего	2032	2719	1861	1862	1622

Таблица Б 7 – Долевое участие видов в составе травостоев, % (2016 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трехукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	72,4	11,2	63,3	22,9	44,4
кострец безостый	10,9	41,3	22,9	22,2	27,1
клевер гибридный	16,5	47,1	13,5	54,2	28,5
внедрившиеся	0,2	0,4	0,3	0,7	-
2. Тимофеевка луговая	77,8	15,6	64,8	13,8	29,7
кострец безостый	18,3	28,8	30,4	37,1	40,1
люцерна изменчивая	3,2	54,9	4,3	48,5	29,9
внедрившиесяе	0,7	0,7	0,5	0,6	0,3
3. Тимофеевка луговая	67	21,2	78,9	28,6	75,8
люцерна изменчивая	2	5,9	0,7	8	13,5
клевер гибридный	30,2	72,6	20,1	63	9,5
внедрившиеся	0,8	0,3	0,3	0,4	1,2
4. Кострец безостый	76,5	60,2	70,6	42,4	83,4
люцерна изменчивая	1,7	1,6	0,9	5,7	11,7
клевер гибридный	21,6	23	28,4	49,3	4,6
внедрившиеся	0,2	0,1	0,1	2	0,3
5. Фестулолиум	64,4	33,4	65,6	18,9	83,8
люцерна изменчивая	2,8	21,8	1,1	3,8	7,4
клевер гибридный	32	44,8	33,2	77,9	8,8
внедрившиеся	0,8		0,1	-	-

Таблица Б 8 – Долевое участие видов в составе травостоев, % (2017 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трехукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	75,4	46,3	58,9	46,1	28,8
кострец безостый	20,6	38,5	30,6	37	44,8
клевер гибридный	4	13,9	10,1	15,3	23,1
внедрившиеся	-	1,3	0,4	1,6	3,3
2. Тимофеевка луговая	55	17,6	49,8	42,6	33,6
кострец безостый	27,1	22,7	28,8	21,9	29,5
люцерна изменчивая	17,8	59,5	18,2	27,2	30,8
внедрившиеся	0,1	0,2	3,2	8,3	6,1
3. Тимофеевка луговая	87	49,2	73,2	62	71,2
люцерна изменчивая	3,1	43,7	2,8	15,3	14,6
клевер гибридный	9,3	6,7	25	4,6	7,4
внедрившиеся	0,6	0,4	-	0,2	6,8
4. Кострец безостый	90,1	61,4	86	55,6	34,8
люцерна изменчивая	7,3	31,4	0,6	26,5	47,9
клевер гибридный	1,7	6,6	12,5	17,1	7,6
внедрившиеся	0,9	0,6	0,9	0,8	9,7
5. Фестулолиум	88,5	28,7	82,1	48,7	77,6
люцерна изменчивая	5,3	46	3,5	35,1	20,8
клевер гибридный	6	23,9	14,4	16,2	1,4
внедрившиеся	0,2	1,4	-	-	0,2

Таблица Б 9 – Долевое участие видов в составе травостоев, % (2018 г.)

Варианты опыта	Двуукосное использование		Трехукосное использование		
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1. Тимофеевка луговая	57,9	11,7	57,7	21,3	13,5
кострец безостый	34,4	57,5	36,7	55,4	38,1
клевер гибридный	0,7	29,8	3,5	14,1	24,2
внедрившиеся	7	1	2,1	9,2	24,2
2. Тимофеевка луговая	52,1	7	29,4	7,6	4,7
кострец безостый	24,3	29,4	43,9	22,6	14,8
люцерна изменчивая	21,6	62,8	9,2	66,9	70,2
внедрившиеся	2	0,8	17,5	2,9	10,3
3. Тимофеевка луговая	92,8	15,8	76,4	10,8	11,5
люцерна изменчивая	5,4	63,3	17,1	85,7	78,2
клевер гибридный	-	20,3	1,4	1,2	0,7
внедрившиеся	1,8	0,6	5,1	2,3	9,6
4. Кострец безостый	76,3	27,7	34,5	38,8	10,4
люцерна изменчивая	16,7	67	45,3	53,8	77,7
клевер гибридный	-	2,6	-	1,8	0,3
внедрившиеся	7	2,7	20,2	5,6	11,6
5. Фестулолиум	66,9	41,2	71,2	43	15,6
люцерна изменчивая	21,6	52	28,2	49,9	81,1
клевер гибридный	6,4	6,2	-	6	-
внедрившиеся	5,1	0,6	0,6	1,1	3,3

Таблица Б 10 – Динамика видового состава за 2016-2018 гг. (массовая доля, % в среднем за вегетационный период)

Варианты опыта	Двуукосное использование			Трехукосное использование		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
1. Тимофеевка луговая	41,8	60,8	34,8	43,5	44,6	30,8
кострец безостый	26,1	29,6	45,9	24,1	37,5	43,4
клевер гибридный	31,8	9	15,3	32,1	16,1	13,9
внедрившиеся	0,3	0,6	4	0,3	1,8	11,9
2. Тимофеевка луговая	46,7	36,3	29,5	36	42	13,9
кострец безостый	23,5	24,9	26,9	35,9	26,7	27,1
люцерна изменчивая	29,1	38,6	42,2	27,6	25,4	48,8
внедрившиеся	0,7	0,2	1,4	0,5	5,9	10,2
3. Тимофеевка луговая	44,1	68,1	54,3	61,1	68,8	32,9
люцерна изменчивая	4	23,4	34,4	7,4	10,9	60,3
клевер гибридный	51,4	8	10,1	30,9	12,3	1,1
внедрившиеся	0,5	0,5	1,2	0,6	8	5,7
4. Кострец безостый	68,3	75,7	52	65,5	58,8	27,9
люцерна изменчивая	9,2	19,4	41,8	6,1	25	58,9
клевер гибридный	22,4	4,1	1,3	27,4	12,4	0,7
внедрившиеся	0,1	0,8	4,9	1	3,8	12,5
5. Фестулолиум	48,9	58,6	54	56,1	69,5	43,3
люцерна изменчивая	12,3	25,6	36,8	3,9	19,8	53,1
клевер гибридный	38,4	15	6,3	40	10,6	2
внедрившиеся	0,4	0,8	2,9	-	0,1	1,6

Таблица Б 11 – Урожайность травостоев в зависимости от интенсивности использования в период 2016-2018 гг.

Вариант опыта	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	Зелёная масса, т/га	Сухая масса, т/га	Зелёная масса, т/га	Сухая масса, т/га	Зелёная масса, т/га	Сухая масса, т/га	Зелёная масса, т/га	Сухая масса, т/га
Двукратное скашивание								
1. Тимофеевка + кострец + клевер – контроль	50,8	11,04	36,3	6,32	18,07	5,12	35,06	7,49
2. Тимофеевка + кострец + люцерна	35,1	9,18	36,2	7,07	24,09	6,04	31,8	7,43
3. Тимофеевка + люцерна + клевер	53,4	9,98	38,9	7,0	20,27	5,59	37,52	7,52
4. Кострец + люцерна + клевер	49,9	10,64	37,9	7,55	23,52	6,73	37,11	8,31
5. Фестулолиум + люцерна + клевер	66,1	13,15	43,6	8,18	17,52	4,40	42,41	8,58
Трёхкратное скашивание								
1. Тимофеевка + кострец + клевер – контроль	52,4	9,43	39,9	6,37	19,96	5,07	37,42	6,96
2. Тимофеевка + кострец + люцерна	34,1	8,01	37,2	7,32	32,12	6,68	34,47	7,34
3. Тимофеевка + люцерна + клевер	62,6	10,99	44,6	7,41	29,23	6,86	45,48	8,42
4. Кострец + люцерна + клевер	54,4	10,65	42,4	7,29	38,63	9,44	45,14	9,13 +
5. Фестулолиум + люцерна + клевер	59,3	9,96	44,2	7,42	21,2	5,26	41,57	7,55

Таблица Б 12 – Урожайность сухой массы, т/га

Варианты		2016 г.				2017 г.				2018 г.				В среднем за три года
		Укос			∑ за год	Укос			∑ за год	Укос			∑ за год	
		1	2	3		1	2	3		1	2	3		
Двуукосный	1. Т. луговая + К. безостый + К. гибридный – контроль	7,4	3,6		11,0	4,4	2,0		6,3	3,9	1,18		5,1	7,47
	2. Т. луговая + К. безостый + Л. изменчивая	5,7	3,5		9,2	4,5	2,5		7,1	3,6	2,47		6,0	7,43
	3. Т. луговая + Л. изменчивая + К. гибридный	7,1	2,9		10,0	4,4	2,6		7,0	3,9	1,71		5,6	7,53
	4. К. безостый + Л. изменчивая + К. гибридный	6,2	4,4		10,6	4,7	2,9		7,6	4,0	2,77		6,7	8,30
	5. Ф.+ Л. изменчивая + К. гибридный	8,4	4,7		13,1	5,5	2,7		8,2	3,1	1,27		4,4	8,57
Трехукосный	1. Т. луговая + К. безостый + К. гибридный – контроль	5,0	3,4	1,0	9,4	4,0	1,5	0,9	6,4	2,8	1,3	0,96	5,1	6,97
	2. Т. луговая + К. безостый + Л. изменчивая	4,3	2,6	1,2	8,0	4,3	2,1	1,0	7,3	3,1	1,86	1,7	6,7	7,33
	3. Т. луговая + Л. изменчивая + К. гибридный	5,4	4,3	1,2	11,0	4,2	2,0	1,2	7,4	3,7	1,71	1,46	6,9	8,43
	4. К. безостый + Л. изменчивая + К. гибридный	5,5	3,6	1,5	10,6	4,1	2,2	1,1	7,3	3,8	3,09	2,55	9,4	9,10
	5. Ф.+ Л. изменчивая + К. гибридный	4,1	4,2	1,6	10,0	3,7	2,6	1,1	7,4	2,2	1,63	1,44	5,3	7,57
	НСР _{0,5}	2,05	1,08	0,24	2,52	1,02	0,6	0,19	1,19	0,87	0,72	0,33	1,19	1,15
	НСР _А	1,82	0,96	0,21	2,23	0,90	0,53	0,17	1,05	0,77	0,64	0,29	1,06	1,02
НСР _В	1,44	0,76	0,17	1,77	0,71	0,42	0,13	0,83	0,61	0,51	0,23	0,84	0,81	
НСР _{АВ}	1,82	0,96	0,21	2,23	0,90	0,53	0,17	1,05	0,77	0,64	0,29	1,06	1,02	

