

На правах рукописи

СМИРНОВА АННА АЛЬБЕРТОВНА

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

**Шифр и наименование научной специальности:
4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Вологда – 2024

Работа выполнена на кафедре растениеводства, земледелия и агрохимии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»

Научный руководитель: **Налиухин Алексей Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой агрономической, биологической химии и радиологии ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

Официальные оппоненты: **Смольский Евгений Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

Гладышева Ольга Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, директор Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

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

Защита диссертации состоится «15» января 2025 г. в 14 часов 30 минут на заседании диссертационного совета 35.2.030.05, созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д. 19, тел/факс: 8 (499) 976-17-14.

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

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

Автореферат разослан «__» _____ 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.05,
кандидат биологических наук, доцент



И.М. Митюшев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 посеvy 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; Лапинская, 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, Никифоров, 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. 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_т 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 почв 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 N₁₅₀P₁₂₀K₂₂₅, 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 ФГБОУ ГЦАС

«Вологодский». Определение симбиотически фиксированного азота и коэффициента азотфиксации – при помощи классического разностного метода (метод сравнения по выносу азота с не бобовой культурой) (Трепачев, 1987).

Положения, выносимые на защиту:

1. Последствие органо-минеральной системы удобрения на известкованном фоне обеспечивает наибольшую урожайность зеленой массы клевера лугового;

2. Существенное изменение показателей качества зеленой 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 обеспечивают 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 молочнохозяйственной 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 %.

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, и.о. заведующего 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».

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

В главе содержатся сведения о народнохозяйственном и экологическом значении клевера лугового, его биологических особенностях, отношении клевера лугового к почвенному плодородию, влиянии известкования и систем удобрения на урожайность, качество, симбиотическую азотфиксацию зеленой массы бобовых трав.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Объекты, условия и методы исследования

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 Вологодская ГМХА имени Н.В. Верещагина в 2018-2020 гг. расположенного в 1 км от д. Марфино Вологодского района Вологодской области.

Стационарный опыт, заложенный д. с.-х. н. А. Н. Налиухиным в 2015 году, располагается на дерново-среднеподзолистой легкосуглинистой почве на покровном суглинке, подстилаемой мореной.

Исследование проводили в 5-польном зернотравяном севообороте: 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.

Площадь делянок – 100 м², повторность трехкратная, размещение вариантов систематическое. Количество севооборотных полей – 3.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед закладкой опыта была следующая: рН_(КС1) 5,1-5,2, гидrolитическая 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, гумуса (по Тюрину) 2,48 % (Налиухин, Чухина, Власова, 2015).

В полевом опыте изучали 2 фактора: *А* – известкование, *Б* – системы удобрения.

В качестве систем удобрения (*фактор Б*) 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 А*): при pH_{KCl} 5,1-5,2 и 5,8-5,9. Второй уровень кислотности был создан путем известкования почвы по 1,0 H_T под викоовсяную смесь. В контрольном варианте удобрения не вносили. На клевере изучали последствие ранее внесенных удобрений.

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 $N_{300}P_{240}K_{450}$.

Органические и известковые удобрения вносили один раз под викоовсяную смесь под вспашку. Минеральные удобрения – ежегодно, под викоовсяную смесь, озимую пшеницу, ячмень, заделывая тяжелой дисковой бороной *Cuoze* в два следа.

На клевере луговом изучали последствие удобрений, внесенных под предшествующие культуры. 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 % $CaCO_3$.

Удобрения вносили вручную, посев проводили механизировано, сеялкой ССНП-16 в агрегате с МТЗ-82. Посев клевера лугового проводили под покров ярового ячменя. Норма высева ячменя составляла 220 кг/га, клевера лугового 18 кг/га. Уборку зеленой массы клевера лугового проводили поделяночно, сплошным методом косилкой КРН-2,1, агрегатированной с трактором МТЗ-82 с пересчётом на стандартную 80 % влажность.

Отбор растительных образцов проводили в день укоса, составляя средний образец с варианта опыта (Доспехов, 1985). Методики (методы) определения показателей качества и химического состава зелёной массы клевера лугового приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Методики (методы) определения показателей качества и химического состава зелёной массы клевера лугового

Показатель	Метод определения	Нормативный документ
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	–

Сырой протеин рассчитывали путем умножения количества азота на коэффициент 6,25. Содержание обменной энергии проводили расчетным способом, питательность зелёной массы в кормовых единицах (КЕ) в 1 кг корма рассчитывали по формуле:

$$KE = 0,0081 * OЭ^2,$$

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

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

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).

Учёт массы корневой системы растений проводили по Н. З. Станкову. Определение количества симбиотически фиксированного азота и коэффициента азотфиксации проводили при помощи классического разностного метода (Трепачёв, 1989).

