

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени
Н. В. Верещагина»

УДК 631.81:631.821:631.559:633.11“324”(470.1)

На правах рукописи

СМИРНОВА АННА АЛЬБЕРТОВНА

**ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА
ПРОДУКТИВНОСТЬ И СИМБИОТИЧЕСКУЮ АЗОТФИКСАЦИЮ
КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО В СЕВЕРНОМ НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ**

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научный руководитель:
доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Налиухин Алексей Николаевич

Вологда – 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.1 Народнохозяйственное и экологическое значение клевера лугового	11
1.2 Биологические особенности клевера лугового	15
1.3 Отношение клевера лугового к почвенному плодородию	17
1.4 Влияние известкования и систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы бобовых трав.....	25
1.5 Влияние систем удобрения на симбиотическую азотфиксацию бобовых трав.....	33
2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	39
2.1 Объекты и методы исследований	39
2.2 Методики (методы) определения показателей качества и химического состава растительных образцов, агрохимического анализа почвы	44
2.3 Методика расчета коэффициента азотфиксации и накопления биологического азота.....	46
2.4 Агрометеорологические условия в годы проведения исследований	49
3 ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО.....	55
3.1 Влияние систем удобрений на урожайность клевера лугового	55
3.2 Химический состав клевера лугового.....	61
3.2.1 Влияние систем удобрения на содержание макроэлементов.....	61
3.2.2 Влияние систем удобрений на содержание микроэлементов	68
3.3 Влияние систем удобрений на питательность зелёной массы клевера лугового.....	74
3.4 Влияние систем удобрений на вынос элементов питания с урожаем	87
3.4.1 Влияние систем удобрений на вынос макроэлементов	87
3.4.2 Влияние систем удобрения на вынос микроэлементов	92

3.5 Влияние органических, минеральных, органо-минеральных систем удобрения и известкования на азотфиксацию клевера лугового.....	96
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО.....	102
4.1 Экономическая эффективность возделывания клевера лугового.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	105
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	145

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Возделывание многолетних бобовых трав на пашне играет большую роль в обеспечении животноводства высокобелковыми кормами и является важным фактором повышения плодородия почв. Основной бобовой культурой, возделываемой на дерново-подзолистых почвах Севера Нечерноземья, является клевер луговой (*Trifolium pratense* L.). Его травосмеси со злаковыми травами широко используют для заготовки силоса, сенажа, сена – основы кормовой базы для животноводства. Клевер луговой характеризуется высокой кормовой ценностью: 100 кг зеленой массы содержит 22,8 кормовых единиц и 3 кг белка (Посыпанов, 1991; Капустин, Медведева, Прозорова, 2015).

При благоприятных условиях для симбиотической азотфиксации, клевер луговой может накапливать до 90-180 кг/га биологического азота. При распашке пласта многолетних бобово-злаковых трав в почву поступает дополнительное количество органического вещества и азота, что во многом компенсирует потери гумуса, позволяет правильно сочетать минеральный и биологический азот в севообороте, уменьшить риск негативного воздействия на окружающую среду вследствие его потерь от денитрификации, хемоденитрификации и вымывания (Мишустин, 1985; Трепачев, 1985; Завалин, Соколов, Шмырева, 2019; Лазарев, Куренкова, Авдеев и др., 2022). Одним из факторов, существенно снижающих продуктивность бобовых, является кислая реакция почвенной среды. В Вологодской области кислые почвы занимают площадь 323,0 тыс. га (58 % пашни), с низким содержанием подвижного фосфора – 69 тыс. га (12,6 %), с низким содержанием калия – 166,0 тыс. га (29,4 %). Под посевы многолетних трав отводится около 220 тыс. га, или 68 % от всей площади пашни области (Веденева и др., 2016, Росстат, 2023).

Степень разработанности темы. Во многих работах отмечается повышение симбиотической активности клевера лугового при известковании, внесении фосфорных и калийных удобрений (Трепачев, Кирпичников, Ягодина, 1989; Лапинскас, Мотузене, 2007; Соколов, 2016). В длительных полевых опытах с удобрениями наибольшую урожайность сельскохозяйственных культур обеспечивала органо-минеральная система (Сычев, Налиухин, Шевцова и др.,

2020). Плодородие почвы, созданное в процессе длительного применения органических и минеральных удобрений, обладает более высоким последствием, чем сформированное с использованием только минеральной системы (Кирпичников, 2018; Мерзлая, 2021). При этом следует отметить, что в большинстве полевых опытов изучали лишь некоторые системы удобрения, причём отдельно от известкования. В тоже время, именно высокая кислотность почвы является лимитирующим фактором в повышении урожайности клевера лугового и других сельскохозяйственных культур в Нечерноземной зоне России (Шильников, Аканова, Никифорова, 2001). Именно поэтому на сегодняшний день назрела острая потребность в продолжении исследований по эффективному сочетанию минеральных, органических удобрений и известкования в зернотравяных севооборотах, изучению их последствий, что возможно осуществить только в длительных стационарных полевых опытах. Необходимо дальнейшее углубление исследований по влиянию удобрений на симбиотическую азотфиксацию бобовых трав, о размерах обогащения почвы биологическим азотом.

Цель исследования: изучить влияние органической, минеральной, органо-минеральной систем удобрения и известкования на продуктивность и симбиотическую азотфиксацию клевера лугового сорта Дымковский, возделываемого в условиях Севера Нечерноземной зоны России.

Задачи исследования:

1. Изучить влияние различных систем удобрения и известкования на урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский;
2. Определить влияние различных систем удобрения на химический состав и питательность зеленой массы клевера на разных уровнях кислотности;
3. Установить общий и удельный вынос макро- и микроэлементов клевером луговым на различных фонах удобрения;
4. Изучить влияние известкования и различных систем удобрения на симбиотическую азотфиксацию клевера лугового и обогащение почвы биологическим азотом;
5. Определить экономическую эффективность применения различных систем удобрения и известкования при возделывании клевера лугового.

Научная новизна исследований. Впервые в природно-климатических условиях Севера Нечерноземья на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой слабокислой почве выявлено, что органические, минеральные и органо-минеральные системы удобрения при известковании по 1,0 Н_г обеспечивают дополнительный прирост урожайности зелёной массы клевера лугового на 6-15%. Установлено, что по своему действию на урожайность клевера лугового органическая система удобрения (навоз КРС в занятом пару в дозе 50 т/га) была сопоставима с минеральной (N₁₅₀P₁₂₀K₂₂₅). Показано, что наибольшую урожайность за 3 года исследования – 51,2-64,8 т/га зелёной массы обеспечило внесение навоза КРС в дозе 50 т/га совместно с минеральными удобрениями в эквивалентном по действующему веществу количеству на фоне известкования. Изучено, что органо-минеральные системы обеспечивали содержание сырого протеина в интервале 17-19 % сухого вещества. В ходе исследований был уточнён удельный вынос элементов питания в расчёте на 1 т сухого вещества клевера лугового, который составлял: N – 27-29 кг, P₂O₅ – 6,7-7,2 кг, K₂O – 29 кг, CaO – 17-18 кг, MgO – 5 кг; Zn – 27-28 г, Mn – 42 г, Co – 0,03-0,04 г. Впервые при возделывании клевера лугового в зернотравяном севообороте выявлено, что наибольшее накопление ПКО, содержание в них азота отмечается при минеральной и органо-минеральной системах на известкованном фоне, а максимальная масса ПКО – 11,8 т/га сухого вещества, накопление в них 219 кг/га общего азота, в том числе 182 кг/га – биологического, при сочетании внесения органических и минеральных удобрений в полных дозах.

Практическая значимость. В результате исследований для зернотравяных севооборотов при возделывании клевера лугового в условиях Севера Нечерноземья на дерново-среднеподзолистых легкосуглинистых почвах предложены две органо-минеральные системы удобрения с различной насыщенностью удобрениями. Внесение половинных доз навоза КРС – 25 т/га (5 т/га севооборотной площади) и N₇₅P₆₀K₁₁₃ рекомендуется при ограниченных ресурсах сельхозпредприятия. На известкованном фоне такая система обеспечивает получение урожайности 50-61 т/га зелёной массы с содержанием сырого протеина 17 % сухого вещества. Её применение обеспечивает не только

наибольший экономический эффект – чистый доход свыше 4,0 тыс. руб. / га при рентабельности на уровне 67 %, но и позволяет обогатить почву биологическим азотом до 120 кг/га, что даёт возможность возделывать последующую после распашки клеверного пласта культуру без внесения азотных удобрений. Наибольший эффект оказывает 2-я органо-минеральная система с внесением полных доз навоза КРС – 50 т/га и $N_{150}P_{120}K_{225}$, обеспечивающая урожайность зелёной массы 51-64 т/га, обогащением почвы биологическим азотом до 140 кг/га при уровне рентабельности 21 %.

Методология и методы диссертационного исследования.

Исследования проводили в стационарном полевом опыте, заложенном в 2015 году в зернотравяном севообороте с использованием современных методик и методов исследования. Агрохимический анализ почвы, химический состав и питательность зелёной массы клевера лугового проводили по соответствующим ГОСТам, изложенным в главе «Методы исследований» в аккредитованной лаборатории ФГБУ ГЦАС «Вологодский». Определение симбиотически фиксированного азота и коэффициента азотфиксации – при помощи классического разностного метода (метод сравнения по выносу азота с не бобовой культурой) (Трепачёв, 1989). Статическую обработку опытных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1985). Наблюдения в течение вегетационного периода вели согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, разработанными ВНИИК им. В. Р. Вильямса (1987).

Положения, выносимые на защиту:

1. Последствие органо-минеральной системы удобрения на известкованном фоне обеспечивает наибольшую урожайность зелёной массы клевера лугового;
2. Существенное изменение показателей качества зелёной массы клевера лугового зависит не только от систем удобрения, но и сроков скашивания;
3. Общий и удельный вынос элементов питания клевером луговым увеличивается при всех изучаемых системах удобрения при снижении кислотности почвы;

4. Органо-минеральные системы удобрения на известкованном фоне обеспечивает наибольшую азотфиксацию клевера лугового и способствуют увеличению поступления биологически связанного азота в почву;

5. Органо-минеральные системы удобрения на известкованном фоне обеспечивают наибольший уровень окупаемости.

Личный вклад автора. Представленная научная работа выполнена соискателем самостоятельно. Соискатель выполнил полевые и аналитические работы, провел статистическую обработку полученных данных, подготовил материалы для выступления на конференциях, написания статей.

Апробация работы. Основные результаты и выводы выполненной работы докладывались на II-й Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Молодые исследователи – развитию молочного хозяйства отрасли» (ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2018 г.); IV-й международной молодежной научно-практической конференции «Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам» (ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2019 г.); II-й научно-практической конференции с международным участием «Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы» (Вологда-Молочное, Северо-Западный НИИ молочного и лугопастбищного хозяйства имени А. С. Емельянова, 2019); 53-й Международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов, посвященной 115-летию со дня рождения профессора Александра Васильевича Петербургского (ВНИИ агрохимии, 2019); Международной научно-практической конференции «Сельское и лесное хозяйство: перспективные направления развития» (ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2019 г.); 54-ой Всероссийской с международным участием школьно-конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов «Проблемы и перспективы развития современной агрохимии» (г. Москва, ВНИИ агрохимии, 2020); XVIII «Национальной экологической премии В. И. Вернадского» (г. Москва, Неправительственный экологический фонд имени Вернадского, 2020); V международной молодежной научно-практической конференции «Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов-регионам» (ФГБОУ ВО

Вологодская ГМХА, 2020 г.); 55-й Всероссийской с международным участием конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов (ВНИИ агрохимии, 2021 г.)

Материалы диссертации были внедрены в производство СХПК «Племзавод Майский» Вологодского района Вологодской области, где при возделывании многолетних трав (клеверо-тимофеечные травосмеси и др.) использовали органо-минеральную систему удобрения (навоз КРС в дозах 50-70 т/га под вспашку + $N_{30-60}P_{60}K_{90}$ под покровную культуру). На кислых почвах с рН менее 5,5 дополнительно проводилось известкование по полной гидролитической кислотности. Данная система удобрения на фоне с известкованием позволила увеличить урожайность зеленой массы клеверо-тимофеечных травосмесей в пределах до 30-35 т/га, при уровне рентабельности 10-15 % (приложение Ц).

Публикации результатов исследований. По теме работы опубликовано 9 научных статей, в том числе 4 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 1 в журнале, индексируемом в МБД Scopus.

Структура и объем диссертации.

Диссертация изложена на 164 страницах компьютерной верстки и состоит из введения, обзора литературы, методической, экспериментальной и экономической частей, заключения, списка литературы и приложений. Диссертация включает 30 таблиц, 7 рисунков, 20 приложений, 290 источников литературы, из которых 28 иностранных.

Благодарности. Автор диссертации выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю, заведующему кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, д. с.-х. наук, доценту Налиухину Алексею Николаевичу за профессиональные советы и поддержку на всех этапах выполнения диссертационного исследования.

Автор благодарит руководителя организации СХПК «Племзавод Майский» Баушева Александра Валентиновича; главного агронома цеха растениеводства СХПК «Племзавод Майский» Михайлюка Андрея Ивановича; декана факультета

агрономии и лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА» к. с.-х. наук Чухину Ольгу Васильевну; заведующего кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии факультета агрономии и лесного хозяйства ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА» к. с.-х. наук Куликову Елену Ивановну; заведующего учебно-опытным полем ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА» Прокофьеву Любовь Борисовну; директора ФГБУ ГЦАС «Вологодский» к. с.-х. наук Власову Ольгу Александровну; главного агрохимика испытательной лаборатории отдела мониторинга почв и применения средств химизации ФГБУ ГЦАС «Вологодский» к. с.-х. наук Ерегина Александра Владимировича; специалистов лаборатории радиологии ФГБУ ГЦАС «Вологодский»; коллектив лаборатории анализа почв и агрохимикатов ФГБУ ГЦАС «Вологодский»; персонал отдела анализа растениеводческой продукции и кормов ФГБУ ГЦАС «Вологодский».

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Народнохозяйственное и экологическое значение

клевера лугового

Дерново-подзолистые почвы, формирующиеся в условиях промывного водного режима, нуждаются в постоянном и неуклонном улучшении плодородия. Это, в первую очередь, необходимо для решения проблемы обеспечения качественными кормами отрасли животноводства, являющейся основной отраслью в Нечерноземье России.

Создание прочной кормовой базы для животноводства и решение проблемы снижения почвенного плодородия тесно связаны с расширением посевов многолетних бобовых трав, и, в первую очередь, клевера лугового (Шпаков, 2004; Тюлин, Лазарев, Иванова, Вагунин, 2014).

Благодаря способности к азотфиксации и морфологическим свойствам (хорошей облиственности, высокому главному стеблю, образованию множества боковых стеблей, теневыносливости и т. д.) клевер является ценной кормовой и почвоулучшающей культурой Севера Нечерноземья (Капустин, Медведева, Прозорова, 2015; Борисова, 2016; Лазарев, Прудников, Куренкова, Стародубцева, 2017).

При хорошей агротехнике, клевер луговой формирует за вегетационный период более 50 т/га зеленой массы, до 10 т/га сена, до 0,4 т/га семян (Васько, 2006; Новоселов, 2015; Новоселов, 2018).

Также, его используют на зеленую подкормку и под выпас скота, для заготовки сена, сенажа, силоса и травяной муки, резки, гранул, брикетов (Байкалова, Едимейчев, Колесников, Машанов, 2018; Евстратова, Евсеева, 2020; Baikalova et al, 2020).

Клевер луговой по кормовой ценности характеризуется высокими качествами: 100 кг зеленой массы содержит 22,8 кормовых единиц и 3 кг белка, а 100 кг сена 52,2 кормовых единиц и 8,2 кг белка (Ториков, Белоус, 2020).

В 1 кормовой единице клевера содержится до 175 г. переваримого протеина. По содержанию цистина, триптофана, лейцина он превосходит зерно кукурузы и овса в 1,5-3 раза (Наумкин, Ступин, Крюков, 2022).

Использование клевера лугового в качестве корма для крупного рогатого скота, увеличивает выход молока в 1,7 раза (Мотузко, Смунев, Разумовский, Ганущенко, Лапотентов, 2019). Это связано с тем, что в зеленой массе растения в значимых количествах содержится каротин, витамины С, D, E, K, B₁, B₂, B₃ и микроэлементы (Лапа, Босак, 2006; Фирсов, Соловьёв, Трифонова, 2006; Лапа и др., 2007; Кидин, 2009).

Возделывание клевера лугового положительно отражается на поддержании и повышении плодородия почвы (Бояркин, Солодун, Матаис, Глушкова, 2018; Kenna, Cannon, Conway, Dooley, 2018; Сапрыкин и др., 2019; Минакова, 2020).

Например, в условиях Верхневолжского региона, на дерново-подзолистой, среднесуглинистой почве, насыщение севооборота клевером первого и второго лет использования на 40-50 %, позволило сформировать положительный баланс гумуса и достичь продуктивности 5-6 полных севооборотов в среднем до 23 ц зерновых единиц/га (Шрамко, Вихорева, 2016).

По данным Капустина Н. И. с соавторами (2015) при запашке 5,6 т/га сухого вещества органической массы клевера лугового (сорт Трио), на дерново-подзолистой среднесуглинистой, слабокислой почве образуется 1,1 т/га гумуса, а при запашке 8,7 т/га (сорт Орион), образуется 1,7 т/га гумуса. Благодаря этому урожайность зерна ячменя (следующей культуры севооборота) была 3,52 т/га (сорт Трио) и 3,63 т/га от (сорт Орион).

Важным фактором является и способность клевера лугового накапливать в корнях, не только азот, но и другие элементы питания, например, фосфор и калий, извлекая их из более глубоких слоев почвы, благодаря хорошо развитой стержневой корневой системе (Никитишен, Личко, 2007).

В исследованиях Свечникова А. К. 2019, на стационарном участке опытного поля Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, на дерново-

подзолистой почве от клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси было накоплено в почве 10,1 т сухого вещества, 199 кг азота, 89 кг фосфора и 115 кг калия.

В двухлетнем полевом опыте, проведенном на полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, в варианте с травосмесью (клевера лугового сорт Ранний 2) в сочетании со злаковыми травами (кострецом безостым сорта Факельный и тимофеевки луговой сорта Вик – 9), накопление в корнях фосфора и калия было выше на 23,5 кг/га и 18,2 кг/га, чем в вариантах со злаковой травосмесью (Авдеев, 2022).

В тоже время, в полевом опыте, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, в условиях Московской области, насыщение севооборота бобовыми травами на уровне 50 % способствовало снижению уровня подвижного фосфора и калия в почве. За три ротации севооборота (18 лет) по сравнению с исходным состоянием содержание P_2O_5 (по Кирсанову) уменьшилось на 78 мг/кг, K_2O (по Кирсанову) на 26 мг/кг (Конончук, Штырхунов, Благовещенский, и др., 2020).

Данный факт объясняется достаточно высоким отчуждением элементов питания товарной продукцией прочих культур севооборота и непосредственно, зеленой массой клеверо-люцерновой травосмеси.

Таким образом следует, что введение клевера лугового в севооборот, позволяет сократить расходы на применение минеральных удобрений, в первую очередь, азотных для последующих культур севооборота.

Клевер является хорошим предшественником для злаковых культур. Благодаря процессу симбиотической азотфиксации сокращается потребность в азотных удобрениях, при этом урожайность и качество товарной продукции не снижается (Шпаар и др., 2000).

Экономия азота минеральных удобрений составляет от 60 до 220 кг/га за год, экономия энергозатрат – 5-19 ГДж/га в год (Косолапов, 2009).

На серой лесной тяжелосуглинистой почве, в природно-климатических условиях Иркутской области, насыщение севооборота бобовыми травами (клевером луговым) на уровне 20-40 %, способствовало увеличению выхода обменной энергии с 1 га на 22,7-25,1 ГДж/га и сбору перевариваемого протеина

на 0,18-0,21 т/га, тогда как в том же севообороте, но без клевера, данные показатели были ниже на 15-20 % (Глушкова, Матаис, Козлова, 2020).

В исследовании, проведенном на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве, в условиях Пермского края, возделывание ячменя после клевера, без внесения удобрений, обеспечило урожайность зерна на уровне 3,65 т/га. При внесении азотных удобрений в дозе 60 кг/га д. в., урожайность осталась прежней (Олехов, Тетерлев, 2019).

По данным ФИЦ «Немчиновка», в длительном многофакторном стационарном опыте на среднесуглинистой дерново-подзолистой среднекультуренной почве по пласту бобовых трав сформировалась урожайность зерна озимой пшеницы сорта Немчиновская – 24 4,44-4,95 т/га, при содержании сырого белка в зерне от 10,5 до 11,4 % (Конончук, Гончаренко, Бородуля, 2013).

В целом, введение в севооборот клевера лугового, как в чистом виде, так и в смеси со злаковыми травами способствует увеличению урожайности последующих культур севооборота, даже без применения удобрений (Акманаев, 2019; Бельченко, 2020).

В тех местах, где посеян клевер луговой создаются неблагоприятные условия для роста сорняков, в почве снижается запас сорных растений, снижается развитие патогенной микрофлоры (Мельцаев, Шрамко, Вихорева, 2008; Дронова, Бурцева, Молоканцева, 2017).

Клеверосеяние широко используется для предотвращения ветровой и водной эрозии, и снижения выщелачивания с внутрпочвенным или поверхностным стоком нитратного азота и калия, внесенных с удобрениями, тем самым решая задачу экологической безопасности и одновременно стимулируя закрепление питательных веществ в корнеобитаемом слое (Анспок, Штиканс, Визла, 1981; Кудинова и др., 2014, Зезин, 2018).

Таким образом, благодаря биологическим особенностям клевера лугового, он имеет важное значение в сельскохозяйственном производстве.

Тем не менее, его использование в качестве почвоулучшающей и кормовой культуры ограничено в связи с высокой требовательностью к условиям произрастания. Ввиду этого, актуальной становится задача снижения влияния отрицательных факторов среды на рост и развитие культуры. Данную задачу можно решить с помощью разработки рациональной системы удобрения.

1.2 Биологические особенности клевера лугового

Клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) – это двулетнее или однолетнее травянистое перекрестноопыляемое (энтомофильное) растение (Найда, 2021).

Род Клевер (*Trifolium* L.) в переводе с латинского «имеющий три листа» содержит около 300 видов (Xavier et. al., 2017; Попова, Арзамасова, Грипась, 2020). Основные многолетние виды клевера: луговой (*Trifolium pratense* L.), гибридный (*Trifolium hybridum* L.), ползучий (*Trifolium repens* L.); однолетние клевера: пунцовый (*Trifolium incarnatum* L.), александрийский (*Trifolium alexandrinum* L.), персидский (*Trifolium resupinatum* L.) (Коломейченко, 2007).

В Нечерноземной зоне России наибольшее распространение, как культурное растение получил клевер луговой (Спиридонов, 2021; Донских, Уманец, 2022).

По биологическим особенностям и хозяйственному использованию различают два его подвида: клевер северный или позднеспелый, одноукосный (var. *serotinum*) и южный или раннеспелый, двухукосный (var. *praesox*) (Лисицын, 1947; Лисицын, 1951).

Клевер луговой имеет зеленый, тонкий, прямостоячий, слабо опушенный с 2-9 междоузлиями стебель высотой 15-55 см и выше (Лазарева, Моругова, Самигуллина, 2011).

Корневая система у позднеспелого стержневато-мочковатая, а у скороспелого клевера – стержневая, проникающая в почву до 2 метров и распределяющаяся в стороны от центрального стержня на 60 см. Наибольшее количество корней находится в пахотном слое почвы (Бекузарова, Шабанова, 2020).

Надземные побеги прямостоячие или слабо развалистые. Листья клевера лугового тройчато-сложные с белыми пятнами. Площадь листовых пластинок от 15-70 см² (Новоселова, 1986).

Прилистники тройчатого листа растения продолговатые, равноширокие или яйцевидные, суженные на конце в остевидное острие с малозаметной кисточкой волосков (Митрофанова, 2013).

Соцветие – головка до 2,5-3 см. Плод боб, диаметром 0,4-0,5 мм, односемянный, реже двусемянный. Количество цветков в одной головке в первый год от 80 до 100, второй год пользования от 60 до 100 штук (Мухина, Шутова, Кириллов, 1980).

Венчик 5-лепестковый, состоит из паруса, весел, лодочки с 10 сросшимися тычинками и 1 свободной. Длина трубки клевера 11 см с завязью и столбиком. Пестик имеет одно рыльце округлой формы с сосочковидной поверхностью. Завязь верхняя, одногнездная. Нектарник у одних цветков выше, на уровне или ниже завязи. Пыльники бочковидные с продольной бороздкой. Пыльца желтая, пыльцевые зерна гладкие, покрытые шипиками 10-12 мкм. Пыльца клейкая, несypучая. Облиственность в фазу бутонизации – 39 %, в фазу начала цветения – 34 %, фазу полного цветения – 29 %. Семена длиной до 2,3 мм, шириной до 2 мм, толщиной до 1,3 мм. Масса 1000 семян в среднем до 2,2 г. Форма семян обычно яйцевидная или продолговато-овальная. Цвет фиолетовый, желтый или фиолетово-желтый с блестящей поверхностью. Размножается клевер луговой семенами и вегетативно (Мухина, Шестиперова, 1978).

Вегетационный период клевера лугового состоит из двенадцати этапов морфогенеза, и составляет от 110 до 130 дней (Ржанова, 1993; Рыженко, 2012).

Для цветения клеверу луговому требуется около 120 дней в первый год жизни, а во второй 50-70 дней с суммой тепла 650-900 °С. От послеукосного отрастания до второго укоса проходит 35-50 дней с суммой температур 600-800 °С. У позднеспелого клевера продолжительность вегетации больше на 15 дней. Сумма активных температур до уборки на сено составляет 900-1200 °С (Наумкин, Ступин, Крюков, 2022).

Клевер луговой – культура достаточно требовательная к условиям внешней среды (Попова, 2020; Zharkova, Chevychelova, Novikova, 2021; Jing, Voelt, 2021).

Так как клевер луговой считается теневыносливым растением, то низкая освещенность в 5 тысяч люксов не снижает активность фотосинтеза, а наоборот находится на достаточно высоком уровне (Шатилов, 1954; Шатилов, 1959).

Семена клевера лугового для своего прорастания требуют минимальную 1-2 °С и оптимальную 20 °С температуру (Kendall, 1958; Перекрестов, 2017). Для растений необходима влажность почвы до цветения 80 %, во время цветения 60 %, и во время созревания семян 40 % от полной влагоемкости. Величина транспирационного коэффициента 500-600 (Мухина, Шутова, Кириллов, 1978).

Современные сорта клевера лугового обладают высокой зимостойкостью, что в климатических условиях Северного Нечерноземья очень важно. Зимостойкость клевера зависит от степени развитости розетки и центрального побега. Он имеет пониженную зимостойкость от всходов до образования 4-5 листьев. После появления пятого листа зимостойкость возрастает. В период ветвления побегов она падает и снова повышается только после образования укороченных побегов и почек в зоне корневой шейки. Предельная минимальная температура, при которой сохраняется растение в середине зимы -10°С, в конце зимы -6° С. Критическая температура -15 °С (Рыбак, 1954; Сергеев, 1963; Кретович, Евстигнеева, Карякина, 1983).

Таким образом, одним из условий нормального роста растения является оптимальная скорость прохождения фаз развития, которая зависит не только от прихода тепла и влаги, но и от особенностей почв, на которых выращивается клевер.

1.3 Отношение клевера лугового к почвенному плодородию

Клевер луговой предпочитает расти на суглинистых и супесчаных почвах. Он чувствителен к реакции почвенной среды: высокая кислотность нарушает азотное питание, снижает зимостойкость, ухудшает обмен питательных веществ

(Прянишников, 1945; Прянишников, 1953; Трофимов, 2006; Тумасова и др., 2015, Завьялова, 2019).

Критическое содержание алюминия в дерново-подзолистых почвах для клевера лугового около 50 мг/кг (Авдонин, 1969).

По данным, приводимым Бутяйкиным В. В. (2013), оптимальная реакция почвенной среды для выращивания клевера лугового составляет $pH_{(вод.)} = 5,5-7,0$.

В длительных исследованиях, проводимых на Центральной опытной станции ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова, на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой слабокультуренной почве, на клевере луговом сорта ВИК – 7 отмечено, что при pH 5,5 на фоне фосфорных удобрений в дозе 200 кг/га, при уровне подвижного фосфора в почве 90-112 мг/кг, урожайность сена клевера лугового увеличилась до 135 ц/га. Тем временем как на контроле урожайность составила 127 ц/га. При уменьшении pH до 4,2 урожайность сена на контроле снижалась до 122 ц/га, а при внесении фосфорных удобрений и содержании подвижного фосфора 90-112 мг/кг составила 126 ц/га (Кирпичников, Бижан, 2018).

По результатам полевых опытов, проведенных в разных странах мира, при $pH_{(вод.)} = 6-7$, $pH_{(сол.)} = 5-6$ урожайность сена клевера лугового составляет 4-18 т/га без использования удобрений (Haynes, 1982).

Повышение кислотности почвы ведет к увеличению подвижности алюминия. Ионы алюминия, становясь более подвижными, поступают в растение клевера, повышают вязкость цитоплазмы, снижают активность ферментов, и понижают уровень обмена веществ, а это, в свою очередь, негативно отражается на его развитии и, как следствие урожайности и кормовых качествах (Прошкин, Смирнов, 1994; Переprawo, Пилипко, Карпин, Козлова, 2012).

Важной особенностью клевера лугового, как и большинства бобовых культур, является его способность к биологическому связыванию атмосферного азота, при участии бактерий рода *Rhizobium* (Taylor, Quesenberry, 1996). Колонизируя клетки корня растения, бактерии образуют корневые клубеньки (до 499 штук во второй год жизни) (Абрамова, 1960) при помощи которых они

преобразуют атмосферный азот в аммиак, обеспечивая азотное питание растений и способствуя накоплению азота. После отмирания корней, часть азота высвобождается и переходит в органический азот почвы, тем самым, обогащая корнеобитаемый слой необходимым элементом питания растений (Гамзиков, 2013; Завалин, Соколов, Шмырева, 2019).

Кислотность почвы влияет на уровень симбиоза клевера с азотфиксирующими бактериями, которые переводят азот в легкоусваиваемое состояние для растения и способствуют его накоплению в пожнивно-корневых остатках (Парахин, Петрова, 2006; Шапошников, 2011; Хворова, Топаж, Абрамова, Неупокоева, 2015).

Несмотря на достаточно широкое распространение в почве, клубеньковые бактерии имеют узкую специализацию, например, бактерии *Rhizobium leguminosarum* (L.) наиболее часто вступают в симбиоз с клевером, обеспечивая последнему азотное питание (Andrews, Andrews, 2017; Корыциска, Lipa et. al., 2018; Лазарев, Куренкова, Авдеев и др., 2022).

На распространение данных бактерий и их активность существенное влияние оказывает почвенная кислотность. При повышении которой наступают неблагоприятные условия для развития данного вида бактерий, а именно повышается содержание марганца и алюминия, которые нарушают жизнедеятельность бактерий (Завьялова, 2008; Brockwell, Pilka, Holliday 1991; Flis, Glenn, Dilworth, 1993, Зинченко, 2021).

По данным Зинченко М. К. и Зинченко С. И. (2018), полученным на базе Владимирского НИИСХ, при снижении кислотности серой лесной почвы, под действием извести количество групп бактерий-азотфиксаторов выросло в 1,5 раза, по сравнению с неизвестковым фоном.

Почвы дерново-подзолистого типа, наиболее распространенные в Нечерноземной полосе России, в естественном и слабокультуренном состоянии обладают неблагоприятными агрохимическими свойствами для развития клевера лугового. В первую очередь это связано с интенсивно идущим процессом подзолообразования, в результате которого повышается кислотность почвы и

уровень подвижного алюминия, и уменьшается содержание питательных веществ (в первую очередь азота) и микроэлементов, наиболее важным из которых для клевера является молибден, участвующий в процессе биологической азотфиксации (Авдонин, 1975; Вавилов, Посыпанов, 1983).

Также для полноценного роста и развития клевера, впрочем, как и других бобовых культур, в почве должно содержаться оптимальное количество азота, фосфора и калия в доступной для растений форме (Панников, Минеев, 1987).

Причем, к обеспеченности почвы подвижным фосфором клевер относится двойственно. С одной стороны, в литературе упоминаются факты фосфатмобилизирующей способности клевера лугового, т. е. способность клевера для питания извлекать фосфор из труднодоступных соединений из нижележащих горизонтов почвы и тем самым, слабо отзываясь на обеспеченность почвы фосфором (Никитишен, Личко, 2007; Светлакова, Пасынков, 2011).

С другой стороны, обеспеченность почвы подвижным фосфором способствует усилению азотфиксации клевером и развитию симбиотически связанных клубеньковых бактерий.

Например, в условиях Пензенской области, на черноземе выщелоченном среднегумусовом среднемощном, при содержании подвижного фосфора в почве 55 мг/кг (по Чирикову, средний уровень), увеличение дозы фосфорных удобрений под посев клевера паннонского (*Trifolium pannonicum* L.) с 60 до 90 кг/га д. в. способствовало увеличению массы клубеньков на 18 %, а фиксация азота выросла на 9 % (Кшникаткина, Семенчев, 2013).

По данным Кирпичникова Н. А. (2018), внесение фосфорных удобрений в дозе 40 кг/га д. в. увеличило азотфиксирующую способность клевера лугового, выращиваемого на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве, с изначально очень низким содержанием подвижного фосфора (менее 25 мг/кг, по Кирсанову), на сильноокислом фоне ($pH_{(KCl)} = 4,2$) в 1,2 раза, по сравнению с вариантом без применения фосфорных и калийных удобрений.

Все это свидетельствует о положительном влиянии повышения уровня подвижного фосфора на азотфиксирующую способность клевера лугового.

Достаточно неоднозначные результаты по повышению содержания подвижного фосфора в почве, на урожайность зеленой массы клевера были получены учеными из ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, Кировской области, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. При повышении доз фосфора от 105 до 230 кг/га д. в., при одних и тех же дозах калия и азота, в условиях очень сильнокислой реакции почвенной среды ($pH_{(KCl)} = 3,8-3,9$), урожайность зеленой массы снизилась с 18,8 т/га до 11,3 т/га. При дальнейшем увеличении дозы фосфора на 54 кг/га д. в., урожайность зеленой массы возросла на 23 % и составила 16,9 т/га. А вот на фоне нейтральной реакции почвенной среды ($pH_{(KCl)} = 6,1-6,7$), увеличение дозы фосфора свыше 180 кг/га д. в. приводило к снижению урожайности зеленой массы (Лыскова, Лыскова, Попов, 2019).

По данным ученых ВНИИ агрохимии, при содержании подвижного фосфора (по Кирсанову) в дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве на уровне 72-80 мг/кг (среднее), урожайность сена клевера лугового в среднем по опыту составила 53,0 ц/га, а при содержании P_2O_5 в пределах 25-31 мг/кг (низкое) аналогичный показатель снизился на 27 %. Причем уровень кислотности почвы колебался от 3,9 до 5,2 $pH_{(KCl)}$ (Кирпичников, Волков, 2011).

В условиях Кировской области, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, в длительном полевом стационарном опыте, при повышении уровня подвижного фосфора (по Кирсанову) до 180 мг/кг (высокий уровень, $pH_{(сол.)} = 4,2$) урожайность сена клевера лугового, в среднем за 2 ротации составила 57,2 ц/га (Абашев, Светлакова, 2015).

Калий является незаменимым элементом питания (как, впрочем, и все макро- и микроэлементы) для клевера лугового. Данный элемент выполняет функцию поддержания фотосинтеза, контроля ферментов и регулятора азотфиксации растения.

При недостатке калия нарушается анионно-катионный обмен у растений, снижается вязкость плазмы, уменьшается устойчивость к грибным заболеваниям.

Клевер хорошо отзывается на улучшение калийного состояния почв путем применения удобрений.

По данным длительного опыта (Конова, Гаврилова, 2019), применение только калийных удобрений в дозе K_2O 75 кг/га, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве со средней обеспеченностью подвижным калием (по Кирсанову), обеспечило прибавку урожайности зеленой массы клевера лугового сорта Надежный к контрольному (без удобрений) на уровне 25 % и было статистически достоверным.

На выщелоченном черноземе, при высоком содержании подвижного калия (по Чирикову), в условиях богарного земледелия, внесение калийного удобрения в дозе 60 кг/га д. в. привело к увеличению урожайности зеленой массы клевера, по сравнению с дозой 30 кг/га д. в. на 5 %. Увеличение не было статистически достоверным, впрочем, это возможно связано с достаточно высокими дозами азотно-фосфорного удобрения, применявшимися в данных вариантах (Дзанагов, Лазаров, Басиев и др., 2016).

В условиях Республики Коми исследования, проведенные на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве с низким уровнем плодородия, на низком калийном фоне (52-53 мг/кг, по Кирсанову) урожайность зеленой массы клеверо-тимофеечной смеси составила 15,7 т/га, а при повышении количества подвижного калия в почве до 112-121 мг/кг, урожайность увеличилась в 1,6 раза (Чеботарев, Броварова, 2021).

В природных условиях Пермского края, длительное применение систем удобрения на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве позволило создать калийный фон на уровне 433 мг/кг (по Кирсанову) и на данном уровне обеспеченности подвижным калием урожайность сухого вещества клевера лугового составила 3,8 т/га, а при содержании калия 163 мг/кг (высокий уровень), урожайность была на 10 % ниже. Наибольшая же урожайность зеленой массы клевера (в сухом веществе – 4,1 т/га) в данном эксперименте отмечали при содержании подвижного калия в почве равном 263 мг/кг. Причем, автор упомянула, что клевер не подкармливали азотным удобрением, и, следовательно,

урожайность достигалась только за счет созданного ранее фосфорно-калийного фона (Ямалтдинова, 2011).

В некоторых работах отмечается положительное влияние на урожайность зеленой массы клевера лугового и обработка семян препаратами содержащими калий.

Например, исследования, проведенные на опытном поле Смоленской ГСХА, обработка гуматом калия семян клевера сорта Смоленский – 29, позволила увеличить урожайность зеленой массы (выраженной в сухом веществе) на 15 %. Причем, почва в опыте была среднеобеспеченной по количеству подвижного калия (по Кирсанову) (Прудников, Прудникова, Коржов, Савина, 2014).

