

На правах рукописи

ДИКАРЕВА СВЕТЛАНА АЛЕКСАНДРОВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ АГРОФИТОЦЕНОЗОВ
ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ И ЛЮЦЕРНЫ ЖЕЛТОЙ
НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО РАЙОНА
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ**

Специальность: 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2025

Работа выполнена на кафедре растениеводства и луговых экосистем ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Научный руководитель: **Лазарев Николай Николаевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
профессор кафедры растениеводства и луговых
экосистем ФГБОУ ВО «Российский
государственный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Конончук Вадим Витальевич,**
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
главный научный сотрудник лаборатории
разработки сортовых технологий возделывания
зернобобовых культур ФГБНУ «Федеральный
исследовательский центр «Немчиновка»

Иванова Надежда Николаевна,
кандидат сельскохозяйственных наук, старший
научный сотрудник отдела кормопроизводства
Всероссийского научно-исследовательского
института мелиорированных земель – филиала
ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт
им. В.В. Докучаева»

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение «Федеральный
научный центр кормопроизводства и
агроэкологии имени В.Р. Вильямса»

Защита диссертации состоится «01» июля 2025 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.030.02 на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел./факс: 8(499) 976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов):
127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте университета:
www.timacad.ru

Автореферат разослан «__»_____2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.В. Константинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследований обусловлена необходимостью совершенствования системы кормопроизводства в Центральном районе Нечерноземной зоны на основе использования высокопродуктивных агрофитоценозов, созданных из перспективных сортов люцерны изменчивой и люцерны желтой. Глобальное потепление сопряжено с рисками по снижению устойчивости традиционных кормовых культур. В условиях увеличения засушливости климата возникает необходимость расширения площадей под люцерной, устойчивой к дефициту влаги.

Люцерна характеризуется высокой урожайностью и служит одним из основных мировых источников качественных кормов, хорошо обеспеченных протеином. Она обладает существенными экологическими и экономическими преимуществами, поскольку обеспечивает экономию ископаемой энергии и не требует внесения азотных удобрений, способствует повышению плодородия почвы и сокращению выбросов парниковых газов. Люцерна, благодаря эффективной симбиотической азотфиксации, является экологически безопасным и устойчивым источником азота для органического земледелия.

Для адаптации люцерны в условиях Нечерноземной зоны необходимо разработать новые приемы, которые могут гарантировать стабильные урожаи на недостаточно окультуренных дерново-подзолистых почвах в условиях неустойчивого атмосферного увлажнения. Решение этих задач в наших исследованиях осуществлялось на основе использования сортов люцерны, менее чувствительных к кислым почвам, применения новых форм удобрений и биологических препаратов, повышающих устойчивость растений к стрессовым условиям.

Степень научной разработанности проблемы. В различных почвенно-климатических зонах России и мира выполнено большое количество исследований по оценке различных сортов люцерны по урожайности, питательности, долголетию и устойчивости к недостатку и избытку влаги (Тарковский М.И., Гончаров П.Л., Лубенец П.А., Голобородько С.В., Осипова В.В., Frame J., Undersander D.), обоснованы режимы использования травостоев, система удобрения и технологии заготовки кормов из люцерны (Горковенко Л.Г., Писковацкий Ю.М., Донских Н.А., Владимирова В.В., Степанова Г.В., Шелюто А.А., Иванова Е.П., Orloff S.B., Putnam D.H.). В связи с климатическими рисками необходимо увеличить площади посевов этой засухоустойчивой культуры в нашей стране, в том числе на малоплодородных почвах. Для оценки продуктивности сортов люцерны изменчивой Агния и Таисия, созданных на основе метода сопряженной симбиотической селекции, и перспективного сорта люцерны желтой Нижегородская, необходимы дальнейшие исследования с использованием регуляторов роста и биопрепаратов для повышения стрессоустойчивости растений.

В то же время, постоянное расширение ассортимента биостимуляторов, изменчивость адаптивности сортов к меняющимся агроклиматическим условиям

требуют от науки регулярного производственно-ориентированного совершенствования.

Цель исследования – разработка агротехнологических приемов формирования высокопродуктивных травостоев люцерны изменчивой и люцерны желтой на дерново-подзолистых почвах в условиях Центрального района Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Задачи исследований:

- установить влияние росторегулирующих соединений на изменение ботанического состава, высоты, плотности и урожайности травостоя бобовых агрофитоценозов на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности;
- определить биологическую фиксацию азота в урожае надземной массы люцерны изменчивой, люцерны желтой и эспарцета песчаного;
- дать оценку развития корневой системы и формирования симбиотического аппарата бобовых трав при возделывании на кислых дерново-подзолистых почвах;
- оценить химический состав и питательность зеленых кормов из люцерны и эспарцета;
- провести экономическую и агроэнергетическую оценку возделывания различных видов бобовых трав.

Научная новизна работы заключается в том, что впервые научно обосновано, что на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве сорта люцерны изменчивой Агния и Таисия при применении инокуляции, микробиологического удобрения Ультраспорекс марки Спорион, регулятора роста Альбит и комплексного микроудобрения Аквамикс ТВ на 2-й год жизни способны формировать устойчивые агрофитоценозы с урожайностью 6,2-7,6 т/га сухой массы, при этом наибольшие прибавки урожая – 20,9-21,3% получены при некорневой подкормке растений Аквамикс ТВ+Спорион. Установлено, что на среднеокультуренной дерново-подзолистой почве возделывание люцерны желтой сорта Нижегородская обеспечивало получение в среднем за три года 6,4-6,8 т/га сухой массы; 1,11-1,23 т/га сырого протеина, не уступая по этим показателям сортам люцерны изменчивой Агния и Таисия.

Теоретическая и практическая значимость исследований состоит в том, что на основе многоплановых исследований для условий Центрального района Нечерноземной зоны установлены закономерности формирования высокопродуктивных агрофитоценозов люцерны на дерново-подзолистых почвах. Возделывание люцерны изменчивой 2 и 3-го года жизни сортов Агния и Таисия на среднеокультуренных слабокислых почвах обеспечивает получение 7,94-8,71 и 8,86-10,28 т/га сухого вещества соответственно. При неравномерном выпадении атмосферных осадков и повышенном тепловом режиме сорта люцерны изменчивой Агния и Таисия и люцерны желтой сорта Нижегородская обладают высокой отавностью и фитоценотической устойчивостью. Получаемые зеленые корма характеризуются высокой энергетической питательностью – 9,74-10,15 МДж/кг, хорошей обеспеченностью сырым протеином – 13,45-20,02%, кальцием – 1,2-1,82% и фосфором – 0,33-0,45% от СВ.

На слабоокультуренной почве с высокой обеспеченностью подвижным

фосфором и низким содержанием подвижного молибдена некорневое применение подкормки Аквамикс+Альбит и Аквамикс+Спорион повышало урожайность люцерны 2-го года жизни на 13,7-25,1%.

На 2-3-й годы жизни при выращивании на среднеокультуренной почве в урожае люцерны количество фиксированного азота составляет 157-224 кг/га и на слабоокультуренной – 89-125 кг/га в год.

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

Основные положения, выносимые на защиту:

- научно-практические приемы управления продуктивностью агрофитоценозов люцерны на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности;

- закономерности формирования высокопродуктивных агрофитоценозов и их структурных компонентов в различных экологических условиях;

- обоснование возделывания специализированных сортов люцерны изменчивой Агния и Таисия на средне- и слабоокультуренных дерново-подзолистых почвах;

- особенности формирования качества зеленых кормов на почвах разного уровня плодородия;

- обоснование экономической и агроэнергетической эффективности возделывания люцерны при применении регулятора роста и удобрений.

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

Апробация результатов. Основные положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены на конференциях: Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022 г.); Всероссийской конференции молодых исследователей «Аграрная наука - 2022» (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022 г.); Международной научной конференции «Место и роль аграрной науки в обеспечении продовольственной безопасности страны» (Смоленск, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2022 г.); Международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 180-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2023 г.); III Международной научно-практической конференции «Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы» (Луганск, Луганский государственный аграрный университет им. К.Е. Ворошилова, 2023); Международной научной конференции молодых учёных и специалистов,

посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024 г.); Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием IX Вильямсовские чтения (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024 г.); Международной научно-практической конференции «АГРОНОМИЯ – 2024» (AgriScience 2024) (Москва, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024 г.).

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

Публикации. По теме диссертации опубликовано 12 работ, в том числе 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 2 – в сборнике научных трудов международной базы данных Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 174 страницах состоит из введения, основной части, содержащей 26 таблиц, 12 рисунков, заключения, библиографического списка (включает 319 наименований, в том числе 178 на иностранном языке) и 26 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проведения исследований, изложено современное состояние проблемы и научная новизна. Сформулированы цели и задачи исследований, теоретическая и практическая значимость результатов исследования, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Научные основы формирования устойчивых агрофитоценозов люцерны на дерново-подзолистых почвах» приведен анализ отечественной и зарубежной литературы по оценке значения люцерны в кормопроизводстве, её биологических и экологических особенностях, обеспечивающих высокую урожайность, симбиотическую активность и стрессоустойчивость. Обобщены литературные данные о влиянии потепления климата и неблагоприятных эдафических факторов на устойчивость люцерны в агрофитоценозах. На основании анализа литературы обоснована актуальность темы исследований.