Примечание: НСР₀₅ - частных различий, НСР_А - состав травостоя, НСР_В - сорта, НСР_{АВ} - взаимодействие

Таблица Б 13 – Питательная и энергетическая ценность травостоев в зависимости от интенсивности использования травостоя по укосам

Варианты опыта	укос	2016					2017					2018				
		Содержание в сухом веществе			В 1 кг сухого вещества		Содержание в сухом веществе			В 1 кг сухого вещества		Содержание в сухом веществе			В 1 кг сухого вещества	
		СП, %	СК, %	нитраты, мг/кг	Корм. ед.	ОЭ, МДж	СП, %	СК, %	нитраты, мг/кг	Корм. ед.	ОЭ, МДж	СП, %	СК, %	нитраты, мг/кг	Корм. ед.	ОЭ, МДж
Тимофеевка луговая + кострец безостый + клевер гибридный	1	7,97	26,63	223	0,79	9,9	7,85	30,66	322	0,71	9,35	6,62	27,06	249	0,78	9,8
	2	16,88	23,43	562	0,91	10,6	14,01	26,57	432	0,83	10,1	10,1	28,26	524	0,76	9,7
	3	12,12	24,15	210	0,87	10,4	11,89	27,58	306	0,79	9,9	10,04	21,68	275	0,93	10,7
Тимофеевка луговая + кострец безостый + люцерна изменчивая	1	17,11	20,88	452	0,98	11	14,94	27,21	459	0,82	10,04	10,1	24,1	402	0,86	10,3
	2	15,28	23,4	435	0,91	10,6	17,47	25,65	586	0,86	10,33	14,08	27,55	319	0,76	9,7
	3	6,02	29,74	218	0,72	9,4	11,51	28,1	287	0,78	9,81	9,54	24,59	396	0,86	10,3
Тимофеевка луговая + люцерна изменчивая + клевер гибридный	1	14,99	25,57	707	0,86	10,3	13,54	27,11	401	0,81	10,02	15,56	24,17	204	0,89	10,5
	2	10,12	29,06	348	0,75	9,6	12,57	26,07	278	0,83	10,13	11,81	22,16	397	0,93	10,7
	3	13,8	27,64	886	0,79	9,9	16,09	26,83	438	0,83	10,12	14,58	23,03	342	0,91	10,6
Тимофеевка луговая + люцерна изменчивая + клевер гибридный	1	23,6	15,93	870	1,14	11,9	20,37	22,88	448	0,95	10,81	21,9	20,16	350	1,02	11,2
	2	9,41	28,4	187	0,76	9,7	9,04	29,39	190	0,74	9,56	7,95	25,78	184	0,81	10
	3	16,85	23,3	506	0,93	10,7	12,58	25,92	220	0,83	10,15	12,08	21,57	231	0,93	10,7
Кострец безостый + люцерна изменчивая + клевер гибридный	1	12,64	24,82	160	0,86	10,3	11,49	26,08	258	0,82	10,09	11	23,81	309	0,88	10,4
	2	15,31	24,05	693	0,89	10,5	14,41	26,73	244	0,82	10,09	15,37	18,46	189	1,03	11,3
	3	17,3	19,91	355	1	11,1	20,23	21,96	334	0,97	10,94	22,75	20,1	281	1,03	11,3
Фестулолиу + люцерна изменчивая + клевер гибридный	1	7,49	29,73	531	0,72	9,5	6,97	33,11	418	0,65	8,98	10,01	25,81	479	0,83	10,1
	2	9,91	29,84	675	0,73	9,5	12,17	30,98	546	0,72	9,42	15,85	23,26	357	0,91	10,6
	3	13,66	23,7	304	0,89	10,5	12,42	27,53	464	0,8	9,92	12,43	21,64	469	0,93	10,7
Фестулолиу + люцерна изменчивая + клевер гибридный	1	15,41	25,5	805	0,86	10,3	13,49	31,42	905	0,72	9,4	12,81	21,54	442	0,94	10,8
	2	16,38	24,99	473	0,87	10,4	20,26	23,04	680	0,94	10,78	19,45	23,46	297	0,93	10,7
	3	9,22	28,52	186	0,76	9,7	13,57	23,14	390	0,9	10,57	15,34	18,06	411	1,03	11,3
Фестулолиу + люцерна изменчивая + клевер гибридный	1	15,39	24,2	1214	0,89	10,5	15,68	23,7	191	0,9	10,55	13,93	23,25	222	0,91	10,6
	2	13,88	19,94	151	0,98	11	11,26	19,3	185	0,99	11,04	10,96	15,82	175	1,07	11,5
	3	14,64	27,37	595	0,81	10	15,41	27,07	341	0,82	10,07	12,21	21,24	193	0,94	10,8
Фестулолиу + люцерна изменчивая + клевер гибридный	1	14,59	20,36	200	0,98	11	17,02	23,21	213	0,92	10,66	20,1	20,4	226	1	11,1

Примечание: СП – сырой протеин, СК – сырая клетчатка, ОЭ – обменная энергия

Таблица Б 14 – Продуктивность травостоев в зависимости от интенсивности использования травостоя 1 га в период 2016-2018 гг.

Вариант опыта	2016 г.			2017 г.			2018 г.			Среднее		
	К.ед, тыс.	ОЭ, ГДж	СП, т	К.ед, тыс.	ОЭ, ГДж	СП, т	К.ед, тыс.	ОЭ, ГДж	СП, т	К.ед, тыс.	ОЭ, ГДж	СП, т
Двукратное скашивание												
1. Тимофеевка + кострец + клевер – К	9,16	111,9	1,2	4,72	60,6	0,61	3,97	50,1	0,38	5,95	74,2	0,73
2. Тимофеевка + кострец + люцерна	7,09	89,3	0,86	5,58	69,8	0,86	5,27	62,7	0,72	5,98	73,9	0,81
3. Тимофеевка + люцерна + клевер	8,08	99,8	1,15	5,41	68,4	0,73	4,73	57,1	0,52	6,07	75,1	0,8
4. Кострец + люцерна + клевер	7,71	100,8	0,9	5,1	69,0	0,68	5,81	69,4	0,84	6,21	79,7	0,81
5. Фестулолиум + люцерна + клевер	10,61	131,2	1,51	7,36	86,4	1,17	4,38	48,9	0,66	7,45	88,8	1,11
Трёхкратное скашивание												
1. Тимофеевка + кострец + клевер – К	8,61	100,2	1,34	5,14	63,6	0,85	4,46	52,7	0,55	6,07	72,2	0,91
2. Тимофеевка + кострец + люцерна	6,58	79,9	1,06	6,19	74,8	1,06	6,32	72,2	1,01	6,36	75,6	1,04
3. Тимофеевка + люцерна + клевер	9,75	115,0	1,55	6,25	75,7	1,0	6,52	74,0	0,98	7,51	88,2	1,18
4. Кострец + люцерна + клевер	9,34	110,8	1,56	5,8	72,1	1,0	8,81	101,3	1,36	7,98	94,7	1,31
5. Фестулолиум + люцерна + клевер	9,04	105,4	1,42	6,88	79,0	1,0	5,32	58,9	0,73	10,09	81,1	1,05

Примечание: К – контроль, СП – сырой протеин, ОЭ – обменная энергия

Таблица Б 15 – Содержание сырой клетчатки в сухом веществе, % (2016-2018 гг.)

Двукратное использование травостоя

Вариант опыта	2016 г.		2017 г.		2018 г.		Среднее	
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос
1.Тим.+костр.+клевер (к)	26,63	23,43	30,66	26,57	27,06	28,26	28,17	26,09
2.Тим.+костр.+люц.	29,74	25,57	28,10	27,11	24,59	24,17	27,48	25,62
3.Тим.+люц.+клевер	28,4	23,3	29,39	25,92	25,78	21,57	27,86	23,6
4.Костр.+люц.+клевер	29,73	29,84	33,11	30,98	25,81	23,26	29,55	28,03
5.Фест.+люц.+клевер	28,52	24,2	23,14	23,70	18,06	23,25	23,24	23,72

Трёхкратное использование травостоя

Вариант	2016 г.			2017 г.			2018 г.			Среднее		
	1-й укос	2-й укос	3-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1	24,15	20,88	23,4	27,58	27,21	25,65	21,68	24,10	27,55	24,47	24,06	25,53
3	29,06	27,64	15,93	26,07	26,83	22,88	22,16	23,03	20,16	25,29	25,83	19,66
2	24,82	24,05	19,91	26,08	26,73	21,96	23,81	18,46	20,1	24,65	23,08	20,66
4	23,7	25,5	24,99	27,53	31,42	23,04	21,64	21,54	23,46	24,29	26,15	23,83
5	19,94	27,37	20,36	19,30	27,07	23,21	15,82	21,24	20,4	18,35	25,23	21,32

Примечание: 1 – Тимофеевка + кострец + клевер, 2 – Тимофеевка + кострец + люцерна, 3 – Тимофеевка + люцерна + клевер, 4 – Кострец + люцерна + клевер, 5 – Фестулолиум + люцерна + клевер

Таблица Б 16 – Оценка экономической и энергетической эффективности – средние показатели за 2016-2018 гг.