Таким образом, в разных почвенно-климатических условиях отношение к обеспеченности подвижным калием клевер луговой предъявляет высокие. Что касается фосфора, то в условиях Нечерноземной зоны, по данным ряда длительных опытов, клевер луговой лучше всего развивается на почвах с повышенным и средним содержанием. Однако большое значение имеет реакция почвенной среды и чем ниже кислотность, тем менее обеспеченной по уровню содержания элементов может быть почва.

Также, для нормального роста и развития клевера лугового требуется определенный уровень обеспеченности гумусом (органическим веществом), а последний зависит отряда факторов: доз органических удобрений, гранулометрического состава почв, агротехнических мероприятий, физико-химических свойств и т. д.

Конечно, значение гумусированности являясь обобщающим показателем уровня плодородия почвы, достаточно широко варьирует как в пределах природно-климатической зоны, так и между ними (Когут, 2012; Шевцова, Романенков, Хайдуков, и др., 2015; Сычев, Шевцова, Мерзлая, 2018).

К сожалению, в литературе имеется немного информации, по оценке влияния уровня содержания гумуса на развитие растений клевера (Сороко, Пироговская, 2016; Мельцаев, Зинченко, Эседуллаев, Лоцинина, 2019; Сопина,

Чернявских, Думачева, 2022), тем более, в сравнении на разных фонах кислотности.

Однако, ряд работ, проведенных в различных почвенно-климатических зонах позволяют сделать некоторые обобщающие выводы по отношению клевера лугового к уровню содержания органического вещества в почве.

Например, в работе Дербеновой Л. В. (2017), указывается, что при содержании органического вещества в среднеокультуренной дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве равного 2,59 %, масса пожнивно-корневых остатков клевера лугового составила 39,4 ц/га, а при достижении уровня 2,90 – аналогичный показатель увеличился на 24 % т. е. увеличение содержания органического вещества привело к более полному развитию корневой системы, что отразилось на урожайности культуры.

По результатам длительного опыта, проведенного в условиях Центрального Нечерноземья, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, урожайность клевера лугового, сорта ВИК – 7, при незначительном повышении содержания органического вещества, под действием органической системы удобрения, увеличилась на 5 % (Конончук, Штырхунов, Благовещенский, Тимошенко и др., 2020).

На опытном поле ВНИИОУ, в природно-климатических условиях Владимирской области, при повышении уровня содержания органического вещества в дерново-подзолистой супесчаной почве, под действием удобрений, с 1,10 % до 1,23 %, урожайность сена клеверо-тимофеечной смеси 1 г. п. (с высоким насыщением клевером) увеличилась с 34 до 75 ц/га (Ермакова, Новиков, 2019).

Чеботарев Н. Т. (2017), приводит результаты длительного полевого опыта, в котором под действием удобрений, содержание органического вещества в почве увеличилось с 2,1 до 3,3 %, а урожайность зеленой массы клеверо-тимофеечной смеси увеличилась в 1,4 раза. Опыт проводили на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, в условиях среднетаежной зоны Республики Коми.

Таким образом, можно отметить, что клевер луговой хорошо отзывается на увеличение содержания органического вещества в почве. Причем, даже небольшое увеличение положительно сказывается на росте и развитии культуры.

1.4 Влияние известкования и систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы бобовых трав

Оптимальная реакция почвенного раствора для клевера лугового находится в интервале от 5,5 до 6,5 $pH_{(KCl)}$.

В первую очередь это связано с токсичным воздействием алюминия на корневую систему растения. Нивелировать отрицательное воздействие высокой кислотности на развитие клевера можно с помощью известкования.

Под известкованием понимают такой прием химической мелиорации, который заключается во внесении в почву карбоната, оксида или гидроксида кальция и / или магния, чтобы нейтрализовать кислотность почвы и приблизить её уровень к оптимальному для культуры (Авдонин, 1976; Barrientos, Leticia, Campillo, 1994; Петренко, 2016).

Исследования, проведенные в длительном полевом опыте ФГБНУ Иркутский НИИСХ на серой лесной тяжелосуглинистой почве в зернотравяном севообороте, показали, что урожайность зеленой массы клевера от известкования в дозе 0,5 г. к., в варианте без внесения удобрений, составила 9,49 т/га, что выше, чем в аналогичном варианте без применения извести на 1,35 т/га (Дудченко, Козьяков, Кривенко, 1989).

По данным ученых ФГБНУ НИИСХ Республики Коми на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, известкование по норме 1 г. к. способствовало увеличению урожайности сухого вещества клеверо-тимофеечной смеси в варианте без удобрения на 19 %, по сравнению с неизвесткованным фоном аналогичного варианта (Булатова, Регорчук, 2017).

В условиях республики Сербия, на сильнокислой почве ($pH_{(вод.)} = 4,8$), внесение извести в дозе всего 3 т/га, способствовало увеличению урожайности

зеленой массы бобово-злаковой смеси (клевер красный и райграс) на 7 % по сравнению с известкованным фоном (Dalibor, Vladeta, Dragan, Dorde, 2012).

Ученые ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в длительном стационарном полевом опыте, заложенном в 1971 г. на опытном поле Фаленской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (восточный агропочвенный район центральной климатической зоны Кировской области), на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве отмечали тесную связь ($r = 0,76$) между уровнем кислотности $pH_{(КСЛ)}$ и урожайностью зеленой массы клевера (Лыскова, Лыскова, Попов, 2019).

Положительное влияние снижения кислотности почвы под действием известкования отражается и на показателях качества зеленой массы клевера лугового. В работе Шильникова И. А. и Лебедевой Л. А. (1987), указывается, что применение известкования повысило содержание белка в листьях клевера на 12 %, в варианте без применения удобрения и на 44 % в варианте с применением азотного удобрения.

Положительный эффект от известкования на содержание и сбор сырого протеина отмечал Кирпичников Н. А. с соавторами (2012), на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве Московской области. В полевом опыте, на известкованном фоне содержание сырого протеина в сене клевера колебалось в пределах 15,5-16,0 %, а сбор составил, в среднем по вариантам – 8,63 ц/га. На известкованном фоне, в аналогичных вариантах показатели были – 11,3-14,1 % (содержание сырого протеина), а сбор сырого протеина составил 5,38 ц/га.

Впрочем, полученные данные в длительном полевом опыте этого же автора, позволили ему сделать вывод, о том, что эффективность известкования и применения фосфорных удобрений может быть низкая, если клевер луговой растет на почвах с невысоким содержанием подвижного алюминия (4,5 мг/кг) и низкой степенью подвижности элемента (2,6 мг/100 г.) (Кирпичников, Бижан, 2018).

Положительное влияние извести на увеличение белка в бобовых и бобово-злаковых смесях отмечают и другие авторы (Волошин, 2018; Конончук, Штырхунов, Благовещенский и др., 2020).

Некоторые авторы отмечают, что известкование проявляет эффект и в последствии на клевере луговом и клеверо-злаковых травосмесях.

Например, в условиях дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы Республики Коми, последствие более 30 лет известкования по норме 2,5 Н_г обеспечило содержание сырого протеина в бобово-злаковом травостое 11,9 %, тогда как в варианте без применения извести аналогичный показатель составил 10,3 % (Чеботарев, Броварова, 2021).

В природно-климатических условиях Нижегородской области на светло-серой лесной легкосуглинистой почве, известкование, проведенное в 1978 году по норме 2,5 Н_г, через 42 года в варианте без применения удобрений позволило достичь прибавки урожайности зеленой массы клеверо-тимофеечной смеси в 13 %, по отношению к непроизвесткованному варианту (Ивенин, Саков, Богомолова и др., 2022).

Ученые Полесского аграрно-экологического института (г. Брест, Беларусь), изучали влияние последствия различных мелиорантов на урожайность и кормовые качества зеленой массы клевера лугового на дерново-подзолистой временно избыточно увлажненной супесчаной почве и по результатам эксперимента выявили: наиболее значительный эффект в последствии 2 года различных мелиорантов на содержание сырого протеина в первом укосе достигается при известковании по 1,0 Н_г (Михальчук, Михальчук, Ажгиревич и др., 2019).

В первую очередь это связано с тем, что в результате известкования резко снижается содержание подвижного алюминия в корнеобитаемом слое почвы и возрастает количество поглощенных оснований. Впрочем, на длительность действия извести влияет большое количество факторов, в том числе и насыщенность севооборота кальциелюбивыми культурами, вынос катионов

кальция с урожаем клевера лугового составляет 120-150 кг/га (Корнилов, Благовидов, 1955; Литвинович, Небольсина, 2012).

Однако, применение только известкового материала, с целью снижения почвенной кислотности не способно в полной мере раскрыть биологический потенциал клевера лугового. Так, по данным ученых ФИЦ «Немчиновка», на известкованной ($pH_{(KCl)} = 5,9-6,3$) дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в контрольном варианте (без удобрения), урожайность зеленой массы клевера лугового составила 7,90 т/га, при уровне сбора сырого протеина 12,9 ц/га, тогда как в варианте с органо-минеральной системой 8,11 т/га и 13,8 ц/га. Наибольшую урожайность и сбор протеина обеспечило применение минеральной системы удобрения (10,1 т/га и 16,9 ц/га соответственно) (Конончук, Штырхунов, Благовещенский и др., 2020).

Результаты исследования, приводимые Кирпичниковым Н. А. и Бижаном С. П. (2018), на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой слабокультуренной почве свидетельствуют, что совокупное действие минеральных удобрений (вариант НК) и известкования увеличило урожайность зеленой массы клевера лугового сорта ВИК – 7 от 21 до 42 %, по отношению к абсолютному контролю (без удобрения).

Трехлетние исследования в условиях лесостепной зоны Зауралья, на черноземе выщелоченном среднемощном, с $pH_{(KCl)} = 6,53$, (близкая к нейтральной реакция среды) показали, что наибольшая урожайность сена клевера была при внесении полного азотно-фосфорно-калийного удобрения (63,7 ц/га), тогда как при использовании только фосфорно-калийного удобрения, в эквивалентных дозах – 58,0 ц/га. В варианте без удобрения данный показатель составил всего 43,4 ц/га. Причем, наибольший сбор сырого протеина – 23,3 ц/га, был зафиксирован при использовании только фосфорно-калийных удобрений, а добавление азотных, напротив, снижало содержание протеина, и как следствие, при высокой урожайности, сбор протеина был меньше (Валиахметова, 2009).

В условиях Республики Коми, в длительном полевом опыте на дерново-подзолистой почве, последствие известкования и минеральных удобрений

увеличило урожайность зеленой массы клеверо-тимофеечной смеси на 1,7-1,9 раз, по сравнению с фоном последствий извести без применения минеральных удобрений (Хомченко, Булатова, Чеботарев, 2016).

По данным полевых опытов, проведенных в Республике Беларусь, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с близкой к нейтральной реакцией почвенной среды (ранее известкованной) урожайность зеленой массы клевера лугового была наименьшей в варианте без применения удобрения. При внесении 40 т/га навоза, показатель увеличивался в 1,2 раза и составил 839 ц/га (в среднем за три года). Причем содержание сырого протеина в варианте с навозом увеличилось на 5 %, а общий сбор протеина увеличился на 24 % (Лапа, 2011).

По данным Ямалтдиновой В. Р. (2011), в условиях Пермского края на базе опытного поля ГНУ Пермский НИИСХ на дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве применение органической (10 т/га) и минеральной системы удобрения в одинаковой дозе обеспечило равнозначную прибавку урожайности зеленой массы бобово-злакового травостоя по отношению к контролю (без удобрения). Органо-минеральная система (навоз 10 т/га + NPK), способствовала даже некоторому снижению прибавки по сравнению с отдельным применением органических и минеральных удобрений.

По данным Кирпичникова Н. А. и Волкова А. А. (2011), в условиях дерново-подзолистой суглинистой слабокультуренной почвы совместное применение извести с аналогичной дозой NK – удобрений увеличило урожайность сена по сравнению с контролем на 21 %, и способствовало увеличению содержания сырого протеина на 6,4 %.

В условиях Уральского региона, на темно-серой лесной тяжелосуглинистой почве, применение органо-минеральной системы удобрения увеличило содержание сырого протеина в зеленой массе клевера на 9 %, а минеральной только на 7 % (Постников, Попова, 2014).

Исследования, проведенные в длительном стационарном полевом опыте на черноземе выщелоченном лесостепной зоны Северной Осетии, показали, что в звене полевого севооборота: клевер луговой – озимая пшеница – кукуруза на

зерно в результате длительного систематического применения органо-минеральной системы удобрения позволило повысить содержание протеина в сухой массе клевера на 3,2 %, и жира в сене клевера в 1,5 раза. Повышение белковости зеленой массы клевера сопровождалось снижением содержания клетчатки (Гагиев, Кануков, Лазаров и др., 2015).

Таким образом, в различных почвенно-климатических условиях совместное действие известкования и систем удобрения обеспечивает более высокую прибавку урожайности клевера лугового и повышение качества. Как отмечают ряд зарубежных и отечественных авторов это связано с оптимизацией как почвенной кислотности, так и питательного режима клевера лугового (Приемы повышения устойчивости..., 1954; Voigt, Godwin, Morris, 1998; Трофимов, 2006; Лапа, 2015; Кирпичников, Бижан, 2018).

К сожалению, в большинстве полевых опытов рассматривается эффективность совместного применения либо минеральной и органической системы удобрения и известкования, либо только минеральной. Также, мало данных о сравнении последствий систем удобрения на рост и развитие культуры на разных фонах кислотности (Башкирцев, 2012; Каменева, 2016).

Немаловажное значение имеет обеспеченность почвы серой и микроэлементами. Сера участвует в образовании хлорофилла, производстве белка, синтезе масел и других важных процессах вегетации растений. Ее недостаток сказывается на количестве и качестве урожая (Ковальский 1970; Шайтанов, Хуснуллин, Шурхно, 2008; Skwierawska, 2016). Большинство почв России, на которых возделывается клевер луговой являются бедными по содержанию серы (Аристархов, 2016; Жуйков, 2020).

Введение клевера (и шире бобовых трав) в кормовые травосмеси повышает содержание микроэлементов в последних, и, следовательно, клевер имеет сильную потребность в обеспечении почв микроэлементами (Bodil, Lindström, Bodil, Frankow-Lindberg et. al., 2014; Завалин, Соколов, Шмырева, 2019). Дерново-подзолистые почвы, в силу генезиса, часто бедны микроэлементами, поэтому при

выращивании с.-х. культур, без научно-обоснованной системы удобрения, потребность в микроэлементах возрастает.

Применение удобрений с микроэлементами повышает урожайность зеленой массы клевера и способствует накоплению питательных веществ в растении. Следует, также, отметить, что ряд микроэлементов, например бор или цинк при снижении кислотности становятся малодоступными клеверу. И этот факт следует учитывать, при определении оптимальной системы удобрения (Земляничина, Земцова, 2020).

В условиях республики Беларусь, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве с кислотностью близкой к нейтральной и высоким содержанием подвижного фосфора, совместное применение бора (50 г/га) и молибдена (40 г/га) в подкормку, на фоне $N_{16}P_{60}K_{90}$ увеличило урожайность зеленой массы на 60 ц/га, по отношению к аналогичной дозе минерального удобрения без микроэлементов и было статистически достоверным (Вильдфуш, Мишура, 2018).

Результаты проведенных исследований в Костромской области, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, с нейтральной реакцией среды и повышенным содержанием подвижного фосфора, свидетельствуют, что применение в подкормку растворимого удобрения, содержащего бор и молибден, в сочетании $P_{30}K_{30}$ способствовало увеличению зеленой массы на 66 %. Впрочем, стоит отметить, внесение только минерального удобрения в дозе $P_{30}K_{30}$ имело незначительные различия с аналогичной дозой, в сочетании с препаратом Аквамикс-т (Попова, Перьков, 2020).

Хатулев И. Н., Пироговская Г. В. (2013), приводят результаты эксперимента, в котором изучали действие минеральной системы удобрения (фон $N_8P_{15}K_{28}$) с отдельным применением бора, меди, цинка, марганца и молибдена, а также их совместного применения на бобово-злаковой травосмеси, в условиях республики Беларусь, на дерново-подзолисто-глеевой почве, при $pH_{(KCl)} = 5,95$ и высоком (220 мг/кг) содержании подвижного фосфора и калия (171 мг/кг). По данным эксперимента, наибольшая урожайность зеленой массы (388 ц/га), среди

вариантов с отдельным применением микроудобрений была зафиксирована при применении марганца, а наименьшая при применении бора (366 ц/га), совместное применение микроудобрений оказалось менее эффективным. Различия между двумя представленными вариантами было статистически достоверным.

Достаточно широко в литературе представлено влияние как систем удобрений в сочетании с микроэлементными добавками (в подкормку или путем замачивания семян), на урожайность клевера и качественные показатели, причем в разных почвенно-климатических условиях (Chen, Li, Tao, Christie, Wong, 2002; Завалин, 2015; Биденко, Славов, Трохименко, 2016; Сороко, Пироговская, 2016; Галлиуллин, 2017).

Однако мало работ по действию систем удобрения на содержание микроэлементов в зеленой массе растений. А между тем, это важный кормовой показатель (Fageria, Baligar, Clark, 2002; Хатулев, Пироговская 2013; Завьялова, Леснов, Дир, 2019; Лукин, Жуйков, 2021).

Практически отсутствует информация о действии и последствиях различных систем удобрения на разных фонах кислотности на содержание микроэлементов в зеленой массе бобово-злаковых трав.

К сожалению, в литературных источниках, опубликованных за последнее время, мало работ по сравнению эффективности влияния различных систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы клевера лугового (или смеси бобово-злаковых трав) в зависимости от фона кислотности в условиях севера Нечерноземной зоны (Рыжакова, Ипаткова, Горбунов, 2019; Рыжакова, Налиухин, 2018; Рыжакова, 2019; Налиухин, Власова, Белозеров, Силуянова, Рыжакова, 2020; Налиухин, Власова, Ерегин, Белозеров, Рыжакова, Рябков, 2020; Naliukhin, Ryzhakova, Eregin, Ryabkov et. al., 2021; Рыжакова, 2021; Налиухин, Рыжакова, 2021; Налиухин, Смирнова, 2024).

1.5 Влияние систем удобрения на симбиотическую азотфиксацию бобовых трав

Клевер луговой, как бобовая культура, способен накапливать до 250-300 кг/га биологического азота (Трепачев, 1985; Buchi, Gebhard, Liebisch, Sinaj, Ramseier, Charles, 2015; Завалин, Соколов, Шмырева, 2019) или до 600 кг/га (Ledgard, Steele, 1992). Таким образом, возделывание бобовых трав, в частности клевера лугового, позволяет сочетать азот минеральных удобрений и биологический азот, уменьшить риски негативного воздействия на окружающую среду вследствие денитрификации и вымывания азота удобрений с одновременным повышением урожайности культур (Персикова, 2003; шабаев, 2004; Завалин, Благовещенская, 2012; Migliorati et al., 2015; Постников, 2017, Конончук, Тимошенко, Благовещенский, Штырхунов и др., 2019).

Количество симбиотически связанного азота в пожнивно-корневых остатках бобовых зависит от ряда факторов, в том числе и от уровня минерального питания (Капустин и др., 2007; Кокорина, 2010; Кшникаткина, 2013; Дронова, 2017; Свечников, 2019; Свирина, 2019).

Однако, на величину азотфиксации и шире, вообще способность клевера вступать в симбиоз с азотфиксирующими бактериями, влияет ряд факторов: погодные условия, тип почвы, кислотность почвы, обеспеченность почвы питательными веществами.

Показатели плодородия почвы вполне поддаются изменению с целью улучшения их характеристик агрохимическими средствами, в частности, применением научно-обоснованной системы удобрения.

Причем, на количество накопленного азота бобовыми в первую очередь влияет содержание подвижного фосфора и калия в почве (Трепачев, 1999; Персикова, 2002; Валиахметова, 2009; Фарниев, Алборова, 2010; Алешин, Михайлова, 2020).

Таким образом, вполне возможно регулировать величину азотфиксации бобовых трав, с целью улучшения плодородия почвы и достижения оптимальной

урожайности сельскохозяйственных культур при повышении качества товарной продукции.

При распашке пласта многолетних бобово-злаковых трав в почву поступает дополнительное количество органического вещества и биологического азота, что во многом компенсирует потери гумуса и азота в почвах вследствие недостаточного внесения органических и минеральных удобрений и позволяет уменьшить дозы азота, вносимого с удобрениями и тем самым, отчасти, способствовать уменьшению скорости подкисления почв (Биологические и биохимические основы..., 2014; Капустин, Медведева, Прозорова, 2015; Ермакова, Новиков, 2019; Ренгартен, Коробицын, 2021; Эсседулаев, Шмелева, 2022).

Важным мероприятием для повышения накопления клевером азота является создание оптимальной кислотности почвы, которая в условиях генетически кислых дерново-подзолистых почв колеблется в пределах $pH_{(KCl)}$ от 5,5 до 6,0 (Завалин, Соколов, Шмырева, 2019).

В первую очередь, при данной кислотности (в условиях хорошей обеспеченности другими элементами питания), увеличивается интенсивность образования клубеньков и скорость связывания атмосферного азота, за счет снижения количества подвижного алюминия в корнеобитаемом слое.

Потенциальная активность азотфиксации выше на известкованных почвах. Исследователи отмечают, что наиболее благоприятной для фиксации атмосферного азота является нейтральная реакция почвенной среды (Шабаев, 2004; Моисеев, 2006; Лазарев, Куренкова, Авдеев, Куренкова, Дикарева, 2022).

Объясняется данный факт тем, что в почве, при нейтральной реакции среды повышается численность азотфиксирующих бактерий и увеличивается скорость связывания азота, за счет большего образования клубеньков (Watkin, 2000; Шабаев, 2004; Лапинскас, 2007).

По данным Кирпичникова Н. А., (2018), применение извести по норме 1,5 N_T и сдвиге реакции среды с 4,2 до 5,5 $pH_{(KCl)}$ способствовало увеличению азотфиксирующей способности клевера лугового на 64 %.

На серой лесной среднесуглинистой почве, в природных условиях Брянской области, изменение в результате известкования $pH_{(KCl)}$ от 5,6 до 7,1, увеличило количество фиксированного азота в корнях сои на 81 %. Причем, на каждую внесенную тонну $CaCO_3$ приходилось в среднем 3,2 кг биологически связанного азота (Моисеенко, Зайцева, 2009).

Таким образом, в различных почвенно-климатических условиях, применение известкования, с целью оптимизации кислотности почвы положительно влияет на уровень накопления бобовыми культурами биологического азота.

Вместе с тем, мало современных исследований как по действию известкования, так и по влиянию (и длительности последствий) систем удобрения на уровень симбиотической азотфиксации бобовых растений (Налиухин, 2008; Эсседулаев, Шмелева, 2016).

Применение известкования бобовых трав в условиях юга Нечерноземной зоны, при орошении, позволило при внесении минеральных удобрений значительно увеличить коэффициент азотфиксации и накопить симбиотического азота на 5-20 % больше, чем в варианте без известкования (Моисеев, 2006).

По результатам опыта, представленных Герасимовой С. А. (2010) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве коэффициент азотфиксации смеси клевера с люцерной, на фоне сидерации с применением полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$) составлял 0,72-0,75, тогда как в варианте с сидератом, без минеральных удобрений, данный показатель варьировал в пределах 0,84-0,85.

В длительном полевом опыте, проведенном на серых лесных почвах Владимирского ополья, применение органической системы удобрения (навоз КРС) на фоне известки способствовало накоплению бобовыми травами 170-198 кг/га симбиотически связанного азота. В варианте с минеральной системой удобрения ($N_{120-200}P_{120-240}K_{120-240}$), данный показатель колебался от 53 до 89 кг/га, при сочетании органических и минеральных удобрений количество симбиотически связанного азота составляло 37-92 кг/га (Окорков, 2008).

Важной проблемой является уровень азотного питания бобовых растений. Общеизвестно, что бобовые культуры сами являются накопителем азота в почве, но одновременно, как любой другой культуре им необходим азот.

Однако, ряд исследователей считает, что внесение азотных минеральных удобрений, особенно в нитратной форме, снижает активность образования клубеньков и может полностью остановить процесс накопления (фиксации) азота (Li, Yu et. al., 2009; Naudin Corre-Helloua et. al., 2010).

В Пермском крае, на дерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почве ($pH_{(KCl)} = 5,6-6,4$), в опыте по изучению эффективности применения доз азота в севообороте в смешанных бобово-злаковых посевах, при внесении азотного удобрения в форме карбамида (N_{30-60} кг/га) в пожнивно-корневых остатках гороха (возделываемого в чистом виде) накопилось фиксированного азота 35,8-42,6 кг/га, тогда как без применения удобрений данный показатель составил всего 32 кг/га. Причем стоит отметить, что при соотношении пшеница / горох 25 % : 75 %, размер фиксированного азота в поукосно-корневых остатках гороха увеличился в среднем на 32 % (Завалин, Алешин, 2021).

В условиях Московской области, выращивание бобово-злаковой травосмеси на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве ($pH_{(KCl)} = 6,0-6,8$), на фоне фосфорно-калийных удобрений коэффициент азотфиксации, в среднем за три года составил 0,86, а при добавлении азотных удобрений на аналогичном фоне – 0,66. Накопление биологического азота в пожнивно-корневых остатках в опыте было максимальным в варианте с фосфорно-калийным удобрением, а при внесении 60 кг/га азота, в форме аммиачной селитры, данный показатель сокращался на 39 % (Конончук, Тимошенко, Благовещенский и др., 2019).

В том же научно-исследовательском институте ФГБНУ ФИЦ Немчиновка, в испытаниях 3-х сортов гороха, при повышении дозы азотного удобрения с 30 до 45 кг/га коэффициент азотфиксации, в среднем по сортам снизился с 0,65 до 0,46, при равной дозе внесения фосфорно-калийного удобрения (Конончук, Штырхунов, Благовещенский и др., 2019). Исследования, проведенные на черноземе выщелоченном в природно-климатических условиях РСО – Алания,

показали, что при внесении азота в дозе 30 кг/га под люцерну, уменьшило количество симбиотически связанного азота по сравнению с вариантом без удобрений на 4 % (в среднем за 3 года) (Козырева, Басиева, Козырев, 2020).

Негативное воздействие азота на симбиотическую азотфиксацию у бобовых отмечали и в опыте, проведенном в центрально-черноземном регионе на черноземах типичных. При внесении $P_{150}K_{150}$ коэффициент азотфиксации у клевера 1 года пользования составил 0,82, а накопление симбиотического азота – 148,5 кг/га. При внесении азота в дозе 60 кг/га, на аналогичном фосфорно – калийном фоне, количество симбиотически связанного азота снижалось на 24 %, а коэффициент азотфиксации составил всего 0,67 (Азаров, 1995).

Таким образом, проведенные полевые исследования в различных почвенно-климатических условиях свидетельствуют, что применение фосфорно-калийных удобрений под бобовые культуры способствуют повышению размеров азотфиксации, что приводит к накоплению симбиотически связанного азота.

Однако в литературе практически отсутствует информация о влиянии систем удобрения на уровень азотфиксации клевера лугового на дерново-подзолистых почвах Северного Нечерноземья (Рыжакова, 2021; Налиухин, Рыжакова, 2021).

Таким образом, клевер луговой, благодаря биологическим и морфологическим особенностям является ценной почвоулучшающей и кормовой культурой Нечерноземной полосы России.

Способность к азотфиксации позволяет, отчасти, снизить нагрузку на почву в виде внесения высоких доз минеральных азотных удобрений и тем самым вносит свой вклад в обеспечение поддержания современного состояния уровня углекислого газа в атмосфере. А это вклад в снижение негативных последствий парникового эффекта и сохранения приемлемого климата для человечества.

Однако, как и большинство бобовых культур, клевер луговой достаточно требователен к плодородию почвы, в первую очередь к физико-химическим параметрам. Он хорошо развивается на известкованных почвах, с отсутствием

подвижного алюминия и обеспеченностью подвижным фосфором и калием не ниже среднего уровня (по существующей градации).

В ряде как длительных, так и краткосрочных опытов, проведенных в различных регионах, вполне убедительно доказано, что применение различных систем удобрения, способствует увеличению урожайности зеленой массы и способности к накоплению биологически связанного азота (симбиотической азотфиксации). Вместе с тем, исследований по влиянию систем удобрения на урожайность, качество и уровень азотфиксации клевера лугового в условиях Северного Нечерноземья практически нет. Хотя, имеются достаточно подробные данные по влиянию культуры на показатели почвенного плодородия и урожайность последующих культур.

Таким образом, представленное исследование является важной частью общероссийских работ в области изучения различных систем удобрения на азотфиксацию и накопление биологического азота клевером луговым, а также на изменение его урожайности и показателей качества зеленой массы.

2 ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Объекты и методы исследований

Исследования, по влиянию различных систем удобрения и известкования на урожайность и симбиотическую азотфиксацию клевера лугового в условиях Севера Нечерноземной зоны России, проводили на территории учебно-опытного поля ФГБОУ ВО Вологодской ГМХА имени Н. В. Верещагина в 2018-2020 гг., расположенного в 1 км от д. Марфино Вологодского района Вологодской области.

На рисунке 1 представлен общий вид длительного стационарного полевого опыта с клевером луговым сорта Дымковский.



Рисунок 1 – Учебно-опытное поле стационарного опыта Вологодской ГМХА имени Н. В. Верещагина

В 2014 году было проведено почвенно-агрохимическое обследование учебно-опытного поля, находящегося на низменной равнине, со слабым уклоном на юго-запад, в сторону р. Нозьма. В результате было выявлено 3 почвенные

разности, отличающиеся по гранулометрическому составу и мощности подзолистого горизонта (Налиухин, Чухина, Власова, 2015).

Стационарный опыт, заложенный д. с.-х. наук А. Н. Налиухиным в 2015 году на участке учебно-опытного поля Вологодской ГМХА имени Н. В. Верещагина, располагается на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве на покровном суглинке, подстилаемой мореной.

Исследование проводили в 5-польном зернотравяном севообороте на 3-х полях в трехкратной повторности на двух фонах кислотности ($pH_{(KCl)}$ 5,1-5,2 и 5,8-5,9). Чередование культур в севообороте было следующим: вика посевная (*Vicia sativa* L.) сорта Льговская 31-292 – озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта Московская 56 – ячмень (*Hordeum vulgare* L.) сорта Сонет (с подсевом клевера лугового) – клевер луговой (*Trifolium pratense* L.) сорта Дымковский – овес (*Avena sativa* L.) сорта Лев. Схема полевого севооборота приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема полевого севооборота

№ поля	Годы						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	в/о смесь	оз. пшеница	ячмень + клевер	клевер 1 г. п.	овес	в/о смесь	оз. пшеница
2	–	в/о смесь	оз. пшеница	ячмень + клевер	клевер 1 г. п.	овес	в/о смесь
3	–	–	в/о смесь	оз. пшеница	ячмень + клевер	клевер 1 г. п.	овес

Площадь делянок – 100 м^2 , повторность трехкратная, размещение вариантов систематическое. Количество севооборотных полей – 3.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед закладкой опыта была следующая: $pH_{(KCl)} = 5,1-5,2$, гидролитическая кислотность 2,8 мг-экв/100 г, сумма поглощённых оснований 7,8 мг-экв/100 г, содержание подвижного фосфора (по Кирсанову) 279 мг/кг, подвижного калия (по Кирсанову) 119 мг/кг почвы, содержание гумуса (по Тюрину) 2,48 % (Налиухин, Чухина, Власова, 2015).

В полевом опыте изучали 2 фактора: *A* – известкование, *B* – системы удобрения. В качестве систем удобрения (фактор *B*) использовали: органическую – с внесением навоза КРС 50 т/га под викоовсяную смесь, минеральную – внесение $N_{150}P_{120}K_{225}$ под первые 3 культуры севооборота; органо-минеральную – с внесением половинных и полных доз навоза и минеральных удобрений. Все системы удобрения исследовали на 2-х фонах кислотности (фактор *A*): при $pH_{(KCl)}$ 5,1-5,2 и 5,8-5,9. Второй уровень кислотности был создан путем известкования почвы по 1,0 Н_г под викоовсяную смесь. В контрольном варианте удобрения не вносили. На клевере изучали последствие ранее внесенных удобрений. Распределение удобрений по культурам севооборота и годам представлено в таблице 2.

Все системы удобрения выравнены по основным элементам питания, в сумме за первые 3 года севооборота во 2-4 вариантах внесено $N_{150}P_{120}K_{225}$, а в 5-м варианте $N_{300}P_{240}K_{450}$.

В опыте использовали следующие удобрения: подстилочный навоз крупного рогатого скота с содержанием N – 0,30 %, P_2O_5 – 0,24 %, K_2O – 0,45 %; нитроаммофоску с содержанием 15 % N, 15 % P_2O_5 и 15 % K_2O + 7 % S, аммиачную селитру (N – 34,4 %); калий хлористый (K_2O – 60 %). В качестве известкового удобрения использовали известняковую муку с содержанием 96 % $CaCO_3$.

Органические и известковые удобрения вносили один раз под викоовсяную смесь под вспашку. Минеральные удобрения – ежегодно, под викоовсяную смесь, озимую пшеницу, ячмень с подсевом клевера лугового, заделывая тяжелой дисковой бороной Суоце в два следа. Удобрения вносили вручную, посев проводили механизировано, сеялкой ССНП-16 в агрегате с МТЗ-82. Норма высева для ячменя составляла 220 кг/га, клевера лугового 18 кг/га.

Таблица 2 – Распределение удобрений в зернотравяном севообороте

№ п/п	Вариант (система удобрения)	Культура полевого севооборота				Всего внесено НРК за 3 года
		Вико-овсяная смесь	Озимая пшеница	Ячмень с подсевом клевера лугового	Клевер луговой	
Без известкования						
1	Контроль (без удобрений)	–	–	–	последействие	–
2	Навоз 50 т/га (органическая система)	Навоз 50 т/га	1-й год последействия	2-й год последействия		N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅ (поступление с навозом)
3	НРК (минеральная система)	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ +N ₅₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₁₃₅		N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅
4	Навоз 25 т/га НРК1/2 (органоминеральная – половинные дозы)	Навоз 25 т/га + N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	N ₁₅ P ₁₅ K ₃₀ +N ₂₅	N ₂₀ P ₃₀ K ₆₈		N ₇₅ P ₆₀ K _{112,5} (с навозом) + N ₇₅ P ₆₀ K _{112,5} (с минеральными удобрениями), в сумме N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅
5	Навоз 50 т/га + НРК (органоминеральная – полные дозы)	Навоз 50 т/га + N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ +N ₅₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₁₃₅		N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅ (с навозом) + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅ (с минеральными удобрениями), в сумме N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₅₀
С известкованием в вико-овсяном пару – по 1,0 Н _г (CaCO ₃)						
1	Контроль (без удобрений)	–	–	–	последействие	–
2	Навоз 50 т/га (органическая система)	Навоз 50 т/га	1-й год последействия	2-й год последействия		N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅ (поступление с навозом)
3	НРК (минеральная система)	N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ +N ₅₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₁₃₅		N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅
4	Навоз 25 т/га НРК1/2 (органоминеральная – половинные дозы)	N ₉₀ P ₇₅ K ₁₂₈	N ₁₅ P ₁₅ K ₃₀ +N ₂₅	N ₂₀ P ₃₀ K ₆₈		N ₇₅ P ₆₀ K _{112,5} (с навозом) + N ₇₅ P ₆₀ K _{112,5} (с минеральными удобрениями), в сумме N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅
5	Навоз 50 т/га + НРК (органоминеральная – полные дозы)	N ₁₈₀ P ₁₅₀ K ₂₅₅	N ₃₀ P ₃₀ K ₆₀ +N ₅₀	N ₄₀ P ₆₀ K ₁₃₅		N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅ (с навозом) + N ₁₅₀ P ₁₂₀ K ₂₂₅ (с минеральными удобрениями), в сумме N ₃₀₀ P ₂₄₀ K ₄₅₀

Уборку зеленой массы клевера лугового проводили поделночно, сплошным методом с использованием косилки КРН-2,1, агрегатированной с трактором МТЗ-82 с последующим пересчётом на стандартную 80 % влажность. В процессе наблюдений за его развитием отмечали периоды прохождения фаз (начало и полную фазу). Срок наступления фазы определяли глазомерно при вступлении в фазу 5-10 % растений по всей площади делянки, при наступлении фазы у 75 % растений отмечалась полная фаза (Доспехов, 1972).

Наблюдения в течение вегетационного периода проводились согласно методическим указаниям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами, разработанными ВНИИК им. В. Р. Вильямса, (1987).

Отбор растительных образцов проводили непосредственно в день укоса, составляя один средний образец с варианта опыта (Доспехов, 1985).

Характеристика сорта. Клевер луговой сорт Дымковский включен в Госреестр допущенных для возделывания по Северо-Западному региону в 1993 г. Оригинатор: ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Выведен методом поликросса на основе шести сортообразцов различного эколого-географического происхождения в сочетании с биотипическим отбором. Сорт среднеспелый двуукосный, период от весеннего отрастания до цветения – 62-74 суток, до созревания семян – 90-126 суток. Корневая система стержневато-мочковатая. Зимостойкость высокая – 90-95 %. Куст прямостоячий и полуразвалистый. Стебли высокие, средней толщины, ветвистые. Кустистость хорошая, облиственность высокая – 42-53 %. Листья округлые и овально-ромбические, слабоопушенные, с крупным рисунком в виде стрелы. Соцветие – округлая головка светлой и темно-розовой окраски. Семена яйцевидной формы, цвет семян – от светло-желтого до темно-фиолетового. Масса 1000 семян 1,8-2,0 г. Содержание сырого протеина в воздушно-сухом веществе 16,0-18,5 %, клетчатки 26,8-32,3 %.

Поражается фузариозом в слабой степени, антракнозом, аскохитозом и склеротиниозом на уровне сорта Кировский 159 (арк – kolos. ru).

Статическую обработку опытных данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (1985) с использованием компьютерной программы AGstat (Доспехов, 1985).