Во второй главе «Условия и методика проведения исследований» приведена программа и методы исследований, характеристика условий проведения полевых экспериментов.

Исследования проведены в 2022-2024 гг. на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва) в двух полевых опытах.

Опыт 1. Особенности формирования агрофитоценозов люцерны изменчивой и люцерны желтой на среднеокультуренной дерново-подзолистой почве. Объекты исследования: фестулолиум сорт Фест, люцерна изменчивая сорт Агния, люцерна изменчивая сорт Таисия, люцерна желтая сорт Нижегородская. Одновидовые травостой люцерны изучали при некорневом внесении регулятора роста Альбит ТПС, микробиологического удобрения Ультраспор марки Спорин и микроудобрения молибдат аммония (52% Мо).

Опыт 2. Особенности формирования агрофитоценозов люцерны изменчивой и эспарцета песчаного на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве. Объекты исследования: фестулолиум сорт Фест, люцерна изменчивая сорт Агния,

люцерна изменчивая сорт Таисия, эспарцет песчаный сорт Павловский. Для обработки растений по вегетации применяли регулятор роста Альбит ТПС, концентрированное микроудобрение Аквамикс ТВ, удобрение Ультраспор марки Спорин. Альбит и Спорин применяли как отдельно, так и в двухкомпонентных смесях с Аквамикс.

Контролем в обоих опытах служил вариант без внесения препаратов. Фестулолиум был включен в схему опыта с целью определения количества фиксированного азота.

Препаративной формой регулятора роста Альбит является текучая паста (ТПС), в состав которой входит: поли-бета-гидроксимасляная кислота (6,2 г/кг) + магний сернокислый (29,8) + калий фосфорнокислый (91,1) + калий азотнокислый (91,2) + карбамид (181,5 г/кг). Микробиологическое удобрение Спорин включает споры бактерий *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus aryabhattai*, *Bacillus tucilaginosis*, *Panibacillus peoriae*, биологически активные продукты их жизнедеятельности и микроэлементы. Микроудобрение Аквамикс содержит: В – 7,65%, Cu (EDTA) – 2,25%, Zn (EDTA) – 2,25%, Мо – 7,8%, Со – 1,3 %.

Обработку бобовых трав проводили при достижении растениями высоты 8-10 см: в первый год жизни однократно после посева; в последующие годы жизни – весной, после первого и второго укосов. Норма расхода препарата Альбит составляла при внесении весной 40 мл/га, после 1 и 2-ого укоса – 70 мл/га. Спорин применяли в норме 1 л/га, молибдат аммония – 100 г/га и Аквамикс – 150 г/га. Норма расхода рабочего раствора составляла 200-300 л/га.

В опыте 2 перед посевом семена эспарцета инокулировали штаммом *Rhizobium* Sp. (*Onobrychis*) – 820. Для инокуляции люцерны сорта Агния использовали штамм *Sinorhizobium meliloti* АК 55 и для сорта Таисия – СХМ 404Б. Штаммы, созданные Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии», включены в Сетевую биоресурсную коллекцию в области генетических технологий для сельского хозяйства (ВКСМ).

В опыте 1 инокуляцию и макроудобрения не применяли, а в опыте 2 ежегодно весной вносили гранулированный хлористый калий в дозе K_{120} .

Основная обработка почвы в обоих опытах включала зяблевую вспашку на глубину 20-22 см, в весенний период – двукратное фрезерование на 10-12 см. После разбросного беспокровного посева проведено боронование и прикатывание почвы. Посев осуществляли в оптимальные для данной зоны сроки. Норма высева фестулолиума составила 18 кг/га, люцерны 16 кг и эспарцета 80 кг всхожих семян на 1 га. В год посева в обоих опытах провели один укос, а в последующие – три. Высота скашивания составляла 7 см.

Опыты закладывали методом рандомизированных повторений.

Почва опытных участков дерново-подзолистая среднесуглинистая. В пахотном слое почвы опытов 1 и 2 содержится соответственно 2,4 и 2,1% гумуса, 304 и 426 мг/кг подвижного фосфора, 101 и 36 мг/кг подвижного калия, 0,12 и 0,12 мг/кг Мо, 0,4 и 0,25 мг/кг В, рН_{KCl} 5,4 и 4,52, степень насыщенности основаниями 75,0 и 44,6%. Грунтовые воды на глубине 3 м не обнаружены.

Сумма активных температур ($T > 10^{\circ}\text{C}$) составила по годам исследований

(2022, 2023 и 2024 гг.) соответственно 2360; 2536 и 2812°C, а гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова – 1,43; 1,26 и 1,25.

Все учёты и наблюдения проводили в соответствии с Методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, 1997; Методикой агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами (Лукомец В.М. и др., 2022). Определение агрохимических показателей почвы проводили: P_2O_5 и K_2O – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011); pH_{KCl} (ГОСТ 26483–85); содержание гумуса – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), определение подвижных соединений молибдена по методу Григга (ГОСТ Р 50689-94), бора по методу Бергера и Труога (ГОСТ Р 50688-94). Содержание сухого вещества определяли путем высушивания пробы трав при температуре 105°C до постоянной массы (ГОСТ 31640-2012). Агроэнергетическую оценку возделывания трав – в соответствии с Методическим руководством по оценке потоков энергии в луговых агроэкосистемах, 2000; химический состав трав – на инфракрасном анализаторе SpectraStar 2600XT; учёт урожая зелёной массы проводили в фазе бутонизации; статистическую обработку – методом дисперсионного анализа (Доспехов Б.А., 1985).

В третьей главе «Формирование травостоев люцерны изменчивой и люцерны желтой на среднеокультуренной дерново-подзолистой почве» показана динамика изменения плотности травостоев, ботанического состава, высоты и облиственности трав, урожайности травостоев при некорневом применении регулятора роста и удобрений.

Густота растений люцерны. Урожайность трав зависит от количества растений на единице площади, интенсивности их побегообразования и мощности побегов. По данным многих исследователей в 1-2-й годы жизни люцерны должна иметь густоту не менее 100-200 растений на 1 м².

В наших исследованиях непосредственно после посева условия увлажнения были благоприятными, поэтому полевая всхожесть люцерны составила 40-52%, а количество растений – 334-401 шт. на 1 м². Последующий период роста и развития трав в июне характеризовался резким дефицитом осадков. В таких условиях произошло изреживание растений и перед уходом в зиму насчитывалось от 174 до 194 растения на 1 м² (рисунок 1).

На 2-3-й годы густота люцерны постепенно снижалась, причем изреживание травостоев отмечалось как в периоды вегетации, так и во время перезимовки. Так, после возобновления вегетации весной 2023 года густота люцерны составляла 163-182 растения, к осени она уменьшилась до 130-168 шт. и к весне 2024 года до 123-149 растений на 1 м².

В момент прекращения вегетации 2024 года в среднем по всем вариантам густота люцерны Агния, Таисия и Нижегородская составляла соответственно 116 растений, 117 и 123 растения на 1 м². Прослеживалась тенденция более высокой сохранности растений у люцерны желтой сорта Нижегородская. Не выявлено закономерного влияния регулятора роста и удобрений на сохранность растений в течение трех лет использования травостоев.