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

Количество фиксированного азота рассчитывали по формуле:

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

где N_{ϕ} – потребление клевером фиксированного азота, кг/га;

$N_{\text{общ}}(\text{к})$ – вынос азота в контрольном варианте (тимофеевка), кг/га;

$N_{\text{общ}}(\text{оп})$ – общий вынос N растениями в фиксируемом варианте, кг/га.

Обогащение почвы биологическим азотом вычисляли по формуле:

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

где $N_{\text{б}}$ – 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;

$M_{\text{пу}}$ – масса потерь урожая за все укусы, ц/га;

N – содержание общего азота в $M_{\text{нк}}$ и $M_{\text{пу}}$, %;

K_{ϕ} – коэффициент азотфиксации.

Метеорологические условия вегетационных периодов (май–сентябрь) в годы проведения исследования различались: 2018 г. характеризовался оптимальным увлажнением (ГТК по Селянинову 1,5). В 2019 году в июле-сентябре отмечалось избыточное выпадение осадков, в итоге ГТК за вегетационный сезон составил 2,2. Избыточно увлажнённым был и 2020 год (ГТК 2,5), особенно его первая половина, когда с мая по июль осадков выпало в 2 раза больше нормы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В среднем за 3 года, применение органической, минеральной и органо-минеральной систем удобрения оказало значительное влияние на урожайность зеленой массы клевера лугового (таблица 2).

Таблица 2 – Урожайность клевера лугового сорта Дымковский при применении различных систем удобрения в зависимости от известкования в 2018-2020 гг., т/га сухого вещества

№ п/п	Удобрения – фактор В	Урожайность, т/га			В среднем за три года	Прибавка к контролю	
		2018 г.	2019 г.	2020 г.		т/га	%
Без известкования – А ₁							
1	Контроль (без удобрений)	7,28	10,1	8,35	8,58	–	–
2	Навоз 50 т/га	8,53	11,0	8,49	9,34	0,76	8,9
3	НРК	8,42	10,9	8,60	9,31	0,73	8,5
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	8,91	11,0	8,89	9,60	1,02	11,9
5	Навоз 50 т/га + НРК	10,1	12,1	8,77	10,3	1,74	20,3
В среднем по фактору А ₁		8,64	11,0	8,62	9,45	–	–
С известкованием – А ₂							
1	Контроль (без удобрений)	7,99	10,1	8,38	8,82	–	–
2	Навоз 50 т/га	9,85	11,3	8,50	9,88	1,06	12,0
3	НРК	9,63	11,8	9,11	10,2	1,36	15,4
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	10,6	12,3	9,92	10,9	2,12	24,0
5	Навоз 50 т/га + НРК	11,9	13,0	10,2	11,7	2,88	32,7
В среднем по фактору А ₂		10,0	11,7	9,21	10,3	–	–
НСР ₀₅ для фактора А		0,56	0,54	0,21	0,20	Среднее в опыте – 9,88	
НСР ₀₅ для фактора В и взаимодействия АВ		0,89	0,85	0,33	0,60		
НСР ₀₅ для частных различий		1,26	1,20	0,47	0,35		

Выявлено, что известкование по 1,0 Н_г слабокислой почвы с рН_{КС1} 5,1-5,2 способствовало достоверному повышению урожайности клевера лугового на 6-15 %. По своему влиянию на урожайность клевера лугового, внесение навоза КРС (3-й год последствий) было сопоставимо с внесением минеральных удобрений под покровную для клевера культуру (ячмень).

Прибавки от применения органической и минеральной систем удобрения составляли 8-9 % на неизвесткованном фоне (0,73-0,76 т/га сухого вещества) и 12-15 % (1,06-1,36 т/га) при внесении известняковой муки.

Сочетание половинных доз навоза и минеральных удобрений способствовало дальнейшему росту урожайности клевера лугового лишь на уровне тенденции.

В то же время внесение полных доз органического и минерального удобрения существенно повышало урожайность клевера лугового как к контролю, так и другим системам удобрения.

При этом наибольшую урожайность – 11,7 т/га сухого вещества обеспечило внесение навоза КРС в дозе 50 т/га совместно с минеральными удобрениями в эквивалентном по действующему веществу количеству на фоне известкования.

Таким образом, оптимизация реакции почвенного раствора за счет известкования является действенным приёмом повышения эффективности органических и минеральных удобрений при возделывании клевера лугового.

Неоднозначно повлияло сочетание удобрений и известкования на химический состав зелёной массы клевера лугового (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние систем удобрения и известкования на питательность зелёной массы клевера лугового (в среднем за 2018-2020 гг.)