Варианты	Кратность использования	Показатели		
		Себестоимость 1 т корм.ед., тыс.руб.	Коэффициент энергетической эффективности	Экономическая эффективность, руб./га
1. Тимофеевка луговая + кострец безостый + клевер гибридный - контроль	2 укоса	2,69	7,7	-0,97
	3 укоса	2,39	6,5	0,54
2. Тимофеевка луговая + кострец безостый + люцерна изменчивая	2 укоса	2,07	7,7	2,06
	3 укоса	1,76	7,5	3,77
3. Тимофеевка луговая + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	2,3	8,3	0,98
	3 укоса	1,67	8,4	4,93
4. Кострец безостый + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	1,89	7,7	3,03
	3 укоса	1,52	8	6,26
5. Фестулолиум + люцерна изменчивая + клевер гибридный	2 укоса	2,33	9	1,02
	3 укоса	2,05	7,1	3,64

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта
Влияние интенсивности скашивания на формирование травостоев с участием люцерны изменчивой

Таблица В 1 – Влияние интенсивности скашивания на формирование травостоев с участием люцерны изменчивой второго года жизни первого года пользования сумма укосов (2016 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	156,5	39			
Повторений	9,4036475	3			
Травосмесь А	36,738785	4	9,18	3,09	2,74
Срок скашивания В	9,8505625	1	9,85	3,32	4,22
Взаимодействия АВ	20,287125	4	5,07	1,71	2,74
Остаток (ошибки)	80,1776775	27	2,97		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=2,52$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=2,23$

Для фактора В : $НСР_{0,5}=1,77$

Таблица В 2 – Влияние интенсивности скашивания на формирование травостоев с участием люцерны изменчивой третьего года жизни второго года пользования сумма укосов (2017 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	30,2	39			
Повторений	1,61549	3			
Травосмесь А	9,111715	4	2,28	3,47	2,74
Срок скашивания В	0,03025	1	0,03	0,05	4,22
Взаимодействия АВ	1,719625	4	0,43	0,65	2,74
Остаток (ошибки)	17,72791	27	0,66		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,19$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=1,05$

Для фактора В : $НСР_{0,5}=0,83$

Таблица В 3 – Влияние интенсивности скашивания на формирование травостоев с участием люцерны изменчивой четвертого года жизни третьего года пользования сумма укосов (2018 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F _{0.5}
Общая	93,5	39			
Повторений	2,32949	3			
Травосмесь А	53,087285	4	13,27	19,97	2,74
Срок скашивания В	11,72889	1	11,73	17,65	4,22
Взаимодействия АВ	8,436785	4	2,11	3,17	2,74
Остаток (ошибки)	17,94626	27	0,66		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,19$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=1,06$

Для фактора В : $НСР_{0,5}=0,84$

Таблица В 4 – Влияние интенсивности скашивания на формирование травостоев с участием люцерны изменчивой в среднем за 2016-2018 г.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F _{0.5}
Общая	37,0	39			
Повторений	3,351176389	3			
Травосмесь А	11,28026556	4	2,82	4,56	2,74
Срок скашивания В	0,001400278	1	0,00	0,00	4,22
Взаимодействия АВ	5,639434444	4	1,41	2,28	2,74
Остаток (ошибки)	16,69596528	27	0,62		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,15$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=1,02$

Для фактора В : $НСР_{0,5}=0,81$

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Динамика роста и развития растений люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях

Таблица Г 1 – Высота растений люцерны в агрофитоценозах, см 2020 г.

№ п/п	Варианты опыта	1й укос $\bar{x} \pm s_x^-$	V, %	2ой укос $\bar{x} \pm s_x^-$	V, %
1	люц.изм Вега 87(контроль)	43,5 ± 0,9	9,7	40,4 ± 0,8	9,6
2	люц.изм Пастбищная 88	50,9 ± 2,2*	19,0	47,5 ± 2,5*	24,7
3	люц.изм Луговая 67	46,8 ± 2,2	20,7	47,6 ± 2,7*	25,7
4	люц.изм Селена	55,0 ± 3,1*	25,3	47,0 ± 2,1*	20,2
5	люц.изм Агния	44,8 ± 2,3*	20,2	51,2 ± 2,0*	17,7
6	люц.изм Таисия	53,0 ± 2,0*	17,1	48,0 ± 2,4*	23,0
7	люц.изм Вега 87 + тимофеевка луг.	40,4 ± 0,9	9,6	33,8 ± 1,4	19,1
8	люц.изм Пастбищная 88 + тимофеевка луг.	44,8 ± 2,1	20,9	28,3 ± 0,7**	11,2
9	люц.изм Луговая 67 + тимофеевка луг.	47,7 ± 2,4*	22,7	40,1 ± 2,6*	29,5
10	люц.изм Селена + тимофеевка луг.	53,0 ± 3,1*	25,9	31,2 ± 1,2	16,7
11	люц.изм Агния + тимофеевка луг.	43,9 ± 2,7	27,2	34,2 ± 1,7	21,7
12	люц.изм Таисия + тимофеевка луг.	45,3 ± 1,5*	14,9	33,2 ± 1,6	21,9

Примечание: \bar{x} – среднее значение, s_x^- – ошибка средней, V – коэффициент вариации, * – существенное превышение контроля ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{теор.}}$), ** – существенно ниже контроля

Таблица Г 2 – Высота растений люцерны в агрофитоценозах, см 2021 г.

№ п/п	Варианты опыта	1й укос $\bar{x} \pm s_x^-$	V, %	2ой укос $\bar{x} \pm s_x^-$	V, %
1	люц.изм Вега 87(контроль)	49,0 ± 0,6	6,3	47,4 ± 1,1	12,1
2	люц.изм Пастбищная 88	60,0 ± 2,1*	18,3	43,5 ± 1,4**	18,0
3	люц.изм Луговая 67	54,5 ± 1,4*	13,2	61,7 ± 1,2*	10,3
4	люц.изм Селена	61,0 ± 1,7*	14,7	59,3 ± 1,3*	11,5
5	люц.изм Агния	66,1 ± 1,9*	14,9	65,6 ± 1,6*	13,0
6	люц.изм Таисия	58,6 ± 1,3*	11,8	58,1 ± 1,8*	16,0
7	люц.изм Вега 87 + тимофеевка луг.	41,8 ± 1,0	12,5	41,8 ± 1,3	15,9
8	люц.изм Пастбищная 88 + тимофеевка луг.	50,6 ± 1,5*	15,7	34,9 ± 1,4**	21,2
9	люц.изм Луговая 67 + тимофеевка луг.	52,6 ± 1,3*	12,4	39,7 ± 1,6	21,3
10	люц.изм Селена + тимофеевка луг.	57,7 ± 1,6*	14,3	39,4 ± 1,7	22,0
11	люц.изм Агния + тимофеевка луг.	57,9 ± 1,8*	16,7	43,2 ± 1,7	20,0
12	люц.изм Таисия + тимофеевка луг.	49,6 ± 1,2*	12,7	37,0 ± 1,1**	15,6

Примечание: \bar{x} – среднее значение, s_x^- – ошибка средней, V – коэффициент вариации, * – существенное превышение контроля ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{теор.}}$), ** – существенно ниже контроля

Таблица Г 3 – Высота растений люцерны в агрофитоценозах, см 2022 г.

№ п/п	Варианты опыта	1й укос $\bar{x} \pm s_x$		2ой укос $\bar{x} \pm s_x$	
		$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %
1	люц.изм Вега 87 (контроль)	55,9 ± 0,7	6,5	61,3 ± 0,7	6,2
2	люц.изм Пастбищная 88	56,6 ± 0,8	7,6	65,4 ± 1,5*	12,2
3	люц.изм Луговая 67	54,8 ± 0,6	5,5	72,3 ± 1,2*	9,4
4	люц.изм Селена	55,9 ± 0,9	8,6	71,5 ± 2,6*	19,7
5	люц.изм Агния	57,3 ± 0,9	8,1	85,4 ± 1,3*	8,5
6	люц.изм Таисия	56,0 ± 0,8	8,0	82,4 ± 1,8*	11,9
7	люц.изм Вега 87 + тимофеевка луг.	53,5 ± 0,9	8,8	69,4 ± 1,6	12,2
8	люц.изм Пастбищная 88 + тимофеевка луг.	51,6 ± 0,7	7,0	69,2 ± 1,0	7,6
9	люц.изм Луговая 67 + тимофеевка луг.	50,7 ± 0,8**	8,9	66,9 ± 1,0	8,1
10	люц.изм Селена + тимофеевка луг.	52,9 ± 0,8	8,0	68,8 ± 0,8	6,3
11	люц.изм Агния + тимофеевка луг.	55,6 ± 0,8	7,6	69,1 ± 0,9	7,5
12	люц.изм Таисия + тимофеевка луг.	53,1 ± 0,7	7,4	65,8 ± 0,9**	7,5

Примечание: \bar{x} – среднее значение, s_x – ошибка средней, V – коэффициент вариации, * – существенное превышение контроля ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{теор.}}$), ** – существенно ниже контроля

Таблица Г 4 – Высота растений люцерны в агрофитоценозах, см 2023 г.