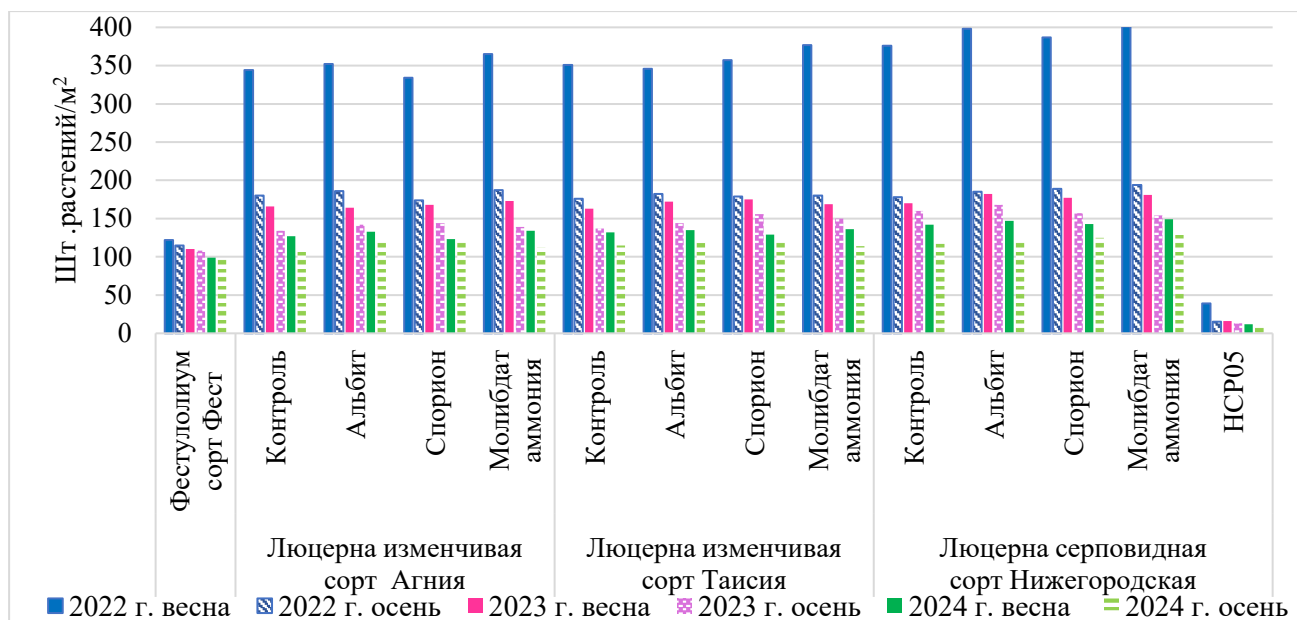


Рисунок 1 – Динамика густоты растений, шт. растений на 1 м²

Плотность травостоев. Многолетние травы способны за счет интенсивного побегообразования формировать плотные травостои даже при небольшом количестве растений. В условиях опыта в первый год жизни, несмотря на неблагоприятные условия увлажнения, люцерна сформировала довольно плотные травостои – от 774 до 868 побегов на 1 м². На второй год жизни от первого к третьему укосу густота травостоев снижалась с 918-991 до 602-699 шт. побегов на 1 м².

На третий год во всех трех укосах люцерна имела густые травостои – 712-1051 побег на 1 м² (рисунок 2).

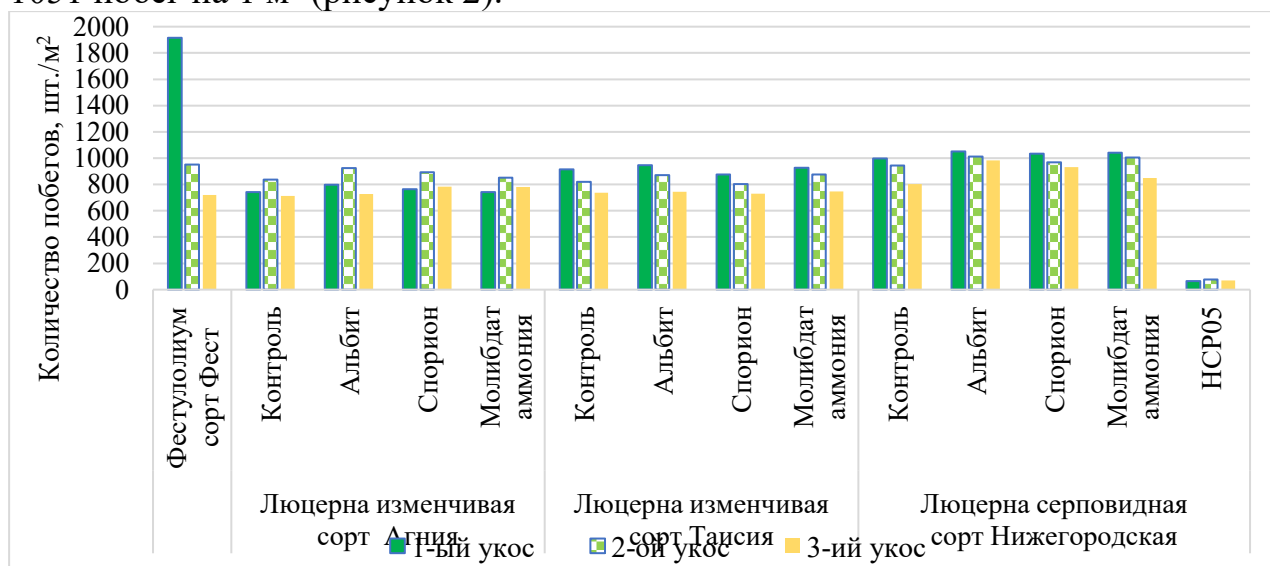


Рисунок 2 – Количество побегов люцерны в агрофитоценозах на 3-й год жизни, шт. на 1 м²

Люцерна желтая сорта Нижегородская превосходила по интенсивности побегообразования люцерну изменчивую во всех трех укосах. Её густота составляла по вариантам опыта от 804 (контроль) до 1051 побега на 1 м² (вариант с препаратом Альбит). При некорневом внесении регулятора роста Альбит во втором укосе густота люцерны возрастала на 7,2% и в третьем – на 22,4%. В

первом укосе люцерны Таисия формировала травостой с большим количеством побегов, чем сорт Агния, а в последующих укосах существенных различий между этими сортами по вариантам не выявлено.

Доля участия люцерны травостоях. Ботанический состав, как и густота растений характеризует устойчивость отдельных видов трав в агрофитоценозах. Большая доля сорных трав в травостоях может указывать на недостаточную конкурентную способность сеяных видов. В первый год жизни доля несеяных трав в ботаническом составе травостоев не превышала 1,6-4,9%. На второй год жизни участие люцерны в агрофитоценозах по укосам изменялась от 87 до 98,8%. Более устойчивым к внедрению сорных трав был травостой люцерны желтой, поскольку он характеризовался большей плотностью.

На третий год жизни при высокой плотности травостоев люцерны изменчивая сохранила высокую долю участия в агрофитоценозах – от 92,0 до 99,9%. Люцерны желтая несколько уступала люцерне изменчивой по этому показателю. Её участие в ботаническом составе третьего укоса варьировалось от 85,3 до 92,3%. Наиболее засоренным был травостой фестулолиума, доля которого в засушливый период формирования третьего укоса снизилась до 64,3%. Люцерны изменчивая, наоборот, обладая высокой засухоустойчивостью, в условиях дефицита влаги увеличила свою долю в сложении растительного сообщества.

Высота трав. Высота в значительной степени зависела от условий увлажнения и теплового режима. У люцерны изменчивой она варьировалась от 47,4 до 82,2 см и люцерны желтой – от 39,4 до 70,0 см. Наиболее четкие различия между сортами трав проявились на третий год жизни. Во всех укосах, кроме второго в варианте с микробиологическим удобрением Спорин, люцерны желтая формировала более низкорослые травостои, уступая люцерне изменчивой по высоте на 6,5-14,5 см (рисунок 3).

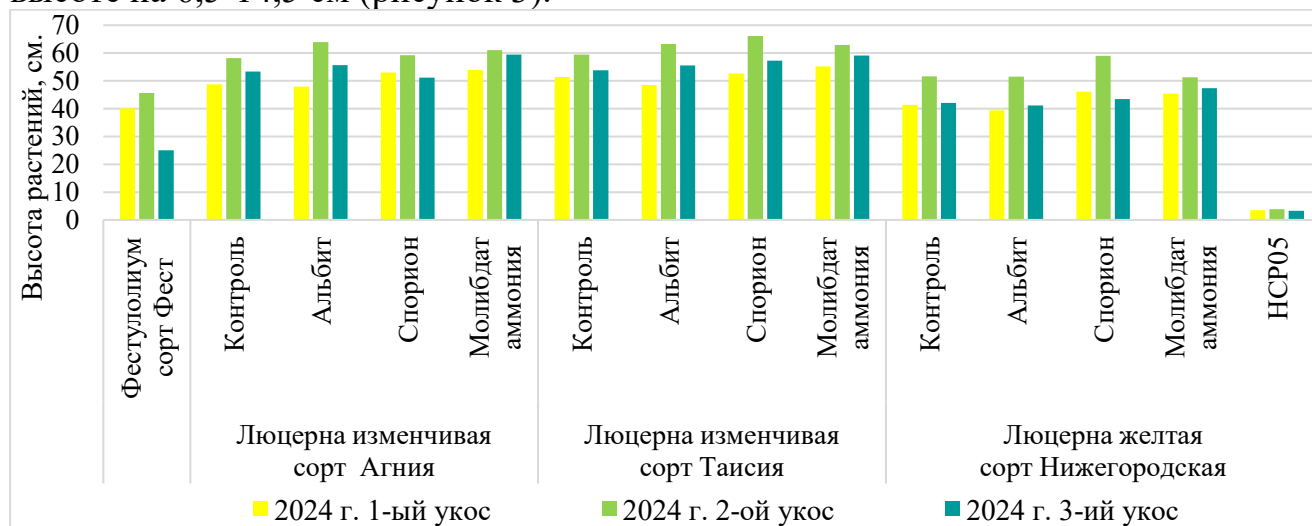


Рисунок 3 – Высота люцерны и фестулолиума на 3-й год жизни, см

Сорт Таисия превосходил по линейному росту сорт Агния в варианте с препаратом Спорин во втором и третьем укосах соответственно на 10,9 и 6,0 см. Достоверное увеличение высоты всех сортов трав проявилось в первом укосе при некорневой подкормке молибденом. Во втором укосе положительная реакция отмечалась у сорта Таисия при внесении препаратов Альбит и Спорин, у сорта

Агния увеличилась высота в варианте с препаратом Альбит. В третьем укосе молибден достоверно увеличивал высоту люцерны изменчивой в 1 и 3-м укосах с 48,7-53,8 до 53,9-59,4 см и люцерны желтой с 41,4-42,1 до 45,4-47,4 см. Без внесения минерального азота средняя высота фестулолиума по укосам изменялась от 25 до 45,6 см.