2.2 Методики (методы) определения показателей качества и химического состава растительных образцов, агрохимического анализа почвы

Растительные образцы перед лабораторными исследованиями высушивали, одновременно определяя содержание влаги и сухого вещества.

В таблице 3 представлены методы анализа показателей в зеленой массе клевера лугового (в сухом состоянии).

Таблица 3 – Методики (методы) определения показателей качества и химического состава зелёной массы клевера лугового

Показатель	Метод определения	ГОСТ
общий азот	мокрое озоление по Кьельдалю с отгонкой аммиака на макро-Кьельдале с титриметрическим окончанием	ГОСТ 13496.4–2019
фосфор	фотометрический	ГОСТ 26657–97
калий	пламенно-фотометрический	ГОСТ 30504–97
кальций	атомно-абсорбционной спектрометрии	ГОСТ 32343–2013
магний		
цинк	атомно-абсорбционной спектрометрии	ГОСТ 30692–2000
марганец	атомно-абсорбционной спектрометрии	ГОСТ 27997–88
кобальт	с нитрозо-Р-солью фотометрически	ГОСТ 26573.2–14, пункт 5.7
сырая клетчатка	БИК-спектрометрия	ГОСТ Р 57543–2017
сырой жир		ГОСТ Р 57543–2017
сырая зола		ГОСТ 32041–2012
легкорастворимые углеводы (сахара) и легкогидролизуемые углеводы (крахмал)	с антроновым реактивом фотометрический	ГОСТ 26176–2019
нитраты	ионометрический	ГОСТ 13496.19–2015
безазотистые экстрактивные вещества	расчетный метод	–

Содержание нитратов определяли непосредственно после скашивания, в зеленой массе при естественной влажности ионометрическим методом (ГОСТ 13496.19 – 2015).

Сырой протеин рассчитывали путем умножения количества азота на коэффициент 6,25.

Содержание обменной энергии проводили расчетным способом по следующим уравнениям для крупного рогатого скота (Парахин, 2006):

$$OЭ = 17,46nП + 31,23nЖ + 13,65nК + 14,78nБЭВ$$

где пП – переваримый протеин, пЖ – переваримый жир, пК – переваримая клетчатка, пБЭВ – переваримые безазотистые экстрактивные вещества, кг.

Питательность зелёной массы в кормовых единицах (КЕ) в 1 кг корма рассчитывали по формуле:

$$КЕ = 0,0081 * OЭ^2,$$

где OЭ – это содержание обменной энергии (OЭ, МДж/ кг)

Почвенные образцы отбирали почвенным буром на глубину 0-20 см с каждой делянки опыта в 10 местах, составляли смешанную пробу и высушивали до воздушно-сухого состояния, после чего растирали в ступке и просеивали через сито в 1 мм. Среднюю аналитическую пробу почвы отбирали «методом квадрата».

Оценку агрохимических параметров почв проводили с помощью следующих методов. В почвенных образцах содержание подвижного фосфора и калия – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650 – 2011) с фотометрическим окончанием, кислотность – потенциометрически, в 1 н КСl – вытяжке (ГОСТ 26483 – 85). Гидролитическую кислотность определяли по Каппену – согласно ГОСТ 26212 – 91, сумму обменных оснований по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821 – 88). Содержание гумуса, в соответствии с ГОСТ 26213 – 91 (по Тюрину).

2.3 Методика расчета коэффициента азотфиксации и накопления биологического азота

Для учета массы корневой системы растений использовали методику, разработанную Н. З. Станковым (1964), которая заключалась в отборе почвенных монолитов и последующим отмыванием корней.

Этапы работы с почвенными монолитами по методике Станкова Н. З. представлены на рисунках 2-7.



Рисунок 2 – Наложение и прикрепление рамки к почве (фото автора)



Рисунок 3 – Удаление надземной части клевера лугового (фото автора)

В первую очередь, на месте, выбранном для взятия монолита, накладывали рамку по внутренней стороне размером $30,2 \times 33,3 \text{ см} = 0,1 \text{ м}^2$, прикрепленную к почве гвоздями на углах, что показано на рисунке 2. Далее производили снятие надземной части клевера лугового, что показано на рисунке 3.

После ножом обрезали пограничную линию, затем дернину разделяли на части и почву с помощью совочка вынимали и складывали в емкости, что показано на рисунке 4.

После проделанных манипуляций производили измерение глубины почвенного монолита с помощью линейки с делениями рис. 5.



Рисунок 4 – Выкапывание монолита
(фото автора)



Рисунок 5 – Измерение глубины
выкопанного монолита
(фото автора)

Корректировка необходимой глубины до 40-50 см с помощью второй рамки Станкова Н. З. по внешней стороне $30,2 \times 33,3 \text{ см} = 0,1 \text{ м}^2$ показано на рисунке 6, а перемещение монолитов с помощью сельскохозяйственной техники к месту отмывания показано на рисунке 7. Отмывание корней от почвы проходило через два этапа, с размером стороны ячейки в 2 мм, потом в 0,25 мм.



Рисунок 6 – Равномерность
ямы выкопанного монолита
(фото автора)



Рисунок 7 – Перемещение
монолитов к месту отмывания
(фото автора)

После образцы корней высушивались в естественных условиях до воздушно-сухого состояния.

Определение количества симбиотически фиксированного азота и коэффициента азотфиксации проводили при помощи классического разностного метода (метод сравнения по выносу азота) (Трепачёв, 1989).

Контрольным вариантом служила тимофеевка луговая, под которую не вносили удобрений.

Количество фиксированного азота рассчитывали по формуле:

$$N_{\phi} = N_{\text{общ}}(\text{он}) - N_{\text{общ}}(\text{к}),$$

где N_{ϕ} – потребление клевером фиксированного азота, кг/га, $N_{\text{общ}}(\text{к})$ – вынос азота в контрольном варианте (тимофеевка), кг/га, $N_{\text{общ}}(\text{он})$ – общий вынос азота растениями в фиксируемом варианте, кг/га;

Средний коэффициент азотфиксации вычисляли из первого и второго укосов по корневой и зеленой массе, предварительно для каждого укоса определяли его по формуле:

$$K = N_{\phi} / N_{\text{общ}}(\text{он}) = 1 - N_{\text{общ}}(\text{к}) / N_{\text{общ}}(\text{он})$$

Накопление биологического азота в целом в растении рассчитывали путем сложения его в первом и втором укосах, где корневую и зеленую массу клевера лугового объединили.

Обогащение почвы биологическим азотом вычисляли по формуле:

$$N_{\phi} = K_{\phi} (2,5M_{\text{нк}}N + M_{\text{пн}}N),$$

где N_{ϕ} – биологический азот пожнивно-корневых остатков, кг/га, $M_{\text{нк}}$ – масса сухих пожнивно-корневых остатков, кг/га, 2,5 – поправочный коэффициент на полноту учёта органического вещества, $M_{\text{пн}}$ – масса потерь урожая за все укосы,

ц/га, N – содержание общего азота в $M_{\text{ПК}}$ и $M_{\text{ПУ}}$, %, $K_{\text{ф}}$ – коэффициент азотфиксации (отношение количества фиксированного азота к общему);

Вынос азота из почвы считали по формуле:

$$N_{\text{в}} = N_{\text{у}} (1 - K_{\text{ф}}),$$

где $N_{\text{у}}$ – общий азот в урожае сухой массы (Трепачёв, 1989).

Расчет общего выноса проводили по формуле:

$$B_{\text{х}} = Y_{\text{со}} C_{\text{о}} + Y_{\text{сп}} C_{\text{п}},$$

где $Y_{\text{со}}$ и $Y_{\text{сп}}$ – урожайность сухого вещества основной и побочной продукции, ц/га; $C_{\text{о}}$ и $C_{\text{п}}$ – содержание элемента питания в сухом веществе, % (Лапа, Кулеш, Лопух, 2013).

2.4 Агрометеорологические условия в годы проведения исследований

Вологодская область географически расположена на севере Восточно-Европейской равнины между $58^{\circ}27'$ и $61^{\circ}36'$ с. ш. и $34^{\circ}42'$ и $47^{\circ}10'$ в. д.

Рельеф Вологодской области сформировался под влиянием эндогенных и экзогенных сил в результате длительного ледникового и современного развития и представляет собой полого-холмистую моренную равнину с множеством озёр, болот, рек.

Вологодская область находится в подзоне южной тайги, растительность представлена в основном широколиственными породами, наибольшее распространение из которых, имеют береза и осина, иногда встречаются липа, клен, вяз, дуб.

На территории Вологодской области под воздействием атлантических и континентальных масс воздуха, активной циклонической деятельности и частых

вхождений арктических воздушных масс сформировался умеренно-континентальный, достаточно влажный климат.

Средняя температура в летний период составляет + 17-19 °С, а максимальная + 40 °С. Зима умеренно-холодная, со средней температурой – 11-14 °С, минимальной – 50 °С. Среднегодовая температура + 2,3 °С.

Сумма активных температур колеблется от 1550 °С до 1650 °С. Средняя месячная температура поверхности почвы в летний период достигает 21 °С.

Преобладающее направление ветра летом – северо-западное, зимой – юго-западное. Средняя скорость ветра от 3,3 до 5,1 м/сек.

Среднегодовое количество дней с осадками примерно от 195 до 210 дней. Сумма осадков за год составляет 600-680 мм, из которых за период активной вегетации с мая по сентябрь выпадает до 290 мм. В каждый из летних месяцев осадков выпадает 70-80 мм. Количество осадков с юго-запада на северо-восток области уменьшается.

Среднегодовая относительная влажность, составляет 79-81 %. Вегетационный период основных сельскохозяйственных культур в среднем колеблется в пределах 110-125 дней.

Наибольшая высота снежного покрова отмечается в первой – второй декадах марта, и составляет 33-39 см. Максимальная высота снежного покрова за декаду может изменяться от 18 до 64 см (Белова и др., 2007).

В результате климатических особенностей и рельефа на территории Вологодской области сформировались дерново-подзолистые почвы, преимущественно легкого гранулометрического состава (Комиссаров, 1987).

Из-за промывного водного режима развит процесс активного подзолообразования, который отрицательно влияет на рост и развитие сельскохозяйственных культур.

Климатические условия Вологодской области являются благоприятными и подходящими для выращивания клевера лугового (Чухина, Капустин, 2014; Чухина, Кулиничева, Ганичева и др., 2020). Так как Вологодская область относится к зоне избыточного увлажнения, то в вегетационный период, ГТК

среднемноголетний по данным Вологодского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды составляет более 1,55 с вероятностью засухи менее 25 %.

Метеорологические условия 2018-2020 гг. отличались по распределению температуры и осадков своей неравномерностью, что повлияло на урожайность клевера лугового и позволило всесторонне оценить последствие используемых систем удобрений (приложение В).

Как известно клевер наиболее требователен к влаге от фазы прикорневой розетки (конец мая, начало июня) до фазы начала цветения (конец июля, начало сентября), при ее недостатке в почве он слабо растет, что отражается впоследствии и на урожайности культуры. В то же время не выносит избытка влаги, плохо развивается (Косолапов и др., 2011).

В таблице 4 представлена температура воздуха и осадки вегетационного периода в годы исследований.

Таблица 4 – Осадки и температура воздуха в период проведения опыта в 2018-2020 гг.

Месяц	Температура					Осадки				
	год			среднее		год			среднее	
	2018	2019	2020	за 3 года	много-летнее	2018	2019	2020	за 3 года	много-летнее
Май	12,7	12,2	9,5	11,5	10,8	56,0	33	135	74,7	47,6
Июнь	14,5	16,6	15,9	15,7	15,2	43,0	57,9	95	65,3	64,0
Июль	18,5	14,5	17,4	16,8	17,6	90,0	149	141	126	74,6
Август	16,9	12,7	14,9	14,8	15,1	58,0	92	71	73,7	71,1
Сентябрь	11,7	10,3	11,6	11,2	9,8	83,0	89	57	76,3	55,9
Среднее за вегетацию	14,9	13,3	13,9	14,0	13,7	66,0	84,2	99,8	83,3	62,6

Погодные условия вегетационного периода (май – сентябрь) 2018 г. характеризовались относительно благоприятным температурным режимом для выращивания клевера лугового. За вегетационный период культуры средняя температура – 14,9 °С, что больше среднемноголетней (13,7 °С) на 1,2 °С.

Количество осадков за период с мая по сентябрь – 66 мм, при среднемноголетнем значении (62,6 мм), что больше на 3,4 мм.

В период формирования зеленой массы клевера лугового от фазы прикорневой розетки (конец мая) и до конца бутонизации – начала цветения (конец июня), температура и влажность находились для него в достаточном количестве, что в свою очередь, положительно отразилось на его урожайности. В мае отмечено превышение среднемесячной температуры над среднемноголетней на 1,9 °С и количества среднемесячных осадков над среднемноголетними значениями на 8,4 мм. В июне замечена обратная тенденция в сторону небольшого снижения среднемесячной температуры на 0,7 °С в сравнении со среднемноголетней и среднемесячного количества осадков.

При формировании второго укоса (с первой декады июля до первой декады сентября) июль и август по среднемесячной температуре превосходил среднемноголетнюю на 0,9 °С, 1,8 °С соответственно. В первой декаде сентября (время проведения укоса) среднемесячная температура 14,4 °С, что больше среднемноголетней на 4,6 °С, а количество осадков было ниже среднемноголетнего количества на 52,9 мм. В среднем за вегетацию, с мая по сентябрь, температура была выше среднемноголетней на 1,2 °С, а количество осадков было близким к норме.

Вегетационный период 2019 г. характеризовался высоким температурным фоном при достаточном увлажнении, что являлось благоприятной средой для формирования клевера лугового.

Среднемесячная температура периода – 13,3 °С, что практически близко к среднемноголетней (13,7 °С). Количество осадков за период с мая по сентябрь – 84,2 мм, при среднемноголетнем значении (62,6 мм), что больше на 21,6 мм.

В мае и июне отмечено превышение среднемесячной температуры над среднемноголетней на 1,4 °С и количества среднемесячных осадков на 14,6 и 6,1 мм соответственно. С июля по август температура была ниже нормы на 3,1 °С, 2,4 °С соответственно, а количество осадков наоборот больше на 74,4 мм и 20,9 мм среднемноголетнего количества соответственно.

Температура в первой декаде сентября (время проведения укоса) была сопоставима со среднемесячной температурой 10,3 °С. Количество осадков составляло 8 мм, что ниже среднемноголетнего количества на 81,0 мм.

В вегетационном периоде 2020 г. средняя температура – 13,9 °С, что близко к норме. Количество осадков за период с мая по сентябрь – 99,8 мм, при среднемноголетнем значении (62,6 мм), что больше на 37,2 мм.

Температурный режим мая затянул отрастание клевера лугового после перезимовки ввиду недостаточного количества тепла (9,5 °С) и большого количества среднемесячных осадков – 135 мм, что больше среднемноголетнего значения на 87,4 мм.

К концу вегетации клевера лугового, к третьей декаде июня, наблюдалась тёплая погода с температурой 15,9 °С близкой к среднемноголетней с интенсивными осадками, превышающих на треть (21 мм) среднемноголетние значения.

В период формирования второго укоса температура в июле температурный фон был близок к норме, а количество осадков превышало среднемноголетнее в 2 раза (141 мм). В августе температура составила 14,9 °С и была близка к среднемноголетней при уровне осадков близком к норме.

Вторая декада сентября характеризовалась меньшим количеством осадков, чем в первом укосе и умеренно-тёплым температурным режимом.

В целом влажный 2020 г. привел к разрастанию вегетативной массы клевера. На протяжении мая – июля выпало повышенное количество осадков, этот показатель превышал среднемноголетнюю норму почти в 2 раза.

Широко известным и наиболее часто используемым показателем оценки влагообеспеченности территории также является гидротермический коэффициент (ГТК) Г. Т. Селянинова.

Средняя многолетняя величина ГТК (за период с температурой выше 10 °С) в районе исследования составляет 1,5, что говорит о значительном превышении количества выпадающих осадков над испарением.

Однако знать влагообеспеченность по ГТК только за вегетационный период зачастую недостаточно. Для роста и развития растений необходимо владеть информацией о том, как складываются условия увлажнения в различные периоды их вегетации (Синицина, 1973). Динамику условий увлажнения можно проследить по ГТК, рассчитанному за каждый месяц вегетационного периода и период активной вегетации (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика режима увлажнения по ГТК Селянинова в 2018-2020 гг.

Год	ГТК Селянинова					
	май	июнь	июль	август	сентябрь	Ср. за вегетацию
2018	1,47	0,99	1,62	1,14	2,37	1,51
2019	0,90	1,16	3,44	2,41	2,88	2,16
2020	4,75	1,99	2,71	1,60	1,63	2,54
За 3 года	2,37	1,38	2,59	1,71	2,29	2,07
Многолетнее	1,47	1,41	1,41	1,58	1,91	1,56

При подведении итогов анализа условий увлажнения за годы исследований можно сделать следующие выводы. Наиболее влажным был 2020 год. Засушливые условия наблюдалась в июне 2018 г., в мае 2019 г., ГТК 0,90-0,99. Достаточное увлажнение наблюдалась в мае и августе 2018 г., ГТК 1,14-1,47. в июне 2019 г. Избыточное увлажнение наблюдалась в июле и сентябре 2018 г., с июля по сентябрь 2019 г., с мая по сентябрь 2020 г.

3 ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ И ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

3.1 Влияние систем удобрений на урожайность клевера лугового

Системам удобрения отводится большое значение в увеличении продуктивности сельскохозяйственных культур. На эффективность удобрений влияют не только дозы, сроки и способы их внесения, но и количество осадков, а также температурные условия в течение вегетационного периода.

Научные исследования по изучению влияния различных систем удобрения в последствии и известкования на урожайность и симбиотическую азотфиксацию клевера лугового в условиях Севера Нечерноземной зоны России выявили, что метеорологические условия вегетационных периодов оказали значительное влияние на формирование как надземной массы, так и корневой системы растений.

Первый укос клевера лугового в 2018 г. провели 7 июля, в достаточно влажную первую декаду месяца (ГТК = 3,1), но клевер не почувствовал переизбытка влаги, так как в вегетационном периоде осадки распределились относительно равномерно. Так, в период максимального накопления зелёной массы с мая по июнь ГТК (гидротермический коэффициент Селянинова) составил около 1,0, а температура воздуха практически не отличалась от среднеголетних донных. Несмотря на благоприятные погодные условия в период формирования 2-го укоса, урожайность, в среднем, была в 1,9 раза ниже, чем в 1-м (таблица 6).

Из результатов исследований, представленных в таблице 6 следует, что в первом укосе последствие органо-минеральной системы с применением удобрений в половинной и полной дозах на фоне без известкования способствовало увеличению урожайности клевера до 30,1-33,9 т/га (достоверная прибавка к контролю 6,5-9,3 т/га) (Рыжакова, Налиухин, 2018).

В таблице 6 показано влияние систем удобрения и известкования на урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2018 году, т/га (приложения Г-Е).

Таблица 6 – Влияние систем удобрения и известкования на урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2018 году, т/га

№ п/п	Удобрения – фактор В	Укосы			Прибавка к контролю	
		1-й	2-й	В сумме за 2 укоса	т/га	%
Без известкования – A_1						
1	Контроль (без удобрений)	24,6	11,9	36,5	–	–
2	Навоз 50 т/га	27,2	15,4	42,6	6,10	16,7
3	НРК	26,6	15,5	42,1	5,60	15,3
4	Навоз 25 т/га + НРК 1/2	30,1	14,5	44,6	8,10	22,2
5	Навоз 50 т/га + НРК	33,9	16,4	50,3	13,8	37,8
В среднем по фактору A_1		28,5	14,7	43,2	–	–
С известкованием – A_2						
1	Контроль (без удобрений)	26,6	13,4	40,0	–	–
2	Навоз 50 т/га	32,6	16,7	49,3	9,30	23,3
3	НРК	31,8	16,3	48,1	8,10	20,3
4	Навоз 25 т/га НРК1/2	34,3	18,7	53,0	13,0	32,5
5	Навоз 50 т/га + НРК	38,6	20,7	59,3	19,3	48,3
В среднем по фактору A_2		32,8	17,2	49,9	–	–
НСР ₀₅ для фактора А		2,90	1,00	2,80	В среднем за год – 46,6 т/га	
НСР ₀₅ для фактора В и взаимодействия АВ		4,60	1,50	4,40		
НСР ₀₅ для частных различий		6,50	2,20	6,30		

Раздельное внесение навоза и минеральных удобрений было равнозначно и обеспечивало формирование урожайности на уровне 27,2-26,6 т/га зелёной массы.

Сравнивая средние двух факторов, можно отметить, что урожайность на фоне известкования больше, чем на не известкованном фоне на 15 %. Известкование способствовало получению достоверной прибавки урожайности на всех системах: органической, минеральной, органо-минеральных (Налиухин, Власова, Ерегин, Белозеров, Рыжакова, Рябков, 2020).

Во втором укосе на фоне без известкования последствие органической системы удобрения способствовало увеличению урожайности клевера до 15,4 т/га

(прибавка к контролю 3,5 т/га), минеральной – 15,5 т/га (прибавка 3,7 т/га), органо-минеральной – 14,5 т/га (прибавка 2,6 т/га), органо-минеральной (полная доза удобрений) – до 16,4 т/га (прибавка к контролю 4,5 т/га).

На фоне с применением известкования наблюдались схожие закономерности. При этом, известкование, улучшая физико-химические свойства почвы, способствовало получению дополнительной прибавки урожайности при применении смешанных систем удобрения на 4,2-4,3 т/га.

В последствии органическая, минеральная и органо-минеральные системы удобрения на двух фонах происходило способствовали увеличению урожайности до 42,1-59,3 т/га, что больше контроля (без удобрений) на 5,7-19,3 т/га соответственно.

Результаты учета урожайности клевера лугового сорта Дымковский за первый и второй укосы 2019 г. приведены в таблице 7 (приложения Ж-К).

Таблица 7 – Влияние систем удобрения и известкования на урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2019 году, т/га

№ п/п	Удобрения – фактор В	Укосы			Прибавка к контролю	
		1-й	2-й	В сумме за 2 укоса	т/га	%
Без известкования – А ₁						
1	Контроль (без удобрений)	23,7	26,8	50,5	–	–
2	Навоз 50 т/га	26,5	28,5	55,0	4,5	8,9
3	НРК	27,0	27,4	54,4	3,9	7,7
4	Навоз 25 т/га + НРК 1/2	27,3	28,0	55,3	4,8	9,5
5	Навоз 50 т/га + НРК	28,1	32,6	60,7	10,2	20,2
В среднем по фактору А ₁		26,5	28,7	55,2	–	–
С известкованием – А ₂						
1	Контроль (без удобрений)	22,3	28,3	50,6		
2	Навоз 50 т/га	27,3	29,3	56,6	6,0	11,9
3	НРК	28,9	30,1	59,0	8,4	16,6
4	Навоз 25 т/га + НРК 1/2	31,8	29,5	61,3	10,7	21,1
5	Навоз 50 т/га + НРК	31,7	33,1	64,8	14,2	28,1
В среднем по фактору А ₂		28,4	30,1	58,5	–	–
НСР ₀₅ для фактора А		1,9	F _{факт.} < F ₀₅	2,7	В среднем за год – 56,8 т/га	
НСР ₀₅ для фактора В и взаимодействия АВ		3,0	2,6	4,2		
НСР ₀₅ для частных различий		4,2	3,6	5,0		

В 2019 году формирование второго укоса в июле-августе происходило при выпадении обильных осадков и умеренных температурах (ГТК 2,3-3,3), в то время как с мая по июнь наблюдались слабозасушливые условия с некоторым дефицитом осадков при ГТК = 0,9-1,1. Всё это способствовало тому, что в 2019 году урожайность зелёной массы во 2-м укосе была даже больше, чем в первом (таблица 7).

Возможно, избыток влаги повлиял на снижение эффективности известкования: во втором укосе прибавка от внесения CaCO_3 была незначительной: $F_{\text{факт.}} < F_{05}$. В первом укосе прибавка от изучаемых систем удобрения на фоне известкования составила порядка 7 %.

В сумме за 2 укоса все системы удобрения на обоих фонах (за исключением органической системы без известкования) обеспечили достоверную прибавку урожайности к контролю. При этом органические и минеральные системы удобрения оказали примерно одинаковое влияние на формирование урожайности клевера лугового. Внесение их совместно в половинных и полных дозах оказало некоторую положительную тенденцию в увеличении урожайности до 55,3-64,8 т зелёной массы с 1 га (Рыжакова, Ипаткова, Горбунов, 2019)

Экстремальные погодные условия 2020 года привели к крайне неравномерному формированию урожайности зелёной массы по укосам вне зависимости от применяемой системы удобрения (таблица 8, приложения К-Н).

Различия между укосами составляли 3 раза. За период с мая по июль выпало 371 мм осадков, что в 2 раза больше среднегодовых значений за тот же период. Возможно, значительное переувлажнение почвы снизило эффективность известкования во 2-м укосе ($F_{\text{факт.}} < F_{05}$). В первом укосе прибавка от нейтрализации реакции почвенной среды составила в среднем 3 т/га зелёной массы или 9 %.

В сумме за 2 укоса наибольшая урожайность клевера лугового отмечается при органо-минеральных системах удобрения на фоне известкования – 49,6-51,2 т/га, что на 19-22 % выше не известкованного контроля.

В таблице 8 представлено влияние систем удобрения и известкования на урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2020 году (т/га).

Таблица 8 – Влияние систем удобрения и известкования на урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2020 году, т/га

№ п/п	Удобрения – фактор В	Укосы			Прибавка к контролю	
		1-й	2-й	В сумме за 2 укоса	т/га	%
Без известкования – А ₁						
1	Контроль (без удобрений)	31,9	9,9	41,8	–	–
2	Навоз 50 т/га	32,4	10,1	42,5	0,7	1,7
3	НРК	32,5	10,5	43,0	1,2	2,9
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	33,8	10,6	44,4	2,7	6,4
5	Навоз 50 т/га + НРК	33,0	10,9	43,9	2,1	5,1
В среднем по фактору А ₁		32,7	10,4	43,1	–	–
С известкованием – А ₂						
1	Контроль (без удобрений)	32,0	9,9	41,9	–	–
2	Навоз 50 т/га	32,6	9,9	42,5	0,6	1,5
3	НРК	35,4	10,2	45,6	3,7	8,8
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	38,4	11,2	49,6	7,7	18,4
5	Навоз 50 т/га + НРК	39,8	11,4	51,2	9,3	22,3
В среднем по фактору А ₂		35,7	10,5	46,1	–	–
НСР ₀₅ для фактора А		1,9	F _{факт.} < F ₀₅	2,1	В среднем за год – 44,6 т/га	
НСР ₀₅ для фактора В и взаимодействия АВ		2,9	0,8	3,3		
НСР ₀₅ для частных различий		4,1	1,2	4,7		

В целом, именно в избыточно увлажнённый 2020 год с ГТК = 2,5 получена наименьшая прибавка от изучаемых систем удобрения в сравнении с 2018-2019 гг. По всей вероятности, переувлажнение почвы вызывало гипоксию корневой системы растений и снижало эффективность симбиотической азотфиксации клевера лугового.

В среднем за 3 года, применение органической, минеральной и органо-минеральной систем удобрения в 1-й год последействия оказало значительное влияние на урожайность зеленой массы клевера лугового (приложения А, П-С).

Выявлено, что известкование по 1,0 Н_г ранее слабокислой почвы с рН_(КС1) 5,1-5,2 способствовало достоверному повышению урожайности клевера лугового на 6-15 %. По своему действию на урожайность последствие ранее внесенного навоза КРС было сопоставимо с внесением минеральных удобрений под покровную культуру (ячмень).

Прибавки от применения органической и минеральной систем удобрения составляли 8-9 % на неизвесткованном фоне и 12-15 % при внесении известняковой муки. Сочетание половинных доз навоза и минеральных удобрений способствовало некоторому дальнейшему росту урожайности клевера лугового лишь на уровне тенденции. В то же время сочетание полных доз органического и минерального удобрения существенно повышало урожайность клевера лугового как к контролю, так и другим системам удобрения. При этом наибольшую прибавку урожайности за 3 года исследования обеспечило внесение навоза КРС в дозе 50 т/га совместно с минеральными удобрениями в эквивалентном по действующему веществу количеству на фоне известкования – 32 % к контролю. Таким образом, оптимизация реакции почвенного раствора за счет известкования на фоне ранее внесенных органических и минеральных удобрений является действенным приемом повышения урожайности клевера лугового.

В тенденциях сбора сухого вещества наблюдалась очень схожая аналогия с урожайностью зелёной массы (приложение Б).

В наших исследованиях выявлена высокая зависимость урожайности и эффективности изучаемых систем удобрения от погодных условий, складывающихся в период вегетации: в условиях засухи она снижается, при достаточном увлажнении – повышается (Федосеев, 1985).

В то же время клевер не выносит избытка влаги, как это наблюдалось в 2020-м году, плохо развивается, а иногда и погибает на особенно влажных местах (Андреев, 1971).

Совместное применение навоза, минеральных удобрений и извести (органоминеральная система) под покровную для клевера лугового культуру – ячмень,

оптимизирует питание растений макро- и микроэлементами, создаёт благоприятные условия для симбиотической азотфиксации, чем при отдельном внесении, что способствует повышению урожайности (Капустин, Налиухин, 2006).

3.2 Химический состав клевера лугового

3.2.1 Влияние систем удобрения на содержание макроэлементов

В таблицах 9-12 приведены результаты химического исследования зеленой массы клевера лугового при разных системах удобрения и известковании.

В 2018 г. в первом, втором укосах и в среднем за год фон кислотности практически не повлиял на содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового. Сравнивая влияние кислотности на содержание макроэлементов между укосами стоит отметить тот факт, что во втором укосе показатели были выше, чем в первом.

Что же касается систем удобрения, то содержание азота в первом укосе было максимальным (2,34 %) на фоне с известкованием от последствие органико-минеральной системы (навоз – 50 т/га + NPK), во втором укосе от минеральной системы (последствие NPK) в сравнении с другими системами удобрения.

Содержание фосфора в первом и втором укосе составляло в среднем 0,50-0,55 % сухого вещества. По содержанию остальных макроэлементов по укосам и в среднем за 2018 г. наблюдались незначительные колебания.

Полагаем, что погодные условия оказали влияние на содержание макроэлементов. Так рост клевера в первом укосе происходил в слабозасушливых условиях, где осадков было недостаточно и сохранялись низкие среднесуточные температуры, а второй укос формировался в условиях достаточной увлажненности и тепла.

Таблица 9 – Содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2018 году, %.

№ п/п	Системы удобрения	1-й укос					2-й укос					В среднем за год*				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без известкования																
1	Контроль (без удобрений)	2,26	0,51	2,24	1,90	0,45	3,54	0,89	3,79	1,96	0,80	2,68	0,63	2,74	1,92	0,56
2	Навоз 50 т/га	2,27	0,49	1,65	1,83	0,50	3,50	0,86	3,48	1,72	0,73	2,71	0,62	2,31	1,79	0,58
3	НПК	2,16	0,51	2,47	1,83	0,33	3,29	0,86	3,65	1,85	0,73	2,58	0,64	2,90	1,84	0,48
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	2,10	0,51	2,11	1,71	0,40	3,64	0,87	3,71	2,00	0,80	2,60	0,63	2,63	1,80	0,53
5	Навоз 50 т/га + НПК	2,02	0,48	2,97	1,58	0,35	3,69	0,89	3,71	1,86	0,76	2,56	0,61	3,21	1,67	0,48
	Среднее	2,16	0,50	2,29	1,77	0,41	3,53	0,87	3,67	1,88	0,76	2,63	0,63	2,76	1,80	0,53
С известкованием																
1	Контроль (без удобрений)	2,24	0,56	2,49	1,96	0,43	3,35	0,87	3,72	1,86	0,76	2,61	0,66	2,90	1,93	0,54
2	Навоз 50 т/га	2,06	0,49	2,24	2,16	0,43	3,58	0,90	3,70	1,83	0,75	2,58	0,63	2,74	2,05	0,54
3	НПК	2,09	0,49	2,58	1,68	0,53	3,67	0,92	3,80	1,78	0,78	2,63	0,64	2,99	1,71	0,62
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	2,11	0,51	2,09	2,18	0,33	3,53	0,86	3,58	1,79	0,75	2,61	0,63	2,62	2,05	0,48
5	Навоз 50 т/га + НПК	2,34	0,69	3,04	1,92	0,42	3,52	0,87	3,91	1,82	0,80	2,75	0,75	3,34	1,88	0,55
	Среднее	2,17	0,55	2,49	1,98	0,43	3,53	0,88	3,74	1,82	0,77	2,64	0,66	2,92	1,92	0,55

* Средневзвешенные значения (с учетом урожайности зеленой массы по укосам).

Таблица 10 – Содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2019 году, %

№ п/п	Системы удобрения	1-й укос					2-й укос					В среднем за год*				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без известкования																
1	Контроль (без удобрений)	2,39	0,55	2,59	1,74	0,48	2,40	0,57	3,10	1,79	0,55	2,40	0,55	2,86	1,77	0,52
2	Навоз 50 т/га	2,54	0,55	2,96	1,55	0,46	2,91	0,70	2,88	1,90	0,48	2,73	0,55	2,92	1,74	0,47
3	НПК	3,06	0,72	2,99	1,74	0,48	3,35	0,75	3,17	1,92	0,60	3,21	0,72	3,08	1,83	0,54
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	2,98	0,69	2,02	1,75	0,45	3,03	0,72	3,13	1,82	0,53	3,01	0,69	2,58	1,79	0,49
5	Навоз 50 т/га + НПК	2,71	0,64	2,79	1,71	0,46	3,66	0,81	3,50	1,69	0,43	3,22	0,64	3,17	1,70	0,45
Среднее		2,74	0,63	2,67	1,70	0,47	3,07	0,71	3,16	1,82	0,52	2,91	0,63	2,92	1,77	0,49
С известкованием																
1	Контроль (без удобрений)	3,13	0,77	2,85	2,02	0,61	2,88	0,70	2,99	2,13	0,43	2,99	0,77	2,93	2,08	0,51
2	Навоз 50 т/га	2,88	0,77	2,61	1,69	0,48	3,14	0,72	2,97	2,03	0,48	3,01	0,77	2,80	1,87	0,48
3	НПК	3,21	0,72	2,86	1,93	0,50	3,48	0,81	3,37	1,85	0,61	3,35	0,72	3,12	1,89	0,56
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	2,90	0,67	2,98	1,75	0,46	2,04	0,75	2,98	1,93	0,50	2,49	0,67	2,98	1,84	0,48
5	Навоз 50 т/га + НПК	2,93	0,73	2,64	1,95	0,50	2,66	0,67	3,02	1,97	0,33	2,79	0,73	2,83	1,96	0,39
Среднее		3,01	0,73	2,79	1,87	0,50	2,84	0,73	3,07	1,98	0,47	2,93	0,73	2,93	1,93	0,48

* Средневзвешенные значения (с учетом урожайности зеленой массы по укосам).

Таблица 11 – Содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2020 г., %

№ п/п	Системы удобрения	1-й укос					2-й укос					В среднем за год*				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без известкования																
1	Контроль (без удобрений)	3,27	0,78	3,43	1,43	0,56	2,97	0,77	1,94	1,90	0,76	3,20	0,78	3,08	1,54	0,61
2	Навоз 50 т/га	2,87	0,65	3,24	1,48	0,45	3,21	0,89	1,89	1,92	0,73	2,95	0,71	2,92	1,59	0,51
3	НПК	2,79	0,72	3,10	1,39	0,61	3,32	0,87	2,10	2,03	0,70	2,92	0,76	2,86	1,54	0,63
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	2,71	0,74	3,15	1,37	0,50	3,34	0,87	2,16	2,11	0,71	2,86	0,77	2,91	1,55	0,55
5	Навоз 50 т/га + НПК	3,20	0,83	3,49	1,55	0,55	3,68	0,87	2,10	1,92	0,75	3,37	0,84	3,15	1,64	0,60
Среднее		2,98	0,74	3,28	1,44	0,53	3,30	0,85	2,04	1,98	0,73	3,06	0,77	2,98	1,57	0,58
С известкованием																
1	Контроль (без удобрений)	2,69	0,71	3,17	1,40	0,51	3,12	0,92	2,19	2,11	0,80	2,79	0,76	2,94	1,57	0,58
2	Навоз 50 т/га	1,98	0,70	3,20	1,51	0,51	3,36	0,82	2,24	1,86	0,65	2,30	0,73	2,98	1,59	0,55
3	НПК	2,37	0,69	3,24	1,46	0,48	3,58	0,92	2,16	2,09	0,73	2,64	0,74	3,00	1,60	0,54
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	2,40	0,63	3,09	1,25	0,48	3,29	0,89	2,06	2,21	0,66	2,60	0,69	2,86	1,46	0,52
5	Навоз 50 т/га + НПК	2,70	0,83	3,08	1,46	0,50	3,09	0,79	1,76	1,93	0,63	2,79	0,82	2,79	1,56	0,53
Среднее		2,43	0,71	3,16	1,42	0,50	3,29	0,87	2,08	2,04	0,69	2,62	0,75	2,91	1,56	0,54

* Средневзвешенные значения (с учетом урожайности зеленой массы по укосам).

В опытах Савича, Трубицина отмечено, что известь в погодных условиях повышенного увлажнения эффективнее, чем при нормальном увлажнении, что связано с наибольшей скоростью ее растворения в почве (Савич, Трубицина, 1981).

В 2019 г. фон кислотности также практически не влиял на химический состав зеленой массы клевера лугового. В 2019 г. на фоне без известкования содержание азота увеличилось от последствий органической и минеральной, органо-минеральной систем. Различия в содержании макроэлементов от систем удобрения связываем с погодными условиями вегетационных периодов: с высокими температурами при достаточном увлажнении в первом укосе и пониженными температурами и высокой увлажненностью – во втором. В 2020 г. фон кислотности практически не повлиял на содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового.

В первом укосе 2020 г. на фоне без известкования наблюдается повышение всех элементов в сторону органо-минеральной системы удобрения. На фоне с применением извести наблюдается та же самая тенденция на азоте и фосфоре, а вот содержание калия, кальция, магния немного снижено.

Во втором укосе на фоне без известкования содержание азота больше, чем на известкованном фоне, по остальным элементам наблюдается обратная тенденция.