№ п/п	Варианты опыта	1й укос $\bar{x} \pm s_x$		2ой укос $\bar{x} \pm s_x$	
		$\bar{x} \pm s_x$	V, %	$\bar{x} \pm s_x$	V, %
1	люц.изм Вега 87 (контроль)	57,8 ± 1,1	10,9	75,1 ± 3,0	22,0
2	люц.изм Пастбищная 88	60,2 ± 1,6	15,4	73,9 ± 2,7	20,3
3	люц.изм Луговая 67	58,2 ± 1,4	13,5	80,5 ± 2,2	14,7
4	люц.изм Селена	60,2 ± 1,1	9,8	74,6 ± 3,2	23,6
5	люц.изм Агния	60,0 ± 0,8	7,6	89,6 ± 1,8*	10,8
6	люц.изм Таисия	57,7 ± 1,0	9,4	85,7 ± 2,0*	12,6
7	люц.изм Вега 87 + тимофеевка луг.	56,4 ± 1,2	11,5	79,9 ± 2,8	18,9
8	люц.изм Пастбищная 88 + тимофеевка луг.	52,1 ± 1,5**	15,9	84,0 ± 3,2	21,1
9	люц.изм Луговая 67 + тимофеевка луг.	54,7 ± 1,0	10,3	85,7 ± 3,0	19,0
10	люц.изм Селена + тимофеевка луг.	52,5 ± 1,3**	13,5	82,8 ± 5,0	32,8
11	люц.изм Агния + тимофеевка луг.	58,0 ± 1,3	12,1	86,4 ± 2,1	13,1
12	люц.изм Таисия + тимофеевка луг.	57,7 ± 1,3	12,0	84,4 ± 3,7	24,0

Примечание: \bar{x} – среднее значение, s_x – ошибка средней, V – коэффициент вариации, * – существенное превышение контроля ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{теор.}}$), ** – существенно ниже контроля

Таблица Г 5 – Высота растений люцерны в агрофитоценозах, см 2024 г

№ п/п	Варианты опыта	1й укос $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V, %	2ой укос $\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$	V, %
1	люц.изм Вега 87(контроль)	75,7 ± 3,7	26,6	98,8 ± 1,4	7,6
2	люц.изм Пастбищная 88	63,5 ± 3,6**	30,9	100,7 ± 1,9	10,1
3	люц.изм Луговая 67	69,2 ± 4,4	34,6	101,4 ± 1,6	8,7
4	люц.изм Селена	80,0 ± 3,5	24,2	100,1 ± 2,0	11,2
5	люц.изм Агния	85,4 ± 3,7	23,6	107,1 ± 1,6*	8,2
6	люц.изм Таисия	73,8 ± 3,6	26,5	102,1 ± 1,7	9,1
7	люц.изм Вега 87 + тимофеевка луг.	75,1 ± 5,3	37,5	98,6 ± 1,4	7,7
8	люц.изм Пастбищная 88 + тимофеевка луг.	83,3 ± 3,9	25,6	90,1 ± 1,5**	9,4
9	люц.изм Луговая 67 + тимофеевка луг.	96,5 ± 2,9*	16,7	104,3 ± 1,6*	8,6
10	люц.изм Селена + тимофеевка луг.	88,6 ± 4,5	24,1	104,7 ± 1,8*	9,4
11	люц.изм Агния + тимофеевка луг.	89,1 ± 3,0*	18,1	106,4 ± 1,7*	8,5
12	люц.изм Таисия + тимофеевка луг.	87,3 ± 4,2	26,3	103,5 ± 1,4*	7,1

Примечание: \bar{x} – среднее значение, $s_{\bar{x}}$ – ошибка средней, V – коэффициент вариации, * - существенное превышение контроля ($t_{\text{факт.}} > t_{\text{теор.}}$), ** - существенно ниже контроля

Таблица Г 6 – Густота стояния травостоев люцерны изменчивой, шт./м²
(2020-2024 гг.)

Вариант	2020		2021		2022		2023		2024	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Вега 87 (контроль)	138,7	128,0	179,0	149,0	198,0	137,0	200,0	129,0	131,0	178,0
Пастбищная 88	165,3	159,0	204,0	191,0	206,0	159,0	187,0	146,0	149,0	154,0
Луговая 67	161,0	138,7	129,0	199,0	209,0	156,0	227,0	152,0	106,7	134,0
Селена	181,3	154,7	173,0	169,0	228,0	168,0	165,3	158,0	138,7	168,0
Агния	192,0	173,0	226,0	230,0	248,0	199,0	208,0	173,0	129,0	189,0
Таисия	157,0	149,0	167,0	201,0	236,0	201,0	185,0	168,0	112,0	146,0
Вега 87	220,0	184,0	144,0	169,0	159,0	144,0	189,0	149,0	110,0	142,0
Тимофеевка луговая	980	698	670	457	779	603	795	405	698	532
Итого:	1200	882	814	626	938	747	984	554	808	674
Пастбищная 88	168,0	136,0	158,0	126,0	188,0	163,0	153,0	179,0	112,0	132,0
Тимофеевка луговая	1095	764	698	493	812	680	776	573	769	392
Итого:	1263	900	856	619	1000	843	929	752	881	524
Луговая 67	187,0	168,0	187,0	162,0	175,0	169,0	187,0	165,3	118,0	160,0
Тимофеевка луговая	1138	738	538	465	628	494	784	501	549	376
Итого:	1325	906	725	627	803	663	971	667	667	536
Селена	225,0	198,0	199,0	158,0	164,0	157,0	174,0	148,0	134,0	147,0
Тимофеевка луговая	1013	608	498	429	697	578	875	481	684	369
Итого:	1238	806	697	587	861	735	1049	629	818	516
Агния	218,0	182,0	171,0	153,0	198,0	173,0	198,0	162,0	151,0	168,0
Тимофеевка луговая	1132	643	449	403	842	532	768	400	574	421
Итого:	1350	825	620	556	1040	705	966	562	725	589
Таисия	175,0	128,0	169,0	139,0	218,0	181,0	160,0	185,0	120,0	152,0
Тимофеевка луговая	1098	742	592	436	867	687	829	568	584	341
Итого:	1273	870	761	575	1085	868	989	753	704	493

Таблица Г 8 – Определение пластичности и стабильности сортов

Сорт / Год	2020	2021	2022	2023	2024	$\sum Y_i$	Средняя урожайность 2020-2024	b_i	S_i^2
Вега 87 (контроль)	2,75	3,03	4,06	3,45	4,40	17,7	3,54	1,8	0,2
Пастбищная 88	3,44	3,61	3,78	3,82	4,65	19,3	3,86	1,3	0,0
Луговая 67	2,95	3,20	3,69	4,55	3,73	18,1	3,62	1,2	0,3
Селена	3,55	3,97	3,60	3,76	4,25	19,1	3,82	0,6	0,1
Агния	4,45	4,32	4,07	4,43	4,80	22,1	4,41	0,4	0,1
Таисия	3,55	3,58	3,68	3,94	4,02	18,8	3,75	0,6	0,0
$\sum Y_j$	20,7	21,7	22,9	23,9	25,9	115,1			
средняя Y_j	3,45	3,62	3,81	3,99	4,31				
I_j	-0,4	-0,2	0,0	0,2	0,5				

Примечание : $\sum Y_j$ - сумма средней урожайности сортов за год, $\sum Y_i$ - сумма средних урожайностей сорта по годам, I_j - индекс условий среды, b_i - экологическая пластичность сорта, S_i^2 - среднеквадратическое отклонение (стабильность)

Таблица Г 9 – Урожайность травостоев люцерны изменчивой т/га сухой массы (2020-2024 гг.)

	Варианты	2020	2021	2022	2023	2024	Средняя 2020-2024
Однокомпонентный	Вега 87	5,50	6,07	8,12	6,90	8,81	7,08
	Пастбищная 88	6,87	7,23	7,55	7,63	9,29	7,71
	Луговая 67	5,90	6,39	7,38	9,10	7,47	7,25
	Селена	7,10	7,94	7,20	7,51	8,49	7,65
	Агния	8,90	8,65	8,14	8,86	9,60	8,83
	Таисия	7,10	7,16	7,36	7,87	8,04	7,51
Двухкомпонентный	Вега 87	5,70	4,92	6,47	8,84	6,39	6,47
	Пастбищная 88	4,40	4,61	6,83	7,29	7,99	6,22
	Луговая 67	5,60	5,09	7,61	9,04	9,71	7,41
	Селена	5,30	6,41	6,34	8,36	7,52	6,79
	Агния	5,10	5,72	8,08	8,23	10,12	7,45
	Таисия	4,70	4,19	8,40	8,47	8,52	6,86
	НСР ₀₅	1,34	0,93	0,56	3,7	0,53	0,81
	НСР _A	1,34	0,93	0,56	3,7	0,53	0,81
	НСР _B	0,55	0,38	0,23	1,54	0,22	0,33
	НСР _{AB}	0,95	0,65	0,39	2,62	0,38	0,57

Примечание: НСР₀₅ - частных различий, НСР_A - состав травостоя, НСР_B - сорта, НСР_{AB} - взаимодействие

ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта
Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых посевах и в
травосмесях в условиях Карелии

Таблица Д 1 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в
одновидовых и двухкомпонентных травостоях первого года пользования первый
укос (2020 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	25,04888889	35			
Повторений	4,973888889	2			
Травосмесь А	4,248888889	1	4,25	32,59	4,49
Срок скашивания В	8,604444444	5	1,72	13,20	2,85
Взаимодействия АВ	5,135555556	11	0,47	3,58	2,45
Остаток (ошибки)	2,086111111	16	0,13		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,61$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,61$

Для фактора В : $НСР_{0,9} = 0,25$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,43$

Таблица Д 2 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в
одновидовых и двухкомпонентных травостоях первого года пользования второй
укос (2020 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	13,45838889	35			
Повторений	2,690772222	2			
Травосмесь А	0,941155556	1	0,94	8,92	4,49
Срок скашивания В	4,9729	5	0,99	9,43	2,85
Взаимодействия АВ	3,165466667	11	0,29	2,73	2,45
Остаток (ошибки)	1,688094444	16	0,11		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,54$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,54$