Облиственность растений. Листья растений являются не только основным фотосинтезирующим органом растений, но и важной частью урожая, обеспечивающей получение кормов высокого качества. Считается, что листья содержат в 2-3 раза больше протеина и минеральных веществ, чем стебли. Листья также накапливают значительно меньше сырой клетчатки.

Интенсивный трехукосный режим скашивания позволял получать корма с высокой долей листьев в урожае. Тепловой и водный режим оказывали влияние на соотношение листовой и стеблевой частей растений в урожае. Доля листьев в урожае первого укоса в 2023 году варьировалась от 40 до 46%, во втором она возросла до 49-54% и в третьем укосе снизилась до уровня первого укоса – 43-51%. В 2024 году доля листьев в урожае люцерны находилась в таких же пределах. Она изменялась от 42 до 56%, но максимальной она оказалась в третьем укосе, а между первым и вторым укосами различия по облиственности были небольшими. В 2024 году люцерна желтая уступала по высоте побегов люцерне изменчивой, поэтому у неё просматривалась тенденция более высокой облиственности. У сортов Таисия и Нижегородская в среднем за два года доля листьев при внесении препаратов была на 2-4% выше.

Урожайность травостоев. В первый год при дефиците почвенной влаги получен только один укос, и урожайность составила от 2,29 до 2,71 т/га сухого вещества (таблица 1).

На люцерне Таисия прибавку урожая обеспечило внесение микробиологического удобрения Спорин, а на Нижегородской применение Альбит и Спорин. В 2023 году (2-й год жизни) за три укоса люцерна сформировала высокий урожай – 7,94-8,71 т сухого вещества с 1 га. Существенное повышение урожайности на 7,8% обеспечила люцерна желтая сорта Нижегородская при некорневом применении молибдата аммония. На третий год жизни урожайность люцерны возросла 8,98-10,28 т/га, причем сорта Агния и Таисия наиболее положительно реагировали на применение Альбит, а сорт Нижегородская – на использование Спорин.

В среднем за три года сбор кормов при внесении различных препаратов варьировался от 6,65 до 7,13 т/га. На сортах Агния и Нижегородская наибольшее повышение урожая по сравнению с контрольными вариантами отмечалось при применении молибденового удобрения, на сорте Таисия – регулятора Альбит, соответственно 8,8; 5,9 3,6%. В среднем по трем препаратам урожайность сорта Агния составила 6,88 т/га, сорта Таисия – 7,00 и сорта Нижегородская – 6,73 т/га, то есть люцерна желтая Нижегородская практически не уступала по продуктивности сортам люцерны изменчивой. Она формировала менее высокорослые побеги, но превосходила сорта люцерны изменчивой по густоте травостоев. Без внесения минерального азота урожайность фестулолиума в среднем за 3 года составила 2,16 т/га, что в 3,0-3,3 раза меньше, чем у люцерны.

Таблица 1 – Урожайность люцерны изменчивой, люцерны желтой и фестулолиума, т/га сухого вещества

Вариант	2022 г.	2023 г.	2024 г.	В среднем
Фестулолиум сорт Фест				
	0,39	3,34	2,77	2,16
Люцерна изменчивая сорт Агния				
Контроль	2,29	8,24	8,98	6,50
Альбит	2,32	8,34	10,1	6,92
Спорион	2,40	8,25	9,32	6,66
Молибдат аммония	2,52	8,71	9,98	7,07
Люцерна изменчивая сорт Таисия				
Контроль	2,32	8,33	9,24	6,63
Альбит	2,55	8,56	10,28	7,13
Спорион	2,67	8,29	10,02	6,99
Молибдат аммония	2,52	8,50	9,66	6,89
Люцерна желтая сорт Нижегородская				
Контроль	2,41	7,94	8,86	6,40
Альбит	2,71	8,22	9,01	6,65
Спорион	2,69	8,15	9,48	6,77
Молибдат аммония	2,49	8,56	9,30	6,78
НСР ₀₅	0,26	0,50	0,44	0,25

Оценка продуктивности по выходу обменной энергии показала, что при некорневом применении препаратов он возрастал с 63,5-65,9 до 66,2-71,1 ГДж с 1 га, то есть на 5,5-6,1%.

В условиях 2023 года оптимизация календарных сроков скашивания позволила получить в первом укосе 24,8-28,4%, во втором – 32,8-36,1% и в третьем – 38,1-39,6% от годового урожая. В 2024 году наиболее оптимальные условия для люцерны сложились в период формирования второго укоса с 26 мая по 5 июля, когда выпало 2,5 нормы осадков, а температура превысила среднегодовую норму на 2,5°C. В этих условиях урожай второго укоса оказался максимальным – 39,3-47,0 % от общего сбора корма за все укосы. На третий укос приходилась наименьшая доля валового сбора корма люцерны – 23,1-28,5%, поскольку условия увлажнения были неблагоприятными из-за недостаточного количества осадков и повышенной температуры воздуха.

В четвертой главе «Формирование травостоев люцерны изменчивой и эспарцета песчаного на слабоокультуренной дерново-подзолистой почве» показаны результаты исследований структурных показателей и продуктивности травостоев.

Ботанический состав травостоев. На сильно кислой почве в год посева отмечалась сильная засоренность вновь формирующихся травостоев ежовником обыкновенным (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.). Участие люцерны в составе травостоев в первый год жизни по вариантам опыта варьировалось от 53,3 до 72,9%, а в травостое эспарцета доминировали несеянные виды, на долю которых приходилось 65,1-76,9% урожая (рисунок 4).

На второй год жизни наиболее чистые от сорных трав агрофитоценозы сформировала люцерна изменчивая при внесении комплексного микроудобрения

Аквამикс совместно с регулятором роста Альбит и микробиологическим удобрением Спорион. Доля люцерны в этих вариантах по укосам составляла от 90,1 до 99,2%. Эспарцет песчаный по-прежнему был сильно засорен различными видами дикорастущих трав, а участие основной культуры в урожае не превышала 58,2-75,2%. Это было обусловлено тем, что почвенные условия не соответствовали потребностям эспарцета, для которого повышенный уровень кислотности отрицательно сказался на всхожести и приживаемости растений.