Причиной увеличения показателей связываем с более поздним периодом скашивания зеленой массы клевера лугового, чем в предыдущие годы, в этот период растение направило свои питательные вещества уже на развитие генеративных органов.

В таблице 8 представлено содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг.

В среднем, по трем годам опыта, фон кислотности (фактор А) практически не влиял на содержание основных элементов питания в зеленой массе клевера лугового.

Стоит отметить, что по данным длительного опыта, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в погодных условиях Ленинградской области, представленных Небольсиным А. Н. и Небольсиной З. П. (2010), известкование кислой почвы по норме 1 Н_г, практически не повлияло на химический состав клевера лугового. Впрочем, на уровне тенденции авторы отмечали небольшое увеличение азота в зеленой массе (1,99 % с. в. на фоне известкования, против 1,83 % на неизвесткованном фоне).

Содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. (в % к сухой массе) приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Содержание макроэлементов в зеленой массе клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. (в % к сухой массе)

№ п/п	Удобрения	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без известкования						
1	Контроль (без удобрений)	2,74	0,65	2,90	1,74	0,56
2	Навоз 50 т/га	2,79	0,62	2,73	1,71	0,52
3	НРК	2,93	0,71	2,96	1,74	0,55
4	Навоз 25 т/га НРК1/2	2,84	0,70	2,70	1,72	0,52
5	Навоз 50 т/га + НРК	3,05	0,69	3,18	1,68	0,50
С известкованием						
1	Контроль (без удобрений)	2,81	0,73	2,92	1,87	0,54
2	Навоз 50 т/га	2,66	0,71	2,83	1,85	0,52
3	НРК	2,91	0,70	3,04	1,75	0,57
4	Навоз 25 т/га НРК1/2	2,56	0,66	2,83	1,79	0,49
5	Навоз 50 т/га + НРК	2,78	0,76	2,99	1,82	0,48

Несколько иную тенденцию наблюдали ученые Удмуртского НИИСХ, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, где при известковании произошло незначительное увеличение содержания азота и калия, в зеленой массе клевера 1 г. п. по сравнению с неизвесткованным фоном (на 2 % (N) и 13 % (K) соответственно) (Дзюин, 2020).

В среднем за 2018-2020 гг. содержание азота в зеленой массе клевера лугового колебалось на фоне без известкования от 2,79 % (последствие навоза, 50 т/га) до 3,05 % (последствие NPK, 495 кг/га д. в., экв. вар. 2 по д. в.), содержание фосфора от 0,62 % (последствие навоза, 50 т/га) до 0,71 % (последствие NPK), содержание калия от 2,70 % (последствие навоза + NPK, 495 кг/га д. в., экв. вар. 2 по д. в.) до 3,18 % (последствие навоза + NPK, 900 кг/га д. в., экв. вар. 2 по д. в.), содержание кальция от 1,71 % (последствие навоза, 50 т/га) до 1,74 % (последствие NPK), содержание магния от 0,50 % (последствие навоз, 50 т/га + NPK, в сумме, 990 кг/га д. в.) до 0,55 % (последствие NPK).

На фоне с известкованием содержание азота колебалось от 2,66 % (последствие навоза, 50 т/га) до 2,91 % (последствие NPK, 495 кг/га д. в., экв. вар. 2 по д. в.), содержание фосфора от 0,66 % (последствие навоза, 25 т/га + NPK, в сумме, 495 кг/га д. в.) до 0,76 % (последствие навоза, 50 т/га + NPK, в сумме, 990 кг/га д. в.), содержание калия от 2,83 % (последствие навоза, 50 т/га) и (последствие навоза, 25 т/га + NPK, в сумме, 495 кг/га д. в.) до 3,04 % (последствие NPK, 495 кг/га д. в., экв. вар. 2 по д. в.), содержание кальция от 1,75 % (последствие NPK, 495 кг/га д. в., экв. вар. 2 по д. в.) до 1,85 % (последствие навоза, 50 т/га).

Таким образом, можно говорить о том, что в полевом опыте, в природных условиях Вологодской области, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, влияние систем удобрения (в последствии) и фона кислотности, слабо влияет на содержание элементов питания в зеленой массе клевера лугового.

В ряде опытов, проведенных в других природно-климатических условиях, имеются данные о значительном влиянии систем удобрения на содержание азота и калия в зеленой массе клевера лугового. А вот изменение количества фосфора, больше зависело от прочих факторов, нежели от систем удобрения (Лапа, Ломонос, Кулеш, Лопух, Ломонос, 2011; Окорков, Фенова, Окоркова, 2013; Дзюин, 2020).

Например, в природных условиях Удмуртской республики, на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, в среднем, за 5 ротаций севооборота, применение систем удобрения увеличило содержание азота в сене клевера лугового на 5 % (в относительных единицах), калия на 9 % (в относительных единицах), и не повлияло на содержание фосфора, по отношению к варианту без удобрения (Дзюин, 2020).

3.2.2 Влияние систем удобрений на содержание микроэлементов

Содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового, используемой чаще всего как сырье для производства сочных кормов (силоса), отражается на качестве данного корма и в конечном итоге, на уровне продуктивности животных

В таблицах 13-16 представлено содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового по укосам, годам, в среднем за три года.

Из таблицы 13 содержания микроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2018 г. отмечено, что в первом укосе концентрация цинка от последствий органической и минеральной систем удобрения находится примерно на уровне контрольного варианта (без удобрений), а от последствий органо-минеральной системы удобрения немного даже выше.

С марганцем отмечена обратная тенденция, где органическая и минеральная система удобрения превышают показатели контроля и являются наибольшими по концентрации данного элемента, по сравнению с органо-минеральной. Максимальное содержание кобальта на контрольном варианте (без удобрений), от органической и минеральной органо-минеральной системы удобрения находился в пределах от 0,056 до 0,072 %.

На фоне с известкованием наибольшим содержанием цинка отличался контроль (без удобрений), а минимальным – органо-минеральная система удобрения внесенная в полной дозе. По содержанию марганца на фоне от органо-минеральной системы было меньше контроля.

Таблица 13 – Содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2018 г. (мг/кг сухого вещества)

№ п/п	Системы удобрения	1-й укос			2-й укос			В среднем за год		
		Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co
Без известкования										
1	Контроль (без удобрений)	23,3	15,7	0,097	27,0	40,1	0,021	24,5	23,6	0,072
2	Навоз 50 т/га	23,1	24,7	0,074	29,0	43,2	0,020	25,2	31,4	0,055
3	НРК	24,1	23,4	0,085	28,0	43,7	0,021	25,5	30,9	0,061
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	29,8	18,4	0,063	29,0	41,0	0,200	29,5	25,8	0,108
5	Навоз 50 т/га + НРК	22,6	18,9	0,075	29,0	39,3	0,021	24,7	25,6	0,057
С известкованием										
1	Контроль (без удобрений)	29,8	18,4	0,073	29,0	42,2	0,021	29,5	26,3	0,056
2	Навоз 50 т/га	19,1	19,3	0,065	29,0	40,3	0,021	22,5	26,4	0,050
3	НРК	26,7	20,3	0,062	29,5	40,6	0,021	27,7	27,2	0,048
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	27,1	15,4	0,108	29,4	40,2	0,021	27,9	24,1	0,077
5	Навоз 50 т/га + НРК	24,1	20,4	0,041	29,2	41,0	0,020	25,9	27,6	0,034

Сравнивая укусы между собой, можно отметить, что содержание цинка, марганца было больше во втором укусе, чем в первом, а по содержанию кобальта наблюдается обратная тенденция.

Содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2019 г. отмечено, что на фоне без известкования в первом укусе концентрация цинка постепенно увеличивается в сторону органо-минеральной системы удобрения, на фоне известкования обратная тенденция

Содержание марганца уменьшается в сторону органо-минеральной системы удобрения, кобальта количество не менялось.

Во втором укусе содержание цинка и марганца увеличивается в сторону органо-минеральной системы удобрения, содержание кобальта было примерно на одном уровне.

Сравнивая укусы между собой, можно отметить, что содержание цинка немного больше во втором укусе, марганца и кобальта больше почти в два раза, чем в первом.

В среднем за год содержание цинка было наибольшим от NPK, марганца от органо-минеральной системы удобрения, кобальта примерно одинаковое количество.

В 2020 г. отмечено, что в первом укусе концентрация цинка наибольшая от последствий органо-минеральной системы удобрения на двух фонах, по магнию прослеживается тот же эффект на фоне без известкования, а вот на фоне с известкованием наибольшее его количество от последствий NPK. Содержание кобальта было примерно одинаковым.

Во втором укусе содержание цинка было наибольшим от последствий навоза на фоне без извести, и NPK на фоне с известью. Количество магния увеличивалось в сторону последствий органо-минеральной системы удобрения. Содержание кобальта было примерно одинаковым.

За год наблюдается примерно такая же тенденция.

Таблица 14 – Содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2019 г. (мг/кг сухого вещества)

№ п/п	Системы удобрения	В среднем за 1-й укос			В среднем за 2-й укос			В среднем за год		
		Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co
Без известкования										
1	Контроль (без удобрений)	24,2	36,5	0,015	22,84	74,13	0,027	23,5	56,5	0,021
2	Навоз 50 т/га	25,7	29,9	0,015	23,86	64,14	0,016	24,7	47,6	0,016
3	НПК	26,7	37,5	0,015	26,31	50,27	0,020	26,5	43,9	0,018
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	27,1	32,5	0,015	29,12	53,80	0,019	28,1	43,3	0,017
5	Навоз 50 т/га + НПК	25,6	32,1	0,015	26,55	57,89	0,019	26,1	46,0	0,017
С известкованием										
1	Контроль (без удобрений)	27,9	41,0	0,015	29,2	45,2	0,019	28,6	43,4	0,017
2	Навоз 50 т/га	26,8	35,3	0,015	28,5	55,1	0,021	27,7	45,6	0,018
3	НПК	28,1	37,4	0,015	30,2	62,3	0,020	29,2	50,1	0,018
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	26,5	34,0	0,015	30,1	68,9	0,020	28,3	50,8	0,017
5	Навоз 50 т/га + НПК	26,5	42,2	0,015	29,2	57,9	0,019	27,9	50,2	0,017

Таблица 15 – Содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового в 2020 г. (мг/кг сухого вещества)

№ п/п	Системы удобрения	В среднем за 1-й укос			В среднем за 2-й укос			В среднем за год		
		Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co
Без известкования										
1	Контроль (без удобрений)	31,5	43,1	0,029	27,6	67,0	0,016	30,6	48,8	0,026
2	Навоз 50 т/га	28,2	52,1	0,025	31,6	59,4	0,015	29,0	53,8	0,023
3	НРК	31,1	45,2	0,024	29,5	69,0	0,015	30,7	51,0	0,022
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	30,1	45,5	0,028	18,3	72,9	0,015	27,3	52,1	0,025
5	Навоз 50 т/га + НРК	31,6	42,9	0,029	30,4	64,9	0,015	31,3	48,4	0,026
С известкованием										
1	Контроль (без удобрений)	30,5	45,0	0,027	29,9	69,3	0,015	30,4	50,7	0,024
2	Навоз 50 т/га	28,7	51,3	0,025	28,6	64,7	0,015	28,7	54,5	0,023
3	НРК	29,5	47,7	0,027	30,1	69,3	0,015	29,6	52,5	0,024
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	29,5	45,7	0,024	28,5	75,1	0,016	29,3	52,3	0,022
5	Навоз 50 т/га + НРК	30,1	47,4	0,029	26,9	67,8	0,016	29,4	51,9	0,026

В таблице 16 показано содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. на фоне без известкования и с фоном известкования (мг/кг сухого вещества).

Таблица 16 – Содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. (мг/кг сухого вещества)

№ п/п	Удобрения	Zn	Mn	Co
Без известкования				
1	Контроль (без удобрений)	26,1	44,7	0,037
2	Навоз 50 т/га	26,2	44,6	0,030
3	НРК	27,5	42,2	0,032
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	28,3	40,6	0,047
5	Навоз 50 т/га + НРК	27,1	40,0	0,033
С известкованием				
1	Контроль (без удобрений)	29,4	40,6	0,031
2	Навоз 50 т/га	26,2	41,8	0,030
3	НРК	28,8	43,6	0,029
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	28,5	42,7	0,038
5	Навоз 50 т/га + НРК	27,6	43,1	0,025

В среднем за 2018-2020 гг. содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового от известкования слабо изменилось.

Однако, отмечали тенденцию к увеличению содержания цинка на фоне кислотности почвы близкой к нейтральной реакции почвенной среды от 26,2 мг/кг (последствие навоза 50 т/га) к 28,3 мг/кг (последствие органо-минеральной системы половинная доза), содержание марганца от 40,0 мг/кг (последствие органо-минеральной системы полная доза) к 44,6 мг/кг (последствие навоза 50 т/га), что меньше контроля (без удобрений), содержание кобальта понизилось от 0,047 мг/кг (последствие органо-минеральной системы полная доза) до 0,030 мг/кг (последствие навоза 50 т/га), что меньше контроля (без удобрений).

Содержание цинка фоне с известкованием увеличивалось от 26,2 мг/кг (последствие навоза 50 т/га) к 28,8 мг/кг (последствие НРК), что меньше контроля (без удобрений), содержание марганца от 41,8 мг/кг (последствие

навоза 50 т/га) к 43,6 мг/кг (последствие NPK), что больше контроля (без удобрения), содержание кобальта понизилось от 0,038 мг/кг (последствие органо-минеральной системы половинная доза) к 0,025 мг/кг (последствие органо-минеральной системы полная доза), что меньше контроля (без удобрения). Известкование способствовало торможению поступления кобальта в клевер луговой.

О влиянии минеральных удобрений на подвижность кобальта в почве существуют различные мнения. Некоторые исследователи отмечали очень незначительное увеличение под действием азотных, фосфорных и калийных удобрений кислотности почвы и подвижности кобальта на кислой дерново-подзолистой почве с pH 4,5, а на слабокислой такой же почве с pH 5,5 и выше действие минеральных удобрений совсем не проявлялось (Панин, 1969).

Из вышесказанного следует, что корма будут с низким содержанием кобальта.

3.3 Влияние систем удобрений на питательность зелёной массы клевера лугового

В настоящее время на Севере Нечерноземной зоны России существует проблема слабой кормовой базы, причиной которой являются недостаточное производство и низкое качество кормов.

Решить вышеупомянутые проблемы в данной зоне можно путем включения многолетних бобовых трав, а именно, клевера лугового в полевой севооборот.

Его зеленая масса используется сельскохозяйственными животными не только первично, как свежий зеленый корм – летом, но и вторично, после поэтапной переработки материала, в качестве заквашиваемого силосованного корма – круглогодично, или же подвяленного сенажа, высушенного сена и другое.

Качество не в последнюю очередь будет зависеть от соблюдения ресурсосберегающих технологических элементов до, во время и после приготовления той или иной разновидности корма.

Качество зеленой массы, служащей для заготовки корма, регламентируется на основании «Методических указаний по оценке качества и питательности кормов», утвержденных Минсельхозом России 20.06. 2002 года и ГОСТ Р 56912 – 2016 «Корма зеленые. Технические условия».

Одним из основных параметров качества является содержание сырого протеина в зеленой массе. По данным Лысковой И. В. с соавторами (2019), данный показатель имеет положительную корреляцию ($r = 0,87$) с кислотностью почвы $pH_{(KCl)}$.

В таблицах 17-21 представлено влияние различных систем удобрений на питательность и качество зеленой массы клевера лугового в зависимости от фона кислотности по укосам, годам и в среднем за три года.

Из таблиц 17-21 следует, что от последействия всех систем удобрения в большинстве укосов содержание сырого протеина в сухой массе клевера лугового достигало необходимого содержания (не менее 17 %), нормируемого документами (Налиухин, Смирнова, 2024).

В среднем по годам содержание сырого протеина (17 % и выше) было зафиксировано при органо-минеральной системой (полная доза) причём фон известкования несущественно влиял на изменение данного показателя. Отмечается более высокое содержание сырого протеина во 2-м укосе, что связано с высокой облиственностью растений.

Как было указано в ранее опубликованной статье, относящейся к данному полевому эксперименту, скорее всего, отсутствие значимого влияния систем удобрения на содержание сырого протеина связано с «эффектом ростового разбавления», т. е. высокий уровень урожайности зеленой массы, при достаточно высоком агрофоне «сглаживает» различия в показателях качества (Налиухин, Власова, Ерегин, Белозеров, Рыжакова, Рябков, Силуянова, Буслаев, Нинкин, 2020).

Таблица 17 – Влияние различных систем удобрения на питательность и качество зеленой массы клевера лугового на фоне без известкования, % сухого вещества

Год	Укос	Удобрения	СП, %	СЖ, %	СК, %	БЭВ, %	СЗ, %	Сахар, %	Крахмал, %	ОЭ, Мдж/кг	К.ед./кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	1	Контроль (без удобрений)	14,1	4,32	27,0	47,2	7,38	7,32	2,35	9,46	0,72
		Навоз 50 т/га	14,2	2,53	25,5	50,2	7,58	7,88	2,01	9,37	0,71
		НПК	13,5	1,50	32,1	45,3	7,62	7,32	2,25	9,02	0,66
		Навоз 25 т/га НПК1/2	13,1	0,75	27,9	51,2	7,12	7,63	2,48	9,19	0,68
		Навоз 50 т/га + НПК	12,6	1,15	28,3	50,6	7,42	9,64	2,48	9,16	0,68
	2	Контроль (без удобрений)	22,1	3,97	28,8	35,3	9,87	6,87	3,06	9,17	0,68
		Навоз 50 т/га	21,9	4,70	25,0	40,1	8,37	11,0	4,28	9,54	0,74
		НПК	20,6	4,33	25,1	41,5	8,58	10,5	3,84	9,47	0,73
		Навоз 25 т/га НПК1/2	22,8	3,94	27,8	36,6	8,89	7,68	3,52	9,32	0,70
		Навоз 50 т/га + НПК	23,1	4,00	26,5	37,5	8,98	6,76	2,74	9,37	0,71
2019	1	Контроль (без удобрений)	15,0	3,55	23,8	50,1	9,87	8,03	2,67	9,52	0,73
		Навоз 50 т/га	15,9	4,04	24,0	48,7	8,37	8,34	2,04	9,57	0,74
		НПК	19,1	4,08	21,1	47,7	8,58	7,01	2,16	9,66	0,76
		Навоз 25 т/га НПК1/2	18,6	4,00	20,7	48,9	8,89	7,55	2,22	9,70	0,76
		Навоз 50 т/га + НПК	17,0	3,76	21,8	49,8	8,98	8,21	2,31	9,63	0,75
	2	Контроль (без удобрений)	15,0	2,71	27,6	46,6	8,16	4,44	2,26	9,24	0,69
		Навоз 50 т/га	18,2	2,32	29,8	42,9	6,80	4,67	2,30	9,30	0,70
		НПК	20,9	3,31	27,4	40,2	8,13	4,76	3,07	9,35	0,71
		Навоз 25 т/га НПК1/2	18,9	2,47	29,6	43,1	5,90	4,29	2,73	9,43	0,72
		Навоз 50 т/га + НПК	22,9	3,08	29,6	37,5	6,89	2,86	3,10	9,40	0,72
2020	1	Контроль (без удобрений)	20,5	3,93	17,8	48,6	7,57	11,0	2,87	9,68	0,76
		Навоз 50 т/га	15,7	3,30	23,2	53,5	7,49	12,6	2,59	9,42	0,72
		НПК	17,4	4,00	20,0	50,4	8,06	11,7	3,72	9,68	0,76

Продолжение таблицы 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Навоз 25 т/га NPK1/2	16,9	3,70	19,5	51,0	7,76	11,4	2,47	9,59	0,74
		Навоз 50 т/га + NPK	20,5	4,39	15,5	51,1	7,73	10,7	2,46	9,87	0,79
	2	Контроль (без удобрений)	18,6	3,55	25,2	36,9	8,16	2,19	3,01	9,35	0,71
		Навоз 50 т/га	20,0	3,87	21,5	36,1	6,80	2,14	2,25	9,56	0,74
		NPK	20,7	3,97	22,9	34,9	8,13	2,17	2,85	9,45	0,72
		Навоз 25 т/га NPK1/2	20,8	4,09	23,1	34,6	5,90	0,43	2,73	9,44	0,72
		Навоз 50 т/га + NPK	23,0	3,99	23,5	34,3	6,89	1,67	2,83	9,44	0,72

Примечание:

СП – сырой протеин; СЖ – сырой жир; СК – сырая клетчатка; БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; СЗ – сырая зола;
 ОЭ – обменная энергия; К.ед. – кормовые единицы.

Таблица 18 – Влияние различных систем удобрения на питательность и качество зеленой массы клевера лугового на фоне с известкованием, % сухого вещества

Год	Укос	Удобрения	СП, %	СЖ, %	СК, %	БЭВ, %	СЗ, %	Сахар, %	Крахмал, %	ОЭ, Мдж/кг	К. ед./кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	1	Контроль (без удобрений)	14,0	2,06	25,8	49,9	8,26	7,06	2,39	9,25	0,69
		Навоз 50 т/га	12,9	4,59	27,0	47,4	8,18	7,37	2,15	9,38	0,71
		NPK	13,1	1,16	25,4	52,7	7,70	7,27	2,50	9,25	0,69
		Навоз 25 т/га NPK1/2	13,2	1,56	30,1	47,3	7,84	6,22	2,11	9,07	0,67
		Навоз 50 т/га + NPK	14,7	2,73	26,2	46,4	10,0	6,59	1,93	9,10	0,67
	2	Контроль (без удобрений)	20,9	4,17	26,3	39,6	9,00	8,49	3,17	9,37	0,71
		Навоз 50 т/га	22,4	4,24	23,3	41,0	9,06	8,53	2,60	9,50	0,73
		NPK	23,0	4,37	25,3	38,6	8,80	7,80	3,47	9,46	0,73
		Навоз 25 т/га NPK1/2	22,1	4,32	25,7	39,7	8,25	8,75	3,30	9,50	0,73
		Навоз 50 т/га + NPK	22,0	4,19	26,0	39,6	8,61	9,22	3,35	9,45	0,72

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2019	1	Контроль (без удобрений)	19,6	4,12	20,3	47,4	8,70	5,68	2,23	9,63	0,75
		Навоз 50 т/га	18,0	3,37	21,3	48,4	8,94	7,75	2,77	9,49	0,73
		НПК	20,1	3,95	20,9	46,8	8,28	6,00	2,12	9,64	0,75
		Навоз 25 т/га НПК1/2	18,1	3,94	21,7	48,3	7,98	7,60	2,54	9,63	0,75
		Навоз 50 т/га + НПК	18,3	3,51	22,8	47,0	8,46	6,07	2,87	9,50	0,73
		Контроль (без удобрений)	18,6	1,40	29,8	43,2	6,93	4,45	3,10	9,23	0,69
	2	Навоз 50 т/га	19,6	2,55	29,4	41,8	6,69	4,75	2,30	9,36	0,71
		НПК	21,7	2,91	30,4	38,8	6,16	3,51	3,19	9,43	0,72
		Навоз 25 т/га НПК1/2	19,0	2,71	30,4	41,1	6,73	4,82	3,62	9,32	0,70
		Навоз 50 т/га + НПК	16,6	2,91	30,4	43,8	6,33	5,48	2,79	9,36	0,71
Контроль (без удобрений)		16,8	3,53	20,4	49,8	9,45	10,7	2,45	9,47	0,73	
2020	1	Навоз 50 т/га	12,4	3,41	22,7	53,3	8,20	12,2	2,87	9,47	0,73
		НПК	14,8	3,3	21,0	51,9	9,10	11,2	2,55	9,45	0,72
		Навоз 25 т/га НПК1/2	15,0	3,58	19,5	53,0	9,00	12,4	3,26	9,55	0,74
		Навоз 50 т/га + НПК	16,9	4,06	18,6	51,9	8,55	11,1	2,65	9,69	0,76
		Контроль (без удобрений)	19,8	4,13	20,9	35,7	10,2	0,85	2,42	9,53	0,74
	2	Навоз 50 т/га	21,0	4,09	23,9	36,3	10,0	2,30	2,77	9,39	0,71
		НПК	22,3	4,29	21,2	35,8	10,4	0,65	2,25	9,50	0,73
		Навоз 25 т/га НПК1/2	20,5	3,95	22,7	35,9	10,3	0,41	2,68	9,42	0,72
		Навоз 50 т/га + НПК	19,3	3,16	25,8	37,6	9,30	1,77	3,01	9,31	0,70
		Контроль (без удобрений)	16,8	3,53	20,4	49,8	9,45	10,7	2,45	9,47	0,73

Примечание:

СП – сырой протеин; СЖ – сырой жир; СК – сырая клетчатка; БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; СЗ – сырая зола;

ОЭ – обменная энергия; К. ед. – кормовые единицы.

Содержание сырого жира – кормовой показатель, не нормируемый специальными документами, но, тем не менее, достаточно важен в кормлении животных и, следовательно, в оценке питательности сырья (или корма). Наиболее важно содержание жира в корме для молодняка КРС и быков – производителей (Крупин, Шакиров, Гибадуллина и др., 2013).

По Фоменко П. А. и др. 2022 содержание сырого жира в сухом веществе клевера лугового составляет 3,52 % (Фоменко, Гусаров, Богатырева, 2022).

Последствие систем удобрения, как и фон кислотности не оказали значительного воздействия на содержание сырого жира в зеленой массе (Рыжакова, Ипаткова, Горбунов, 2019; Рыжакова, 2019; Рыжакова, 2021).

Наибольшее его содержание фиксировали в вариантах от последствия органической, минеральной и органо-минеральной в полной дозе системам удобрений.

Также в длительном полевом опыте на дерново-сильнопodzолистой легкосуглинистой почве, в погодных условиях Европейского Севера, применение органической системы удобрения (последствие 40 т/га торфонавозного компоста), обеспечило содержание сырого жира в зеленой массе на уровне 2,44 %, увеличение дозы органического удобрения в 2 раза не привело к серьезному изменению показателя. А в вариантах с минеральной системой удобрения, количество сырого жира колебалось от 2,37 до 2,50 % (максимальное по опыту).

Содержание клетчатки – важный показатель качества корма. Для КРС клетчатка в первую очередь – необходимый питательный субстрат, обеспечивающий энергетическую потребность животных. Оптимальное количество сырой клетчатки в сухом веществе клевера лугового не более 27 % на сухое вещество.

В нашем опыте содержание сырой клетчатки изменялось под действием разных факторов и не было выявлено влияние систем удобрения и известкования на данный показатель.

Изменение фона кислотности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, практически не отразилось на содержании клетчатки в зеленой массе

клевера лугового (Рыжакова, Ипаткова, Горбунов, 2019; Рыжакова, 2019; Рыжакова, 2021).

Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ) – это все вещества корма, не содержащие азот, в основном сахара, крахмал и пентозаны. Количество БЭВ в кормах и сырье не регламентируется специальными документами.

Однако, Фоменко П. А. отмечает норму содержания безазотистых экстрактивных веществ 44,57 % в сухом веществе (Фоменко, Гусаров, Богатырева, 2022).

По данным ряда исследований, наибольшее содержание БЭВ в зеленой массе клевера лугового и других бобовых культур, фиксируется в фазы конец бутонизации – начало цветения (Цагараева, 2014; Трузина Клименко, Артеменкова, 2014; Булатов, Лушников, Усков, 2016).

Последствие систем удобрения незначительно изменило содержание БЭВ. В целом, по опыту, наибольшие изменения содержания БЭВ в зеленой массе клевера лугового произошли не под действием систем удобрения или известкования, а зависели от времени укоса.

В работе Бельченко С. А. с соавторами (2020), при выращивании люцерно-тимофеечной смеси, на серых лесных почвах, легкосуглинистого грансостава, в условиях Брянской области, приводятся результаты содержания БЭВ в люцерно-тимофеечной смеси. В среднем по вариантам опыта, показатель БЭВ был равнозначным в обоих укосах (30,1 % и 31,6 %). Причем, в данном опыте он незначительно колебался и под влиянием систем удобрения.

Сырая зола – показатель, характеризующий содержание в корме минеральной части (макро- и микроэлементов, механические примеси и т. д.).

По данным ряда авторов, применение систем удобрений, причем и в последствии, может существенно изменять данный показатель у бобовых трав (Белоус, Шаповалов, Харкевич и др., 2011; Батоева, 2011; Чеботарев, Булатова, Юдин, 2018; Кононова, 2019).

Впрочем, в ряде работ имеются сведения о незначительном изменении содержания сырой золы, в результате последствия и действия систем удобрения

(Вильдфлуш, Мишура, 2018; Гагиев, Кануков, Лазаров, и др. 2015; Пироговская, Хмелевский, Сороко, и др. 2019).

Согласно «Методических указания по оценке качества и питательности кормов» (2002), в зеленой массе сеяных бобовых трав содержание сырой золы не должно превышать 11 % в сухом веществе.

В целом по опыту, применение систем удобрения и известкования не способствовало увеличению показателя сверх нормативного значения, как по фону известкования, так и в вариантах без применения CaCO_3 .

Сахара представляют собой сахарозу, которая при быстрой ферментации может приводить к сильному закислению корма, поэтому доля содержания сахара в рационах жвачных она не должна превышать 13 % (Танифа, Муратова, Муратов, 2010).

В нашем опыте содержание сахара не превышает нормированный показатель. Так, содержание сахара в нашем опыте доходит в среднем за три года в наибольшем варианте без известкования на навозе до 8,34 %, на фоне с известкованием до 8,16 %, что превышает среднестатистическую норму 0,34 % и говорит о легкой силосуемости кормового сырья (Фоменко, 2022).

Основной углевод в зеленой массе клевера лугового – крахмал, использующийся в качестве запасного источника энергии во время роста. Отмечено, что чем выше содержание белка, тем меньше содержание крахмала (Куликова, Корягин, Корягина, 2018). По результатам наших наблюдений в среднем за три года содержание крахмала было небольшим (Фоменко, 2022).

Низкое количество крахмала объясняется сокращением поступления углеводов из листьев в фазе конец бутонизации-начала цветения (конец вегетации) и высоким содержанием белка (Сыренжапова, Рузавин, 2019).

Важный показатель, характеризующий питательную ценность корма или сырья, для его производства – это обменная энергия.

Обменная энергия – это часть валовой энергии корма, необходимая для обеспечения необходимого уровня жизнедеятельности организма, биосинтеза и других процессов, происходящих в нем (организме) (Рядчиков, 2012).

Количество обменной энергии является нормируемым показателем «Методических указаний по оценке качества и питательности кормов» (2002), для сеянных бобовых трав составляет не менее 10 Мдж/кг в сухом веществе.

Изменение фона кислотности (известкование) практически не отразилось на содержании обменной энергии в зеленой массе растений. В среднем, по опыту, как известкованный фон (реакция среды близкая к нейтральной), так и не известкованный (слабокислая реакция среды), обеспечили содержание обменной энергии в зеленой массе клевера лугового на уровне 9,5 Мдж/кг с. в. Данное значение близко к норме, предъявляемой для зеленой массы сеяных бобовых трав (не менее 10 Мдж/кг с. в.). Несмотря на то, что в нашем опыте известкование не оказало существенного влияния на содержание обменной энергии, в целом, в ряде литературных источников отмечается положительное влияние известкования на показатель (обменную энергию) (Бубнова, 2010; Волошин, 2018; Михальчук, Ажгиревич, Иовик, 2019).

Одним из важнейших критериев, характеризующих качество сырья или корма для сельскохозяйственных животных, является содержание кормовых единиц.

В ряде научных работ, посвященных действию и последствию систем удобрения на кормовые качества бобовых культур, и их смесей утверждается, что применение удобрений способно изменить в положительную сторону уровень содержания кормовых единиц в зеленой массе (Бубнова, 2010; Налиухин, Лактионов, 2015; Дронова, Бурцева, Молоканцева, 2017; Минакова, Александрова, Подвигина, 2020).

Наибольший сбор кормовых единиц – 8,4 т/га, а также выход обменной энергии – 109,9 ГДж/га наблюдается также при внесении навоза и минеральных удобрений в полной дозе на фоне CaCO_3 , что на 35 % больше, чем на не известкованном контроле. Известкование способствует дополнительному увеличению сбора сырого протеина на 5-6 %, кормовых единиц и выходу обменной энергии – на 6-13 % по отношению к аналогичным системам удобрения без CaCO_3 (приложения Ф, Х).

Таблица 19 – Влияние различных систем удобрения на питательность и качество зеленой массы клевера лугового, на фоне без известкования, % сухого вещества

Год	Удобрения	СП, %	СЖ, %	СК, %	БЭВ, %	СЗ, %	Сахар, %	Крахмал, %	ОЭ, Мдж/кг	К.ед./кг
2018	Контроль (без удобрений)	16,7	4,21	27,6	43,3	8,19	7,17	2,58	9,36	0,71
	Навоз 50 т/га	17,0	3,31	25,3	46,6	7,87	9,02	2,83	9,43	0,72
	НРК	16,1	2,54	29,5	43,9	7,97	8,48	2,84	9,19	0,68
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	16,3	1,79	27,8	46,4	7,70	7,65	2,82	9,23	0,69
	Навоз 50 т/га + НРК	16,0	2,08	27,7	46,3	7,93	8,70	2,56	9,23	0,69
2019	Контроль (без удобрений)	15,0	3,10	25,8	48,2	7,88	6,12	2,45	9,38	0,71
	Навоз 50 т/га	17,1	3,15	27,0	45,7	7,13	6,44	2,17	9,43	0,72
	НРК	20,0	3,69	24,3	43,9	8,10	5,88	2,62	9,51	0,73
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	18,8	3,22	25,2	46,0	6,82	5,90	2,48	9,56	0,74
	Навоз 50 т/га + НРК	20,2	3,39	26,0	43,2	7,28	5,34	2,73	9,50	0,73
2020	Контроль (без удобрений)	21,5	3,84	19,5	45,9	9,25	8,93	2,90	9,60	0,75
	Навоз 50 т/га	20,5	3,43	22,8	49,4	8,60	10,1	2,51	9,45	0,72
	НРК	20,1	3,99	20,7	46,6	8,59	9,35	3,51	9,62	0,75
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	19,6	3,79	20,4	47,1	9,18	8,75	2,53	9,55	0,74
	Навоз 50 т/га + НРК	22,4	4,29	17,5	47,0	8,86	8,49	2,55	9,77	0,77
В среднем за три года	Контроль (без удобрений)	17,1	3,66	24,3	46,5	8,41	7,33	3,26	9,44	0,72
	Навоз 50 т/га	16,0	3,29	25,2	47,7	7,80	8,34	3,07	9,44	0,72
	НРК	18,3	3,44	24,7	45,3	8,21	7,73	3,66	9,44	0,72
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	17,7	2,96	24,5	47,0	7,82	7,32	3,28	9,46	0,72
	Навоз 50 т/га + НРК	19,1	3,22	24,1	45,6	7,94	7,32	3,36	9,49	0,73

Примечание:

СП – сырой протеин; СЖ – сырой жир; СК – сырая клетчатка; БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; СЗ – сырая зола;

ОЭ – обменная энергия; К.ед. – кормовые единицы

Таблица 20 – Влияние различных систем удобрения на питательность и качество зеленой массы клевера лугового, на фоне с известкованием, % сухого вещества

Год	Удобрения	СП, %	СЖ, %	СК, %	БЭВ, %	СЗ, %	Сахар, %	Крахмал, %	ОЭ, Мдж/кг	К.ед./кг
2018	Контроль (без удобрений)	16,3	2,76	26,0	46,5	8,51	7,54	2,65	9,29	0,70
	Навоз 50 т/га	16,1	4,47	25,8	45,2	8,48	7,76	2,30	9,42	0,72
	НРК	16,4	2,25	25,4	47,9	8,07	7,45	2,83	9,32	0,70
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	16,3	2,53	28,6	44,6	7,98	7,11	2,53	9,22	0,69
	Навоз 50 т/га + НРК	17,2	3,24	26,0	44,1	9,53	7,51	2,43	9,22	0,69
2019	Контроль (без удобрений)	19,0	2,60	25,6	45,1	7,71	4,99	2,72	9,40	0,72
	Навоз 50 т/га	18,8	2,95	25,5	45,0	7,77	6,20	2,53	9,43	0,72
	НРК	20,9	3,42	25,7	42,7	7,20	4,73	2,67	9,53	0,74
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	18,6	3,35	25,9	44,8	7,38	6,26	3,06	9,48	0,73
	Навоз 50 т/га + НРК	17,4	3,20	26,7	45,3	7,37	5,77	2,83	9,43	0,72
2020	Контроль (без удобрений)	19,7	3,67	20,5	46,5	9,63	8,35	2,44	9,49	0,73
	Навоз 50 т/га	15,5	3,57	23,0	49,3	8,62	9,87	2,85	9,45	0,72
	НРК	17,8	3,52	21,0	48,3	9,39	8,85	2,48	9,47	0,73
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	17,7	3,66	20,2	49,1	9,29	9,72	3,13	9,52	0,73
	Навоз 50 т/га + НРК	18,5	3,86	20,2	48,8	8,71	8,98	2,73	9,60	0,75
В среднем за три года	Контроль (без удобрений)	17,7	2,99	24,1	46,6	8,56	7,30	2,63	9,39	0,72
	Навоз 50 т/га	16,7	3,63	24,9	46,6	8,25	8,16	2,53	9,43	0,72
	НРК	18,2	3,08	24,2	46,4	8,13	7,25	2,69	9,44	0,72
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	17,1	3,18	25,0	46,5	8,15	8,11	2,93	9,40	0,72
	Навоз 50 т/га + НРК	17,3	3,41	24,5	46,2	8,49	7,68	2,64	9,41	0,72

Примечание:

СП – сырой протеин; СЖ – сырой жир; СК – сырая клетчатка; БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества; СЗ – сырая зола; ОЭ – обменная энергия; К.ед. – кормовые единицы

Таблица 21 – Влияние различных систем удобрений на содержание нитратов в зеленой массе клевера лугового в среднем за три года, мг/кг

Удобрения	2018		В ср. за год	2019		В ср. за год	2020		В ср. за год	В ср. за три
	1	2		1	2		1	2		
Без известкования										
Контроль (без удобрений)	101	161	121	79	32	54	215	155	201	120
Навоз 50 т/га	101	182	130	81	67	74	110	125	114	103
НПК	93	158	117	84	103	94	98	135	107	105
Навоз 25 т/га НПК1/2	105	224	144	75	81	78	128	137	130	114
Навоз 50 т/га + НПК	100	279	158	86	117	103	112	126	115	124
В среднем	100	201	134	81	80	81	133	136	133	113
С известкованием										
Контроль (без удобрений)	89	169	116	128	156	144	111	144	119	127
Навоз 50 т/га	93	170	119	128	156	142	152	142	150	137
НПК	87	207	162	152	218	186	156	130	150	168
Навоз 25 т/га НПК1/2	92	153	114	130	136	133	127	120	125	124
Навоз 50 т/га + НПК	113	161	130	129	214	172	149	268	175	159
В среднем	94,8	192	128	133	176	155	139	161	144	143

В наших исследованиях отмечается неравномерность накопления нитратов, как по вариантам опыта, так и укосам. В 2018 году содержание нитратного азота во 2-м укосе было почти в 2 раза выше, чем в первом.