Для фактора В : $НСР_{0,5} = 0,22$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,38$

Таблица Д 3 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях первого года пользования сумма укусов (2020 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	137,1742972	35			
Повторений	90,23097222	2			
Травосмесь А	7,482047222	1	7,48	11,61	4,49
Срок скашивания В	19,847025	5	3,97	6,16	2,85
Взаимодействия АВ	9,305425	11	0,85	1,31	2,45
Остаток (ошибки)	10,30882778	16	0,64		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5} = 1,34$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 1,34$

Для фактора В : $НСР_{0,5} = 0,55$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,95$

Таблица Д 4 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях второго года пользования первый укус (2021 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	15,58505876	35			
Повторений	2,111170716	2			
Травосмесь А	8,650071467	1	8,65	106,77	4,49
Срок скашивания В	2,734135739	5	0,55	6,75	2,85
Взаимодействия АВ	0,793464297	11	0,07	0,89	2,45
Остаток (ошибки)	1,29621654	16	0,08		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5} = 0,47$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,47$

Для фактора В : $НСР_{0,5} = 0,19$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,34$

Таблица Д 5 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях второго года пользования второй укос (2021 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	37,60381243	35			
Повторений	5,466104938	2			
Травосмесь А	1,814813171	1	1,81	9,89	4,49
Срок скашивания В	22,08195851	5	4,42	24,07	2,85
Взаимодействия АВ	5,305297556	11	0,48	2,63	2,45
Остаток (ошибки)	2,935638259	16	0,18		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,71$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,71$

Для фактора В : $НСР_{0,5}= 0,29$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,50$

Таблица Д 6 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях второго года пользования сумма укосов (2021 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	82,17992311	35			
Повторений	14,37084782	2			
Травосмесь А	16,2455718	1	16,25	52,59	4,49
Срок скашивания В	40,35637378	5	8,07	26,13	2,85
Взаимодействия АВ	6,264856236	11	0,57	1,84	2,45
Остаток (ошибки)	4,942273477	16	0,31		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}= 0,93$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,93$

Для фактора В: $НСР_{0,5}= 0,38$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,65$

Таблица Д 7 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях третьего года пользования первый укос (2022 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	8,808287639	35			
Повторений	2,898605056	2			
Травосмесь А	1,379696806	1	1,38	12,38	4,49
Срок скашивания В	0,38875225	5	0,08	0,70	2,85
Взаимодействия АВ	2,35763125	11	0,21	1,92	2,45
Остаток (ошибки)	1,783602278	16	0,11		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,56$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,56$

Для фактора В : $НСР_{0,5}= 0,23$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,39$

Таблица Д 8 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях третьего года пользования второй укос (2022 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	4,77602843	35			
Повторений	0,909551074	2			
Травосмесь А	2,356159868	1	2,36	107,01	4,49
Срок скашивания В	0,48527478	5	0,10	4,41	2,85
Взаимодействия АВ	0,672750868	11	0,06	2,78	2,45
Остаток (ошибки)	0,352291839	16	0,02		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,25$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,25$

Для фактора В : $НСР_{0,5}= 0,10$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,17$

Таблица Д 9 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях третьего года пользования сумма укосов (2022 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	22,80841853	35			
Повторений	7,005416907	2			
Травосмесь А	7,025001468	1	7,03	62,48	4,49
Срок скашивания В	1,742708014	5	0,35	3,10	2,85
Взаимодействия АВ	5,236180801	11	0,48	4,23	2,45
Остаток (ошибки)	1,799111339	16	0,11		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5} = 0,56$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,56$

Для фактора В: $НСР_{0,5} = 0,23$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,39$

Таблица Д 10 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях четвертого года пользования первый укос (2023 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	95,78745848	35			
Повторений	31,47938139	2			
Травосмесь А	13,6	1	13,64	4,73	4,49
Срок скашивания В	0,103090939	5	0,02	0,01	2,85
Взаимодействия АВ	4,437759721	11	0,40	0,14	2,45
Остаток (ошибки)	46,12378547	16	2,88		

Существенность частных различий: $НСР_{0,95} = 2,83$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,95} = 2,83$

Для фактора В : $НСР_{0,95} = 1,15$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,95} = 2,00$

Таблица Д 11 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях четвертого года пользования второй укос (2023 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	29,5	35			
Повторений	0,632815238	2			
Травосмесь А	4,441607047	1	4,44	3,58	4,49
Срок скашивания В	0,750085391	5	0,15	0,12	2,85
Взаимодействия АВ	3,841767092	11	0,35	0,28	2,45
Остаток (ошибки)	19,82986176	16	1,24		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,85$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 1,85$

Для фактора В : $НСР_{0,5} = 0,76$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 1,31$

Таблица Д 12 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях четвертого года пользования сумма укосов (2023 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	121,7624642	35			
Повторений	25,07917213	2			
Травосмесь А	9,628264005	1	9,63	1,95	4,49
Срок скашивания В	1,409331013	5	0,28	0,06	2,85
Взаимодействия АВ	6,663152004	11	0,61	0,12	2,45
Остаток (ошибки)	78,98254502	16	4,94		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5} = 3,7$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 3,7$

Для фактора В: $НСР_{0,5} = 1,51$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 2,62$

Таблица Д 13 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях пятого года пользования первый укос (2024 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	11,44894532	35			
Повторений	2,311881802	2			
Травосмесь А	4,88733384	1	4,89	64,35	4,49
Срок скашивания В	0,952359123	5	0,19	2,51	2,85
Взаимодействия АВ	2,082267173	11	0,19	2,49	2,45
Остаток (ошибки)	1,215103383	16	0,08		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,46$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,46$

Для фактора В : $НСР_{0,5}= 0,19$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,32$

Таблица Д 14 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях пятого года пользования второй укос (2024 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	31,51746795	35			
Повторений	2,14529078	2			
Травосмесь А	12,89064112	1	12,89	151,74	4,49
Срок скашивания В	1,869691601	5	0,37	4,40	2,85
Взаимодействия АВ	13,25259334	11	1,20	14,18	2,45
Остаток (ошибки)	1,359251113	16	0,08		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}= 0,49$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,49$

Для фактора В : $НСР_{0,5}= 0,20$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,34$

Таблица Д 15 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях пятого года пользования сумма укосов (2024 год)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	62,08298569	35			
Повторений	8,90542656	2			
Травосмесь А	21,86848138	1	21,87	214,80	4,49
Срок скашивания В	5,490846599	5	1,10	10,79	2,85
Взаимодействия АВ	24,18928308	11	2,20	21,60	2,45
Остаток (ошибки)	1,628948074	16	0,10		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5} = 0,53$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,53$

Для фактора В: $НСР_{0,5} = 0,22$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,38$

Таблица Д 16 – Адаптационная способность люцерны изменчивой в одновидовых и двухкомпонентных травостоях в среднем за 2020-2024 г.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	25,11930761	35			
Повторений	2,849540532	2			
Травосмесь А	7,817732244	1	7,82	33,23	4,49
Срок скашивания В	7,831288532	5	1,57	6,66	2,85
Взаимодействия АВ	2,857021945	11	0,26	1,10	2,45
Остаток (ошибки)	3,763724361	16	0,24		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5} = 0,81$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5} = 0,81$

Для фактора В: $НСР_{0,5} = 0,33$

Для взаимодействия АВ: $НСР_{0,5} = 0,57$

ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Динамика роста и развития люцерны изменчивой различных сортов в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями

Таблица Е 1 – Высота растений люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян клубеньковыми бактериями, см