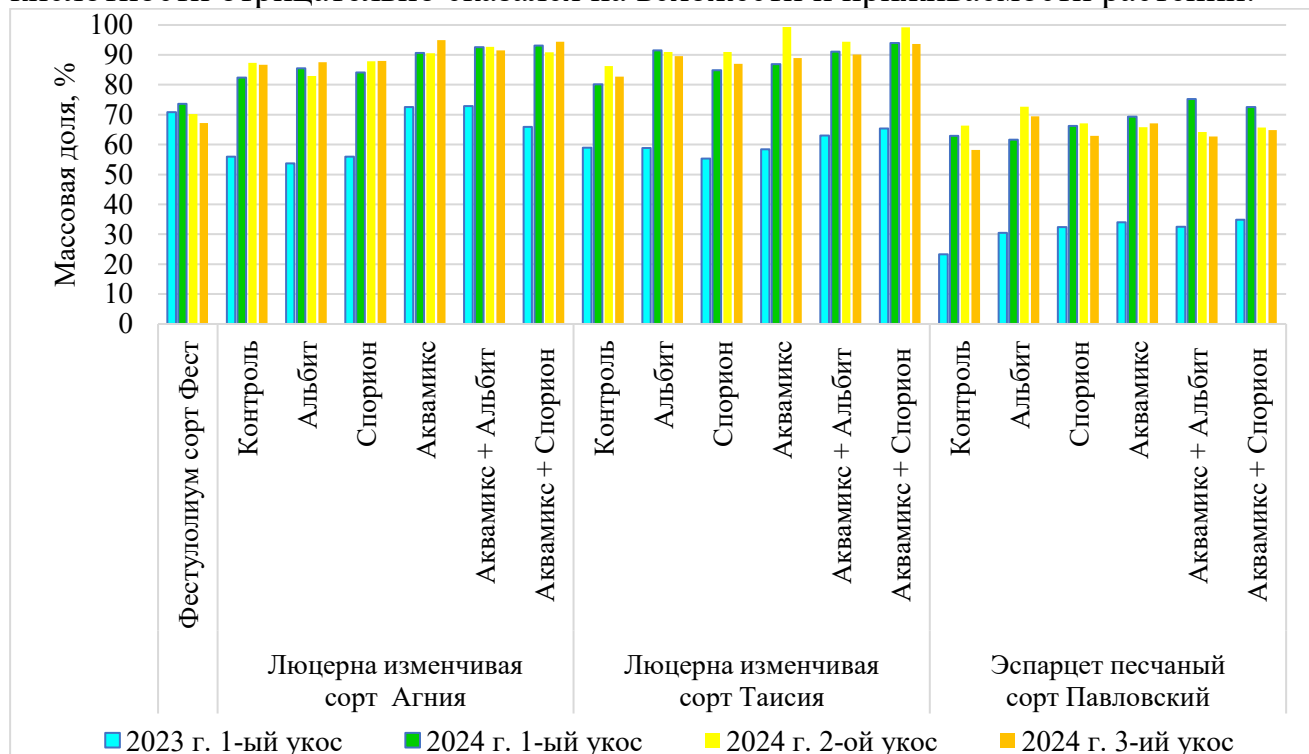


Рисунок 4 – Массовая доля люцерны изменчивой, эспарцета песчаного и фестулолиума в травостоях, в %

Густота травостоев. В год залужения количество побегов люцерны изменялось от 1043 до 1226 шт. на 1 м², что в 2 раза превышало густоту эспарцета (таблица 2). Как люцерна Агния, так и Таисия имели наибольшее количество побегов при совместном применении удобрений Аквамикс и Спорион – соответственно 1226 и 1284 шт. на 1 м². На второй год жизни во всех укосах люцерна положительно реагировала на внесение удобрений и регулятора роста, увеличивая побегообразовательную способность. Более плотные травостои, насчитывающие 773-1415 побегов на 1 м², формировала люцерна сорта Таисия при внесении микроудобрения Аквамикс в сочетании с регулятором Альбит или микробиологическим удобрением Спорион, то есть наблюдался синергетический эффект совместного действия препаратов.

Интенсивность побегообразования очень сильно зависела от условий влагообеспеченности. В период формирования второго укоса с 8 июня по 10 июля отмечалось наибольшее количество атмосферных осадков, что способствовало увеличению густоты травостоев люцерны на 90-193 побега и эспарцета – на 126-128 побегов на 1 м². Дефицит осадков в сочетании с повышенной температурой в период роста трав в третьем укосе вызвал уменьшение густоты травостоев люцерны и эспарцета в 1,5-1,9 раза по сравнению со вторым укосом.

Высота растений. В год посева многолетние травы медленно развивались и обеспечили получение только одного укоса, при этом высота люцерны по вариантам опыта варьировалась от 56,8 до 59,7 см и эспарцета – от 42,0 до 48,9 см. На втором году жизни люцерны в первом укосе достигала наибольшей высоты – от 52,5 до 61,0 см. У люцерны сорта Таисия существенно увеличивалась высота во втором укосе при внесении как одного регулятора роста Альбит, так и с микроудобрением Аквамикс, а также Спорион+Аквамикс. В третьем укосе существенное влияние оказал Спорион и Аквамикс+Спорион, обеспечившие увеличение линейного роста люцерны соответственно на 5,8 и 5,7 см. На кислой почве эспарцет во всех укосах уступал по высоте люцерне, и его сильно засоренный травостой не проявил реакции на внесение удобрений и регулятора роста.

Таблица 2 – Густота люцерны изменчивой и эспарцета песчаного, шт. побегов на 1 м²

Вариант	2023 г.	2024 г.		
	1-ый укос	1-ый укос	2-ой укос	3-ий укос
Люцерна изменчивая сорт Агния				
Контроль	1108	948	1100	579
Альбит	1069	1021	1194	659
Спорион	1116	1090	1135	719
Аквамикс	1137	983	1144	736
Аквамикс + Альбит	1043	893	1170	696
Аквамикс + Спорион	1226	996	1280	664
Люцерна изменчивая сорт Таисия				
Контроль	1085	952	983	602
Альбит	1045	1102	1227	679
Спорион	1217	1046	1283	708
Аквамикс	1041	1090	1277	710
Аквамикс + Альбит	1215	1133	1326	775
Аквамикс + Спорион	1284	1126	1415	733
Эспарцет песчаный сорт Павловский				
Контроль	513	284	339	232
Альбит	619	277	456	238
Спорион	605	309	466	272
Аквамикс	570	308	425	248
Аквамикс + Альбит	534	273	448	257
Аквамикс + Спорион	564	276	414	260
НСР ₀₅	64	75	87	72

Облиственность растений. Кислая реакция почвы не оказала отрицательного влияния на соотношение листовой и стеблевой части урожая люцерны. В первый год жизни доля листьев в урожае по вариантам опыта была достаточно высокой – от 52 до 57%, несмотря на длительный период формирования урожая. На второй год жизни облиственность люцерны изменялась от 47 до 59%. Она была максимальной (55-59%) в третьем укосе, который формировался в условиях дефицита влаги. В первом укосе люцерны сорта Таисия несколько уступала по доли листьев в урожае сорту Агния, что по-видимому обусловлено её большим ростом, который при некорневом внесении препаратов достигал 60,4-61,0 см.

Регулятор роста, микробиологическое удобрение и микроудобрения в целом не оказали закономерного влияния на соотношение листовой и стеблевой частей урожая.

Урожайность травостоев. В первый год жизни сорта люцерны существенно не различались по урожайности, обеспечив получение от 2,47 до 2,82 т/га сухого вещества. По сравнению с контролем сорт Агния дал прибавку урожая 8,9% только в варианте Аквамикс+Спорион, а у сорта Таисия урожайность возросла во всех вариантах в среднем на 9,4%, кроме варианта с применением регулятора роста Альбит (рисунок 5).

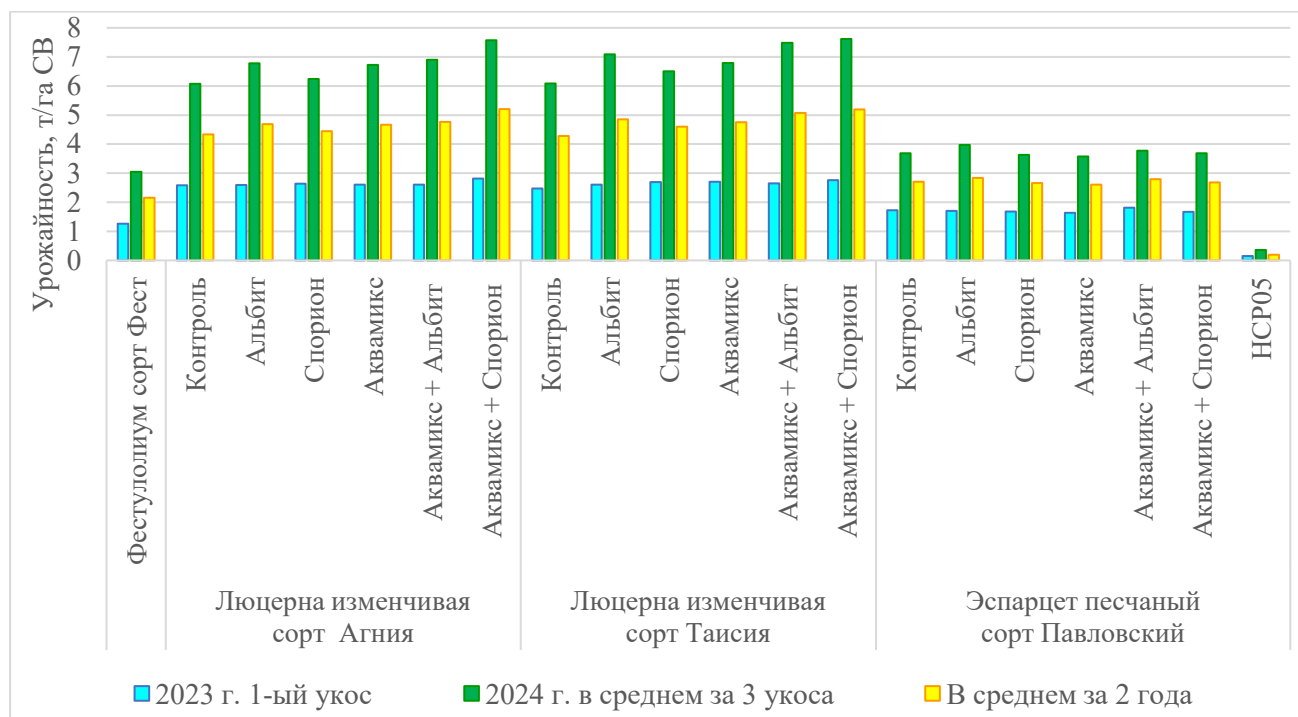


Рисунок 5 – Урожайность фестулолиума, люцерны изменчивой и эспарцета песчаного, т/га сухого вещества.