Применение удобрений несколько увеличивало (на уровне тенденции) содержание нитратов. В 2019 году на фоне известкования в растениях клевера лугового накапливалось 133-186 мг/кг зелёной массы против 54-103 мг/кг без известкования. В 2020 году содержание нитратного азота было несколько выше по фону известкования.

Похожую закономерность отмечали в многолетних исследованиях (Свириной, Артюховой, 2019), где известкование почвы в дозе 1,5 г. к. увеличивало содержание нитратного азота на клевере первого года пользования, в варианте без удобрений, на 2,42 мг/кг, в варианте по фону минеральных удобрений на 3,47 мг/кг почвы. Биологическая активность темно-серой лесной почвы в данном исследовании увеличилась на контроле до 125, на фоне минеральных удобрений на 129 мг/CO₂ (м²*ч).

Неравномерность накопления нитратов, полагаем, связана с различной интенсивностью поглощения клевером луговым азота и способностью запастись его.

Также накопление нитратов не в последнюю очередь зависело от погодных условий вегетационного периода культуры и его предшественника. Под влиянием известкования происходило улучшение микробиологической активности дерново-подзолистой почвы, что и благоприятствовало накоплению нитратов в растении.

В целом в наших исследованиях значения нитратов были ниже предельно допустимой нормы 500 мг/кг, что свидетельствует о безопасности применения удобрений и известкования в последствии на клевере луговом.

3.4 Влияние систем удобрений на вынос элементов питания с урожаем

3.4.1 Влияние систем удобрений на вынос макроэлементов

Вынос питательных веществ является одним из важнейших показателей, применяемых при расчете доз удобрений на планируемую урожайность сельскохозяйственных культур. Он способен значительно изменяться в зависимости от природно-климатических и почвенных условий, уровня вносимого удобрения, величины урожая и побочной продукции, сорта.

Под общим (хозяйственным) выносом понимаются отчуждаемые с поля урожаем основной и побочной продукции питательные вещества, а под удельным выносом – отчуждаемые с поля питательные вещества в расчёте на 1 т основной продукции (Лапа и др., 2007).

Вынос питательных элементов позволяет оценить состояние баланса питательных веществ на различных иерархических уровнях: поле, севооборот, хозяйство, район, область, страна.

Влияние фона кислотности и систем удобрения на вынос питательных веществ клевером луговым следует рассматривать как часть общего исследования, по последствию (и действию) систем удобрения на баланс элементов питания в почве. Часть таких исследований представлена в некоторых работах, где описываются результаты рассматриваемого длительного полевого опыта (Ерегин, 2022; Налиухин, Ерегин, Демидов, Гусева, Хрунов др., 2023).

В наших исследованиях с учетом содержания элементов питания рассчитан общий и удельный вынос (таблицы 22-23, приложения Т-Ф).

Так, в среднем за три года на контроле (без удобрений) на фоне известкования по сравнению с не известкованным фоном вынос азота увеличился с 265,0 кг/га до 275,0 кг/га, фосфора с 62,3 кг/га до 71,6 кг/га, калия с 287,0 кг/га до 293,0 кг/га, кальция с 165,0 кг/га до 183,0 кг/га, вынос магния изменялся от 52,6 кг/га до 51,3 кг/га (Налиухин, Смирнова, 2024).

Таблица 22 – Вынос макроэлементов с урожаем клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. на фоне без известкования

Год	Удобрения	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т сухого вещества				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без известкования											
2018	Контроль (без удобрений)	195	46,2	200	140	40,9	29,0	7,00	30,2	19,3	6,22
	Навоз 50 т/га	231	53,2	197	153	49,6	28,9	6,75	25,7	17,8	6,14
	НПК	217	53,8	245	155	40,4	27,3	6,85	30,6	18,4	5,31
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	232	55,9	234	161	47,1	28,7	6,90	29,1	18,6	5,98
	Навоз 50 т/га + НПК	258	61,7	323	168	48,6	28,6	6,85	33,4	17,2	5,56
2019	Контроль (без удобрений)	241	55,4	289	178	52,1	24,0	5,50	28,5	17,7	5,15
	Навоз 50 т/га	279	60,5	321	191	52,0	27,3	5,50	29,2	17,3	4,73
	НПК	333	78,3	336	199	58,7	32,1	7,20	30,8	18,3	5,40
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	329	76,2	285	197	54,1	30,1	6,90	25,8	17,9	4,89
	Навоз 50 т/га + НПК	329	77,7	385	207	54,3	31,9	6,40	31,5	17,0	4,49
2020	Контроль (без удобрений)	267	64,9	257	129	51,1	31,2	7,75	26,9	16,7	6,65
	Навоз 50 т/га	251	60,1	248	135	43,8	30,4	7,70	25,7	17,0	5,90
	НПК	251	65,0	246	133	54,5	30,6	7,95	26,00	17,1	6,55
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	254	68,5	259	138	48,9	30,3	8,05	26,6	17,4	6,05
	Навоз 50 т/га + НПК	296	73,7	276	145	52,4	34,8	8,50	28,0	17,4	6,50
В среднем за три года	Контроль (без удобрений)	265	62,3	287	165	52,6	27,4	6,48	29,0	17,4	5,60
	Навоз 50 т/га	286	62,0	287	175,9	25,8	27,9	6,20	27,3	17,1	5,19
	НПК	298	71,4	307	175,9	27,8	29,3	7,07	29,6	17,4	5,51
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	297	73,2	291	180,1	26,7	28,4	6,96	27,0	17,2	5,20
	Навоз 50 т/га + НПК	345	77,1	372	190,8	27,3	30,5	6,88	31,8	16,8	5,01

Таблица 23 – Вынос макроэлементов с урожаем клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. при известковании

Год	Удобрения	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т сухого вещества				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Без известкования											
2018	Контроль (без удобрений)	208	53,0	232	154	43,4	28,1	7,15	31,1	19,1	6,00
	Навоз 50 т/га	254	62,0	270	201	53,1	28,2	6,95	29,7	20,0	5,90
	НПК	253	61,3	288	165	59,3	28,8	7,05	31,9	17,3	6,55
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	276	67,0	277	217	50,7	28,2	6,85	28,4	19,9	5,40
	Навоз 50 т/га + НПК	326	89,3	396	223	65,0	29,3	7,80	34,8	18,7	6,05
2019	Контроль (без удобрений)	317	78,0	296	211	51,9	30,1	7,70	29,2	20,8	5,25
	Навоз 50 т/га	326	87,3	317	212	54,6	30,1	7,70	27,9	18,6	4,81
	НПК	379	85,0	368	223	65,8	33,5	7,20	31,2	18,9	5,55
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	355	82,1	365	225	58,9	24,7	6,70	29,8	18,4	4,82
	Навоз 50 т/га + НПК	379	94,5	367	254	50,4	28,0	7,30	28,3	19,6	3,90
2020	Контроль (без удобрений)	234	63,6	246	131	48,6	29,1	8,15	26,8	17,6	6,55
	Навоз 50 т/га	196	61,9	252	135	46,3	26,7	7,60	27,2	16,9	5,80
	НПК	241	67,5	274	145	48,9	29,8	8,05	27,0	17,8	6,05
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	257	68,3	284	145	51,8	28,5	7,60	25,8	17,3	5,75
	Навоз 50 т/га + НПК	286	84,1	285	160	54,0	29,0	8,10	24,2	17,0	5,65
В среднем за три года	Контроль (без удобрений)	275	71,6	293	183	51,3	28,1	7,35	29,2	18,7	5,43
	Навоз 50 т/га	282	76,3	311	205	55,2	26,6	7,11	28,3	18,5	5,19
	НПК	321	77,4	350	197	62,8	29,1	7,00	30,4	17,5	5,70
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	302	78,1	345	214	57,3	25,6	6,64	28,3	17,9	4,93
	Навоз 50 т/га + НПК	354	99,2	394	235	60,3	27,8	7,64	29,9	18,2	4,83

Согласно данным вынос калия в 2018 г. с урожаем зеленой массы клевера лугового был выше, чем вынос азота как на минеральной, так и на органо-минеральной системах удобрения, а в 2019 г. в первом укосе при органической и органо-минеральной (полная доза) систем удобрения. Во вторых укосах 2019 г. и 2020 г. от органической, минеральной, органо-минеральной системы наблюдалось такое же действие.

В 2018 г. в первом и втором укосах при внесении навоза 50 т/га содержание азота было больше, чем калия. То же самое было и в 2019 г. в первом укосе, только от последствий минеральной и органо-минеральной (половинная доза), а в 2020 г. в первом укосе от последствий органической, минеральной, органо-минеральной систем удобрений.

В основном вынос калия был больше, чем вынос азота в первых укосах, а вынос азота был больше, чем вынос калия во вторых укосах.

Предполагаем, что неравномерный вынос макроэлементов связан с особенностями потребления питательных веществ клевером луговым в разные фенологические фазы вегетационного периода. Так, от фазы отрастания до фазы конца бутонизации-начало цветения, благодаря нарастанию температуры, увеличению светового дня, и сохранившимся запасам азота почвы клевер нуждался больше в калийном питании, а снижение температуры и уменьшение светового дня, способствуют большему потреблению азота, для роста зеленой массы. Учитывая то, что у растений клевера лугового в большинстве вариантов опыта было оптимальное фосфорно-калийное питание (высокий фон содержания фосфора изначально составил 220 мг/кг), и высокое внесение калийного удобрения в дозе 135 кг/га под покровную культуру ячменя, активно накапливался азот, благодаря симбиотической азотфиксации. Считаем, что к окончанию вегетации часть накопленного азота была потреблена клевером луговым, чтобы сформировать генеративные органы, именно поэтому уровень содержания азота в зеленой массе выше, и следовательно, выше его вынос, нежели вынос калия.

Доля фосфора в общем выносе менялась по вариантам опыта, и в среднем составляла на фоне без известкования 62,0-77,1 кг/га, а с известкованием от 76,3 кг/га до 99,2 кг/га.

В целом можно отметить, что пропорции в выносе азота и калия в изучаемых системах удобрения изменялись от срока укоса, а вынос фосфора оставался неизменным, что говорит о том, что на содержание азота и калия в зеленой массе, возможно, повлиять при помощи систем удобрения, а содержание фосфора, скорее всего, будет определяться генетическими и биологическими особенностями растения и его биологическим особенностям.

Кальций необходим для нормального роста надземных органов и корней растений. Потребность в нём проявляется ещё в фазе прорастания, он поступает в растения в течение всего периода активного роста.

Доказано, что положительное действие магния при известковании почвы обуславливается в основном установлением более благоприятного отношения между кальцием и магнием в почвенном поглощающем комплексе (Овчаренко, Некрасов, Аканова, 2021).

Системы удобрения на величину удельного выноса повлияли незначительно. Наименьший вынос азота, фосфора, кальция на фоне без известкования зафиксировали от последействия органической системы удобрения, что составило 27,9 кг/га, 6,20 кг/га, 17,1 кг/га соответственно, а калия от последействия органо-минеральной системы удобрения в половинной дозе, что составило 27,0 кг/га и магния от полной дозы 5,01 кг/га. На фоне с известкованием наименьшее значение азота, фосфора было получено от последействия органо-минеральной системы половинной дозы – 25,6 кг/га, 6,64 кг/га, калия от последействия навоза – 28,3 кг/га, кальция от последействия минеральной системы – 17,5 кг/га, магния от органической полной дозы 5,19 кг/га.

Данные факты свидетельствуют о том, что изменение фона кислотности способствовало большему выносу макроэлементов с урожаем, за счет более высокой урожайности зеленой массы клевера лугового.

3.4.2 Влияние систем удобрения на вынос микроэлементов

Кроме выноса макроэлементов, имеет значение и вынос культурами микроэлементов. Стоит учитывать, что дерново-подзолистые почвы Нечерноземной зоны, в силу особенностей генезиса, бедны микроэлементами находящимися в подвижной форме (Маданов, Фатьянов, Войкин, 1972; Аристархов, 2011; Налиухин, Веденева, 2012; Ермаков, Карпова, Шохин, 2014; Панасин, Рымаренко, 2017; Шевченко, Попова, Соловьев, 2022).

Именно поэтому стоит учитывать вынос микроэлементов из пахотного слоя почвы, особенно, растениями, которые являются основными культурами для корма скоту. Применение систем удобрения, также влияет на микроэлементный состав почвы, особенно на подвижные формы причем, изменяя тот состав, который имеется в почве, и привнося некоторое дополнительное количество как с минеральными, так и с органическими удобрениями (Mantovi, Bonazzi, Maestri, Marmiroli 2003; Иванов, 2010; Шеуджен, Лебедовский, Хурум, 2010; Фадякина, 2019; Борисочкина, Котельникова, Рогова, 2022).

И все вышеуказанное, должно отражаться на потреблении растениями микроэлементов и, следовательно, на их содержании в товарной части продукции (в нашем случае – зеленой массе клевера лугового). А содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового, используемой чаще всего как сырье для производства сочных кормов (силоса), отражается на качестве корма и в конечном итоге, на уровне продуктивности животных.

В таблицах 24, 25 представлено содержание микроэлементов (Zn, Mn, Co) в зеленой массе клевера лугового в среднем за три года на двух фонах кислотности (Налиухин, Смирнова, 2024).

Таблица 24 – Вынос микроэлементов с урожаем клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. на фоне без известкования

Год	Удобрения	Общий вынос, г/га			Удельный вынос, г/т сухого вещества		
		Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co
2018	Контроль (без удобрений)	179	172	0,526	25,2	27,9	0,059
	Навоз 50 т/га	215	268	0,465	26,1	34,0	0,047
	НРК	215	260	0,517	26,1	33,6	0,053
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	263	230	0,958	29,4	29,7	0,132
	Навоз 50 т/га + НПК	248	257	0,577	25,8	29,1	0,048
2019	Контроль (без удобрений)	237	569	0,215	23,6	55,5	0,021
	Навоз 50 т/га	272	524	0,171	24,8	47,0	0,016
	НРК	288	478	0,191	26,5	43,9	0,018
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	311	478	0,188	28,1	43,2	0,017
	Навоз 50 т/га + НПК	317	558	0,208	26,1	45,0	0,017
2020	Контроль (без удобрений)	256	407	0,216	29,6	55,0	0,023
	Навоз 50 т/га	246	457	0,192	29,9	55,5	0,020
	НРК	264	438	0,187	30,3	57,0	0,020
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	242	463	0,221	24,2	59,0	0,022
	Навоз 50 т/га + НПК	275	424	0,224	31,0	54,0	0,022
В среднем за 2018- 2020 гг.	Контроль (без удобрений)	256	432	0,374	26,1	44,7	0,037
	Навоз 50 т/га	268	464	0,316	26,2	44,6	0,030
	НРК	284	422	0,338	27,5	42,1	0,032
	Навоз 25 т/га + НПК1/2	312	420	0,440	28,3	40,6	0,047
	Навоз 50 т/га + НПК	310	448	0,406	27,1	40,0	0,033

Таблица 25 – Вынос микроэлементов с урожаем клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг. при известковании

Год	Удобрения	Общий вынос, г/га			Удельный вынос, г/т сухого вещества		
		Zn	Mn	Co	Zn	Mn	Co
2018	Контроль (без удобрений)	236	211	0,445	29,4	30,3	0,047
	Навоз 50 т/га	221	260	0,493	24,1	29,8	0,043
	НРК	266	262	0,463	28,1	30,5	0,042
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	295	256	0,818	28,3	27,8	0,065
	Навоз 50 т/га + НРК	307	327	0,399	26,7	30,7	0,031
2019	Контроль (без удобрений)	289	439	0,175	28,5	43,1	0,017
	Навоз 50 т/га	313	516	0,205	27,6	45,2	0,018
	НРК	344	592	0,207	29,2	49,9	0,018
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	346	623	0,213	28,3	51,5	0,018
	Навоз 50 т/га + НРК	361	650	0,221	27,9	50,0	0,017
2020	Контроль (без удобрений)	254	425	0,202	30,2	57,0	0,021
	Навоз 50 т/га	244	463	0,193	28,7	58,0	0,020
	НРК	270	478	0,222	29,8	58,5	0,021
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	291	519	0,220	29,0	60,5	0,020
	Навоз 50 т/га + НРК	301	532	0,267	28,5	57,5	0,023
В среднем за 2018- 2020 гг.	Контроль (без удобрений)	260	392	0,324	29,4	40,6	0,031
	Навоз 50 т/га	259	448	0,356	26,2	41,8	0,030
	НРК	293	488	0,352	28,8	43,6	0,029
	Навоз 25 т/га + НРК1/2	311	496	0,498	28,5	42,6	0,038
	Навоз 50 т/га + НРК	323	542	0,350	27,6	43,1	0,025

Известкование повлияло на содержание микроэлементов в зеленой массе клевера лугового. Отмечали тенденцию к увеличению их содержания к контролю при применении удобрений.

Содержание кобальта, на фоне известкования, напротив, понизилось, что означает, что корма (в первую очередь силос), приготовленный из зеленой массы отавы клевера лугового, будет иметь низкий уровень содержания кобальта. По данным некоторых авторов, для получения удоя молока 9000-10 000 литров (от 1 коровы), требуется в день 24,6-26,0 г кобальта с кормом (Романенко, Волгин, Федорова, 2014).

Отмечается увеличение цинка и марганца при смешанной системе по отношению к контролю. Содержание кобальта в этих вариантах несколько уменьшалось. В прочих же вариантах систем удобрения (органической и минеральной) изменение содержания микроэлементов Zn и Mn, а также Co, было весьма незначительным по сравнению с контрольным.

Удельный вынос микроэлементов зеленой массой растений, незначительно изменялся от системы удобрения.

В среднем, удельный вынос на фоне без известкования для цинка колебался от 26,2 г/т до 28,3 г/т, марганца от 40,0 г/т до 44,6 г/т, кобальта от 0,030 г/т до 0,047 г/т. На фоне с известкованием цинка от 26,2 г/т до 28,8 г/т, марганца от 41,8 г/т до 43,6 г/т, кобальта от 0,025 до 0,038 г/т.

Считаем, что удельный вынос микроэлементов на 1 т сухого вещества зависел от биологических и сортовых особенностей клевера лугового сорта Дымковский и содержания их в почве.

Так, в почве опытного участка, было высокое содержание марганца (присущее дерново-подзолистым почвам), низкое кобальта и среднее цинка.

Таким образом, рост урожайности клевера лугового сопровождался увеличением выноса общего азота с 265-275 кг/га в контрольном варианте, до 345-354 кг/га при органо-минеральной системе удобрения. Наибольший вынос макро- и микроэлементов наблюдался при органо-минеральной системе на фоне известкования: 354 кг/га азота, 99,2 – фосфора, 394 кг/га калия при соотношении

$N : P : K = 3,6 : 1,0 : 4,0$. Вынос магния – 60,3 кг/га был в 3,9 раза меньше, чем кальция. Обращает на себя внимание достаточно высокий вынос микроэлементов, таких как цинк и марганец – 323 и 542 г/га соответственно (Налиухин, Смирнова, 2024).

Наоборот, потребление кобальта было небольшим – порядка 0,3-0,5 г/га, что во многом связано с его низким содержанием в почве опытного участка. В целом необходимо отметить высокий вынос как макро-, так и микроэлементов клевером луговым, особенно при формировании высокой урожайности (на уровне 10 т/га сухого вещества). Безусловно, данное обстоятельство необходимо учитывать при разработке системы удобрения многолетних трав (Налиухин, Смирнова, 2024).

Влияние систем удобрения на величину удельного выноса также было незначительным. Лишь орано-минеральная система на известкованном фоне увеличивала вынос азота, фосфора и калия на 6-11 % по сравнению с контролем.

В среднем по 2-м фонам вынос элементов питания в расчёте на 1 т сухого вещества клевера лугового был следующим: N – 27-29 кг, P_2O_5 – 6,7-7,2 кг, K_2O – 29 кг, CaO – 17-18 кг, MgO – 5 кг; Zn – 27-28 г, Mn – 42 г, Co – 0,03-0,04 г. Указанные величины можно принять за нормативы выноса для клевера лугового при возделывании на дерново-подзолистых среднекультуренных почвах Севера Нечерноземья (Налиухин, Смирнова, 2024).

3.5 Влияние органических, минеральных, органо-минеральных систем удобрения и известкования на азотфиксацию клевера лугового

Биологическая (симбиотическая) азотфиксация – это процесс связывания молекулярного азота атмосферы микроорганизмами, живущими в симбиозе с высшими растениями (Ермишин, 2020). На ее величину достаточно серьезно влияют погодные условия, тип почвы, кислотность, обеспеченность питательными веществами, предшественники и др. (Нарушева, 2014).

По результатам проведённых исследований в 2018 году, все изучаемые системы удобрения увеличивают массу пожнивно-корневых остатков клевера

лугового. Наибольшее их количество – 6,0-8,8 т/га сухого вещества (СВ) накапливается при органо-минеральных системах удобрения, на обоих уровнях кислотности почвы. Как следствие, в них накапливается 125-176 кг/га общего азота, в том числе 82-134 кг/га – биологического, а при распашке клеверного пласта в почву может поступить 34-54 кг биологического азота на известкованной почве и 63-85 кг/га – при известковании (таблица 26).

Таблица 26 – Влияние различных систем удобрения и известкования на накопление биологического азота в поукосно-корневых остатках клевера лугового в 2018 г.

№ п/п	Система удобрения	Масса ПКО, т/га СВ	Кол-во азота в поукосно-корневых остатках, кг/га			Обогащение почвы биологическим азотом, кг/га
			общего	биологического	K_{ϕ}^*	
Без известкования						
1	Контроль (без удобрений)	5,0	95,5	53,1	$\frac{0,56}{0,80}$	5
2	Навоз 50 т/га	6,5	119,0	76,6	$\frac{0,64}{0,84}$	28
3	НРК	6,3	145,6	103,3	$\frac{0,71}{0,83}$	55
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	6,0	124,8	82,4	$\frac{0,66}{0,84}$	34
5	Навоз 50 т/га + НРК	6,8	144,5	102,1	$\frac{0,71}{0,86}$	54
С известкованием						
1	Контроль (без удобрений)	5,5	109,5	67,1	$\frac{0,61}{0,81}$	19
2	Навоз 50 т/га	6,8	135,7	93,3	$\frac{0,69}{0,86}$	45
3	НРК	7,0	131,6	89,2	$\frac{0,68}{0,86}$	41
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	7,8	154,2	111,9	$\frac{0,73}{0,87}$	63
5	Навоз 50 т/га + НРК	8,8	175,9	133,5	$\frac{0,76}{0,89}$	85

В 2019-2020 гг., органическая система удобрений (при слабокислой реакции почвенной среды) способствует накоплению 140 кг/га биологического азота, что на 10-30 кг/га больше, чем при минеральной системе удобрения. Известкование нивелирует различие в 2019 году, а в 2020-м – отмечается даже некоторое преимущество за минеральной системой удобрения (таблицы 27-28).

Таблица 27 – Влияние различных систем удобрения и известкования на накопление биологического азота в поукосно-корневых остатках клевера лугового в 2019 г.

№ п/п	Система удобрения	Масса ПКО, т/га СВ	Кол-во азота в поукосно-корневых остатках, кг/га			Обогащение почвы биологическим азотом, кг/га
			общего	биологического	К _ф *	
Без известкования						
1	Контроль (без удобрений)	11,3	235	198	$\frac{0,84}{0,83}$	155
2	Навоз 50 т/га	11,8	222	184	$\frac{0,83}{0,87}$	142
3	НПК	11,5	190	152	$\frac{0,80}{0,88}$	110
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	11,8	200	162	$\frac{0,81}{0,87}$	120
5	Навоз 50 т/га + НПК	13,5	243	205	$\frac{0,85}{0,91}$	163
С известкованием						
1	Контроль (без удобрений)	12,0	214	176	$\frac{0,82}{0,87}$	134
2	Навоз 50 т/га	12,3	236	199	$\frac{0,84}{0,88}$	157
3	НПК	12,5	246	209	$\frac{0,85}{0,90}$	166
4	Навоз 25 т/га + НПК1/2	12,3	230	193	$\frac{0,84}{0,88}$	151
5	Навоз 50 т/га + НПК	13,8	256	218	$\frac{0,85}{0,88}$	176

Таблица 28 – Влияние различных систем удобрения и известкования на накопление биологического азота в поукосно-корневых остатках клевера лугового в 2020 г.

№ п/п	Система удобрения	Масса ПКО, т/га СВ	Кол-во азота в поукосно-корневых остатках, кг/га			Обогащение почвы биологическим азотом, кг/га
			общего	биологического	К _ф *	
Без известкования						
1	Контроль (без удобрений)	12,3	164,1	132,2	0,81	95
2	Навоз 50 т/га	12,3	209,2	177,4	0,85	140
3	НРК	11,6	199,6	167,7	0,84	130
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	11,8	188,0	156,1	0,83	119
5	Навоз 50 т/га + НРК	12,0	187,2	155,3	0,83	118
С известкованием						
1	Контроль (без удобрений)	14,5	204,2	172,3	0,84	135
2	Навоз 50 т/га	10,6	180,4	148,5	0,82	111
3	НРК	12,8	223,1	191,2	0,86	154
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	12,8	221,9	190,0	0,86	152
5	Навоз 50 т/га + НРК	13,0	224,9	193,0	0,86	155

В среднем за 3 года на неизвесткованном фоне органическая, минеральная и органо-минеральная (в половинных дозах) системы удобрения обеспечивают формирование 6,0-6,5 т/га сухого вещества ПКО и практически одинаковое накопление в них общего и биологического азота – 170-180 кг/га и 130-140 кг/га соответственно (таблица 29).

При известковании наибольший эффект на накопление ПКО, содержание в них азота отмечается при минеральной и органо-минеральной системах. Наибольшая масса ПКО – 11,8 т/га, накопление в них 219 кг/га общего азота, в том числе 182 кг/га – биологического, отмечается при сочетании внесения органических и минеральных удобрений в полных дозах.

Следует отметить, что в длительном полевом опыте, проведенном на серых лесных почвах Владимирского ополья, применение органической системы удобрения (навоз КРС) на фоне извести в дозе 40-80 т/га способствовало

накоплению бобовыми травами 170-198 кг/га симбиотически связанного азота, в варианте с минеральной системы удобрения ($N_{120-200}P_{120-240}K_{120-240}$), данный показатель колебался от 53 до 89 кг/га, в варианте с сочетанием данных доз удобрения (органо-минеральной системе) количество симбиотически связанного азота составляло 37-92 кг/га (Окорков, 2008).

Улучшение свойств почвы при известковании под клевер способствует большему накоплению корневых и послеукосных остатков, а также содержанию в них азота.

Таблица 29 – Влияние систем удобрения и известкования на накопление биологического азота в поукосно-корневых остатках клевера лугового в среднем за 2018-2020 гг.

№ п/п	Система удобрения	Масса ПКО, т/га СВ	Кол-во азота в поукосно-корневых остатках, кг/га			Обогащение почвы биологическим азотом, кг/га
			общего	биологического	K_{ϕ}^*	
Без известкования						
1	Контроль (без удобрений)	9,5	165	128	0,73	85
2	Навоз 50 т/га	10,2	183	146	0,77	103
3	НРК	9,8	178	141	0,78	98
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	9,8	171	134	0,77	91
5	Навоз 50 т/га + НРК	10,8	192	154	0,79	112
С известкованием						
1	Контроль (без удобрений)	10,7	176	138	0,76	96
2	Навоз 50 т/га	9,9	184	147	0,78	104
3	НРК	10,8	200	163	0,79	120
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	10,9	202	165	0,81	122
5	Навоз 50 т/га + НРК	11,8	219	182	0,82	139

Так при внесении извести по полной дозе гидролитической кислотности на опытном поле Пермского СХИ в корнях и послеукосных остатках клевера за 2 года пользования накоплено азота 229,2 кг/га, в то время, как без извести 155,5 кг/га (Ходырев, 1976).

На Коми-Пермяцком опытном поле масса корней клевера была 5,29 т/га, величина азотфиксации травостоями клевера I года пользования в среднем по трем закладкам составила 192,1 кг/га (Мартьянов, 1987).

Таким образом, применение органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве способствовало интенсификации процесса симбиотической азотфиксации клевера лугового.

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО

4.1 Экономическая эффективность возделывания клевера лугового

Экономическая оценка эффективности системы удобрения – важный показатель, определяющий именно хозяйственную ценность предлагаемой системы удобрения. В первую очередь, для предприятия важна рентабельность и экономическая окупаемость удобрений, поскольку, при высокой агрономической эффективности (увеличение урожайности, повышение плодородия почвы и т. д.), затраты на предлагаемую систему удобрения могут финансово не окупаться. Что в конечном итоге ведет к неэффективному расходованию средств сельхозпредприятия, а значит и к экономическому ущербу для сотрудников, работающих на предприятии.

Оценивают эффективность использования удобрений экономической эффективностью. К основным показателям экономической эффективности следует отнести чистый доход и рентабельность (отношение чистого дохода к затратам) (Богдевич, 2010).

Основная трудность в оценке экономической эффективности систем удобрения, изучаемых в последствии, состоит в том, что эффект последствия может быть растянут на достаточно продолжительный период, и сложно вычленить эффект под одну культуру севооборота, без учета эффекта на следующих культурах. Собственно, данное положение применимо и к мелиорантам (известки).

В связи с указанной выше особенностью, для оценки экономической эффективности последствия систем удобрения мы приняли следующие допущения:

Затраты на внесение и применение минеральных удобрений, мелиоранта (известки) и органического удобрения (навоза) равномерно распределяются на все

культуры севооборота. Таким образом, затраты на клевере равны затратам на 1 тонну извести и 5 и 10 тоннам навоза.

В таблице 30 представлены результаты расчета экономической эффективности применения изучаемых систем удобрения.

Таблица 30 – Влияние различных систем удобрений на экономическую эффективность клевера лугового

Вариант/Статья затрат	2. Навоз 50 т/га		3. NPK		4. Навоз 25 т/га+1/2 NPK		5. Навоз 50 т/га + NPK	
	б/и	с/и	б/и	с/и	б/и	с/и	б/и	с/и
1. Прибавка урожайности к контролю, ц/га сена	9,1	8,5	8,8	10,8	11,3	16,6	17,0	22,8
2. Стоимость прибавки (700 руб/ц)	6370	5950	6160	7560	7910	11620	11900	15960
3. Затраты на применение органических удобрений, всего руб./га	4250	4250	—	—	2125	2125	4250	4250
4. Затраты на применение минеральных удобрений, руб./га	—	—	7290,5	7290,5	2352,9	2352,9	6467,0	6467,0
5. Всего затрат на применение удобрений, руб./га	4250	4250	7290,5	7290,5	4477,9	4477,9	10717	10717
6. Затраты на известкование, руб./га	—	2465	—	2465	—	2465	—	2465
7. Всего затрат, руб./га	4250	6715	7290,5	9755,5	4477,9	6942,9	10717	13182
8. Условно чистый доход/убыток, руб./га	2120	-765	-1130,5	-2195,5	3432,1	4677,1	1183	2778
9. Окупаемость удобрений, руб./руб.	1,50	0,89	0,84	0,77	1,77	1,67	1,11	1,21
10. Рентабельность / убыточность, %	50	-11	-16	-23	77	67	11	21

Примечание: Стоимость извести – 400 руб/т., внесения – 1400 руб/т.

В результате расчётов экономической эффективности наибольший уровень окупаемости среди систем удобрения отмечен в варианте с применением органоминеральной системы удобрения, представленной в четвертом варианте. Рентабельность производства клевера лугового в данном варианте составляет 67-77 %. Увеличение окупаемости единицы продукции по сравнению с односторонней минеральной системой удобрения позволяет перейти на безубыточное производство. Несмотря на то, что приём известкования весьма затратный, его грамотное сочетание с внесением органических и минеральных удобрений в половинных дозах обеспечивает при этом, максимальный чистый доход, – 4,68 тыс. руб./га, что на 1,2 тыс. руб./га выше по сравнению с неизвесткованным фоном. Увеличение вносимых доз сопровождается практически двукратным увеличением затрат, что приводит к снижению уровня рентабельности, но именно в 5-м варианте отчётливо проявляется эффект от известки – окупаемость затрат здесь на 10 % выше в сравнении с неизвесткованным фоном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при возделывании клевера лугового известкование способствует повышению эффективности систем удобрения и, несмотря на дополнительные затраты, способствует рентабельному производству и окупаемости удобрений. Исходя из проведённых исследований в стационарном полевом опыте, можно сделать следующие **выводы**:

1. Известкование слабокислой дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы по 1,0 Н_г способствовало дополнительному приросту урожайности зелёной массы клевера лугового на 6-15 % от органической, минеральной и органо-минеральных систем удобрения. По своему действию на урожайность последствие ранее внесённого навоза КРС было сопоставимо с внесением минеральных удобрений.

2. Прибавка урожайности зелёной массы клевера лугового от органической и минеральной систем удобрения составляла 8-9 % на неизвесткованном фоне и 12-15 % при внесении известняковой муки. Наибольшую урожайность за 3 года исследования – 51,2-64,8 т/га зелёной массы обеспечило внесение навоза КРС в дозе 50 т/га совместно с минеральными удобрениями в эквивалентном по действующему веществу количеству на фоне известкования.

3. Рост урожайности клевера лугового сопровождался увеличением выноса общего азота с 265-275 кг/га в контрольном варианте, до 345-354 кг/га при органо-минеральной системе удобрения. Наибольший вынос макро- и микроэлементов наблюдался при органо-минеральной системе на фоне известкования: 354 кг/га азота, 99 – фосфора, 394 кг/га калия при соотношении $N : P : K = 3,6 : 1,0 : 4,0$. Вынос магния – 57,4 кг/га был в 3,6 раза меньше, чем кальция.

4. Вынос цинка и марганца с урожаем клевера лугового достигал 361 г/га и 542 г/га соответственно. Потребление кобальта было небольшим – порядка 0,3-0,5 г/га, что во многом связано с его низким содержанием в почве опытного участка.

5. Влияние систем удобрения на величину удельного выноса было незначительным. Лишь органо-минеральная система на неизвесткованном фоне

увеличивала вынос азота, фосфора и калия на 6-11 % по сравнению с контролем. В среднем по 2-м фонам вынос элементов питания в расчёте на 1 т сухого вещества клевера лугового был следующим: N – 27-29 кг, P₂O₅ – 6,7-7,2 кг, K₂O – 29 кг, CaO – 17-18 кг, MgO – 5 кг; Zn – 27-28 г, Mn – 42 г, Co – 0,03-0,04 г.

6. Наибольшие различия в содержании сырого протеина (на 1,5-2,3 %) были отмечены между органической и минеральной системой удобрения. Органо-минеральные системы обеспечивали содержание сырого протеина 17-19 % сухого вещества. Содержание сырого жира (3,0-3,7 %), клетчатки (24,1-25,2 %), безазотистых экстрактивных веществ (45,3-47,7 %), сырой золы (7,8-8,6 %) колебалось несущественно и, по всей вероятности, не были обусловлены изучаемыми системами удобрения. Во всех вариантах содержание обменной энергии в 1 кг сухого вещества было на оптимальном уровне для кормления коров и составляло 9,4-9,5 МДж/кг.

7. Доля симбиотически фиксированного азота колебалась от 84 до 89 % от общего его накопления в урожае. Известкование повысило поступление в почву биологического азота на 28 %. Наибольшее накопление ПКО, содержание в них азота отмечается при минеральной и органо-минеральной системах на известкованном фоне. Максимальная масса ПКО – 11,8 т/га сухого вещества, накопление в них 219 кг/га общего азота, в том числе 182 кг/га – биологического, отмечается при сочетании внесения органических и минеральных удобрений в полных дозах.

8. Наибольшая окупаемость затрат отмечается при органо-минеральной системе удобрения с внесением органических и минеральных удобрений в половинных дозах при известковании. Рентабельность возделывания клевера лугового при этой системе составляет 67-77 %. Увеличение окупаемости по сравнению с односторонней минеральной системой удобрения позволяет перейти на безубыточное производство. Известкование в сочетании с внесением органических и минеральных удобрений в половинных дозах обеспечивает максимальный чистый доход – 4,68 тыс. руб./га, что на 1,2 тыс. руб./га выше по сравнению с неизвесткованным фоном.

По результатам работы можно дать следующие **рекомендации производству**: в зернотравяных севооборотах с клевером луговым на слабокислых дерново-подзолистых почвах с высоким содержанием подвижного фосфора и повышенным – калия (по Кирсанову) рекомендуется проводить известкование по полной дозе гидролитической кислотности и выбирать органо-минеральные системы удобрения в зависимости от финансово-экономического состояния сельхозпредприятия. Внесение половинных доз навоза КРС – 25 т/га (5 т/га севооборотной площади) и $N_{75}P_{60}K_{113}$ рекомендуется при ограниченных ресурсах. Такая система удобрения на фоне известкования обеспечивает получение среднегодовой урожайности клевера лугового до 10 т/га сухого вещества, с содержанием сырого протеина 17 % и обогащением почвы биологическим азотом до 120 кг/га, что позволяет возделывать последующую культуру без внесения азотных удобрений. Известкование в сочетании с внесением органических и минеральных удобрений в указанных дозах обеспечивает чистый доход свыше 4,0 тыс. руб./га при рентабельности на уровне 67 %.