Варианты опыта		2021		2022				2023				2024			
		1 укос		1 укос		2 укос		1 укос		2 укос		1 укос		2 укос	
		ср.высота	CV	ср.высота	CV	ср.высота	CV	ср.высота	CV	ср.высота	CV	ср.высота	CV	ср.высота	CV
Пастбищная 88	Контроль	17,1 ± 1,2	38,3	53,1 ± 1,6	19,0	33,9 ± 1,4	26,0	38,5 ± 1,4	22,9	47,0 ± 2,0	26,2	69,4 ± 3,2	28,8	43,8 ± 2,5	35,8
	415	12,5 ± 0,7	31,2	42,0 ± 1,5	19,4	34,8 ± 2,3	31,7	34,9 ± 1,6	24,4	48,2 ± 4,7	53,9	67,4 ± 3,4	28,0	44,1 ± 2,8	34,8
	А-1	24,8 ± 1,5	33,7	62,8 ± 1,6	13,7	75,3 ± 0,8	6,2	70,4 ± 1,3	10,3	83,3 ± 5,1	33,7	105,9 ± 1,7	8,7	56,3 ± 3,1	30,6
	А-5	22,6 ± 1,2	28,7	73,5 ± 2,3	17,4	84,1 ± 2,3	14,7	72,8 ± 2,0	15,2	74,9 ± 2,4	17,3	103,4 ± 1,7	9,2	53,3 ± 2,7	28,0
	СХМ-1-105	23,1 ± 0,8	19,4	66,6 ± 2,4	19,4	72,5 ± 2,1	16,0	70,8 ± 1,8	13,8	79,6 ± 4,0	27,4	103,0 ± 1,7	8,9	55,1 ± 2,6	25,6
Таисия	Контроль	16,5 ± 0,8	25,5	50,7 ± 1,7	21,4	35,7 ± 2,4	42,7	41,3 ± 1,8	27,9	57,8 ± 4,0	41,6	66,6 ± 3,9	36,7	46,0 ± 2,4	33,5
	415	19,1 ± 1,8	50,4	46,6 ± 2,2	25,6	41,2 ± 1,4	17,5	41,1 ± 2,3	31,2	55,3 ± 2,2	22,3	72,2 ± 4,8	36,5	46,3 ± 2,3	27,5
	А-1	27,6 ± 1,8	36,5	68,1 ± 2,9	23,5	70,3 ± 2,5	19,4	76,9 ± 1,7	11,8	81,9 ± 3,0	20,0	132,7 ± 2,0	8,3	62,5 ± 2,6	23,1
	А-5	25,2 ± 0,9	20,0	68,1 ± 2,0	16,0	74,1 ± 3,4	24,8	69,0 ± 2,2	17,8	83,8 ± 2,1	13,5	106,1 ± 1,6	8,2	56,5 ± 3,7	35,8
	СХМ-1-105	22,9 ± 0,7	16,7	60,4 ± 2,8	25,5	72,6 ± 3,1	23,1	68,5 ± 2,3	18,6	84,3 ± 2,8	18,0	107,1 ± 2,3	11,7	59,2 ± 3,9	36,0
Агния ВИК	Контроль	31,2 ± 1,3	23,6	50,3 ± 1,3	16,3	27,2 ± 0,8	18,4	42,4 ± 2,2	32,2	48,5 ± 2,5	31,4	73,6 ± 3,4	28,1	46,8 ± 1,9	25,6
	415	16,9 ± 1,0	33,8	47,5 ± 1,7	19,4	32,9 ± 1,6	21,7	43,1 ± 1,8	22,4	68,7 ± 3,9	30,6	70,1 ± 4,8	37,6	45,7 ± 2,7	32,3
	А-1	29,8 ± 1,7	30,4	75,5 ± 2,4	17,8	76,0 ± 2,9	20,9	76,4 ± 1,8	13,1	89,4 ± 2,2	13,7	109,3 ± 2,0	9,9	61,3 ± 2,0	18,0
	А-5	20,1 ± 1,2	33,5	65,6 ± 1,9	15,9	81,3 ± 2,2	15,0	76,4 ± 2,3	16,6	85,6 ± 2,9	18,3	107,2 ± 1,9	9,6	57,4 ± 2,8	26,3
	СХМ-1-105	26,8 ± 1,6	32,0	73,7 ± 1,5	11,0	75,7 ± 0,8	5,9	77,1 ± 2,9	20,8	87,8 ± 3,2	20,0	108,4 ± 1,4	7,2	60,8 ± 2,5	23,0
СГП-387	Контроль	26,1 ± 1,7	35,3	52,9 ± 1,8	21,1	44,9 ± 2,5	32,2	40,7 ± 1,6	24,4	67,2 ± 2,9	25,9	68,4 ± 3,5	31,7	49,1 ± 2,8	35,7
	415	25,9 ± 2,3	48,7	44,1 ± 2,6	32,4	38,9 ± 1,2	13,2	43,7 ± 2,1	26,0	63,2 ± 3,8	32,9	83,1 ± 4,9	31,5	45,3 ± 3,1	37,5
	А-1	33,7 ± 2,3	38,1	65,3 ± 1,3	10,8	80 ± 2,8	19,3	67,5 ± 1,9	15,7	81,1 ± 2,6	17,3	106,7 ± 3,0	15,2	63,8 ± 3,4	29,5
	А-5	21,5 ± 1,6	39,8	64,6 ± 2,2	18,5	82,3 ± 2,8	18,7	66,2 ± 2,3	19,0	77,9 ± 3,6	25,5	101,0 ± 3,1	16,6	57,9 ± 3,2	30,4
	СХМ-1-105	27,9 ± 1,1	20,9	69,2 ± 2,6	20,5	82,3 ± 3,9	26,1	61,4 ± 1,6	14,3	77,9 ± 4,9	34,8	101,9 ± 3,1	16,9	55,0 ± 4,4	43,6
506 (Люся)	Контроль	33,0 ± 1,7	28,4	54,0 ± 1,6	18,3	38,9 ± 2,7	41,1	46,9 ± 2,7	36,3	55,8 ± 1,9	21,1	79,2 ± 3,2	25,8	53,2 ± 2,0	23,2
	415	29,5 ± 1,0	18,2	60,7 ± 1,7	14,9	45,3 ± 2,0	21,8	48,9 ± 2,7	30,4	78,9 ± 5,3	36,5	87,3 ± 4,2	26,3	51,6 ± 3,5	36,7
	А-1	40,4 ± 1,4	18,5	74,5 ± 1,9	14,1	74,2 ± 1,4	10,1	79,0 ± 1,9	13,0	79,4 ± 2,8	19,5	105,0 ± 2,0	10,7	64,9 ± 2,2	18,6
	А-5	27,3 ± 1,1	21,3	65,6 ± 2,1	17,9	75,8 ± 1,0	7,5	76,5 ± 1,6	11,3	79,4 ± 2,4	16,9	105,3 ± 2,3	11,9	57,4 ± 3,1	30,0
	СХМ-1-105	40,3 ± 2,0	26,6	68,4 ± 3,1	24,7	74,0 ± 2,5	18,5	78,9 ± 2,1	14,7	83,8 ± 2,2	14,0	104,5 ± 2,1	10,9	58,1 ± 3,3	30,9

Таблица Е 2 – Густота стояния травостоев люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян клубеньковыми бактериями, шт/м²

Штамм	Вариант	2021 год	2022 год		2023 год		2024 год	
		1 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	Пастбищная 88	156	94	124	192	168	76	84
	Таисия	130	111	129	232	408	144	136
	Агния ВИК	125	91	176	156	240	64	124
	СГП-387	292	111	147	180	332	172	124
	506 (Люся)	196	147	180	292	324	156	116
415	Пастбищная 88	128	94	128	192	156	132	76
	Таисия	132	100	168	232	356	88	120
	Агния ВИК	120	95	118	220	396	100	124
	СГП-387	164	115	120	124	296	88	112
	506 (Люся)	148	88	159	388	396	364	284
А-1	Пастбищная 88	212	95	343	700	448	436	504
	Таисия	208	151	314	580	592	400	652
	Агния ВИК	132	93	249	544	364	480	716
	СГП-387	240	143	277	340	360	324	300
	506 (Люся)	336	167	268	744	520	512	484
А-5	Пастбищная 88	224	98	332	548	404	436	472
	Таисия	138	124	258	592	492	572	592
	Агния ВИК	184	96	356	584	584	460	556
	СГП-387	156	137	296	488	380	408	480
	506 (Люся)	148	108	386	712	640	564	512
СХМ-1-105	Пастбищная 88	284	107	275	704	488	612	488
	Таисия	152	122	306	548	536	412	524
	Агния ВИК	132	105	316	564	512	560	656
	СГП-387	228	146	336	316	472	428	520
	506 (Люся)	176	157	268	552	612	648	536

Таблица Е 3 – Доля люцерны изменчивой в составе травостоев в зависимости от инокуляции, %

Сорт	Штамм	2021 год	2022 год		2023 год		2024 год	
		1 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Пастбищная 88	Контроль	43,10	65,90	78,60	88,10	68,80	63,80	73,10
	415	52,00	64,00	45,50	87,20	59,80	77,00	73,90
	А-1	50,10	53,10	93,10	90,90	73,50	88,50	88,70
	А-5	45,90	62,00	94,10	91,40	79,50	72,80	84,00
	СХМ-1-105	54,80	44,10	87,40	93,00	70,80	86,30	83,50
Таисия	Контроль	55,50	65,70	75,80	86,80	63,90	82,10	66,90
	415	53,40	64,00	66,40	82,80	80,30	81,10	62,40
	А-1	45,90	64,40	87,40	91,20	85,00	99,80	92,00
	А-5	48,80	60,40	88,80	90,70	90,40	88,00	89,00
	СХМ-1-105	49,30	70,20	87,00	96,60	91,20	94,80	93,90
Агния ВИК	Контроль	37,80	59,30	78,80	89,00	67,70	82,70	66,50
	415	48,20	61,10	48,80	85,50	67,10	85,00	70,70
	А-1	49,60	69,20	79,80	92,50	79,90	94,50	93,30
	А-5	48,00	61,30	89,80	97,50	88,20	78,00	87,00
	СХМ-1-105	42,40	67,00	92,90	92,00	82,30	83,40	88,80
СГП-387	Контроль	60,60	59,20	63,10	80,00	69,10	70,70	51,50
	415	48,80	64,90	52,90	86,00	58,80	85,40	64,30
	А-1	45,90	66,40	87,40	91,50	72,80	91,90	68,30
	А-5	43,60	67,90	84,10	94,40	79,60	69,10	81,30
	СХМ-1-105	50,50	61,70	81,40	96,00	90,50	90,50	73,90
506 (Люся)	Контроль	56,80	69,60	97,80	88,50	68,50	73,40	65,10
	415	45,30	68,70	58,60	87,10	77,50	85,00	72,60
	А-1	51,20	68,90	85,60	99,90	82,40	92,60	89,70
	А-5	47,30	67,20	90,50	90,40	85,30	84,40	85,90
	СХМ-1-105	43,00	69,60	86,90	92,50	92,00	96,20	90,60

Таблица Е 4 – Урожайность сухой массы травостоев люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции, т/га сухой массы