В среднем за два года люцерна сорта Агния обеспечивала достоверно более высокий урожай при совместном применении удобрений Аквамикс+Спорион – 5,2 т/га, а сорт Таисия – в вариантах Аквамикс+Альбит и Аквамикс+Спорион – 5,07 и 5,19 т/га, что соответственно на 20,1%; 18,4 и 21,3% больше, чем в контроле. Положительное действие микробиологического удобрения Спорион обусловлено тем, что он усиливает эффективность микроэлементов, которые образуют легкоусвояемые эффективные органоминеральные комплексы с бациллярными метаболитами. Сильно засоренный травостой эспарцета песчаного не проявил положительной реакции на внесение регулятора роста и удобрений. В среднем по всем вариантам опыта он уступал по урожайности сортам люцерны Агния и Таисия соответственно в 1,7 и 1,8 раза.

Выход обменной энергии при некорневом применении концентрированного микроудобрения Аквамикс ТВ в смеси с микробиологическим удобрением Спорион у люцерны Агния и Таисия возрастал до 51,3 и 51,8 ГДж с 1 га, то есть соответственно на 19,9 и 22,2%.

Инокуляция семян люцерны высокоэффективными штаммами

клубеньковых бактерий позволила сформировать травостой с высоким уровнем урожайности. Что касается эспарцета песчаного, то повышенный уровень кислотности оказал отрицательное влияние на растения, поэтому он не сформировал продуктивный травостой. Это подтверждено показателями N-тестера перед проведением первого укоса в 2024 году. В вариантах с люцерной Агния и Таисия при внесении препаратов Альбит и Спорион вместе с Аквамикс показания N-тестера составляли 760-778 единиц, что свидетельствует о хорошей обеспеченности растений азотом за счет симбиотической фиксации. Травостой эспарцета в этих вариантах имел значительно более низкие показатели – 541 и 548 ед.

В пятой главе «Химический состав зеленой массы трав на почвах разного уровня плодородия» приведены результаты изучения качества получаемых кормов и оценка накопления биологического азота бобовыми травами.

Химический состав зеленого корма на среднеоккультуренной почве. Наиболее важным компонентом травяных кормов является сырой протеин. В рационах жвачных животных должно содержаться 14-16% сырого протеина. В условиях опыта в фестулолиуме концентрация протеина варьировалась от 6,13 до 14,23% (таблица 3), что свидетельствует о том, что зеленая масса фестулолиума не всегда обеспечивает получение кормов высокого качества.

Высокий уровень протеина в люцерне первого укоса в 2023-2024 гг. – от 17,18 до 20,02% позволяет получать качественные травяные корма. В 2024 г. повышенное содержание сырого протеина отмечалось также в третьем укосе при внесении различных препаратов – 16,65-19,57%. В 2023 г. во втором укосе обеспеченность трав протеином была выше, чем в третьем, а в 2024 г., наоборот, люцерна содержала больше протеина в третьем укосе. Различия между укосами по содержанию протеина обусловлены метеорологическими условиями, складывающимися в межукосные периоды.

Особенностью люцерны является повышенная концентрация клетчатки за счет лигнификации ее стеблей. Скашивание люцерны в первом укосе в ранние сроки позволило получить зеленые корма с содержанием сырой клетчатки на уровне 26,96-29,54%. Третий укос как в 2003, так и 2004 гг. формировался при дефиците влаги и повышенных температурах, что ускоряло развитие трав и способствовало увеличению содержания сырой клетчатки, но оно не превышало 31,95%.

Концентрация кальция в люцерне по укосам изменялась от 1,20 до 1,82%, что больше в 1,3-3,7 раза, чем в фестулолиуме. Травы третьего года жизни накапливали больше кальция в первом и третьем укосах, чем травы второго года. Содержание фосфора в люцерне не было подвержено значительным изменениям по вариантам опыта. Оно варьировалось в пределах от 0,33 до 0,45%, и полностью удовлетворяло потребности жвачных животных в этом элементе. В среднем за три года содержание обменной энергии в люцерне изменялось от 9,94 до 10,02 МДж, и различия между вариантами были незначительными.

Таблица 3 – Содержание сырого протеина в зеленой массе люцерны, % от сухого вещества (2023 год/2024 год)

Вариант	1-ый укос	2-ой укос	3-ий укос
Фестулолиум сорт Фест			
	12,21/14,23	6,13/10,80	8,94/12,77
Люцерна изменчивая сорт Агния			
Контроль	17,89/19,49	16,87/16,56	14,15/18,56
Альбит	18,29/19,39	17,83/16,63	13,55/17,37
Спорион	18,23/18,97	16,93/16,29	14,94/18,26
Молибдат аммония	18,52/19,76	16,31/15,94	13,91/16,65
Люцерна изменчивая сорт Таисия			
Контроль	18,91/19,94	16,47/16,12	13,45/16,47
Альбит	17,18/18,11	15,98/15,39	15,69/19,57
Спорион	19,08/20,02	16,08/16,15	14,26/17,93
Молибдат аммония	18,66/19,62	17,45/16,83	14,35/16,99
Люцерна желтая сорт Нижегородская			
Контроль	17,60/19,23	15,32/16,16	15,35/15,78
Альбит	17,41/18,73	17,44/17,33	16,69/19,72
Спорион	18,38/18,48	15,60/18,17	15,22/19,61
Молибдат аммония	18,25/19,14	16,28/16,43	15,70/17,69
НСР ₀₅	0,32/0,21	0,83/0,68	0,31/0,71

Количество симбиотического азота в урожае на среднеокультуренной почве. Получение трех укосов за один сезон позволяет растениям находиться в течение всего вегетационного периода в состоянии активного роста и эффективной симбиотической фиксации атмосферного азота. В первый год жизни люцерна сформировала только один укос, в урожае которого содержалось от 40,1 до 54,3 кг/га биологического азота (рисунок 6).

На второй год жизни накопление биологического азота возросло до 156,9-184,2 кг/га и на третий год – до 189,2-224,1 кг/га. Во все годы исследований люцерна Агния и Нижегородская наиболее положительно реагировали на внесение молибдата аммония, увеличив фиксацию атмосферного азота на 11,2-14,0%. Прослеживалась тенденция более высокого накопления азота в люцерне изменчивой по сравнению с люцерной желтой.

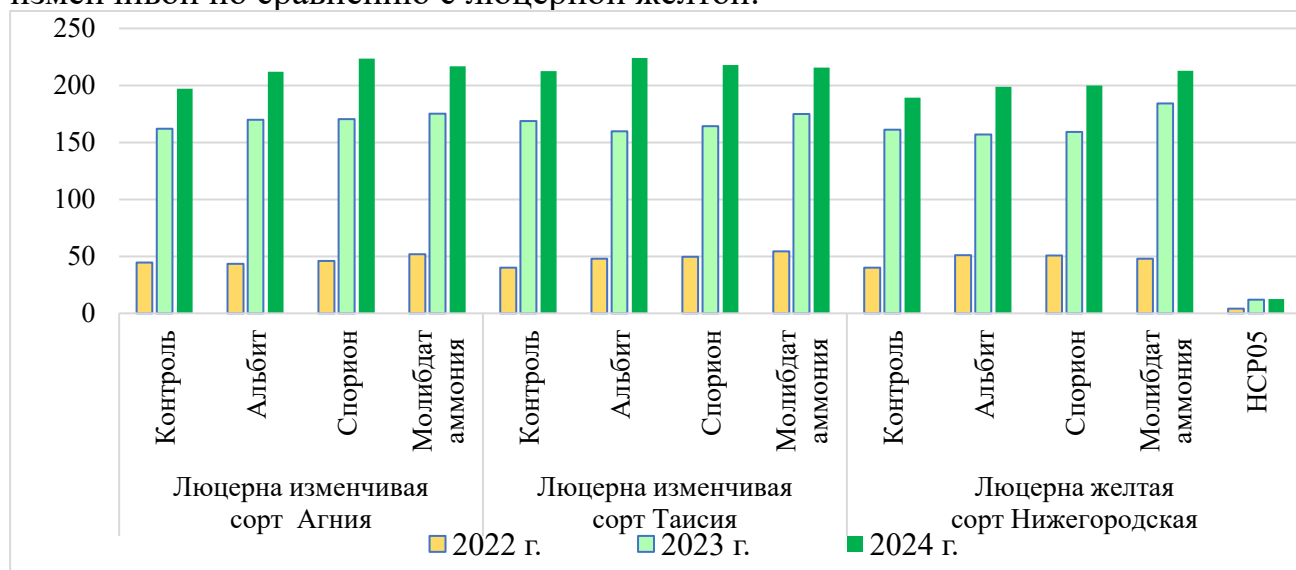


Рисунок 6 – Количество симбиотического азота в урожае люцерны, кг/га

Химический состав люцерны и эспарцета на слабоокультуренной почве. При выращивании на сильнокислой почве люцерна характеризовалась более низким содержанием сырого протеина – 12,22 до 16,43%, чем в опыте 1, где почва имела слабокислую реакцию. Эспарцет во всех трех укосах уступал по концентрации сырого протеина люцерне. Его содержание изменялось от 8,06-10,89% (третий укос) до 11,63-14,11% (второй укос).