Внесение полных доз навоза КРС – 50 т/га и $N_{150}P_{120}K_{225}$ обеспечивает сбор сухого вещества до 11 т/га, обогащение почвы биологическим азотом до 140 кг/га при уровне рентабельности 21 %.

При разработке систем удобрения в качестве нормативов удельного выноса (в расчёте на 1 т сухого вещества) клевером луговым можно принять следующие величины: N – 27-29 кг, P_2O_5 – 6,7-7,2 кг, K_2O – 29 кг, CaO – 17-18 кг, MgO – 5 кг; Zn – 27-28 г, Mn – 42 г, Co – 0,03-0,04 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абашев, В. Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур зернопаротравяного севооборота / В. Д. Абашев, Е. В. Светлакова. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро – Северо – Востока. – 2015. – № 2 (45). – С. 37 – 43.
2. Абрамова, Г. К. Некоторые биологические особенности клевера розового при возделывании его в полевые условия Ленинградской области / Г. К. Абрамова. – Текст : непосредственный // Вопросы сенокосно-пастбищного хозяйства. – Москва : МСК СССР, 1960. – С. 277 – 291.
3. Авдеев, С. М. Формирование подземной массы злаковыми и бобово-злаковыми травосмесями в центральном районе Нечерноземной зоны РФ / С. М. Авдеев. – Текст : непосредственный // Известия ТСХА. – 2022. – № 3. – С. 5 – 17.
4. Авдонин, Н. С. Повышение плодородия кислых почв / Н. С. Авдонин. – Москва : Колос, 1969. – 304 с. – Текст : непосредственный.
5. Авдонин, Н. С. Почва, растение и белок / Н. С. Авдонин. – Текст : непосредственный // Агрехимия. – 1975. – № 9. – С. 3 – 13.
6. Авдонин, Н. С. Известкование кислых почв / Н. С. Авдонин. – Москва : Колос, 1976. – 220 с. – Текст : непосредственный.
7. Азаров, Б. Ф. Симбиотический азот в земледелии Центрально-Черноземной зоны Российской Федерации : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04 / Азаров Борис Фадеевич. – М., 1995. – 59 с. – Текст : непосредственный.
8. Акманаев, Э. Д. Сравнительная урожайность клевера лугового и многолетних злаковых трав разной скороспелости при разных способах посева на дерново-подзолистых почвах Предуралья / Э. Д. Акманаев, Д. Л. Башкирцев, В. М. Макарова, В. М. Холзаков. – Текст : непосредственный // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 1 (93). – С. 4 – 6.
9. Алешин, М. А. Влияние степени окультуренности дерново-подзолистой почвы на отзывчивость посевного гороха к уровню азотного питания

/ М. А. Алешин, Л. А. Михайлова. – Текст : непосредственный. // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2020. – № 1 (30). – С. 48 – 54.

10. Андреев, Н. Г. Луговоеведение / Н. Г. Андреев. – Москва: Колос, 1971. – 271 с. – Текст : непосредственный.

11. Анспок, П. И. Справочник агрохимика Нечерноземной полосы : справочник / П. И. Анспок, Ю. А. Штиканс, Р. Р. Визла. – Ленинград : Колос, 1981. – 328 с. – Текст : непосредственный.

12. Аристархов, А. Н. Сера в агроэкосистемах России: мониторинг содержания в почвах и эффективность ее применения / А. Н. Аристархов. – Текст : непосредственный // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. – № 5. – С. 39 – 47.

13. Аристархов, А. Н. Модели определения потребности земледелия в микроудобрениях / А. Н. Аристархов. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2011. – № 3 – С. 47 – 50.

14. Байкалова, Л. П. Пути интенсификации кормопроизводства в Краснодарском крае / Л. П. Байкалова, Ю. Ф. Едимейчев, В. А. Колесников, А. И. Машанов. – Текст : непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 5. – С. 102 – 108.

15. Батоева, Е. А. Влияние удобрений на продуктивность орошаемых остепненных лугов в юго – западном Забайкалье : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.02.08 / Батоева Евгения Александровна. – Улан-Удэ, 2011. – 18 с. – Текст : непосредственный.

16. Башкирцев, И. Л. Накопление биомассы, биологического азота одноукосным и двухукосным клевером луговым и влияние их на продуктивность последующих культур в Предуралье : автореф. дис. ... канд. с – х. наук : 06.01.01 / Башкирцев Дмитрий Леонидович. – П., 2012. – 19 с. – Текст : непосредственный.

17. Бекузарова, С. А. Семеноводство клевера лугового : монография / С. А. Бекузарова, И. А. Шабанова; под общ. ред. С. А. Бекузарова. – Владикавказ : ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2020. – 224 с. – ISBN 978-5-906647-77-1. – Текст : непосредственный.

18. Белова, Ю. Н. Природа Вологодской области : монография / Ю. Н. Белова, Н. Л. Болотова, М. Я. Борисов, А. Л. Буслович, Г. А. Воробьев, Н. А. Дружинин, Ф. Н. Дружинин, Н. В. Думнич, Н. М. Зеленецкий, Е. В. Кармазина, А. Н. Кичигин, В. В. Комиссаров, А. Ф. Коновалов, А. Л. Кузнецов, Н. К. МаксUTOва, Н. Д. Немцева, А. Н. Левашов, В. С. Полякова, Д. Ф. Семенов, Т. А. СуслOва, А. И. Труфанов, Д. А. Филиппов, И. В. Филоненко, А. Б. Чхобадзе, А. А. Шабунов, Л. Г. Шестакова, Н. Н. Шевелев, М. П. Шлома ; под общ. ред. Г. А. Воробьева. – Вологда : Вологжанин, 2007. – 434 с. – ISBN: 978-5-87822-290-7 – Текст : непосредственный.

19. Белоус, Н. М. Влияние систем удобрений и пестицидов на качественные показатели зеленой массы кормового люпина / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Л. П. Харкевич, В. В. Талызин. – Текст : непосредственный // Агрoхимический вестник. – 2011. – № 3. – С. 3 – 5.

20. Бельченко, С. А. Влияние минеральных удобрений на изменение биохимического состава гетерогенных посевов люцерны изменчивой с мятликовыми травами на серых лесных почвах центрального региона России / С. А. Бельченко, О. В. Дьяченко, А. В. Дронов. – Текст : непосредственный // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2 (50). – С. 22 – 27.

21. Биденко, В. Н. Эффективность использования солей и комплексонатов микроэлементов при выращивании бобовых кормовых культур в зоне радиоактивного загрязнения / В. Н. Биденко, В. П. Славов, В. З. Трохименко. – Текст : непосредственный // Таврический научный обозреватель. – 2016. – Ч. 2. – № 5 (10). – С. 239 – 243.

22. Биологические и биохимические основы плодородия почв : краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки «Сельское хозяйство» / Е. А. Нарушева. – Саратов : ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. – 78 с. – Текст : непосредственный.

23. Богдевич, И. М. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богдевич. – Минск, 2010. – 25 с. – Текст : непосредственный.

24. Борисова, Е. Е. Роль клевера лугового в экологизации и биологизации земледелия / Е. Е. Борисова. – Текст : непосредственный. // Символ науки. – 2016. – № 4. – С. 56 – 61.

25. Борисочкина, Т. И. Массоперенос химических элементов и их соединений в агроценозах / Т. И. Борисочкина, А. Д. Котельникова, О. Б. Рогова. – Текст : непосредственный // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. – 2022. – № 110. – С. 114 – 147.

26. Бояркин, Е. В. Продуктивность кормовых севооборотов с разным насыщением клевером луговым, силосными и зернофуражными культурами в лесостепи Иркутской области / Е. В. Бояркин, В. И. Солодун, Л. Н. Матаис, О. А. Глушкова. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2018. – № 12. – С. 10 – 12.

27. Бубнова, В. Н. Влияние длительного применения удобрений и мелиорантов на продуктивность многолетних трав и воспроизводство плодородия дерново – подзолистых почв Республики Коми : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Бубнова Валентина Николаевна. – Москва, 2010. – 22 с. – Текст : непосредственный.

28. Булатов, А. П. Химический состав и энергетическая ценность зелёных кормов по фазам вегетации и циклам стравливания / А. П. Булатов, Н. А. Лушников, Г. Е. Усков. – Текст : непосредственный // Вестник Курганской ГСХА. – 2016. – № 4 (20). – С. 27 – 32.

29. Булатова, Н. В. Плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность многолетних трав при длительном применении минеральных удобрений на фоне известкования / Н. В. Булатова, Н. В. Регорчук. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро – Северо – Востока. – 2017. – № 5 (60). – С. 28 – 33.

30. Бутяйкин, В. В. Основы агрономии : учебное пособие / В. В. Бутяйкин. – Саранск : Мордовия – ЭКСПО, 2013. – 88 с. – ISBN 978-5-507-48944-2 – Текст : непосредственный.

31. Вавилов, П. П. Бобовые культуры и проблемы растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов. – Москва : Россельхозиздат, 1983. – 242 с. – Текст : непосредственный.

32. Валиахметова, Ю. З. Азотфиксирующая способность клевера лугового и люцерны синегибридной в связи с применением минеральных удобрений в лесостепи Зауралья : дисс. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Валиахметова Юлия Зуфаровна. – Курган, 2009. – 142 с.

33. Валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий Вологодской области – Текст : электронный. – URL: <https://35.rosstat.gov.ru>.

34. Васько, В. Т. Кормовые культуры России : справочник / В. Т. Васько. – Санкт-Петербург : Проффикс, 2006. – 328 с. – Текст : непосредственный.

35. Вильдфлуш, И. Р. Эффективность применения систем удобрения при возделывании клевера лугового на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / И. Р. Вильдфлуш, О. И. Мишура. – Текст : непосредственный // Почвоведение и агрохимия. – 2018. – № 2 (61). – С. 88 – 94.

36. Волошин, В. А. Влияние известкования кислых почв на урожайность и качество многолетних бобовых трав (по материалам исследований в Пермском крае) / В. А. Волошин. – Текст : непосредственный // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 3 (23). – С. 48 – 53.

37. Веденева, Н. В. Почвенный покров и агрохимическая характеристика пахотных почв Вологодской области. Динамика почвенного плодородия по циклам обследования / Н. В. Веденева, В. А. Рогов, Л. В. Наклейщикова, А. Н. Налиухин. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. – № 8. – С. 22 – 27.

38. Гагиев, Б. В. Влияние удобрений на продуктивность звена полевого севооборота и показатели качества полевых культур в лесостепной зоне РСО-

Алания / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов. – Текст : непосредственный // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 52, № 4. – С. 20 – 25.

39. Галиуллин, А. А. Семенная продуктивность клевера паннонского при некорневой подкормке хелатными формами микроудобрений / А. А. Галиуллин. – Текст : непосредственный // Инновационные технологии в растениеводстве и экологии : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения ученого – микробиолога-агроэколога, заслуженного работника высшей школы России, заслуженного деятеля науки Северной Осетии, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Тимофеевича Фарниева. – Владикавказ : Горский ГАУ, 2017. – С. 121 – 123.

40. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота в агроценозах / Г. П. Гамзиков. – Новосибирск: РАСХН НГАУ, 2013. – 790 с. – ISBN 978-5-9061430-99 – Текст : непосредственный.

41. Герасимова, С. А. Влияние агротехнических факторов на урожайность и качество культур травяного звена полевого севооборота и плодородие дерново-подзолистой почвы в условиях Центрального Нечерноземья : автореф. ... канд. с.-х. наук : 06.01.01 / Герасимова Серафима Александровна. – Москва, 2010. – 26 с. – Текст : непосредственный.

42. Глушкова, О. А. Влияние клевера лугового и минеральных удобрений на полевые показатели посевов зернофуражных культур в кормовых севооборотах / О. А. Глушкова, Л. Н. Матаис, З. В. Козлова. – Текст : непосредственный // Вестник ИрГСХА. – 2020. – № 97. – С. 7 – 13.

43. ГОСТ 13496.15–2016. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения массовой доли сырого жира. Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2016, пункт 9.1. – 9 с. – Текст : непосредственный.

44. ГОСТ 13496.19–2015. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания нитратов и нитритов. Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2016, пункт 7. – 27 с. – Текст : непосредственный.

45. ГОСТ 13496.4–2019. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. Издание официальное. Москва : Стандартинформ, 2019, пункт 8. – 15 с. – Текст : непосредственный.

46. ГОСТ 26176–2019. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. – Москва : Стандартинформ, 2019, пункт 8. – 10 с. – Текст : непосредственный.

47. ГОСТ 262012–2021. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. – Москва : Российский институт стандартизации, 2021. – 11 с. – Текст : непосредственный.

48. ГОСТ 26213–2021. Почвы. Методы определения органического вещества. – М. : Российский институт стандартизации, 2021, пункт 6.1 – 7 с. – Текст : непосредственный.

49. ГОСТ 26483–85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1985 – 6 с. – Текст : непосредственный.

50. ГОСТ 26570–95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания кальция. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995, пункт 2.2. – 13 с. – Текст : непосредственный.

51. ГОСТ 26573.2–14. Премиксы. Методы определения марганца, меди, железа, цинка, кобальта. – Москва : Стандартинформ, 2016, пункт 5.7 – 17 с. – Текст : непосредственный.

52. ГОСТ 26657–97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Издание официальное. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997, пункт 4 – 9 с. – Текст : непосредственный.

53. ГОСТ 27821–2020. Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 3 с. – Текст : непосредственный.

54. ГОСТ 27997–88. Корма растительные. Методы определения марганца. – Минск : Издательство стандартов, 1988, пункт 2. – 7 с. – Текст : непосредственный.
55. ГОСТ 30504–97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. Издание официальное. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 7 с. – Текст : непосредственный.
56. ГОСТ 30692–2000. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Атомно – абсорбционный метод определения содержания меди, свинца, цинка и кадмия. – Минск : Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000. – 8 с. – Текст : непосредственный.
57. ГОСТ 31640–2012. Корма. Методы определения содержания сухого вещества. Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2012, – пункт 6 – 7 с. – Текст : непосредственный.
58. ГОСТ 31675–2012. Корма. Методы определения содержания сырой клетчатки с применением промежуточной фильтрации. – Москва : Стандартинформ, 2012, – пункт 6 – 9 с. – Текст : непосредственный.
59. ГОСТ 32343–2013. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектрометрии. Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 15 с. – Текст : непосредственный.
60. ГОСТ 32933–2014. Корма, комбикорма. Метод определения содержания сырой золы. Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 6 с. – Текст : непосредственный.
61. ГОСТ Р 54650–2011. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. – Москва : Стандаринформ, 2013 – 6 с. – Текст : непосредственный.
62. ГОСТ Р 56912–2016. Корма зеленые. Технические условия. Издание официальное. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 6 с. – Текст : непосредственный.

63. Дербенева, Л. В. Эффективность длительного применения разных систем удобрения в зернопаропропашном севообороте и их влияние на баланс гумуса в дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почве / Л. В. Дербенева. – Текст : непосредственный // Пермский аграрный вестник. – 2017. – № 4 (20). – С. 62 – 68.

64. Дзанагов, С. Х. Действие удобрений на эффективное плодородие чернозема выщелоченного, урожайность, качество урожая сельскохозяйственных культур и продуктивность звена полевого севооборота / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев, З. Т. Кануков, Э. А. Цагараева. – Текст : непосредственный // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 2. – С. 18 – 27.

65. Дзюин, А. Г. Содержание элементов питания в растениях культур севооборота в длительном стационаре / А. Г. Дзюин. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 3. – С. 11 – 16.

66. Донских, Н. А. Эффективность выращивания разных сортов клевера лугового на семенные цели в условиях Ленинградской области / Н. А. Донских, М. С. Уманец. – Текст : непосредственный // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 1 (66). – С. 9 – 16.

67. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с. – Текст : непосредственный.

68. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : учебное пособие / Б. А. Доспехов. – Москва : Колос, 1972. – 336 с. – Текст : непосредственный.

69. Дронова, Т. Н. Научные результаты исследований по многолетним травам / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, Е. И. Молоканцева. – Текст : непосредственный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 3 (47). – С. 46 – 56.

70. Дронова, Т. Н. Эффективность использования биопрепаратов при возделывании многолетних бобовых трав / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, О.И.

Двойникова, И. П. Земцова, С. В. Землянищина. – Текст : непосредственный // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2021. — № 2 (62). – С. 41 – 50.

71. Дудченко, Л. Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения : справочник / Л. Г. Дудченко, А. С. Козьяков, В. В. Кривенко. – Киев: Наукова думка, 1989. – 304 с. – Текст : непосредственный.

72. Евстратова, Л. П. Питательная ценность кормовой массы в зависимости от режима скашивания многолетних травостоев / Л. П. Евстратова, Г. В. Евсеева. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2020. – № 9. – С. 7 – 11.

73. Ерегин, А. В. Влияние систем удобрения и известкования на продуктивность полевого севооборота и агрохимические свойства дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в условиях Северного Нечерноземья : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Ерегин Александр Владимирович. – Москва, 2022. – 26 с. – Текст : непосредственный.

74. Ермаков, А. А. Обеспеченность почв Московской области подвижными соединениями микроэлементов (Cu, Zn, Mn) / А. А. Ермаков, Е. А. Карпова, В. А. Шохин. – Текст : непосредственный // Проблемы агрохимии и экологии. – 2014. – № 1. – С. 26 – 30.

75. Ермакова, Л. И. Оценка эффективности различных систем удобрения в полевом севообороте в Нечерноземной зоне / Л. И. Ермакова, М. Н. Новиков. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2019. – № 10. – С. 39 – 45.

76. Ермашин, Р. О. Способы ассимиляции азота растениями / Р. О. Ермашин. – Текст : непосредственный // Цифровая наука. – 2020. – № 8. – С. 43 – 46.

77. Жуйков, Д. В. Сера и микроэлементы в агроценозах (обзор) / Д. В. Жуйков. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – № 34 (11). – С. 32 – 42.

78. Завалин, А. А. Вклад биологического азота бобовых культур в азотный баланс земледелия России / А. А. Завалин, Г. Г. Благовещенская. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2012. – № 6. – С. 32 – 37.

79. Завалин, А. А. Вынос урожаем, баланс в почве и эффективность использования азота зерновыми культурами в смешанных и одновидовых агроценозах / А. А. Завалин, М. А. Алешин. – Текст : непосредственный // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 6. – С. 3 – 8.

80. Завалин, А. А. Оптимизация минерального питания и продуктивности растений при использовании биопрепаратов и удобрений / А. А. Завалин. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 5 (29) – С. 26 – 28.

81. Завалин, А. А. Экология азотфиксации / А. А. Завалин, О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева. – Москва : РАН, 2019. – 252 с. – ISBN 978-5-907036-03-1. – Текст : непосредственный.

82. Завьялова, Н. Е. Влияние минеральных удобрений и известкования на биологическую активность дерново-подзолистой почвы / Н. Е. Завьялова, Е. М. Митрофанова. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2008. – № 12. – С. 29 – 34.

83. Завьялова, Н. Е. Агроэкологическая оценка длительного применения возрастающих доз NPK в севообороте на дерново-подзолистой почве / Н. Е. Завьялова, А. Е. Леснов, Е. С. Дир. – Текст : непосредственный // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – № 3. – С. 44 – 49.

84. Зезин, Н. Н. Современное кормопроизводство Урала : монография / Н. Н. Зезин, А. Э. Панфилов, А. Е. Нагибин, М. А. Тормозин, М. А. Намятов, П. А. Постников, А. П. Колотов, Н. И. Казакова, А. А. Зырянцева, Е. Л. Тиханская; под общ. ред. Н. Н. Зезина и А. Э. Панфилова. – Екатеринбург : Уральский НИИСХ, 2018. – 265 с. – ISBN 978-5-6041218-3-2. – Текст : непосредственный.

85. Земляницына, С. В. Интенсификация возделывания клевера в различных климатических условиях / С. В. Земляницына, И. П. Земцова. – Текст : непосредственный // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 4. – С. 48 – 51.

86. Зинченко, М. К. Влияние известкования на численность эколого-трофических групп микроорганизмов в серой лесной почве / М. К. Зинченко, С. И. Зинченко. – Текст : непосредственный // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 7. – С. 43 – 47.

87. Зинченко, М. К. Ферментативная активность серой лесной почвы при различных приемах основной обработки / М. К. Зинченко, С. И. Зинченко. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 4. – С. 17 – 21.

88. Иванов, А. И. Влияние различных систем удобрения на микроэлементный состав дерново-подзолистой почвы / А. И. Иванов, П. А. Суханов, Е. А. Дымова, В. А. Воробьев. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2010. – № 12. – С. 3 – 9.

89. Ивенин, А. В. Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы и продуктивности клевера лугового в зависимости от уровня минерального питания на фоне последствия известкования в условиях юго-востока Волго-Вятского региона / А. В. Ивенин, А. П. Саков, Ю. А. Богомолова, Т. С. Бузынина. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро – Северо – Востока. – 2022. – № 23 (3). – С. 378 – 385.

90. Каменева, О. П. О комплексном использовании извести и минеральных удобрений при выращивании клевера лугового / О. П. Каменева. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2016. – № 4. – С. 105 – 111.

91. Капустин, Н. И. Влияние микроудобрения «Аквамикс-т» и ризоторфина на продуктивность козлятника восточного / Н. И. Капустин, А. Н. Налиухин, А. Г. Ладухин, Н. М. Соболева, Н. А. Ханова. – Текст : непосредственный // Агрохимический вестник. – 2007. – № 3. – С. 14 – 16.

92. Капустин, Н. И. Почвоулучшающее и продукционное значение клевера лугового в Северо-Западном регионе / Н. И. Капустин, Н. А. Медведева, М. Л. Прозорова. – Текст : непосредственный // Молочнохозяйственный вестник. – 2015. – № 2 (18). – С. 20 – 28.

93. Капустин, Н. И. Эффективность применения ризоторфина и различных доз азотных удобрений на многолетних бобовых травах / Н. И. Капустин, А. Н. Налиухин. – Текст : непосредственный // Наука – производству : сборник научных трудов. – Вологда – Молочное : ИЦ ВГМХА, 2006. – Т.3. – С. 163 – 168.

94. Кидин, В. В. Особенности питания и удобрения сельскохозяйственных культур : учебное пособие для студентов обучающихся по направлениям агрономического образования / В. В. Кидин. – М. : Российский государственный аграрный университет имени К. А. Тимирязева, 2009. – 412 с.– ISBN 978-5-9675-0300-9. – Текст : непосредственный.

95. Кирпичников, Н. А. Влияние биопрепаратов на урожайность и качество ячменя и клевера в зависимости от применения фосфорных и известковых удобрений / Н. А. Кирпичников, А. А. Волков. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 15 – 18.

96. Кирпичников, Н. А. Влияние фосфорных удобрений, известкования и биопрепаратов на растения ячменя и клевера / Н. А. Кирпичников, А. А. Волков, Л. Б. Чернышкова, А. П. Юрков, Л. М. Якоби, А. П. Кожемяков, А. А. Завалин. – Текст : непосредственный // Агрехимия. – 2012. – № 8. – С. 16 – 27.

97. Кирпичников, Н. А. Эффективность известковых и фосфорных удобрений при выращивании клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) на дерново-подзолистой суглинистой почве (по данным длительных полевых опытов) / Н. А. Кирпичников, С. П. Бижан. – Текст : непосредственный // Проблемы агрохимии и экологии. – 2018. – № 2. – С. 13 – 17.

98. Кирпичников, Н.А. Технологические приемы повышения эффективности фосфорных удобрений на дерново-подзолистых почвах Центрального Нечерноземья (по данным длительных полевых опытов) / Н. А. Кирпичников. – Текст : непосредственный // Агрехимия. – 2018. – № 1. – С. 61 – 71.

99. Ковальский, В. В. Микроэлементы в почвах СССР / В. В. Ковальский, Г. А. Андрианова. – Москва : Наука, 1970. – 179 с. – Текст : непосредственный.
100. Когут, Б. М. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России / Б. М. Когут. – Текст : непосредственный // Почвоведение. – 2012. – № 9. – С. 944 – 952.
101. Козырева, М. Ю. Симбиотическая активность посевов люцерны в зависимости от типа азотного питания / М. Ю. Козырева, Л. Ж. Басиева, А. Х. Козырев. – Текст : непосредственный // Таврический вестник аграрной науки. – 2020. – № 4 (24). – С. 72 – 80.
102. Кокорина, А. Л. Бобово-ризобиальный симбиоз и применение микробиологических препаратов комплексного действия – важный резерв повышения продуктивности пашни / А. Л. Кокорина, А. П. Кожемяков. – Санкт-Петербург : СПГАУ, 2010. – 50 с. – Текст : непосредственный.
103. Коломейченко, В. В. Растениеводство / В. В. Коломейченко. – Москва : Агробизнесцентр, 2007. – 600 с. – ISBN 978-5-902792-11-6. – Текст : непосредственный.
104. Колос АПК – Текст : электронный. – URL: www.apk-kolos.ru/klever-krasnyi/c339.html. (дата обращения 22.04.2022).
105. Комиссаров, В. В. Почвы Вологодской области, их рациональное использование и охрана: учебное пособие / В. В. Комиссаров. – Вологда : ВГПИ, 1987. – 76 с. – Текст : непосредственный.
106. Конова, А. М. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество многолетних трав / А. М. Конова, А. Ю. Гаврилова. – Текст : непосредственный // Новости науки в АПК. – 2019. – № 3 (12). – С. 373 – 376.
107. Конончук, В. В. Азотфиксация гороха сортов Немчиновской селекции в зависимости от удобрений на дерново-подзолистой почве Центрального Нечерноземья и вклад фиксированного азота в малый биологический круговорот / В. В. Конончук, В. Д. Штырхунов, Г. В. Благовещенский, С. М. Тимошенко, С. В. Соболев, Т. О. Назарова. – Текст : непосредственный // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2019. – № 2 (30). – С. 27 – 35.

108. Конончук, В. В. Влияние удобрений на урожайность и кормовые достоинства зернобобовых культур в Центральном Нечерноземье / В. В. Конончук, С. М. Тимошенко, Г. В. Благовещенский, В. Д. Штырхунов, С. В. Соболев, Т. О. Назарова. – Текст : непосредственный // Известия ТСХА. – 2019. – № 5. – С. 54 – 66.

109. Конончук, В. В. Предшественник и удобрение зерновых культур в севооборотах центрального Нечерноземья / В. В. Конончук, М.С. Гончаренко, М. В. Бородуля. – Текст : непосредственный // Агрохимический вестник. – 2013. – № 6. – С. 8 – 13.

110. Конончук, В. В. Эффективность и оптимизация систем удобрения в севооборотах с разной долей многолетних трав на дерново-подзолистой почве центра Нечерноземной зоны России / В. В. Конончук, В. Д. Штырхунов, Г. В. Благовещенский, С. М. Тимошенко, Т. О. Назарова. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2020. – № 7. – С. 36 – 46.

111. Корнилов, М. Ф. Известкование почв Северо-Западной зоны Нечерноземной полосы / М. Ф. Корнилов, Н. Л. Благовидов. – Ленинград, Москва : Сельхозгиз, 1955. – 215 с. – Текст : непосредственный.

112. Косолапов, В. М. Многофункциональное кормопроизводство России / В. М. Косолапов, И.А. Трофимов, Е.П. Яковлева. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2011. – № 10. – С. 3 – 5.

113. Косолапов, В. М. Перспективы развития кормопроизводства России / В. М. Косолапов. – Текст : непосредственный // Главный агроном. – 2009. – №2. – С. 3 – 12.

114. Кретович, В. Л. Молекулярные механизмы усвоения азота растениями / В. Л. Кретович, З. Г. Евстигнеева, Т. И. Карякина. – Москва : Наука, 1983. – 264 с. – Текст : непосредственный.

115. Крупин, Е. О. Жиры в кормлении высокопродуктивных коров : учебное пособие / Е. О. Крупин, Ш. К. Шакиров, Ф. С. Гибадуллина, М. Ш. Тагиров, М. Г. Нуртдинов, Н. Н. Хазипов, С. И. Чурин. – Казань : Центр инновационных технологий, 2013. – 108 с. – Текст : непосредственный.

116. Кудинова, Н. А. Влияние молочнокислых бактерий селективного действия на сохранность и питательность силоса / Н. А. Кудинова, А. В. Аристов. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2014. – № 9. – С. 38 – 40.

117. Кшникаткина, А. Н. Роль некорневых подкормок в повышении продуктивности клевера паннонского / А. Н. Кшникаткина, Г. Е. Гришин. – Текст : непосредственный // Нива Поволжья. – 2013. – № 3 (28). – С. 43 – 48.

118. Кшникаткина, А. Н. Урожайность семян клевера паннонского (*trifolium pannonicum jascq*) при различных режимах питания / А. Н. Кшникаткина, А. В. Семенчев. – Текст : непосредственный // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 2 (22). – С. 21 – 24.

119. Лазарев, Н. Н. Многолетние бобовые травы в Нечерноземье / Н. Н. Лазарев, А. Д. Прудников, Е. М. Куренкова, А. М. Стародубцева. – Москва : РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2017. – 262 с. – ISBN 978-5-905624-4-48-3.– Текст : непосредственный.

120. Лазарев, Н. Н. Симбиотическая фиксация азота многолетними бобовыми травами в луговых агрофитоценозах / Н. Н. Лазарев, О. В. Куренкова, С. М. Авдеев, Е. М. Куренкова, С. А. Дикарева. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 20 – 28.

121. Лазарева, Д. Н. Лекарственные растения Башкортостана : монография / Д. Н. Лазарева, Т. В. Моругова, Л. И. Самигуллина; под. общ. ред. Д. Н. Лазаревой. – Уфа, 2011. – 160 с. – Текст : непосредственный.

122. Лапа, В. В. Вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. В. Лапа, О. Г. Кулеш, М. С. Лопух. – Текст : непосредственный // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2. – С. 143 – 150.

123. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая : монография / В. В. Лапа, В. Н. Босак; под общ. ред. института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – 120 с. – Текст : непосредственный.

124. Лапа, В. В. Продуктивность и кормовая ценность зеленой массы клевера лугового на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. В. Лапа,

М. М. Ломонос, О. Г. Кулеш, М. С. Лопух, О. Л. Ломонос. – Текст : непосредственный // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2 (47). – С. 87 – 96.

125. Лапа, В. В. Роль уровня почвенной кислотности и условий питания изменении агрохимических свойств дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы / В. В. Лапа. – Текст : непосредственный // Почвоведение и агрохимия. – № 1 (54). – 2015. – С. 140 – 150.

126. Лапа, В. В. Справочник агрохимика : справочник / В. В. Лапа, Н. И. Смян, И. М. Богдевич, А. Ф. Черныш, М. В. Рак, А. Р. Цыганов, Г. С. Цытрон, Л. И. Шибут, В. Н. Босак, И. Р. Вильдфлуш, Г. В. Пироговская, Н. А. Михайловская, Т. М. Германович, Н. В. Клебанович, С. А. Касьянчик, Н. Н. Ивахненко, Т. Ф. Персикова, Г. М. Сафроновская, С. Е. Головатый, З. С. Ковалевич, Г. В. Слободницкая, Т. Н. Азаренок, В. А. Калюк; под общ. ред. В. В. Лапа. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 390 с. – Текст : непосредственный.

127. Лапинскас, Э. Б. Влияние кислотности на распространение и симбиотическую эффективность клубеньковых бактерий в почвах Литвы / Э. Б. Лапинскас. – Текст : непосредственный // Почвоведение. – 2007. – № 4. – С. 461 – 467.

128. Лапинскас, Э. Б. Влияние фосфорно-калийных удобрений на симбиотическую азотфиксацию *Rhizobium galegae* / Э. Б. Лапинскас, Л. П. Мотузене. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2007. – № 9. – С. 45 – 52.

129. Лисицын, П. И. Вопросы биологии красного клевера / П. И. Лисицын. – Москва : Сельхозгиз, 1947. – 343 с. – Текст : непосредственный.

130. Лисицын, П. И. Избранные сочинения в 2-х томах. Том 1. Красный клевер / П. И. Лисицын. – Москва : Сельхозгиз, 1951. – 320 с. – Текст : непосредственный.

131. Литвинович, А. В. Продолжительность действия известковых мелирантов в почвах и эффективность известкования / А. В. Литвинович, З. П. Небольсина. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2012. – № 10. – С. 79 – 94.

132. Лукашевич, Н. П. Технологии производства и заготовки кормов : практическое руководство / Н. П. Лукашевич, Н. Н. Зенькова. – Витебск : ВГАВМ, 2009. – 251 с. – ISBN 978-985-512-235-8. – Текст : непосредственный.

133. Лукин, С. В. Мониторинг содержания марганца, цинка и меди в почвах и растениях Центрально-Черноземного района России / С. В. Лукин, Д. В. Жуйков. – Текст : непосредственный // Почвоведение. – 2021. – № 1. – С. 60 – 69.

134. Лыскова, И. В. Продуктивность клевера лугового на дерново-подзолистой почве при различной обеспеченности подвижным фосфором и степени кислотности / И. В. Лыскова, Т. В. Лыскова, Ф. А. Попов. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро – Северо – Востока. – 2019. – Т. 20, № 4. – С. 368 – 377.

135. Маданов, П. В. Микроэлементы и микроудобрения в подзолистой зоне Русской равнины / П. В. Маданов, А. С. Фатьянов, Л. М. Войкин, В. П. Маданов. – Казань : Казанский университет, 1972. – 556 с. – Текст : непосредственный.

136. Мартянов, С. П. Урожайность культур и их кормовые качества в зерно-травяных севооборотах с различным насыщением бобовыми и мятликовыми травами : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Пермь, 1987. – 24 с.

137. Мельцаев, И. Г. Бобовые травы – основа кормопроизводства и повышения плодородия дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны / И. Г. Шрамко, И. Г. Мельцаев, Г. В. Вихорева. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2008. – № 3. – С. 1 – 4.

138. Мельцаев, И. Г. Севооборот и система обработки – основы повышения плодородия почв и урожайности в Верхневолжье : монография / И. Г. Мельцаев, С. И. Зинченко, С. Т. Эседуллаев, А. Э. Лощинина; под общ. ред. С. И. Зинченко. – Суздаль : ПреСсто, 2019. – 392 с. – Текст : непосредственный.

139. Мерзлая, Г. Е. Исследование устойчивости агроценозов при длительном применении удобрений на дерново-подзолистой почве / Г. Е. Мерзлая. – Текст : непосредственный // Почвоведение. – 2021. – № 3. – С. 355 – 362.

140. Методические указания по оценке качества и питательности кормов : Москва : ЦИНАО, 2002. – 76 с. – Текст : непосредственный.

141. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – Москва : ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, 1987. – 197 с. – Текст : непосредственный.

142. Минакова, О. А. Продуктивность однолетних трав и клевера при последствии удобрений в зернопаропропашном севообороте в ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Т. Н. Подвигина. – Текст : непосредственный // Агрехимия. – 2020. – № 8. – С. 30 – 36.

143. Митрофанова, Е. М. Влияние известкования на плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур / Е. М. Митрофанова. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 5. – С. 40 – 42.

144. Михальчук, С. Н. Влияние различных форм известковых мелиорантов на качество зеленой массы клевера / С. Н. Михальчук, Н. В. Михальчук, А. Н. Ажгиревич, Л. Н. Иовик. – Текст : непосредственный // Мелиорация. – 2019. – № 4 (90). – С. 37 – 44.

145. Мишустин, Е. Н. Азотный баланс в почвах СССР / Е. Н. Мишустин. – Текст : непосредственный // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – Москва : Наука, 1985. – С. 3 – 11.

146. Моисеев, А. А. Агрехимическая оценка симбиотического азота и минеральных удобрений на черноземах выщелоченных лесостепи Юга Нечерноземья : автореф. дис. ... д-ра. С.-х. наук : 06.01.04 / Моисеев Анатолий Андреевич. – Саранск, 2006. – 49 с. – Текст : непосредственный.

147. Моисеенко, И. Я. Повышение азотфиксирующей способности и симбиотического потенциала растений сои при известковании / И. Я. Моисеенко, О. А. Зайцева. – Текст : непосредственный // Агрехимический вестник. – 2009. – № 3. – С. 25 – 27.

148. Мотузко, Н. С. Получение молока высокого качества : монография / Н. С. Мотузко, В. И. Смунев, Н. П. Разумовский, О. Ф. Ганущенко, А. М.

Лапотентов; под общ. ред. Н. С. Мотузко. – Витебск : Учреждение образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины», 2019. – 223 с. – ISBN 978-985-591-079-5. – Текст : непосредственный.

149. Мухина, Н. А. Клевер / Н. А. Мухина, З. И. Шестиперова. – Ленинград : Колос, 1978. – 168 с. – Текст : непосредственный.

150. Мухина, Н. А. Кормовая база Нечерноземья / Н. А. Мухина, З. П. Шутова, Ю. И. Кириллов. – Ленинград : Колос, 1980. – 248 с. – Текст : непосредственный.

151. Найда, Н. М. Ботаника : учебное пособие / Н. М. Найда. – Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2021. – 319 с. – ISBN 978-5-604-5308-9-4. – Текст : непосредственный.

152. Налиухин, А. Н. Азотфиксация клевера лугового при применении удобрений и известковании / А. Н. Налиухин, А. А. Рыжакова. – Текст : непосредственный // Агрехимия. – 2021. – № 11. – С. 65 – 71.

153. Налиухин, А. Н. Влияние микроудобрения и ризоторфина на симбиотическую азотфиксацию и продуктивность козлятника восточного при выращивании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Налиухин Алексей Николаевич. – Москва, 2008. – 18 с. – Текст : непосредственный.

154. Налиухин, А. Н. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистой почвы и продуктивности зернотравяного севооборота в зависимости от баланса питательных веществ / А. Н. Налиухин, А. В. Ерегин, Д. В. Демидов, Ю. Е. Гусева, А. А. Хрунов. – Текст : непосредственный // Агрехимия. – 2023. – № 1. – С. 3 – 12.

155. Налиухин, А. Н. Определение потребности в применении борных и цинковых микроудобрений под лён-долгунец в Вологодской области / А. Н. Налиухин, Н. В. Веденева. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2012. – № 1. – С. 13 – 14.

156. Налиухин, А. Н. Последствие биомодифицированных органоминеральных удобрений на агродерново-подзолистой почве / А. Н. Налиухин, О.