Штамм	Сорт	2022 г.			2023 г.			2024 год			Средняя за 2022-2024 гг.
		1 укос	2 укос	сумма за 2 укоса	1 укос	2 укос	сумма за 2 укоса	1 укос	2 укос	сумма за 2 укоса	
Контроль (без инокуляции)	Пастбищная 88	0,9	0,9	1,7	1,7	2,6	4,3	2,5	2,7	5,8	3,9
	Таисия	0,9	1,0	1,8	1,7	2,9	4,6	1,7	2,6	4,2	3,5
	Агния ВИК	1,7	1,0	2,7	1,9	2,4	4,3	2,4	2,2	4,6	3,9
	СПП-387	0,9	0,9	1,8	1,5	3,2	4,8	1,6	1,5	3,7	3,4
	506 (Люся)	0,7	0,9	1,6	1,5	2,9	4,4	2,2	2,8	5,1	3,7
415	Пастбищная 88	0,9	0,9	1,8	1,7	2,5	4,2	1,4	2,0	3,4	3,1
	Таисия	1,0	0,9	1,9	1,3	2,9	4,3	2,1	2,2	4,3	3,5
	Агния ВИК	0,9	1,3	2,2	1,8	3,0	4,8	2,4	3,1	5,5	4,2
	СПП-387	1,7	1,1	2,8	1,3	3,5	4,7	1,8	2,1	3,8	3,8
	506 (Люся)	0,8	1,3	2,1	2,0	4,8	6,7	3,6	4,2	7,7	5,5
А-1	Пастбищная 88	1,6	1,8	3,4	2,8	5,3	8,1	4,1	4,2	8,4	6,6
	Таисия	1,1	2,2	3,3	3,2	6,6	9,8	4,3	5,5	10,0	7,7
	Агния ВИК	2,0	3,2	5,3	3,7	5,5	9,2	5,2	5,5	11,8	8,8
	СПП-387	1,9	2,0	3,9	2,5	5,1	7,6	3,9	3,5	8,5	6,7
	506 (Люся)	2,3	2,8	5,2	3,8	5,4	9,2	4,8	5,5	10,3	8,2
А-5	Пастбищная 88	2,4	2,2	4,6	3,0	6,9	9,9	4,1	4,5	8,6	7,7
	Таисия	1,5	3,2	4,8	3,1	6,4	9,5	4,8	5,3	10,1	8,1
	Агния ВИК	1,6	3,0	4,6	2,7	6,0	8,7	4,9	5,4	10,3	7,9
	СПП-387	1,4	2,9	4,2	2,5	6,6	9,1	3,3	3,9	7,3	6,9
	506 (Люся)	1,7	3,0	4,7	2,8	6,0	8,7	4,3	5,0	9,3	7,6
СХМ-1-105	Пастбищная 88	1,6	1,6	3,3	2,6	6,0	8,6	4,3	4,0	8,3	6,7
	Таисия	1,2	2,3	3,5	3,0	6,0	9,0	4,2	4,2	8,4	7,0
	Агния ВИК	2,3	2,4	4,6	4,0	5,9	9,9	4,6	4,8	9,4	8,0
	СПП-387	1,8	1,9	3,8	2,0	5,0	7,1	4,3	5,0	9,3	6,7
	506 (Люся)	1,8	2,9	4,6	3,8	6,4	10,3	5,0	5,1	10,1	8,3
НСР _{0,5}	1,02	0,9	1,46	1,07	1,8	2,28	1,31	1,31	2,18	1,33	
НСР _А	0,46	0,4	0,65	0,48	0,81	1,02	0,59	0,59	0,98	0,59	
НСР _В	0,46	0,4	0,65	0,48	0,81	1,02	0,59	0,59	0,98	0,59	
НСР _{АВ}	0,46	0,4	0,65	0,48	0,81	1,02	0,59	0,59	0,98	0,59	

Таблица Е 5 – Химический состав и продуктивность травостоев люцерны изменчивой 3 года жизни по укосам (2023 год)

Вариант		1 укос				2 укос			
		Сырая клетчатка, %	сырой протеин, %	обменная энергия, МДж	к.ед.	Сырая клетчатка, %	сырой протеин, %	обменная энергия, МДж	к.ед.
Контроль	Агния ВИК	26,52	7,10	9,90	0,79	24,52	3,99	10,09	0,82
	Пастбищная 88	27,76	12,02	9,87	0,79	29,21	3,92	9,43	0,72
	Таисия	24,06	7,84	10,27	0,85	21,95	12,73	10,71	0,93
	СГП-387	22,78	8,73	10,47	0,89	26,31	10,07	10,02	0,81
	506 (Люся)	22,50	11,51	10,60	0,91	26,62	6,85	9,88	0,79
А-5	Агния ВИК	24,88	14,22	10,34	0,87	25,88	12,44	10,15	0,83
	Пастбищная 88	20,95	13,03	10,86	0,95	26,71	12,55	10,04	0,82
	Таисия	33,89	9,84	8,95	0,65	31,01	8,40	9,31	0,70
	СГП-387	28,82	11,87	9,72	0,77	31,08	14,48	9,48	0,73
	506 (Люся)	23,77	15,42	10,53	0,90	26,20	5,50	9,90	0,79
415	Агния ВИК	25,18	8,73	10,14	0,83	23,12	8,99	10,43	0,88
	Пастбищная 88	25,39	5,05	10,00	0,81	26,94	11,42	9,97	0,81
	Таисия	31,55	8,80	9,25	0,69	20,78	6,18	10,68	0,92
	СГП-387	25,80	6,17	9,97	0,81	23,67	10,48	10,40	0,88
	506 (Люся)	28,49	13,41	9,81	0,78	32,20	13,87	9,31	0,70
А-1	Агния ВИК	23,44	6,04	10,30	0,86	29,95	11,09	9,54	0,74
	Пастбищная 88	26,22	5,19	9,88	0,79	29,03	13,44	9,74	0,77
	Таисия	22,40	12,25	10,63	0,92	37,11	15,26	8,66	0,61
	СГП-387	21,35	8,20	10,66	0,92	31,95	9,59	9,21	0,69
	506 (Люся)	23,42	2,02	10,18	0,84	20,02	11,13	10,93	0,97
СХМ-1-105	Агния ВИК	24,43	10,11	10,28	0,86	26,17	11,61	10,08	0,82
	Пастбищная 88	27,88	6,75	9,70	0,76	27,57	10,45	9,85	0,79
	Таисия	25,50	8,77	10,09	0,83	30,85	7,70	9,31	0,70
	СГП-387	21,02	9,90	10,75	0,94	28,97	14,76	9,79	0,78
	506 (Люся)	24,50	15,85	10,45	0,88	34,90	8,81	8,78	0,62

Таблица Е 6 – Химический состав и продуктивность травостоев люцерны изменчивой 4 года жизни по укосам (2024 год)

Вариант		1 укос 2024 год				2 укос 2024 год			
		Сырая клетчатка, %	сырой протеин, %	обменная энергия, МДж	к.ед.	Сырая клетчатка, %	сырой протеин, %	обменная энергия, МДж	к.ед.
Контроль	Агния ВИК	27,78	10,73	9,83	0,78	30,21	15,67	9,64	0,75
	Пастбищная 88	26,46	11,32	10,04	0,82	33,74	8,36	8,93	0,65
	Таисия	25,8	11,02	10,12	0,83	25,83	10,72	10,11	0,83
	СГП-387	35,62	12,37	8,78	0,63	30,8	12,79	9,47	0,73
	506 (Люся)	20,7	10,37	10,81	0,95	30,01	14,49	9,63	0,75
А-5	Агния ВИК	30,5	12,16	9,49	0,73	34,48	13,01	8,96	0,65
	Пастбищная 88	23,13	17,39	10,68	0,92	34,73	10,04	8,84	0,63
	Таисия	28,33	10,69	9,75	0,77	26,69	12,28	10,03	0,82
	СГП-387	35,96	10,09	8,67	0,61	27,24	11,8	9,94	0,80
	506 (Люся)	33,94	10,29	8,96	0,65	32,76	17,03	9,32	0,70
415	Агния ВИК	31,79	6,26	9,14	0,68	35,25	10,34	8,78	0,62
	Пастбищная 88	34,63	7,69	8,78	0,62	35,47	8,77	8,70	0,61
	Таисия	36,54	11,24	8,62	0,60	28,95	13,13	9,74	0,77
	СГП-387	34,89	8,51	8,77	0,62	27,68	15,63	9,99	0,81
	506 (Люся)	33,18	9,86	9,05	0,66	28,17	13,88	9,87	0,79
А-1	Агния ВИК	29,77	12,53	9,61	0,75	41,4	12,09	7,97	0,51
	Пастбищная 88	30,36	11,32	9,49	0,73	34,45	9,99	8,88	0,64
	Таисия	29,58	14,26	9,69	0,76	28,47	10,02	9,71	0,76
	СГП-387	21,19	14,34	10,86	0,96	28,22	11,1	9,78	0,78
	506 (Люся)	27,32	15,14	10,03	0,81	31,16	13,18	9,43	0,72
СХМ-1-105	Агния ВИК	43,5	13,77	7,72	0,48	34,99	11,6	8,85	0,63
	Пастбищная 88	25,85	15,49	10,25	0,85	39,7	9,74	8,13	0,54
	Таисия	23,23	14,78	10,59	0,91	26,21	14,6	10,17	0,84
	СГП-387	30,19	9,77	9,47	0,73	29,24	13,6	9,71	0,76
	506 (Люся)	25,41	11,49	10,19	0,84	37,29	15,97	8,66	0,61

Таблица Е 7 – Определение пластичности и стабильности сортов люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции клубеньковыми бактериями