Несмотря на интенсивное трехкратное использование травостоев, концентрация сырой клетчатки в сухом веществе люцерны в 1 и 2-м укосах нередко достигала 29,59-32,06%. Как люцерна, так и эспарцет характеризовались высоким содержанием кальция – соответственно 0,81-1,44% и 0,79-1,39%.

Почва опытного участка имела очень высокую обеспеченность подвижным фосфором, поэтому люцерна практически во всех вариантах имела достаточное количество этого макроэлемента – 0,27-0,41%.

На сильнокислой почве содержание обменной энергии в люцерне в первый год жизни и во второй год в первом и втором укосах было несколько меньше, чем на почве с меньшей кислотностью – 9,76-9,98 МДж, а в третьем укосе оно возросло до 10,03-10,15 МДж. Эспарцет песчаный не уступал люцерне по этому показателю, а в фестулолиуме концентрация обменной энергии по годам и укосам изменялась от 9,6 до 9,91 МДж/кг СВ.

Количество симбиотического азота в урожае на слабоокультуренной почве. Использование кислотоустойчивых сортов люцерны Таисия и Агния показало, что эти сорта сформировали продуктивные агрофитоценозы, способные обеспечивать свои потребности за счет биологически фиксированного азота. В первый год жизни получен всего один укос, поэтому количество симбиотического азота в надземной массе было невысоким – 27,6-49 кг/га. На второй год за три укоса в урожае люцерны на фиксированный азот воздуха приходилось от 82,1 до 125,1 кг/га. В сумме за два года внесение одного микроудобрения Аквамикс, а также в смеси с препаратами Альбит или Спорион увеличивало потребление биологически фиксированного азота по сравнению с контролем люцерны сорта Агния соответственно на 12,2; 28,1 и 30,3%, и сортом Таисия – на 41,1; 42,0 и 49,9%.

Эспарцет также увеличивал накопление фиксированного азота при некорневой подкормке различными препаратами на 18-44,9%, но общее количество потребленного симбиотического азота за два года было невысоким – всего 31,6-45,8 кг/га.

Положительное действие препарата Аквамикс обусловлено в первую очередь наличием в нем молибдена, входящего в состав мультифермента нитрогеназы, посредством которой осуществляется фиксация атмосферного азота. Кроме того, процесс азотфиксации зависит от обеспеченности кобальтом и бором, которые также входили в состав комплексного микроудобрения Аквамикс в количестве соответственно 1,3 и 7,65%. Почва опытного участка характеризовалась низкой обеспеченностью подвижным молибденом – 0,12 мг/кг и бором – 0,25 мг/кг. По этой причине препарат Аквамикс проявил наибольшую эффективность.

В шестой главе «Формирование корневой массы у люцерны и эспарцета на слабоокультуренной почве» приведены результаты по формированию подземной массы, накоплению в ней азота и корневых клубеньков.

В год посева люцерны изменчивая сформировала в верхнем слое почвы 0-30 см корневую систему массой от 2,57 до 3,54 т/га сухого вещества. На следующий год масса корней увеличилась до 4,88-5,48 т/га (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние удобрений и регулятора роста на формирование корневой массы и клубеньков на корнях люцерны и эспарцета

Вариант	Масса корней, т/га сухой массы		Накопление азота в корневой массе, кг/га		Масса корневых клубеньков, кг/га сырой массы	
	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.	2023 г.	2024 г.
Люцерны изменчивая Агния						
Контроль	3,07	5,13	62,6	95,4	202	189
Альбит	2,62	5,37	50,8	101,5	213	184
Спорион	2,83	5,41	61,1	101,8	238	225
Аквамикс	3,09	5,48	65,5	101,4	216	231
Аквамикс + Альбит	3,10	5,27	64,5	96,4	222	202
Аквамикс + Спорион	2,97	5,16	56,7	99,6	228	199
Люцерны изменчивая Таисия						
Контроль	3,11	5,28	62,5	90,1	219	201
Альбит	2,94	5,06	57,9	84,6	225	200
Спорион	2,57	5,16	59,9	80,2	250	217
Аквамикс	3,22	5,08	72,1	94	221	225
Аквамикс + Альбит	2,92	5,24	60,4	97,5	238	232
Аквамикс + Спорион	3,24	5,36	62,5	103,4	247	208
Эспарцет песчаный Павловский						
Контроль	1,01	0,68	22,1	15	120	69
Альбит	1,08	0,65	35,6	13,1	129	69
Спорион	1,14	0,56	37	13,2	118	99
Аквамикс	1,12	0,76	28,9	16,4	125	80
Аквамикс + Альбит	1,18	0,58	31,2	10,7	134	87
Аквамикс + Спорион	1,20	0,65	27,4	12,7	122	81
НСР ₀₅	0,22	0,31	5,2	7,9	28	25

Эспарцет песчаный на кислой дерново-подзолистой почве уступал люцерне по массе подземных органов в первый год жизни в 2,1-3,2 раза. К концу второго года жизни эти различия возросли до 6,4-9,8 раз. Люцерны сорта Агния положительно реагировала на внесение комплексного микроудобрения Аквамикс, увеличив массу корней на 6,8%.

Несмотря на повышенную кислотность почвы, на корнях люцерны формировались эффективные клубеньки. В первый год жизни их сырая масса перед уходом растений в зимовку составляла 202-250 кг/га и на второй – 184-232 кг/га. Применение различных препаратов способствовало увеличению массы клубеньков у люцерны на 7,9-12,3%.

При высокой обеспеченности почвы фосфорными соединениями подвижный алюминий связывается фосфором, что в значительной степени нивелировало его отрицательное действие на растения.

В первый год жизни в корнях люцерны аккумулировалось от 52 до 72 кг/га азота, и на второй год его количество увеличилось до 80-103 кг/га. Применение одного микроудобрения Аквамикс и в смеси с регулятором роста и микробиологическим удобрением увеличивало накопление азота в корневой массе люцерны Таисия, и существенно не изменяло этот показатель в сорте Агния.

В седьмой главе «Агроэнергетическая и экономическая эффективность возделывания люцерны на почвах разного уровня плодородия» представлено обоснование эффективности рекомендуемых агротехнологических приемов.

Многолетние травы, и в особенности люцерна, благодаря длительному долголетию, обеспечению своих потребностей в азоте посредством симбиотической фиксации, высокой засухоустойчивости, является энергоэкономной культурой. В опыте 1 на среднеоккультуренной почве затраты совокупной энергии окупаются выходом обменной энергии в 5,6-7,0 раз. Сравнение трех сортов люцерны показывает, что в среднем по всем вариантам несколько более высокий агроэнергетический коэффициент – от 6,0 до 6,8 обеспечивается при возделывании люцерны сорта Таисия. В контрольном варианте без применения удобрений и регулятора роста отмечается наивысший агроэнергетический коэффициент – 6,7-7,0 ед.

Минимальная окупаемость совокупных затрат энергии при агроэнергетическом коэффициенте 2,5 достигается при выращивании фестулолиума сорта Фест.

В опыте 2 на слабооккультуренной сильнокислой почве с очень низким содержанием подвижного калия показатели энергетической эффективности существенно ниже, чем в опыте 1 на почве со средней степенью окультуренности. При более низкой урожайности и более высоких затратах энергии агроэнергетический коэффициент при возделывании люцерны не превышает 4,1. Максимальный показатель – 4,0-4,1 отмечается в контроле и в варианте с внесением смеси двух препаратов – Аквамикс и Спорин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На среднеоккультуренной слабокислой дерново-подзолистой почве сорта люцерны изменчивой Агния и Таисия, созданные методом сопряженной симбиотической селекции, на 2-3-й годы жизни формируют устойчивые агрофитоценозы с урожайностью 7,94-10,28 т/га сухой массы. Люцерна желтая сорта Нижегородская уступает по продуктивности люцерне изменчивой сорта Таисия и существенно не отличается по сбору корма от люцерны сорта Агния.

2. На слабооккультуренной сильнокислой почве с pH_{KCl} 4,52 люцерна изменчивая Агния и Таисия обеспечивает получение трех укосов с урожайностью 6,24-7,62 т/га сухого вещества. На 2-ой год жизни формируются густые травостой (602-1415 шт. побегов/м²) с высокой долей люцерны в ботаническом составе агрофитоценозов – 80,2-99,3%. В травостое эспарцета песчаного сорта Павловский в условиях повышенной кислотности 24,8-41,8% приходилось на сорные травы, и он уступал по продуктивности люцерне в 1,7-1,8 раза.