А. Власова, А.В. Ерегин, Д. А. Белозеров, А. А. Рыжакова, А. В. Рябков, О. В. Силуянова, В. А. Буслаев, Д. А. Нинкин. – Текст : непосредственный // Молочнохозяйственный вестник. – 2020. – № 2 (38). – С. 66 – 79.

157. Налиухин, А. Н. Продуктивность полевого севооборота при различных системах удобрения и известкования / А. Н. Налиухин, О. А. Власова, А. В. Ерегин, Д. А. Белозеров, А. А. Рыжакова, А. В. Рябков // Плодородие, 2020 . - № 4 (115). – С. 30-34.

158. Налиухин, А. Н. Почвы опытного поля ВГМХА имени Н. В. Верещагина и их агрохимическая характеристика / А. Н. Налиухин, О. В. Чухина, О. А. Власова. – Текст : непосредственный // Молочнохозяйственный вестник. – 2015. – № 3 (19). – С. 35 – 46.

159. Налиухин, А. Н. Влияние различных систем удобрения и известкования на урожайность и химический состав клевера лугового / А. Н. Налиухин, А. А. Смирнова. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2024. – № 4 (139). – С. 23 – 26.

160. Налиухин, А. Н. Эффективность применения микроэлементного комплекса Аквамикс-Т при возделывании козлятника восточного в Северной части Нечерноземной зоны России / А. Н. Налиухин, Ю. В. Лактионов. – Текст : непосредственный // Земледелие. – 2015. – № 2. – С. 25-27.

161. Нарушева, Е. А. Биологические и биохимические основы плодородия почв : краткий курс лекций для аспирантов направления подготовки «Сельское хозяйство» / Е. А. Нарушева. – Саратов : ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2014. – 78 с. – Текст : непосредственный.

162. Наумкин, В. Н. Региональное растениеводство / В. Н. Наумкин : учебное пособие / В. Н. Наумкин, А. С. Ступин, А. Н. Крюков. – Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 440 с. – ISBN 978-5-8114-2300-2. – Текст : непосредственный.

163. Небольсин, А. Н. Известкование почв (результаты 50-летних полевых опытов) / А. Н. Небольсин, З. П. Небольсина. – Санкт-Петербург : Ленинградский

научно-исследовательский институт сельского хозяйства «Белогорка», 2010. – 254 с. – Текст : непосредственный.

164. Никитишен, В. И. Фосфатмобилизирующая способность клевера при использовании почвенного фосфора культурами севооборота / В. И. Никитишен, В. И. Личко. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2007. – № 6. – С. 2 – 4.

165. Новоселов, М. Ю. Клевер луговой (*Trifolium pratense* (L.)) / М. Ю. Новоселов. – Текст : непосредственный // Основные виды и сорта кормовых культур. – Москва : Наука, 2015. – С. 22 – 73.

166. Новоселов, М. Ю. Применение внекорневой подкормки азотом и инокуляции для повышения семенной продуктивности клевера лугового / М. Ю. Новоселов, Г. П. Зятчина, Л. В. Дробышева, А. А. Однорова. – Текст : непосредственный // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – 2018. – № 17 (65). – С. 47 – 52.

167. Новоселова, А. С. Селекция и семеноводство клевера / А. С. Новоселова. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 199 с. – Текст: непосредственный.

168. Овчаренко, М. М. Приемы повышения плодородия почв (известкование, фосфоритование, гипсование): научно-методические рекомендации / М. М. Овчаренко Р. В. Некрасов Н. И. Аканова П. В. Прудников, А. И. Осипов. – Москва : ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 116 с.– ISBN 978-5-7367-1616-6. – Текст : непосредственный.

169. Окорков, В. В. Влияние удобрений на урожай сена трав 1-го года пользования и симбиотическую азотфиксацию на серых лесных почвах Ополья / В. В. Окорков, О. А. Фенова, Л. А. Окоркова. – Текст : непосредственный // Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье : сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования Владимирского НИИСХ Россельхозакадемии. – Суздаль : ПресСто, 2013. – Т. 1. – С. 255 – 267.

170. Окорков, В. В. Особенности удобрения многолетних бобово-злаковых трав азотом на серых лесных почвах ополья / В. В. Окорков. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2008. – № 5. – С. 11 – 20.

171. Олехов, В. Р. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожайность и показатели качества зерна ячменя / В. Р. Олехов, И. С. Тетерлев. – Текст : непосредственный // Пермский аграрный вестник. – 2019. – № 4 (28). – С. 59 – 63.

172. ОСТ 10-106–87. Опыты полевые с удобрениями. Порядок проведения. – Москва : Госагропром СССР, 1987. – 46 с. – Текст : непосредственный.

173. Панасин, В. И. Обеспеченность почв микроэлементами и эффективность применения микроудобрений в Калининградской области / В. И. Панасин, Д. А. Рымаренко. – Текст : непосредственный // Известия КГТУ. – 2017. – № 44. – С. 183 – 191.

174. Панин, М. С. Закономерности содержания, распределения и варьирования микроэлементов меди и кобальта в почвах, растениях и водоисточниках. Семипалатинская обл. : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 532 / Панин, Михаил Семенович. – Алма-Ата, 1969. – 39 с. – Текст : непосредственный.

175. Панников, В. Д. Почва, климат, удобрение и урожай / В. Д. Панников, В. Г. Минеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1987. – 512 с. – Текст : непосредственный.

176. Парахин, Н. В. Сельскохозяйственные аспекты симбиотической азотфиксации / Н. В. Парахин, С. Н. Петрова. – Москва : КолосС, 2006. – 152 с. – ISBN 5-9532-0174-5. – Текст : непосредственный.

177. Перекрестов, Н. В. Основы сельскохозяйственного производства : учебное пособие / Н. В. Перекрестов. – Волгоград : ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2017. – 124 с. – Текст : непосредственный.

178. Переправо, Н. И. Особенности семеноводства и семеноведения тетраплоидных сортов клевера лугового / Н. И. Переправо, С. В. Пилипко, В. И. Карпин, Т. В. Козлова. – Текст : непосредственный // Адаптивное кормопроизводство. – 2012. – № 1 (9). – С. 31 – 37.

179. Персикова, Т. Ф. Биологический азот в земледелии Беларуси : монография / Т. Ф. Персикова, А. Р. Цыганова, И. Р. Вильдфлуш; под общ. ред. Т.

Ф. Персиковой. – Минск : Белорусское издательство Товарищество «Хата», 2003. – 237 с. – Текст : непосредственный.

180. Персикова, Т. Ф. Продуктивность бобовых культур при локальном внесении удобрений : монография / Т. Ф. Персикова; под общ. ред. Т. Ф. Персиковой. – Горки : Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2002. – 204 с. – ISBN 985-467-059-7– Текст : непосредственный.

181. Петренко, В. И. Агротехника семеноводства многолетних бобовых трав : рекомендации / В. И. Петренко, В. Р. Кажарский. – Горки: БГСХА, 2016. – 60 с. – Текст : непосредственный.

182. Приемы повышения устойчивости озимой пшеницы и клевера против неблагоприятных условий внешней среды : сборник статей. – Киев : Изд-во Академии наук УССР, 1954. – 156 с. – Текст : непосредственный.

183. Пироговская, Г. В. Влияние новых форм жидких и твердых минеральных удобрений на продуктивность и показатели качества злаковых, бобово-злаковых травосмесей и люцерны на дерново-подзолистых почвах / Г. В. Пироговская, С. С. Хмелевский, В. И. Сороко, И. Н. Хатулев, О. И. Исаева, И. Н. Шкаленко, Ю. А. Артюх, А. Г. Ганусевич, О. А. Белоус. – Текст : непосредственный // Почвоведение и агрохимия. – 2019. – № 1 (62). – С. 133 – 157.

184. Попова, Е. В. Изучение биологических особенностей клевера красноватого (*Trifolium rubens* L.), как объекта интродукции, в условиях Волго-Вятского региона / Е. В. Попова, Е. Г. Арзамасова, М. Н. Грипась. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро – Северо – Востока. – 2020. – № 21 (6). – С. 668 – 679.

185. Попова, Е. В. Эффективность водорастворимого удобрения Аквамикс при выращивании клевера лугового / Е. В. Попова, В. М. Перьков. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2019. – № 4 (60). – С. 105 – 110.

186. Попова, Г. В. Эффективность комплексной подкормки при выращивании клевера лугового в условиях Костромской области / Г. В. Попова,

В. М. Перьков. – Текст : непосредственный // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 3 (60). – С. 22 – 27.

187. Постников, П. А. Продуктивность клевера в полевых севооборотах / П. А. Постников, В. В. Попова. – Текст : непосредственный // Пермский аграрный вестник. – № 2 (6). – 2014. – С. 29 – 34.

188. Постников, П. А. Сохранение плодородия почвы через биологизацию земледелия / П. А. Постников. – Текст : непосредственный // АПК России. – 2017. – № 5 (24). – С. 1128 – 1133.

189. Посыпанов, Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха / Г. С. Посыпанов. – Москва : Агропромиздат, 1991. – 300 с. – Текст : непосредственный.

190. Прошкин, В. А. Сравнительная эффективность минеральных удобрений на различных почвах / В. А. Прошкин, А. П. Смирнов. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 1994. – №5. – С. 35 – 39.

191. Прудников, А. Д. Направления повышения урожайности кормовых культур и качества кормов в Нечерноземной Зоне России / А. Д. Прудников, А. Г. Прудникова, А. Ю. Коржов, Е. А. Савина. – Текст : непосредственный // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 11. – С. 53 – 55.

192. Прянишников, Д. Н. Азот в жизни растений и в земледелии СССР / Д. Н. Прянишников. – Москва : АН СССР, 1945. – 199 с. – Текст : непосредственный.

193. Прянишников, Д. Н. Избранные сочинения. Азот в жизни растений и земледелии / Д. Н. Прянишников. – Москва : Сельхозгиз, 1953. – 520 с. – Текст : непосредственный.

194. Рыжакова, А. А. Влияние различных систем удобрения на урожайность и кормовую ценность клевера лугового / А. А. Рыжакова, Т. Н. Ипаткова, И. В. Горбунов // В сборнике «Оптимальное питание растений и восстановление плодородия почв в условиях ведения традиционной и органической систем земледелия», 2019. – С. 123-127

195. Рыжакова, А. А. Влияние систем удобрения на урожайность и питательную ценность клевера лугового при возделывании на дерново-

подзолистой почве / Рыжакова А. А. // В сборнике «Современные аспекты развития АПК. Труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений», 2019.–С. 7-13.

196. Рыжакова, А. А. Влияние систем удобрения на продуктивность клевера лугового при возделывании на дерново-подзолистой почве / А. А. Рыжакова, А. Н. Налиухин // В сборнике: «Молодые исследователи - развитию молочнохозяйственной отрасли». Часть 2, 2018. – С. 28-32.

197. Рыжакова, А. А. Известкование и эффективность удобрений в севооборотах с клевером / А. А. Рыжакова // в сборнике «Основные направления и современные подходы в агрохимической науке», 2021. – С. 46-50.

198. Ренгартен, Г. А. Биологизация почвы и удобрения в севообороте / Г. А. Ренгартен, С. Л. Коробицын. – Текст : непосредственный // Проблемы агрохимии и экологии – от плодородия к качеству почвы. – 2021. – С. 153 – 156.

199. Ржанова, Е. И. Онтогенез клевера / Е. И. Ржанова. – Текст : непосредственный // Культурная флора. Многолетние бобовые травы. – Москва, 1993. – С. 151 – 160.

200. Романенко, Л. В. Оптимизация кормления высокопродуктивных голштиinizированных коров черно-пестрой породы / Л. В. Романенко, В. И. Волгин, З. Л. Федорова. – Текст : непосредственный // Генетика и разведение животных. – 2014. – № 2. –С. 47 – 53.

201. Рыбак, В. Н. Приемы повышения устойчивости озимой пшеницы и клевера против неблагоприятных условий внешней среды / В. Н. Рыбак. – Киев : Академия наук УССР, 1954. – 156 с. – Текст : непосредственный.

202. Рыженко, О. В. Кормопроизводство на Дальнем Востоке России : учебное пособие / О. В. Рыженко. – Уссурийск: ФГБОУ ВПО Приморская ГСХА, 2012. – 188 с. – Текст : непосредственный.

203. Рядчиков, В. Г. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных : учебно-практическое пособие / В. Г. Рядчиков. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – 328 с. – Текст : непосредственный.

204. Савич, В. И. Взаимодействие подзолистых почв разной степени гидроморфности с известью / В. И. Савич, Е. В. Трубицина. – Текст : непосредственный // Известия ТСХА. – 1981. – № 6. – С. 34 – 39.

205. Сапрыкин, С. В. Селекция клевера лугового для условий южной лесостепи и пойм Центрального Черноземья / С. В. Сапрыкин, И. С. Иванов, Р. М. Лабинская, Н. В. Сапрыкина, В. П. Ульянцева, А. В. Чекмарева. – Текст : непосредственный // Адаптивное кормопроизводство. – 2019. – № 3. – С. 55 – 57.

206. Светлакова, Е. В. Изменение продуктивности севооборота и плодородия дерново-подзолистой почвы при длительном применении минеральных удобрений / Е. В. Светлакова, А. В. Пасынков. – Текст : непосредственный // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 1. – С. 10 – 15.

207. Свечников, А. К. Накопление пожнивно-корневых остатков и питательных элементов в кормовых севооборотах / А. К. Свечников. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2019. – № 20 (6). – С. 613 – 622.

208. Свирина, В. А. Азотный режим и биологическая активность почвы под влиянием известкования и удобрений / В. А. Свирина, О.А. Артюхова. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 3 – 6.

209. Сергеев, П. А. Клевер / П. А. Сергеев, С. С. Шаин, А. М. Константинова. – Москва : Сельхозиздат, 1963. – 423 с. – Текст : непосредственный.

210. Сеницина, Н. И. Агроклиматология / Н. И. Сеницина, И. А. Гольцберг, Э. А. Струнников. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 344 с. – Текст : непосредственный.

211. Соколов, О. А. Роль симбиотического азота и устойчивость его циклов при выращивании многолетних трав на склоне / О. А. Соколов, Н. Я. Шмырева, А. А. Завалин, В. А. Черников. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2016. – № 1. – С. 50 – 52.

212. Сопина, Н. А. Рост и развитие клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) / Н. А. Сопина, В. И. Чернявских, Е. В. Думачева. – Текст : непосредственный // *Innovations in life sciences*. – 2022. – С. 138 – 140.

213. Сороко, В. И. Влияние систем удобрения на урожайность бобово-злаковой травосмеси на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве / В. И. Сороко, Г. В. Пироговская. – Текст : непосредственный // *Почвоведение и агрохимия*. – 2016. – № 1 (56). – С. 153 – 168.

214. Спиридонов, А. М. Урожайность и качество травостоев сортов клевера лугового на Северо-Западе России / А. М. Спиридонов. – Текст : непосредственный // *Аграрная Россия*. – 2021. – № 10. – С. 8 – 11.

215. Станков, Н. З. Корневая система полевых культур / Н. З. Станков. – Москва : Колос, 1964. – 280 с. – Текст : непосредственный.

216. Сыренжапова, А. С. Биохимические показатели качества сельскохозяйственной продукции : учебное пособие / А. С. Сыренжапова, Ю. Н. Рузавин. – Улан-Удэ : БГСХА имени В. Р. Филиппова, 2019. – 116 с. – Текст : непосредственный.

217. Сычев, В. Г. Исследование динамики и баланса гумуса при длительном применении систем удобрения на основных типах почв / В. Г. Сычев, Л. К. Шевцова, Г. Е. Мерзлая. – Текст : непосредственный // *Агрохимия*. – 2018. – № 2. – С. 3 – 21.

218. Сычев, В. Г. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов Географической сети России / В. Г. Сычев, А. Н. Налиухин, Л. К. Шевцова, О.В. Рухович, М.В. Беличенко. – Текст : непосредственный // *Почвоведение*. – 2020. – № 12. – С. 1521 – 1536.

219. Танифа, В. В. Система кормления коров с продуктивностью 7-8 тыс. кг молока, обеспечивающая здоровье животных и повышение молочной продуктивности на 3 – 5 % : рекомендации / В. В. Танифа, Н. С. Муратова, В. И. Муратов. – Ярославль : ГНУ ЯНИИЖК, 2010. – 29 с. – Текст : непосредственный.

220. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Вологодской области – Текст : электронный. – URL: <https://vologdastat.gks.ru>. (дата обращения 26.10.2023).

221. Ториков, В. Е. Практикум по луговому кормопроизводству : учебное пособие / В. Е. Ториков, Н. М. Белоус. – Санкт-Петербург : Лань, 2020. – 264 с. – ISBN 978-5-8114-6354-1. – Текст : непосредственный.

222. Трепачев, Е. П. Агрохимические аспекты биологического азота в современном земледелии / Е. П. Трепачев. – Москва : Агроконсалт, 1999. – 532 с. – Текст : непосредственный.

223. Трепачев, Е. П. Значение биологического и минерального азота в проблеме белка / Е. П. Трепачев. – Текст : непосредственный // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – Москва : Наука, 1985. – С. 27 – 37.

224. Трепачев, Е. П. О методах исследования азотфиксирующей способности бобовых культур / Е. П. Трепачев. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 1981. – № 12. – С. 129 – 141.

225. Трепачев, Е. П. К вопросу об отношении клевера лугового к кислотности дерново-подзолистых почвы, фосфатному уровню и отзывчивости на фосфорное удобрение / Е. П. Трепачев, Н. А. Кирпичников, М. С. Ягодина. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 1989. – № 2. – С. 59 – 69.

226. Трофимов, И. Т. Отношение сельскохозяйственных культур к почвенной кислотности и повышение их продуктивности / И. Т. Трофимов, Л. А. Трофимов. – Текст : непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 2 (22). – С. 20 – 24.

227. Трузина, Л. А. Козлятник восточный – ценное кормовое сырье / Л. А. Трузина, В. П. Клименко, А. Артеменкова. – Текст : непосредственный // Животноводство России. – 2014. – № 8. – С. 63 – 65.

228. Тумасова, М. И. Перспективная ресурсосберегающая технология производства семян клевера для Северного региона Нечерноземной зоны России : методические рекомендации / М. И. Тумасова, М. Н. Грипась, Е. Г. Арзамасова, Е. В. Попова, Л. М. Козлова, А. И. Буркова, О. Л. Онучина, Т. П. Градобоева, И. А.

Филатова; под общ. ред. М. И. Тумасовой. – Киров: ФГБНУ НИИСХ Северо-Востока, 2015. – 72 с. – Текст : непосредственный.

229. Тюлин, В. А. Многолетние бобовые травы в агроландшафтах Нечерноземья : монография / В. А. Тюлин, Н. Н. Лазарев, Н. Н. Иванова, Д. А. Вагунин. – Тверь : Тверская ГСХА, 2014. – 234 с. – ISBN 978-5-91488-108-2. – Текст : непосредственный.

230. Фадякина, И. С. Влияние последствий различных систем удобрений на микроэлементный состав почвы и зерна озимой пшеницы в условиях Приморского края / И. С. Фадякина. – Текст : непосредственный // Самарский научный вестник. – 2019. – Т. 8. – № 1 (26). – С. 124 – 129.

231. Фарниев, А. Т. Симбиотическая деятельность посевов донника желтого в зависимости от уровня минерального питания / А. Т. Фарниев, П. В. Алборова. – Текст : непосредственный // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2010. – № 1 (47). – С. 11 – 13.

232. Федосеев, А. П. Погода и эффективность удобрений / А. П. Федосеев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – 144 с. – Текст : непосредственный.

233. Фирсов, И. П. Технология растениеводства : учебное пособие / И. П. Фирсов, А. М. Соловьёв, М. Ф. Трифонова. – Москва : КолосС, 2006. – 438 с. – ISBN 5-9532-0190-7. – Текст : непосредственный.

234. Фоменко, П. А. Химический состав и питательность кормов Вологодской области за 2021 год / П. А. Фоменко, И. В. Гусаров, Е. В. Богатырева. – Вологда : Вологодский научный центр РАН, 2022. – 31 с. – ISBN 978-5-93299-528-0. – Текст : непосредственный.

235. Хатулев, И. Н. Влияние некорневых подкормок удобрениями жидкими комплексными с добавками микроэлементов на урожайность и качество многолетних бобово-злаковых травостоев на дерново-подзолистой глеевой легкосуглинистой почве / И. Н. Хатулев, Г. В. Пироговская. – Текст : непосредственный // Почвоведение и агрохимия. – 2013. – № 2 (51). – С. 245 – 260.

236. Хворова, Л. А. Подходы к описанию симбиотической азотфиксации. Часть 1. Анализ и выделение перечня факторов с оценкой их приоритетности / Л. А. Хворова, А. Г. Топаж, А. В. Абрамова, К. Г. Неупокоева. – Текст : непосредственный // Известия Алтайского государственного университета. – 2015. – № 1 (85). – С. 187 – 191.

237. Ходырев, И. А. Некоторые особенности формирования урожая люцерны в сравнении с клевером на дерново-подзолистой почве при разных дозах извести : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.09 / Ходырев Иван Александрович. – Пермь, 1976. – 158 с. – Текст : непосредственный.

238. Хомченко, А. А. Влияние извести и минеральных удобрений на агрохимические свойства и продуктивность дерново-подзолистой почвы / А. А. Хомченко, Н. В. Булатова, Н. Т. Чеботарев. – Текст : непосредственный // Земледелие. – 2016. – № 6. – С. 28 – 30.

239. Цагараева, Э. А. Биологический потенциал бобовых растений и проблемы его эффективного использования в условиях Центрального Предкавказья : автореф. дис. ... докт. биол. наук : 03.02.14 / Цагараева Элеонора Александровна. – Владикавказ, 2014. – 46 с. – Текст : непосредственный.

240. Чеботарев, Н. Т. Влияние минеральных удобрений и известкования на свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность бобово-злаковой травосмеси в условиях Республики Коми / Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22 (3). – С. 385 – 392.

241. Чеботарев, Н. Т. Закономерности изменения плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под влиянием комплексного применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте / Н. Т. Чеботарев, Н. В. Булатова, А. А. Юдин. – Текст : непосредственный // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013 – 2020 гг. : материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений – участников Географической сети опытов с удобрениями, Москва, 16 – 17 апреля 2018 года ; Под ред. акад.

РАН В. Г. Сычева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. – С. 333 – 347.

242. Чеботарев, Н. Т. Эффективность комплексного применения удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве в условиях среднетаежной зоны Евро-Северо-Востока / Н. Т. Чеботарев. – Текст : непосредственный // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2017. – № 4. – С. 33 – 38.

243. Чухина, О. В. Новые кормовые культуры для Северного и Северо-Западного регионов России: учебное пособие / О. В. Чухина, Н. И. Капустин, – Вологда : ВГМХА, 2014. – 176 с. – ISBN 978-5-98076-176-9. – Текст : непосредственный.

244. Чухина, О. В. Сравнительная оценка продуктивности различных сортов клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) в Вологодской области / О. В. Чухина, А. Н. Кулиничева, В. В. Ганичева, А. И. Демидова, К. А. Усова, Е. И. Куликова. – Текст : непосредственный // Молочнохозяйственный вестник. – 2020. – № 3 (39). – С. 94 – 108.

245. Шабаев, В. П. Роль биологического азота в системе «почва – растение» при внесении ризосферных микроорганизмов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.04 / Шабаев Валерий Павлович. – Москва, 2004. – 45 с. – Текст : непосредственный.

246. Шабаев, В. П. Роль биологического азота в системе «Почва-растение» при внесении ризосферных микроорганизмов : дис. ... д-ра биол. наук : 06.01.04 / Шабаев Валерий Павлович. – Пущино, 2004. – 453 с. – Текст : непосредственный.

247. Шайтанов, О. Л. Многолетние клевера эффективно очищают почву от грибной инфекции / О. Л. Шайтанов, М. И. Хуснуллин, Р. А. Шурхно. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2008. – № 2. – С. 16 – 19.

248. Шапошников, А. И. Взаимодействие ризосферных бактерий с растениями: механизмы образования и факторы эффективности ассоциативных симбиозов / А. И. Шапошников. – Текст : непосредственный // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 16 – 22.

249. Шатилов, И. С. Теневыносливость клевера красного при разном уровне плодородия почвы / И. С. Шатилов. – Текст : непосредственный // Доклады ТСХА. – № 46. – Москва : ТСХА, 1959. – С. 83 – 89.

250. Шатилов, И. С. Засухоустойчивость и теневыносливость клевера красного в первые фазы роста / И. С. Шатилов. – Текст : непосредственный // Доклады ТСХА. – № 19. – Москва : ТСХА, 1954. – С. 69 – 72.

251. Шевцова, Л. К. Структура баланса углерода и биоэнергетическая оценка его компонентов в агроценозах длительных полевых опытов / Л. К. Шевцова, В. А. Романенков, Г. В. Благовещенский, К. П. Хайдуков, С. О. Канзываа. – Текст : непосредственный // Агрохимия. – 2015. – № 12. – С. 65 – 75.

252. Шевченко, В. А. Динамика содержания микроэлементов в почве при освоении малопродуктивных залежных земель Верхневолжья / В. А. Шевченко, Н. П. Попова, А. М. Соловьев. – Текст : непосредственный // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 5 – 15.

253. Шеуджен, А. Х. Поступление тяжелых металлов с минеральными удобрениями и прогноз их накопления в черноземе выщелоченном Западного Кавказа / А. Х. Шеуджен, И. А. Лебедевский, Х. Д. Хурум. – Текст : непосредственный // Аграрный вестник Урала. – 2010. – № 4 (70). – С. 81 – 82.

254. Шильников, И. А. Итоги исследований по известкованию почв и задачи на 2001-2005 годы / И. А. Шильников, Н. И. Аканова, М. В. Никифорова. – Текст : непосредственный // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д. Н. Прянишникова. – 2001. – № 115. – С. 87 – 90.

255. Шильников, И. А. Известкование почв / И. А. Шильников, Л. А. Лебедева. – Москва : ВО Агропромиздат, 1987 – 172 с. Текст : непосредственный.

256. Шпаар, Д. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко, Г. Крацш, В. Крахт, Н. Маковски, А. Постников, Г. Тарануха, П. Шуманн, В. Щербаков, Ф. Элмер, К. Ястер. – Минск : ФУАинформ, 2000. – 264 с. – ISBN 985-6564-18-2. – Текст : непосредственный.

257. Шпаков, А. С. Кормовые культуры в системах земледелия и севооборотах / А. С. Шпаков. – Москва : ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 399 с. – ISBN 5-7367-0471-4. – Текст : непосредственный.

258. Шрамко, Н. В. Бобовые травы – основа кормопроизводства и повышения плодородия дерново-подзолистых почв нечерноземной зоны / Н. В. Шрамко, И. Г. Мельцаев, Г. В. Вихорева. – Текст : непосредственный // Кормопроизводство. – 2008. – № 3. – С. 2 – 4.

259. Шрамко, Н. В. Роль биологизированных севооборотов в изменении содержания гумуса в дерново-подзолистых почвах Верхневолжья / Н. В. Шрамко, Г. В. Вихорева. – Текст : непосредственный // Земледелие. – 2016. – № 1. – С. 14 – 16.

260. Эседуллаев, С. Т. Многолетние травы и их смеси – важнейший фактор повышения плодородия почв и продуктивности пашни в Верхневолжье / С. Т. Эседуллаев. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2022. – № 6. – С. 59 – 63.

261. Эседуллаев, С. Т. Особенности аккумуляции азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах в Верхневолжье / С. Т. Эседуллаев, Н. В. Шмелева. – Текст : непосредственный // Плодородие. – 2016. – № 6 (93). – С. 16 – 18.

262. Ямалтдинова, В. Р. Влияние систем удобрений на продуктивность полевого севооборота и свойства дерново-мелкоподзолистой тяжелосуглинистой почвы Вятско-Камской земледельческой провинции : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / Ямалтдинова Венера Рафхатовна. – Пермь : ФГБОУ ВПО «Пермская ГСХА им. Д. Н. Прянишникова, 2011. – 18 с. – Текст : непосредственный.

263. Andrews, M. Specificity in Legume-Rhizobia Symbioses / M. Andrews, M. E. Andrews. – Text : direct // International Journal of Molecular Sciences. – 2017. – № 18 (4). – P. 705.

264. Baikalova, L. P. Evaluation of long-term pasture chemical composition and productivity / L. P. Baikalova, I. A. Gorbachev, Yu. F. Yedimeichev, A. I. Mashanov,

S. G. Smolin, N. A. Tabakov. – Text : direct // Iop Conference: Earth and Environmental Science. – 2020. – Tom 421. – 52020 p.

265. Barrientos, D. La acidez del suelo y su efecto sobre la fijacion simbiotica de nitrogeno en leguminosas forrajeras / D. Barrientos, Leticia, Campillo R. u. a. – Text : direct // Agricultura Tecnica (Chile). – 1994. – V. 54. – № 2. – P. 118 – 123.

266. Bodil, E. M. Red clover increases micronutrient concentrations in red clover / E. M. Bodil, Lindström, E. Bodil, A. Frankow – Lindberg, A. Christine, Watson, M. Wivstad. – Text : direct // Field Crops Research. – 2014. – V. 169. – P. 99 – 106.

267. Brockwell, J. Soil pH is a major determinant of the numbers of naturally occurring *Rhizobium meliloti* in non – cultivated soils in central New South Wales [*Medicago species*] / J. Brockwell, A. Pilka, R. A. Holliday. – Text : direct // Austral. J. Exp. Agric. – 1991. – Vol. 31. – P. 211 – 219.

268. Büchi, L. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland /L. Büchi, C – A. Gebhard, F. Liebisch, S. Sinaj, H. Ramseier, R. Charles. – Text : direct // Plant and Soil. – 2015. – № 393 (1). – P. 1 – 13.

269. Chen, B. D. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in a calcareous soil spiked with various quantities of zinc / B. D. Chen, X. L. Li, H. Q. Tao, P. Christie, M. H. Wong. – Text : direct / Advances in Agronomy. – 2002. – V. 77. – P. 185 – 268.

270. Dalibor, T. The impact of soil liming on the productivity of grass-legume mixture of red clover (*Trifolium Pratense L.*) and italian ryegrass (*Lolium Italicum L.*) / T. Dalibor, S. Vladeta, D. Dragan, L. Dorde. – Text : direct // Acta Agriculturae Serbica. – 2012. – Vol. XVII. – № 33. – C. 21 – 29.

271. Fageria, N. K. Micronutrients in Crop Production / N. K Fageria, V. C. Baligar, R. B. Clark. – Text : direct // Production Advances in Agronomy. – 2002. – № 77. – P. 185 – 268.

272. Flis, S. E. The interaction between aluminum and root nodule bacteria / S. E. Flis, A. R. Glenn, M. J. Dilworth. – Text : direct // Soil Biol. Biochem. – 1993. – № 25. – C. 403 – 417.

273. Jing, S. Review of seed yield components and pollination conditions in red clover (*Trifolium pratense* L.) seed production / S. Jing, P. Kryger, B. Boelt. – Text : direct // *Euphytica*. – 2021. – V. 217. – Iss. 4. – № 69. – P. 1 – 12.

274. Jing, S. Seed production of red clover (*Trifolium pratense* L.) under Danish field conditions / S. Jing, B. Boelt. – Text : direct // *Agriculture*. – 2021. – № 11 (1289). – P. 1 – 14.

275. Haynes, R. J. Effects of liming on phosphate availability in acid soils : a critical review / R. J. Haynes. – Text : direct // *Plant and Soil*. – 1982. – № 68. – P. 289 – 308.

276. Kendal, W. A. The persistence of red clover and carbohydrate concentration in the roots at various temperatures / W. A. Kendal. – Text : direct // *Agronomy Journal*. – 1958. – V. 50. – P. 657 – 659.

277. Kenna, P. The use of red clover (*Trifolium pratense*) in soil fertility – building : a review / P. Kenna, N. Cannon, J. Conway, J. Dooley. – Text : direct // *Field Crops Research*. – 2018. – V. 221. – P. 38 – 39.

278. Kopycinska, M. Extracellular polysaccharide protects *Rhizobium leguminosarum* cells against zinc stress in vitro and during symbiosis with clover / M. Kopycinska, P. Lipa, J. Ciesla, M. Koziei, M. Janczarek. – Text : direct // *Environmental Microbiology Reports*. – 2018. – V. 10 (3). – P. 355 – 368.

279. Ledgard, S.F. Biological nitrogen-fixation in mixed legume grass pastures / S.F. Ledgard, K.W. Steele. – Text : direct // *Plant Soil*. – 1992. – № 141. – P. 137 – 153.

280. Li, Y. Intercropping alleviates the inhibitory effect of N fertilization on nodulation and symbiotic N₂ fixation of faba bean / Y. Li, C. Yu, X. Cheng, C. Li, J. Sun, F. Zhang, H. Lambers, L. Li. – Text : direct // *Plant and Soil*. – 2009. – V. 323 (1/2). – P. 295 – 308.

281. Mantovi, P. Accumulation of copper and zinc from liquid manure in agricultural soils and crop plants / P. Mantovi, G. Bonazzi, E. Maestri, N. Marmioli. – Text : direct // *Plant and Soil*. – 2003. – V. 250. – P. 249 – 257.

282. Migliorati, M. A. Legume pastures can reduce N₂O emissions intensity in subtropical cereal cropping systems / M. A. Migliorati, M. Bell, P. R. Grace, C. Scheer,

D. W. Rowlings, S. Liu. – Text : direct // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2015. – V. 204. – P. 27 – 39.

283. Naudin, C. The effect of various dynamics of N availability on winter pea-wheat intercrops: Crop growth, N partitioning and symbiotic N₂ fixation / C. Naudin, G. Corre-Helloua, S. Pineau, Y. Crozat, M.-H. Jeuffroy. – Text : direct // Field Crops Research . – 2010. – V. 119. – № 1. – P. 2 – 11.

284. Naliukhin, A. Influence of the after effect of various fertilizer systems on the yield and quality of the green mass of meadow clover (*Trifolium pratense*) / A. Naliukhin, A. Ryzhakova, A. Eregin, A. Ryabkov, E. Kulikova, A. Peliy, E. Borodina. – Text : direct // Research on Crops. – 2021. – № 22 (3). – P. 602 – 607.

285. Skwierawska, M. Sulphur as a fertiliser component determining crop yield and quality / M. Skwierawska, Z. Benedycka, K. Jankowski, Andrzej Skwierawski. – Text : direct // Journal of Elementology. – 2016. – № 21 (2). – P. 609 – 623.

286. Taylor, N. L. Red Clover Science / N. L. Taylor, K. H. Quesenberry. – Text : direct // Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands. – 1996. – 208 p.

287. Xavier, C. G. Analysis and effect of the use of biofertilizers on *Trifolium rubens* L., a preferential attention species in Castile and Leon, Spain, with the aim of increasing the plants conservation status / C. G. Xavier, L. P. Nereha, P. F. Mateos, R. Rivas. – Text : direct // AIMS Microbiology. – 2017. – V 3. – I 4. – P. 733 – 746.

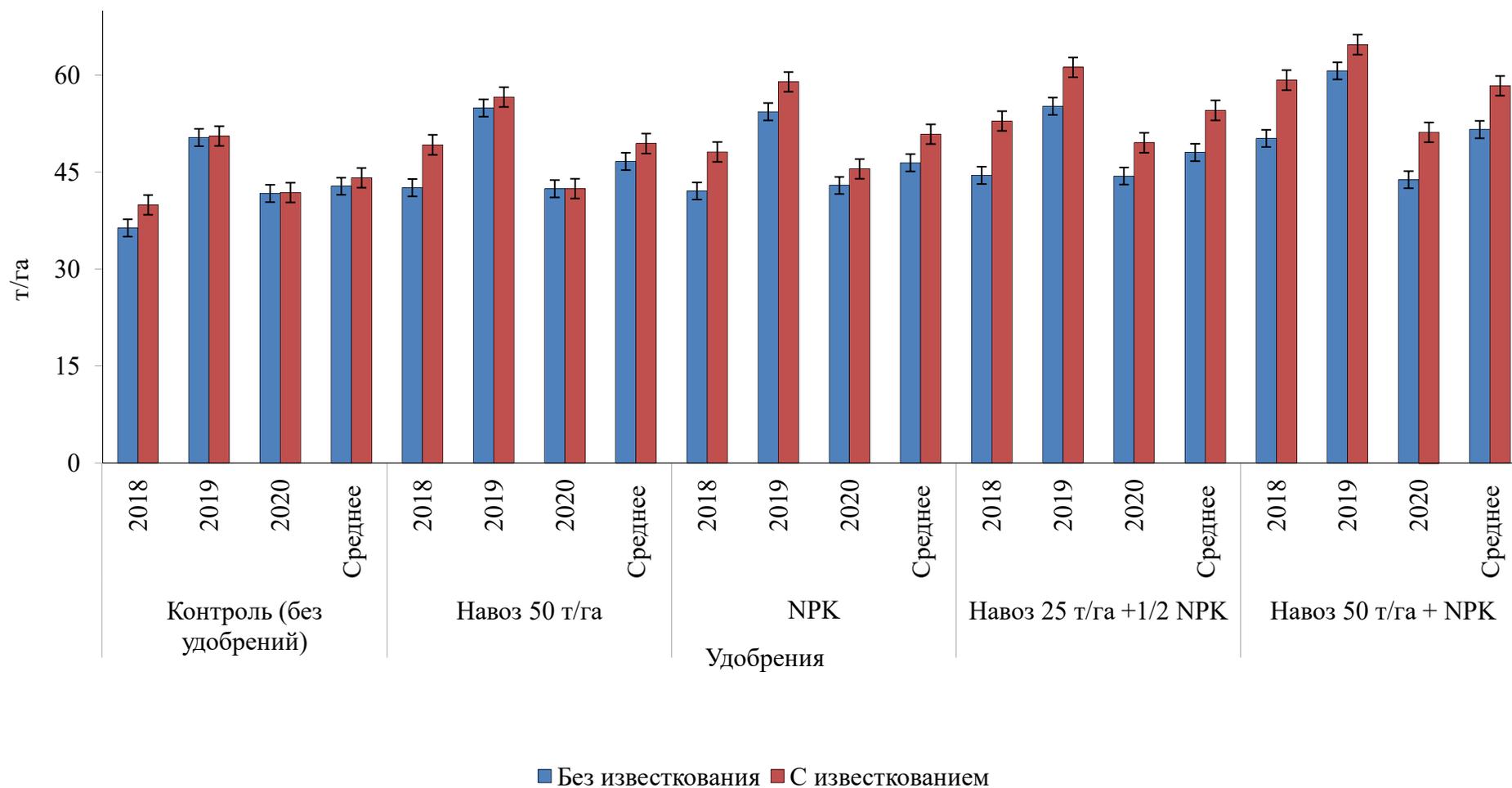
288. Voigt, P.W. Effect of four acid soils on root growth of white clover seedlings using a soil – on – agar procedure / P.W. Voigt, H. W. Godwin, D. R. Morris. – Text : direct // Plant and Soil. – 1998. – Vol. 205. – № 1. – P. 51 – 56.