Штамм	Вариант / Год	2022	2023	2024	$\sum Y_i$	Средняя урожайность 2022-2024	b_i	S_i^2
Контроль	Агния ВИК	2,65	4,33	4,60	11,58	3,86	15,61	377,40
	Пастбищная 88	1,74	4,32	5,19	11,25	3,75	14,57	200,72
	Таисия	1,84	4,63	4,23	10,70	3,57	13,86	282,87
	СГП-387	1,81	4,77	3,10	9,68	3,23	12,99	260,14
	506 (Люся)	1,65	4,45	5,02	11,11	3,70	14,18	283,07
	сумма Y_j	9,69	22,49	22,14	54,32			
	средняя Y_j	1,94	4,50	4,43				
	I_j	-1,7	0,9	0,8				
А-5	Агния ВИК	4,61	8,69	9,96	23,26	7,75	27,63	3545,01
	Пастбищная 88	4,59	9,85	8,33	22,77	7,59	28,53	3470,94
	Таисия	4,76	9,50	9,59	23,85	7,95	28,85	3898,58
	СГП-387	4,23	9,07	6,76	20,06	6,69	26,92	3479,78
	506 (Люся)	4,66	8,73	9,21	22,60	7,53	28,78	3903,32
	сумма Y_j	22,85	45,85	43,83	112,53			
	средняя Y_j	4,57	9,17	8,77				
	I_j	-2,9	1,7	1,3				
415	Агния ВИК	2,20	4,80	4,60	11,60	3,87	9,12	212,90
	Пастбищная 88	1,80	4,20	3,46	9,45	3,15	9,05	150,43
	Таисия	1,88	4,28	4,11	10,27	3,42	8,60	189,63
	СГП-387	2,82	4,71	3,76	11,29	3,76	7,48	157,25
	506 (Люся)	2,15	6,73	6,74	15,62	5,21	12,73	384,93
	сумма Y_j	10,85	24,72	22,66	58,24			
	средняя Y_j	2,17	4,94	4,53				
	I_j	-1,7	1,1	0,7				
А-1	Агния ВИК	5,27	9,20	10,68	25,15	8,38	35,58	16496,37
	Пастбищная 88	3,37	8,10	8,32	19,79	6,60	34,20	14131,35
	Таисия	3,33	9,80	9,81	22,94	7,65	39,97	20685,67
	СГП-387	3,92	7,61	7,44	18,96	6,32	30,06	11905,54
	506 (Люся)	5,16	9,19	10,24	24,59	8,20	30,55	12079,96
	сумма Y_j	21,05	43,89	46,49	111,42			
	средняя Y_j	4,21	8,78	9,30				
	I_j	-3,2	1,3	1,9				
СХМ-1-105	Агния ВИК	5,27	9,85	9,33	24,45	8,15	31,51	10343,69
	Пастбищная 88	3,37	8,58	8,25	20,20	6,73	32,17	9695,36
	Таисия	3,33	9,02	7,19	19,53	6,51	32,13	10755,87
	СГП-387	3,92	7,07	9,13	20,11	6,70	29,07	8675,16
	506 (Люся)	5,16	10,27	9,14	24,58	8,19	28,01	8096,58
	сумма Y_j	21,05	44,79	43,04	108,87			
	средняя Y_j	4,21	8,96	8,61				
	I_j	-3,0	1,7	1,3				

Примечание: $\sum Y_j$ - сумма средней урожайности сортов за год, $\sum Y_i$ - сумма средних урожайностей сорта по годам, I_j - индекс условий среды, b_i - экологическая пластичность сорта, S_i^2 - среднеквадратическое отклонение (стабильность)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Результаты дисперсионного анализа двухфакторного опыта
Влияние клубеньковых бактерий на урожайность люцерны изменчивой в зависимости от инокуляции семян клубеньковыми бактериями за четыре года жизни растений

Таблица Ж 1 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой первого года жизни 2021г

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	6,805339152	99			
Повторений	0,203005444	3			
Штаммы А	0,213579963	4	0,05	0,76	2,46
Сорта В	0,304337956	4	0,08	1,09	2,46
Взаимодействия АВ	1,05663272	16	0,07	0,95	1,63
Остаток (ошибки)	5,02778307	72	0,07		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,37$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,17$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,17$

Таблица Ж 2 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой второго года жизни первый укос (2022 г)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	76,12683817	99			
Повторений	13,11532688	3			
Штаммы А	12,03705824	4	3,01	5,64	2,46
Сорта В	3,342615786	4	0,84	1,57	2,46
Взаимодействия АВ	9,245535526	16	0,58	1,08	1,63
Остаток (ошибки)	38,38630174	72	0,53		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,02$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,46$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,46$

Таблица Ж 3 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой второго года жизни второй укос (2022 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0,5}$
Общая	147,0275	99			
Повторений	46,79299	3			
Штаммы А	58,18114	4	14,55	35,53	2,46
Сорта В	7,182031	4	1,80	4,39	2,46
Взаимодействия АВ	5,394409	16	0,34	0,82	1,63
Остаток (ошибки)	29,47691	72	0,41		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=0,90$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,40$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,40$

Таблица Ж 4 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой второго года жизни сумма за два укоса (2022г)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0,5}$
Общая	333,4453769	99			
Повторений	108,0273699	3			
Штаммы А	120,0878785	4	30,02	27,45	2,46
Сорта В	11,89046086	4	2,97	2,72	2,46
Взаимодействия АВ	14,69033212	16	0,92	0,84	1,63
Остаток (ошибки)	78,74933547	72	1,09		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,46$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,65$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,65$

Таблица Ж 5 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой третьего года жизни первый укос (2023г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F _{0.5}
Общая	113,5474	99			
Повторений	4,776127	3			
Штаммы А	47,63797	4	11,91	20,35	2,46
Сорта В	9,805366	4	2,45	4,19	2,46
Взаимодействия АВ	9,186287	16	0,57	0,98	1,63
Остаток (ошибки)	42,14161	72	0,59		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,07$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,48$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,48$

Таблица Ж 6 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой третьего года жизни второй укос (2023 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F _ф	F _{0.5}
Общая	424,3815	99			
Повторений	73,84974	3			
Штаммы А	205,4493	4	51,36	30,96	2,46
Сорта В	4,122046	4	1,03	0,62	2,46
Взаимодействия АВ	21,50896	16	1,34	0,81	1,63
Остаток (ошибки)	119,4514	72	1,66		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,80$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,81$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,81$

Таблица Ж 7 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой третьего года жизни сумма за два укоса (2023 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0,5}$
Общая	790,9334189	99			
Повторений	104,9801189	3			
Штаммы А	436,2206164	4	109,06	41,30	2,46
Сорта В	17,28787224	4	4,32	1,64	2,46
Взаимодействия АВ	42,32550556	16	2,65	1,00	1,63
Остаток (ошибки)	190,1193059	72	2,64		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=2,28$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=1,02$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=1,02$

Таблица Ж 8 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой четвертого года жизни первого укос (2024 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0,5}$
Общая	229,4019	99			
Повторений	7,9331	3			
Штаммы А	121,8554	4	30,46	29,79	2,46
Сорта В	13,9154	4	3,48	3,40	2,46
Взаимодействия АВ	12,0586	16	0,75	0,74	1,63
Остаток (ошибки)	73,6394	72	1,02		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,42$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,63$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,63$

Таблица Ж 9 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой четвертого года жизни второй укос (2024 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	231,899	99			
Повторений	8,596894	3			
Штаммы А	18,61066	4	4,65	5,32	2,46
Сорта В	120,9659	4	30,24	34,59	2,46
Взаимодействия АВ	20,78237	16	1,30	1,49	1,63
Остаток (ошибки)	62,94316	72	0,87		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,31$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,59$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,59$

Таблица Ж 10 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой четвертого года жизни сумма за два укоса (2024 г.)

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	436,5371203	99			
Повторений	32,96497598	3			
Штаммы А	101,2923411	4	25,32	10,44	2,46
Сорта В	98,4789935	4	24,62	10,15	2,46
Взаимодействия АВ	29,07867514	16	1,82	0,75	1,63
Остаток (ошибки)	174,7221346	72	2,43		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=2,18$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,98$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,98$

Таблица Ж 11 – Влияние инокуляции семян клубеньковыми бактериями на урожайность люцерны изменчивой в среднем за 2022-2024 г.

Дисперсия	Сумма квадратов	Степени свободы	Средний квадрат	F_{ϕ}	$F_{0.5}$
Общая	348,8011425	99			
Повторений	69,73121064	3			
Штаммы А	186,2739712	4	46,57	51,68	2,46
Сорта В	14,7421964	4	3,69	4,09	2,46
Взаимодействия АВ	13,17175002	16	0,82	0,91	1,63
Остаток (ошибки)	64,88201415	72	0,90		

Существенность частных различий: $НСР_{0,5}=1,33$

Существенность главных эффектов и взаимодействий:

Для фактора А: $НСР_{0,5}=0,59$

Для фактора В и взаимодействия АВ: $НСР_{0,5}=0,59$

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 – Акт о внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы

Акт

О внедрении в производственную деятельность результатов научно-исследовательской работы по технологии возделывания люцерны изменчивой в условиях Республики Карелии, выполненной соискателем
ФГБОУ ВО СПбГАУ Камовой Александрой Игоревной

АО "Племенное хозяйство "Ильинское" в Республике Карелия подтверждает, что результаты исследований по изучению технологии возделывания люцерны изменчивой в Республике Карелия, выполненные Камовой А.А. были внедрены в производстве хозяйства в 2022, 2023 гг., на площади 2 га.

Внедрение в кормопроизводство Карелии люцерны изменчивой и предложенные элементы технологии (травосмесь тимофеевка луговая сорт Олонецкая местная, люцерна изменчивая сорт Таисия) и штамм А-5 для инокуляции семян) способствовали увеличению урожайности в среднем на 1,2 т/га и повышению качества кормов в хозяйстве в среднем на 0,65+/-0,12 корм.ед.

При этом средняя рентабельность возделывания люцерны изменчивой находилась на уровне 112-116%, что подтверждает высокую экономическую эффективность предложенных к внедрению элементов технологии возделывания люцерны.

Генеральный директор
АО Племенное хозяйство
«Ильинское»



Бурцев Ю. Б.