3. В среднем за 3 года на среднеоккультуренной дерново-подзолистой почве некорневое применение регулятора роста Альбит, микробиологического

удобрения Спорион и молибдата аммония способствует повышению урожайности люцерны сортов Таисия и Нижегородская на 3,9-7,5 %. Сорт Агния при внесении молибдата аммония и регулятора роста Альбит увеличивает урожайность соответственно на 8,8 и 6,5%. На слабоокультуренной почве в среднем за два года сорт люцерны Агния дает достоверно более высокий урожай при применении Аквамикс+Спорион – 5,2 т/га, а сорт Таисия – в вариантах Аквамикс+Альбит и Аквамикс+Спорион – соответственно 5,07 и 5,19 т/га, что соответственно на 20,1%; 18,4 и 21,3% больше, чем в контроле.

4. Люцерна благодаря активной фиксации азота эффективными штаммами клубеньковых бактерий превосходит по урожайности фестулолиум сорта Фест на слабокислой почве в 3-3,3 раза и на сильнокислой – в 1,9-2,3 раза.

5. Люцерна изменчивая и люцерна желтая в условиях дефицита атмосферных осадков и повышенного теплового режима во все годы проведения исследований формировала три полноценных укоса, при этом на 1,2,3-й укосы проходило соответственно 25-38%; 33-47 и 29-40% годового урожая.

6. Сорта люцерны изменчивой Агния и Таисия характеризуются высокой устойчивостью в агрофитоценозах. На среднеокультуренной почве к концу третьего года жизни сохранилось 111-122 растения и на сильнокислой 110-139 растений на 1 м² к концу второго года, при этом доля несеяных трав в ботаническом составе травостоев была невысокой – 0,2-16,6%. Люцерна желтая Нижегородская превосходит люцерну изменчивую по густоте на 6-7 растений на 1 м² и уступает ей по высоте побегов на 3-4 см.

7. Зеленая масса люцерны изменчивой и люцерны желтой имеет высокое содержание сырого протеина (13,45-20,02%), кальция (1,21-1,82%), фосфора (0,33-0,44%) и обменной энергии (9,84-10,15 МДж/кг СВ), что позволяет получить высококачественные корма. На слабоокультуренной дерново-подзолистой почве в получаемых кормах содержалось меньше этих компонентов соответственно на 2-3,5; 0,22-0,27; 0,04-0,06 абс. %

8. На среднеокультуренной почве сорта люцерны изменчивой Агния и Таисия обладают высоким уровнем симбиотической азотфиксации, аккумулируя в надземной массе 156,9-224,1 кг/га азота в год. В среднем за три года исследований люцерна Агния, Таисия и Нижегородская наиболее положительно реагировали на внесение молибдата аммония, увеличив фиксацию атмосферного азота соответственно на 9,9; 5,6 и 14,0%.

9. При инокуляции высокоэффективными штаммами клубеньковых бактерий люцерна изменчивая на слабоокультуренной почве к концу второго года жизни накапливает в пахотном слое почвы 5,13-5,48 т/га сухой корневой массы, в которой содержится 80-103 кг/га азота и 50-57 кг/га Р₂О₅. Несмотря на повышенный уровень кислотности, на корнях люцерны формировались эффективные клубеньки – в первый год жизни сырая масса клубеньков перед уходом растений в зимовку составляла от 202 до 250 кг/га и на второй – 184-232 кг/га. При применении препаратов масса клубеньков возрастает на 7,9-12,3%.

10. Люцерна на среднеокультуренной почве обеспечивает получение дешевых зеленых кормов с себестоимостью 2,12-2,36 руб. за 1 ЭКЕ при высоком

агроэнергетическом коэффициенте 5,6-7,0 ед. На слабоокультуренной почве агроэнергетический коэффициент при возделывании люцерны снижается до 3,5-4,1 ед., а себестоимость возрастает на 32,0-33,9%. При некорневом использовании защитно-стимулирующих препаратов наибольший экономический и агроэнергетический эффект достигается при применении молибдата аммония и смеси удобрений Аквамикс+Спорион.

Рекомендации производству

Для формирования устойчивых агрофитоценозов люцерны на дерново-подзолистых почвах с целью получения стабильных урожаев на уровне 8-10 т/га сухого вещества рекомендуется:

- на среднеокультуренных слабокислых почвах возделывать люцерну изменчивую сорта Агния и люцерну желтую сорта Нижегородская с использованием некорневой подкормки молибдатом аммония в дозе 100 г/га;
- на слабоокультуренных сильнокислых почвах возделывать люцерну изменчивую сорта Таисия, перед посевом проводить инокуляцию семян штаммом клубеньковых бактерий СХМ 404Б, для некорневой подкормки использовать концентрированное микроудобрение Аквамикс ТВ (150 г/га) совместно с микробиологическим удобрением Ультраспор марки Спорион (1 л/га).

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшие исследования будут направлены на разработку приемов повышения продуктивного долголетия перспективных сортов люцерны изменчивой, созданных методом сопряженной симбиотической селекции.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Лазарев, Н.Н. Симбиотическая фиксация азота многолетними бобовыми травами в луговых агрофитоценозах / Н.Н. Лазарев, О.В. Кухаренкова, С.М. Авдеев, Е.М. Куренкова, **С.А. Дикарева** // Кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 20-28.
2. Лазарев, Н.Н. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) в органическом пастбищном хозяйстве / Н.Н. Лазарев, Е.М. Куренкова, О.В. Кухаренкова, А.А. Климов, **С.А. Дикарева**, А.Ю. Бойцова // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 3-11.
3. Лазарев, Н.Н. Эспарцет (*Onobrychis* Adans.): выгодная культура в органическом лугопастбищном хозяйстве (обзор) / Н.Н. Лазарев, А.В. Шитикова, Е.М. Куренкова, О.В. Кухаренкова, **С.А. Дикарева** и др. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 76-94.
4. Лазарев, Н.Н. Ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) - кормовая культура универсального использования в адаптивном лугопастбищном хозяйстве (обзор) / Н.Н. Лазарев, А.В. Шитикова, Е.М. Куренкова, О.В. Кухаренкова, **С.А. Дикарева**, А.Р. Тяжкороб // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 2. – С. 93-109.

5. **Дикарева, С.А.** Урожайность люцерны серповидной в одновидовых посевах и травосмесях с фестулолиумом при применении регуляторов роста / С.А. Дикарева, А.А. Климов, Е.М. Куренкова, Н.Н. Лазарев // Плодородие. – 2024. – № 6 (141). – С. 72-76.

6. **Дикарева, С.А.** Урожайность и химический состав зеленой массы люцерны изменчивой (*Medicago varia* Martyn) и люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.) при применении регулятора роста Альбит, микробиологического удобрения Спорин и молибдата аммония / Дикарева С.А., Куренкова Е.М., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И. и др. //АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал – 2024. – №6.

Статьи в международной базе данных Scopus:

7. **Dikareva, S.A.** Yield of yellow-flowered alfalfa (*Medicago falcata* L.) with the use of the growth regulator Albit, the microbiological fertilizer Sporion and molybdenum microfertilizer / S.A. Dikareva, E.M. Kurenkova, N.N. Lazarev // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 139.

8. **Dikareva, S.A.** Formation of grass stands of variegated alfalfa (*Medicago varia*, M. media) on acidic sod-podzolic soils S.A. Dikareva, N.N. Lazarev, E.M. Kurenkova, A.V. Shitikova // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 139.

Статьи в журналах, сборниках научных трудов и материалах конференций:

9. Лазарев, Н.Н. Люцерна – как основа для формирования прочной кормовой базы / Н.Н. Лазарев, Е.М. Куренкова, **С.А. Дикарева** // В сборнике: Агробιοтехнология-2021. Сборник статей международной научной конференции. Москва, 2021. – С. 1036-1039.

10. Лазарев, Н.Н. Долголетнее использование люцерны на дерново-подзолистых почвах в условиях Московского региона / Н.Н. Лазарев, Е.М. Куренкова, **С.А. Дикарева** // В книге: Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. Луганск, 2023. – С. 198-200.

11. **Дикарева, С.А.** Формирование травостоев люцерны изменчивой (*Medicago varia* Martyn) сортов Агния и Таисия на дерново-подзолистых почвах / С.А. Дикарева, Е.М. Куренкова // В сборнике: Сборник трудов Всероссийской молодежной научной конференции с международным участием IX Вильямсовские чтения. Москва, 2024. – С. 62-65.

12. **Дикарева, С.А.** Урожайность люцерны серповидной (*Medicago falcata* L.) И люцерны изменчивой (*M. varia* Martyn) в условиях Московского региона С.А. Дикарева, Е.М. Куренкова, С.А. Запывалов // В сборнике: Материалы Международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 150-летию со дня рождения А.Я. Миловича. Сборник статей. Москва, 2024. – С. 284-289.