289. Watkin, E. L. J. Identification of tolerance to soil acidity in inoculant strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* / E. L. J. Watkin, G. W. O'hara, J.-G. Howieson, A. R. Glenn. – Text : direct // Soil Biology and Biochemistry. – 2000. – V. 32. – №. 10. – P. 1393 – 1403.

290. Zharkova, S. V. The formation of germination and seed vigor indices of spring soft wheat varieties under different environmental conditions / S. V. Zharkova, S. S. Chevychelova, S. S. Novikova. – Text : direct // Bulletin of Altai State Agricultural University. – 2021. – № 5 (199). – P. 5 – 10.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Влияние систем удобрений и известкования на урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский по годам и в среднем за 2018-2020 гг., т/га



Примечание:

2018 г. НСР₀₅ А = 2,81 т/га; В и АВ = 4,44 т/га; частных различий = 6,28 т/га

2019 г. НСР₀₅ А = 2,68 т/га; В и АВ = 4,23 т/га; частных различий = 5,99 т/га

2020 г. НСР₀₅ А = 2,09 т/га; В и АВ = 3,30 т/га; частных различий = 6,67 т/га

В среднем НСР₀₅ А = 1,01 т/га; В и АВ = 3,0 т/га; частных различий = 1,7 т/га

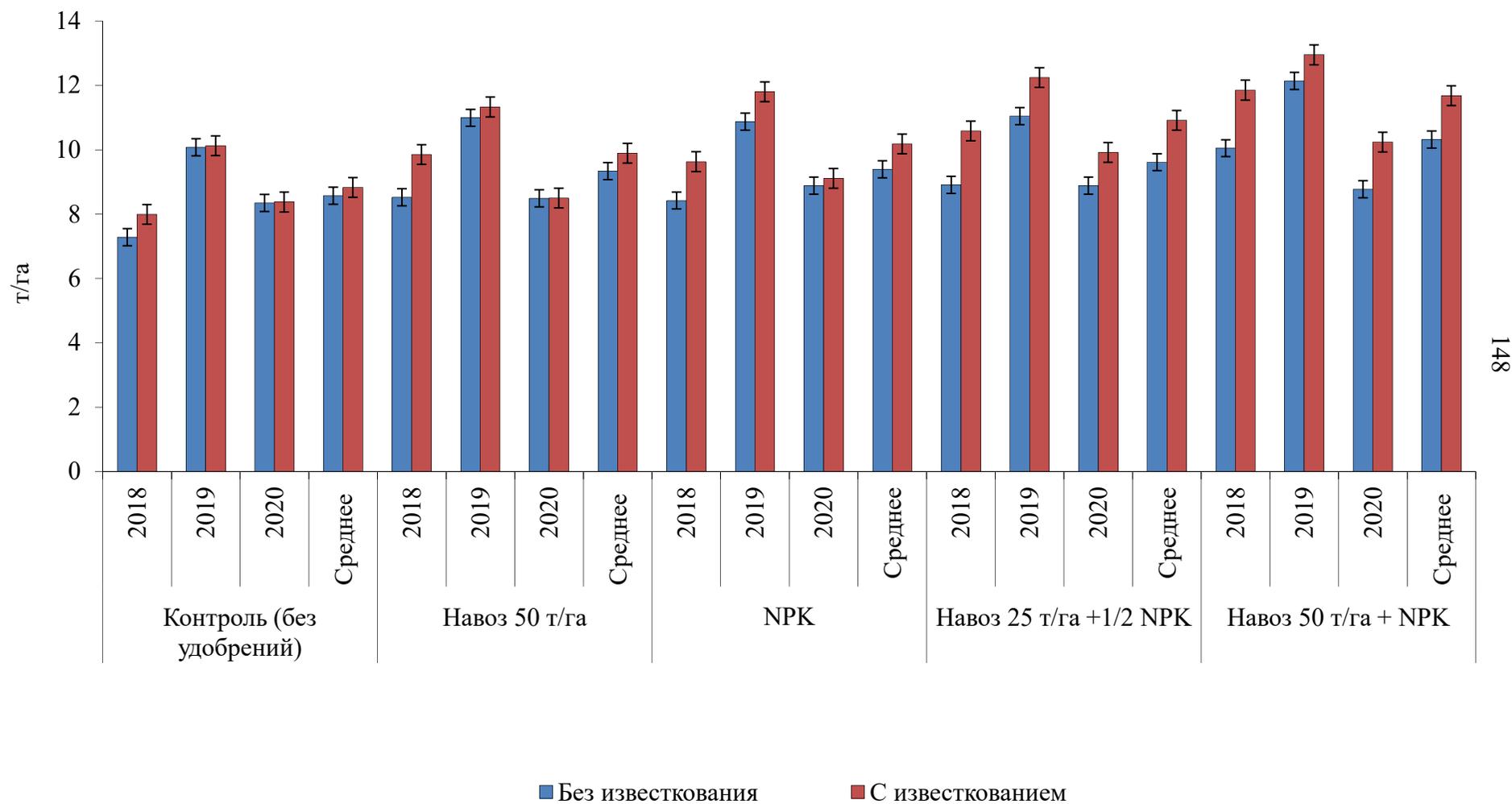
Навоз 50 т/га Прибавка к контролю: А1 – 3,83 т/га (8,93 %); А2 – 5,31 т/га (12,02 %)

НРК Прибавка к контролю: А1 – 3,64 т/га (8,49 %); А2 – 6,75 т/га (15,28 %)

Навоз 25 т/га + НРК 1/2 Прибавка к контролю: А1 – 5,22 т/га (12,17%); А2 – 10,43 т/га (23,61%)

Навоз 50 т/га + НРК Прибавка к контролю: А1 = 8,76 т/га (20,43 %); А2 = 14,25 т/га (32,26%)

Влияние систем удобрений на урожайность сухого вещества зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский по годам и в среднем за 2018-2020 гг., т/га



Примечание:

2018 г. НСР₀₅ А = 2,8 т/га; В и АВ = 4,4 т/га; частных различий = 6,3 т/га

2019 г. НСР₀₅ А = 2,7 т/га; В и АВ = 4,2 т/га; частных различий = 6,0 т/га

2020 г. НСР₀₅ А = 2,1 т/га; В и АВ = 3,3 т/га; частных различий = 4,7 т/га

В среднем НСР₀₅ А = 2,0 т/га; В и АВ = 6,0 т/га; частных различий = 3,5 т/га

Навоз 50 т/га Прибавка к контролю: А1 – 0,7 т/га (8,1%); А2 – 1,0 т/га (12,5 %)

НРК Прибавка к контролю: А1 – 0,8 т/га (9,3 %); А2 – 1,4 т/га (15,9 %)

Навоз 25 т/га + НРК1/2 Прибавка к контролю: А1 – 1,0 т/га (11,6 %); А2 – 2,1 т/га (23,9 %)

Навоз 50 т/га + НРК Прибавка к контролю: А1 = 1,7 т/га (19,8 %), А2 = 2,9 т/га (33,0 %)

Метеорологические показатели вегетационных периодов в годы проведения опытов (2018-2020 гг.)

Месяц	Май				Июнь				Июль				Август				Сентябрь			
	декады				декады				декады				декады				декады			
	Год	I	II	III	Средне- сячный	I	II	III	Средне- сячный	I	II	III	Средне- сячный	I	II	III	Средне- сячный	I	II	III
Температура воздуха, (Т °С)																				
2018	8,9	16,2	13,1	12,7	9,4	14,8	19,2	14,5	16,0	20,0	19,5	18,5	18,4	16,6	15,8	16,9	14,4	11,6	9,0	11,7
2019	10,9	13,1	12,5	12,2	18,6	15,7	15,4	16,6	13,9	14,2	15,3	14,5	12,7	12,7	12,7	12,7	10,3	10,3	10,3	10,3
2020	10,7	7,6	10,1	9,5	15,9	15,9	15,9	15,9	18,9	16,6	16,6	17,4	16,2	13,3	15	14,9	13,5	10	11,4	11,6
многолетний				10,8				15,2				17,6				15,1				9,8
*Осадки, мм																				
2018	25	26	5	56	20	23	0	43	49	33	8	90	30	18	12	58	3	24	56	83
2019	4	2	27	33	2	7,4	48,5	57,9	75,1	29	45	149,1	29	24	37	92	8	24	57	89
2020	54	57	24	135	26	44	25	95	38	52	51	141	9	24	38	71	27	26	4	57
многолетний				47,6				64,0				74,6				71,1				55,9
Гидротермический коэффициент (ГТК)																				
2018	2,81	1,60	0,38	1,47	2,13	1,55	0,00	0,99	3,06	1,65	0,41	1,62	1,63	1,08	0,76	1,14	0,21	2,07	6,22	2,37
2019	0,37	0,15	2,16	0,90	0,11	0,47	3,15	1,16	5,40	2,04	2,94	3,44	2,28	0,00	0,00	2,41	0,00	0,00	0,00	2,88
2020	5,05	7,50	2,38	4,75	0,00	2,77	0,00	1,99	2,01	3,13	3,07	2,71	0,56	1,80	2,53	1,60	2,00	2,60	0,35	1,63
многолетний				1,47				1,41				1,41				1,58				1,91

* сумма осадков

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2018 г.

Удобрения	Урожайность, ц/га		
	Повторность		
	I	II	III
Без известкования			
Контроль (без удобрений)	336,2	375,5	381,0
Навоз 50 т/га	405,3	471,5	401,9
НРК	410,0	463,9	389,7
Навоз 25 т/га НРК1/2	436,9	451,5	448,1
Навоз 50 т/га +НРК	443,0	516,9	547,9
С известкованием			
Контроль (без удобрений)	366,3	428,4	404,5
Навоз 50 т/га	514,7	498,1	465,1
НРК	450,3	528,4	466,1
Навоз 25 т/га НРК1/2	532,1	501,7	554,1
Навоз 50 т/га +НРК	588,3	533,6	656,4

Приложение Д

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2018 г.

Удобрения	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	в %
Без известкования			
Контроль (без удобрений)	364,2	–	–
Навоз 50 т/га	426,3	62,1	17,1
НРК	421,2	57,0	15,7
Навоз 25 т/га НРК1/2	445,5	81,3	22,3
Навоз 50 т/га +НРК	502,6	138,4	38,0
С известкованием			
Контроль (без удобрений)	399,7	–	–
Навоз 50 т/га	492,7	93,0	23,3
НРК	481,6	81,9	20,5
Навоз 25 т/га НРК1/2	529,3	129,6	32,4
Навоз 50 т/га +НРК	592,7	193,0	48,3
НСР ₀₅ частных различий		62,8	
НСР ₀₅ для фактора А		28,1	
НСР ₀₅ для фактора В и взаимодействия АВ		44,4	

Результаты однофакторного дисперсионного анализа урожайности зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2018 г.

Источник вариации	Сумма квадратов	Влияние, %	Число степеней свободы	Дисперсия	<i>FФАКТ</i>	<i>FТАБ05</i>
известкование	33922,5	22,30	1	33922,5	25,3	4,4
удобрение	86669,3	56,97	4	21667,3	16,2	2,9
взаимодействие известкования с удобрением	2776,6	1,82	4	694,2	0,52	5,8

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский 2019 г.

Удобрения	Урожайность, ц/га		
	Повторность		
	I	II	III
Без известкования			
Контроль (без удобрений)	482,5	518,9	510,9
Навоз 50 т/га	561,8	534,7	552,8
НРК	539,4	550,9	541,9
Навоз 25 т/га НРК1/2	555,7	551,6	549,8
Навоз 50 т/га +НРК	586,0	631,2	604,4
С известкованием			
Контроль (без удобрений)	520,0	510,0	488,9
Навоз 50 т/га	533,8	629,4	536,5
НРК	519,9	605,4	645,1
Навоз 25 т/га НРК1/2	627,7	581,5	628,4
Навоз 50 т/га +НРК	580,3	655,0	707,5

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2019 г.

Удобрения	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	в %
Без известкования			
Контроль (без удобрений)	504,1	–	–
Навоз 50 т/га	549,7	45,6	9,0
НРК	544,0	39,9	7,9
Навоз 25 т/га НРК1/2	552,4	48,3	9,6
Навоз 50 т/га +НРК	607,2	103,1	20,5
С известкованием			
Контроль (без удобрений)	506,3	–	–
Навоз 50 т/га	566,6	60,3	11,9
НРК	590,1	83,8	16,6
Навоз 25 т/га НРК1/2	612,5	106,2	21,0
Навоз 50 т/га +НРК	647,6	141,3	27,9
НСР ₀₅ частных различий		59,9	
НСР ₀₅ для фактора А		27,8	
НСР ₀₅ для фактора В и взаимодействия АВ		42,3	

Результаты однофакторного дисперсионного анализа урожайности зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2019 г.

Источник вариации	Сумма квадратов	Влияние, %	Число степеней свободы	Дисперсия	FФАКТ	FТАБ05
известкование	8239,3	9,7	1	8239,3	6,8	4,4
удобрение	46692,7	55,2	4	11673,2	9,6	2,9
взаимодействие известкования с удобрением	3256,2	3,8	4	814,0	0,7	5,8

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2020 г.

Удобрения	Урожайность, ц/га		
	Повторность		
	I	II	III
Без известкования			
Контроль (без удобрений)	410,6	431,2	410,6
Навоз 50 т/га	420,8	448,6	404,8
НРК	434	437,4	418
Навоз 25 т/га НРК1/2	431,2	448,6	453,4
Навоз 50 т/га +НРК	444,2	426,6	445,4
С известкованием			
Контроль (без удобрений)	410,6	431,2	410,6
Навоз 50 т/га	420,8	448,6	404,8
НРК	434	437,4	418
Навоз 25 т/га НРК1/2	431,2	448,6	453,4
Навоз 50 т/га +НРК	444,2	426,6	445,4

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2020 г.

Удобрения	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	в %
Без известкования			
Контроль (без удобрений)	417,5	–	–
Навоз 50 т/га	424,7	7,2	1,7
НРК	429,8	12,3	2,9
Навоз 25 т/га НРК1/2	444,4	26,9	6,4
Навоз 50 т/га +НРК	438,7	21,2	5,1
С известкованием			
Контроль (без удобрений)	418,8	–	–
Навоз 50 т/га	424,9	6,1	1,5
НРК	455,5	36,7	8,8
Навоз 25 т/га НРК1/2	495,9	77,1	18,4
Навоз 50 т/га +НРК	512,0	93,2	22,3
НСР05 частных различий		20,9	
НСР05 для фактора А		33,0	
НСР05 для фактора В и взаимодействия АВ		46,7	

Результаты однофакторного дисперсионного анализа урожайности зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в 2020 г.

Источник вариации	Сумма квадратов	Влияние, %	Число степеней свободы	Дисперсия	<i>FФАКТ</i>	<i>FТАБ05</i>
известкование	6938,5	16,3	1	6938,5	4,4	16,3
удобрение	16091,2	37,8	4	4022,8	2,9	37,8
взаимодействие известкования с удобрением	6093,0	14,3	4	1523,2	2,9	14,3

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в среднем за 2018-2020 гг.

Удобрения	Урожайность, ц/га																	
	Повторность																	
	1 укос 2018 г.			2 укос 2018 г.			1 укос 2019 г.			2 укос 2019 г.			1 укос 2020 г.			2 укос 2020 г.		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Контроль (без удобрений)	232,8	259,2	245,1	103,4	116,4	135,9	226,0	238,1	245,4	256,5	280,8	265,5	317,0	322,0	317,0	93,6	109,2	93,6
Навоз 50 т/га	253,2	310,8	253,2	152,2	160,7	148,8	277,4	246,7	270,2	284,4	288,0	282,6	320,0	349,0	304,0	100,8	99,6	100,8
НПК	252,2	298,9	247,2	157,9	165,0	142,5	272,1	280,0	258,4	267,3	270,9	283,5	326,0	333,0	316,0	108	104,4	102
Навоз 25 т/га НПК1/2	281,5	309,1	311,0	155,4	142,4	137,2	273,1	281,6	262,7	282,6	270,0	287,1	316,0	343,0	355,0	115,2	105,6	98,4
Навоз 50 т/га +НПК	267,5	354,4	394,5	175,5	162,5	153,4	266,5	307,2	269,6	319,5	324,0	334,8	329,0	327,0	335,0	115,2	99,6	110,4

Урожайность зеленой массы клевера лугового сорта Дымковский в среднем за
2018-2020 гг.

Удобрения	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га	в %
Без известкования			
Контроль (без удобрений)	428,6	–	–
Навоз 50 т/га	466,9	38,3	8,93
НРК	465,0	36,4	8,49
Навоз 25 т/га НРК1/2	480,8	52,2	12,17
Навоз 50 т/га +НРК	516,2	87,6	20,43
С известкованием			
Контроль (без удобрений)	441,6	–	–
Навоз 50 т/га	494,7	5,31	12,02
НРК	509,1	6,75	15,28
Навоз 25 т/га НРК1/2	545,9	10,43	23,61
Навоз 50 т/га +НРК	584,1	14,25	32,26
известкование		10,1	
удобрение		30,2	
взаимодействие известкования с удобрением		16,5	

Приложение С

Результаты однофакторного дисперсионного анализа урожайности зеленой массы
клевера лугового сорта Дымковский в среднем за 2018-2020 гг.

Источник вариации	Сумма квадратов	Влияние, %	Число степеней свободы	Дисперсия	FФАКТ	FТАБ05
удобрение	17942,8	2,8	4	4485,7	12,5	2,5

Вынос макроэлементов с урожаем клевера лугового без известкования

Год	Укос	Удобрения	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т сухого вещества.				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2018	1	Контроль (без удобрений)	111	25,1	110	93,6	22,0	22,6	5,10	22,4	19,0	4,48
		Навоз 50 т/га	124	26,7	89,9	99,9	27,1	22,7	4,90	16,5	18,3	4,98
		НРК	115	27,1	131	97,6	17,7	21,6	5,10	24,7	18,3	3,32
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	126	30,7	127	103	24,0	21,0	5,10	21,1	17,1	3,98
		Навоз 50 т/га + НРК	137	32,5	201	107	23,6	20,2	4,80	29,7	15,8	3,49
	2	Контроль (без удобрений)	83,9	21,1	90,0	46,5	18,9	35,4	8,90	37,9	19,6	7,97
		Навоз 50 т/га	108	26,5	107	53,0	22,5	35,0	8,60	34,8	17,2	7,30
		НРК	102	26,7	113	57,3	22,7	32,9	8,60	36,5	18,5	7,30
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	106	25,2	108	58,0	23,1	36,4	8,70	37,1	20,0	7,97
		Навоз 50 т/га + НРК	121	29,2	122	61,0	25,0	36,9	8,90	37,1	18,6	7,64
	За год	Контроль (без удобрений)	195	46,2	200	140	40,9	29,0	7,00	30,2	19,3	6,22
		Навоз 50 т/га	231	53,2	197	153	49,6	28,9	6,75	25,7	17,8	6,14
		НРК	217	53,8	245	155	40,4	27,3	6,85	30,6	18,4	5,31
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	232	55,9	234	161	47,1	28,7	6,90	29,1	18,6	5,98
		Навоз 50 т/га + НРК	258	61,7	323	168	48,6	28,6	6,85	33,4	17,2	5,56
2019	1	Контроль (без удобрений)	113	26,0	123	82,1	22,8	23,9	5,50	25,9	17,4	4,81
		Навоз 50 т/га	134	29,1	157	82,3	24,6	25,4	5,50	29,6	15,5	4,65
		НРК	165	38,9	162	93,8	26,0	30,6	7,20	29,9	17,4	4,81
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	162	37,6	110	95,4	24,4	29,8	6,90	20,2	17,5	4,48
		Навоз 50 т/га + НРК	152	36,0	157	96,0	26,1	27,1	6,40	27,9	17,1	4,65
	2	Контроль (без удобрений)	128	29,4	166	95,9	29,3	24,0	5,50	31,0	17,9	5,48
		Навоз 50 т/га	145	31,4	164	109	27,4	29,1	5,50	28,8	19,0	4,81
		НРК	168	39,4	174	105	32,7	33,5	7,20	31,7	19,2	5,98
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	167	38,6	175	102	29,7	30,3	6,90	31,3	18,2	5,31
		Навоз 50 т/га + НРК	177	41,7	228	111	28,2	36,6	6,40	35,0	16,9	4,32

Окончание приложения Т

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	За год	Контроль (без удобрений)	241	55,4	289	178	52,1	24,0	5,50	28,45	17,7	5,15
		Навоз 50 т/га	279	60,5	321	191	52,0	27,3	5,50	29,20	17,3	4,73
		НПК	333	78,3	336	199	58,7	32,1	7,20	30,80	18,3	5,40
		Навоз 25 т/га + НПК1/2	329	76,2	285	197	54,1	30,1	6,9	25,8	17,9	4,89
		Навоз 50 т/га + НПК	329	77,7	385	207	54,3	31,9	6,4	31,5	17,0	4,49
2020	1	Контроль (без удобрений)	208	49,7	219	91,0	36,0	32,7	7,80	34,3	14,3	5,64
		Навоз 50 т/га	186	42,2	210	96,3	29,1	28,7	6,50	32,4	14,8	4,48
		НПК	181	46,8	202	90,1	39,9	27,9	7,20	31,0	13,9	6,14
		Навоз 25 т/га + НПК1/2	183	50,0	213	92,8	33,7	27,1	7,40	31,5	13,7	4,98
		Навоз 50 т/га + НПК	216	54,8	231	103	36,2	32,7	8,30	34,9	15,5	5,48
	2	Контроль (без удобрений)	58,7	15,2	38,3	37,6	15,1	29,7	7,70	19,4	19,0	7,64
		Навоз 50 т/га	64,5	17,9	38,0	38,5	14,7	32,1	8,90	18,9	19,2	7,30
		НПК	69,6	18,2	44,0	42,6	14,6	33,2	8,70	21,0	20,3	6,97
		Навоз 25 т/га + НПК1/2	71,1	18,5	46,0	45,0	15,2	33,4	8,70	21,6	21,1	7,14
		Навоз 50 т/га + НПК	79,8	18,9	45,5	41,6	16,2	36,8	8,70	21,0	19,2	7,47
	За год	Контроль (без удобрений)	267	64,9	257	129	51,1	31,2	7,75	26,9	16,7	6,65
		Навоз 50 т/га	251	60,1	248	135	43,8	30,4	7,70	25,7	17,0	5,90
		НПК	251	65,0	246	133	54,5	30,6	7,95	26,00	17,1	6,55
		Навоз 25 т/га + НПК1/2	254	68,5	259	138	48,9	30,3	8,05	26,6	17,4	6,05
		Навоз 50 т/га + НПК	296	73,7	276	145	52,4	34,8	8,50	28,0	17,4	6,50

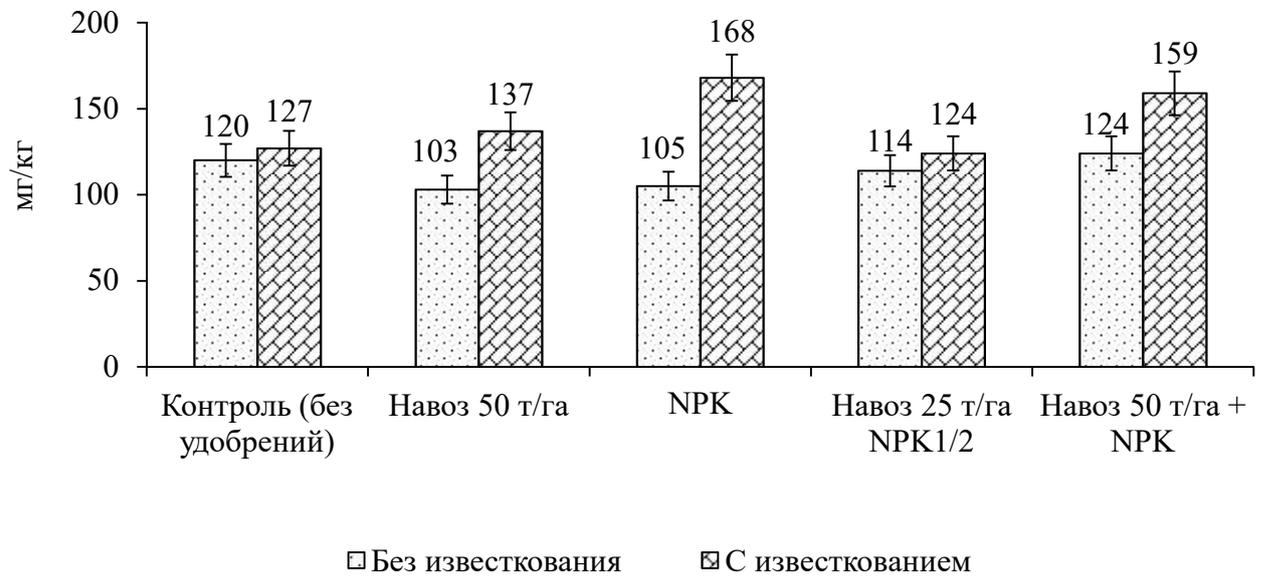
Вынос макроэлементов с урожаем клевера лугового с известкованием

Год	Укос	Удобрения	Общий вынос, кг/га					Удельный вынос, кг/т сухого вещества.				
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2018	1	Контроль (без удобрений)	119	29,8	133	104	23,0	22,4	5,60	24,9	19,6	4,32
		Навоз 50 т/га	134	31,9	146	140	28,1	20,6	4,90	22,4	21,6	4,32
		НРК	133	31,2	164	107	33,8	20,9	4,90	25,8	16,8	5,31
		Навоз 25 т/га + НРК 1/2	145	34,9	143	150	22,8	21,1	5,10	20,9	21,8	3,32
		Навоз 50 т/га + НРК	180	53,2	234	148	32,0	23,4	6,90	30,4	19,2	4,15
	2	Контроль (без удобрений)	89,4	23,2	99,3	49,7	20,4	33,5	8,70	37,2	18,6	7,64
		Навоз 50 т/га	120	30,1	124	61,3	25,0	35,8	9,00	37,0	18,3	7,47
		НРК	120	30,1	124	58,1	25,5	36,7	9,20	38,0	17,8	7,80
		Навоз 25 т/га + НРК 1/2	132	32,1	134	66,9	27,9	35,3	8,60	35,8	17,9	7,47
		Навоз 50 т/га + НРК	146	36,1	162	75,4	33,0	35,2	8,70	39,1	18,2	7,97
	За год	Контроль (без удобрений)	208	53,0	232	154	43,4	28,1	7,15	31,1	19,1	6,00
		Навоз 50 т/га	254	62,0	270	201	53,1	28,2	6,95	29,7	20,0	5,90
		НРК	253	61,3	288	165	59,3	28,8	7,05	31,9	17,3	6,55
		Навоз 25 т/га + НРК 1/2	276	67,0	277	217	50,7	28,2	6,85	28,4	19,9	5,40
		Навоз 50 т/га + НРК	326	89,3	396	223	65,0	29,3	7,80	34,8	18,7	6,05
2019	1	Контроль (без удобрений)	140	34,4	127	90,0	27,4	31,3	7,70	28,5	20,2	6,14
		Навоз 50 т/га	157	42,1	143	92,6	26,3	28,8	7,70	26,1	16,9	4,81
		НРК	185	41,6	165	112	28,8	32,1	7,20	28,6	19,3	4,98
		Навоз 25 т/га + НРК 1/2	184	42,6	189	111	29,5	29,0	6,70	29,8	17,5	4,65
		Навоз 50 т/га + НРК	186	46,2	167	123	28,4	29,3	7,30	26,4	19,5	4,48
	2	Контроль (без удобрений)	177	43,6	169	121	24,5	28,8	7,70	29,9	21,3	4,32
		Навоз 50 т/га	169	45,2	174	119	28,3	31,4	7,70	29,7	20,3	4,81
		НРК	193	43,4	203	111	37,0	34,8	7,20	33,7	18,5	6,14
		Навоз 25 т/га + НРК 1/2	171	39,5	176	114	29,4	20,4	6,70	29,8	19,3	4,98
		Навоз 50 т/га + НРК	194	48,3	200	131	22,0	26,6	7,30	30,2	19,7	3,32

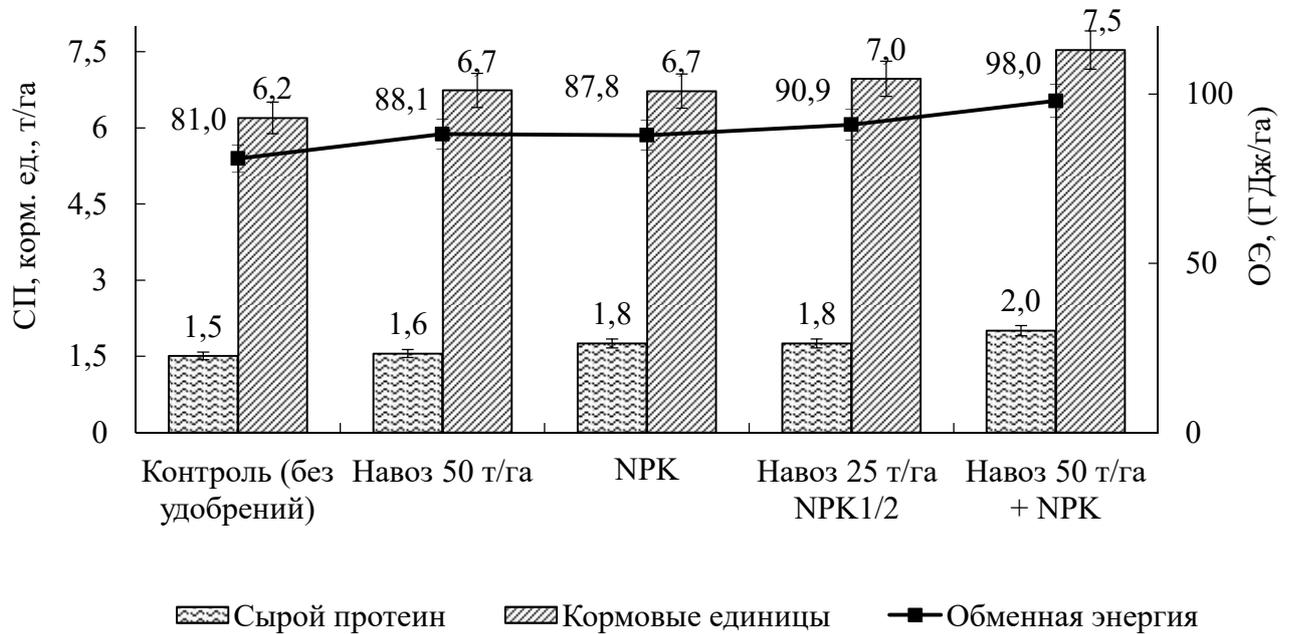
Окончание приложения У

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	За год	Контроль (без удобрений)	317	78,0	296	211	51,9	30,1	7,70	29,2	20,8	5,25
		Навоз 50 т/га	326	87,3	317	212	54,6	30,1	7,70	27,9	18,6	4,81
		НРК	379	85,0	368	223	65,8	33,5	7,20	31,2	18,9	5,55
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	355	82,1	365	225	58,9	24,7	6,70	29,8	18,4	4,82
		Навоз 50 т/га + НРК	379	94,5	367	254	50,4	28,0	7,30	28,3	19,6	3,90
2020	1	Контроль (без удобрений)	172	45,4	203	89,6	32,9	26,9	7,10	31,7	14,0	5,15
		Навоз 50 т/га	129	45,6	208	98,5	33,5	19,8	7,00	32,0	15,1	5,15
		НРК	168	48,9	230	103	34,1	23,7	6,90	32,4	14,6	4,81
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	184	48,4	238	95,8	37,0	24,0	6,30	30,9	12,5	4,81
		Навоз 50 т/га + НРК	215	66,1	245	116	39,6	27,0	8,30	30,8	14,6	4,98
	2	Контроль (без удобрений)	61,7	18,2	43,3	41,8	15,7	31,2	9,20	21,9	21,1	7,97
		Навоз 50 т/га	66,7	16,3	44,4	36,9	12,8	33,6	8,20	22,4	18,6	6,47
		НРК	72,5	18,6	43,7	42,2	14,8	35,8	9,20	21,6	20,9	7,30
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	73,4	19,9	46,0	49,4	14,8	32,9	8,90	20,6	22,1	6,64
		Навоз 50 т/га + НРК	70,5	18,0	40,1	44,1	14,4	30,9	7,90	17,6	19,3	6,31
	За год	Контроль (без удобрений)	234	63,6	246	131	48,6	29,1	8,15	26,8	17,6	6,55
		Навоз 50 т/га	196	61,9	252	135	46,3	26,7	7,60	27,2	16,9	5,80
		НРК	241	67,5	274	145	48,9	29,8	8,05	27,0	17,8	6,05
		Навоз 25 т/га + НРК1/2	257	68,3	284	145	51,8	28,5	7,60	25,8	17,3	5,75
		Навоз 50 т/га + НРК	286	84,1	285	160	54,0	29,0	8,10	24,2	17,0	5,65

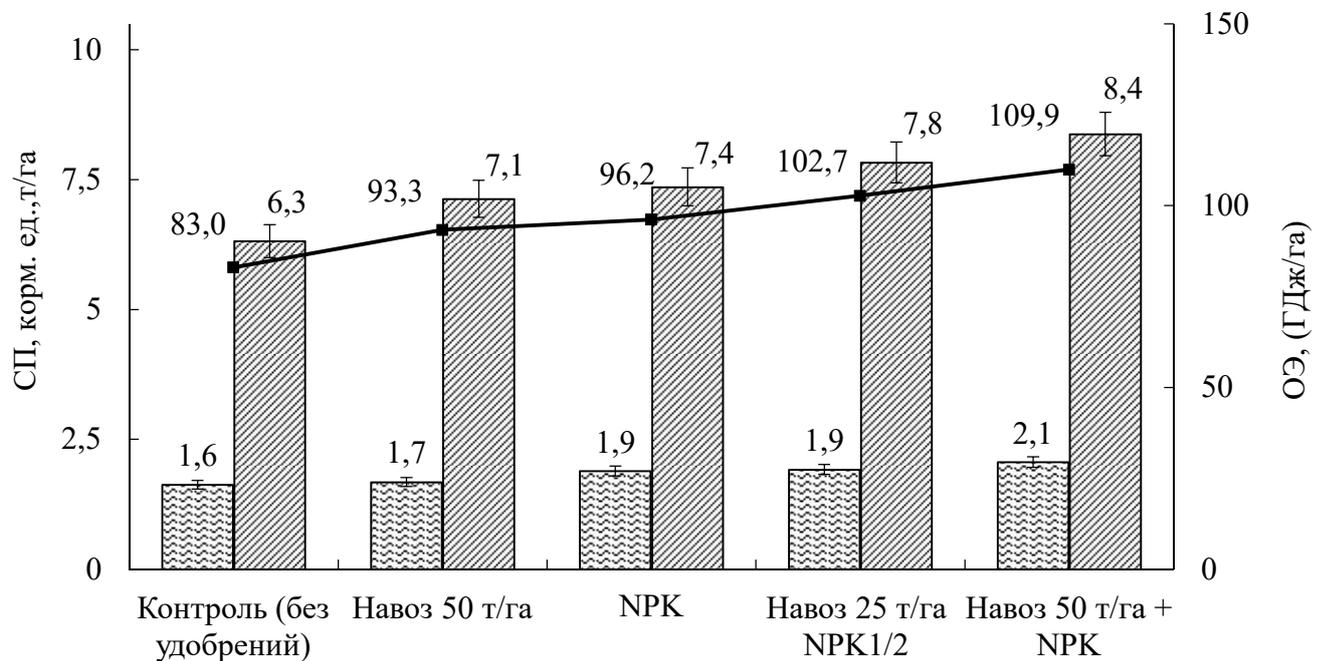
Влияние различных систем удобрений на содержание нитратов в зеленой массе клевера лугового в среднем за три года, мг/кг



Влияние удобрений на сбор сырого протеина, кормовых единиц (т/га) и выход обменной энергии (ОЭ, ГДж/га), в среднем за 3 года



а) без CaCO_3



б) с CaCO_3

Примечания: а) без CaCO_3 , б) с CaCO_3 . "Усиками" показана НСР₀₅ для частных различий

СПРАВКА

о внедрении результатов научно-исследовательской
работы в производство

Настоящая справка выдана Смирновой (Рыжаковой) Анне Альбертовне, в том, что материалы исследования по теме: «Влияние последствий различных систем удобрения и известкования на продуктивность и симбиотическую азотфиксацию клевера лугового в условиях Севера Нечерноземной зоны России», представленной на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук, используются на производственной базе СХПК «Племзавод «Майский». При возделывании многолетних трав (клеверо-тимофеечные травосмеси и др.) используется органо-минеральная система удобрения (навоз КРС в дозах 50-70 т/га под вспашку+N30-60P60K90 под покровную культуру). На кислых почвах с рН менее 5,5 дополнительно проводится известкование по полной гидролитической кислотности.

Результаты производственных испытаний показывают, что органо-минеральная система удобрения на фоне с известкованием дерново-подзолистых почв хозяйства, способствует повышению урожайности зелёной массы клеверо-тимофеечных травосмесей в пределах до 30-35 т/га, при уровне рентабельности 10-15%.

Результаты научно-исследовательской работы Смирновой (Рыжаковой) А. А. применяются в СХПК «Племзавод Майский» с 2018 года увеличивая урожайность многолетних трав, возделываемых в хозяйстве, улучшая кормовую базу для животноводства и повышая плодородие почв.

Руководитель организации
СХПК «Племзавод Майский»



А. В. Баушев

24.08.2023