№ п/п	Удобрения – фактор В	СП*	СЖ	СК	БЭВ	СЗ	Сахар	Крахмал	ОЭ
		% сухого вещества							МДж/кг
Без известкования – А ₁									
1	Контроль (без удобрений)	17,1	3,66	24,3	46,5	8,41	7,33	3,26	9,44
2	Навоз 50 т/га	16,0	3,29	25,2	47,7	7,80	8,34	3,07	9,44
3	НРК	18,3	3,44	24,7	45,3	8,21	7,73	3,66	9,44
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	17,7	2,96	24,5	47,0	7,82	7,32	3,28	9,46
5	Навоз 50 т/га + НРК	19,1	3,22	24,1	45,6	7,94	7,32	3,36	9,49
Среднее по А ₁		17,6	3,30	24,6	46,4	8,04	7,61	3,31	9,45
С известкованием – А ₂									
1	Контроль (без удобрений)	17,7	2,99	24,1	46,6	8,56	7,30	2,63	9,39
2	Навоз 50 т/га	16,7	3,63	24,9	46,6	8,25	8,16	2,53	9,43
3	НРК	18,2	3,08	24,2	46,4	8,13	7,25	2,69	9,44
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	17,1	3,18	25,0	46,5	8,15	8,11	2,93	9,40
5	Навоз 50 т/га + НРК	17,3	3,41	24,5	46,2	8,49	7,68	2,64	9,41
Среднее по А ₂		17,4	3,26	24,5	46,5	8,32	7,70	2,26	9,41

Примечание: СП – сырой протеин, СЖ – сырой жир, СК – сырая клетчатка, БЭВ – безазотистые экстрактивные вещества, СЗ – сырая зола, ОЭ – обменная энергия

Наибольшие различия в содержании сырого протеина (на 1,5-2,3 %) были отмечены между органической и минеральной системами удобрения. По-видимому, на 3-й год последствия навоза КРС, его влияние ограничивается только незначительным приростом урожайности при одновременном снижении содержания сырого протеина, в среднем на 1 % по отношению к контролю, вследствие эффекта «ростового разбавления».

Органо-минеральные системы, по той же причине, способствовали лишь «удержанию» содержания сырого протеина на уровне, не ниже чем в контроле (17-19 %).

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 было обусловлено изучаемыми системами удобрения.

Обращает на себя внимание увеличение до 8,2-8,3 % содержания сахаров при органической системе удобрения (в среднем на 1 % по отношению к контролю), что говорит о положительном влиянии навоза КРС на углеводный обмен растений.

Содержание крахмала при известковании имеет тенденцию к снижению по всем системам удобрения, что по всей вероятности связано с тем, что сахара транспортируются в корневую систему растений, снабжая клубеньковые бактерии энергетическим субстратом в процессе симбиотической азотфиксации.

В целом, 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.

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.

Неравномерность накопления нитратов, полагаем, связана с различной интенсивностью поглощения клевером луговым азота и способностью запасать 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 (рисунок 1).

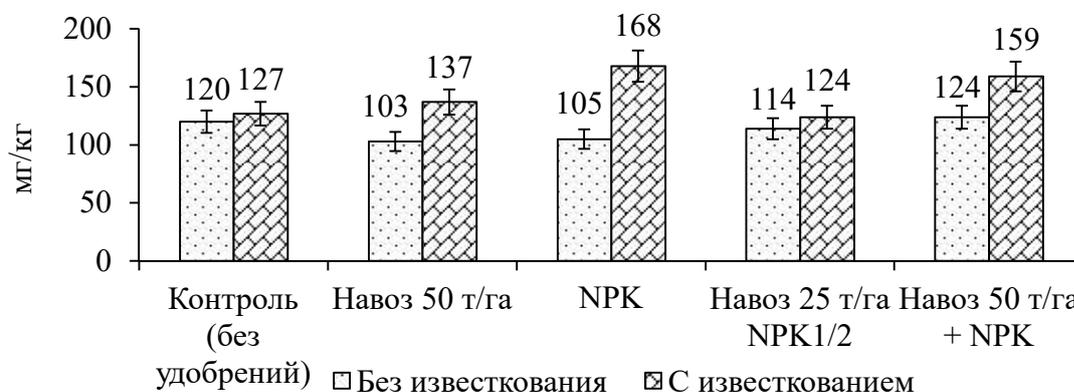


Рисунок 1 – Влияние различных систем удобрений на содержание нитратов в зеленой массе клевера лугового в среднем за три года, мг/кг

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 (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние систем удобрения и известкования на вынос макро- и микроэлементов клевером луговым, в среднем за 2018-2020 гг.

№ п/п	Удобрения – фактор В	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Zn	Mn	Co	
		кг/га						г/га		
Без известкования – А ₁										
1	Контроль (без удобрений)	265	62,3	287	165	22,6	257	432	0,374	
2	Навоз 50 т/га	286	62,0	287	176	25,8	269	464	0,317	
3	НПК	298	71,4	307	176	27,8	284	423	0,339	
4	Навоз 25 т/га + NPK1/2	297	73,2	291	180	26,7	312	421	0,440	
5	Навоз 50 т/га + NPK	345	77,1	372	191	27,3	310	449	0,406	
Среднее по А ₁		298	69,2	309	178	26,0	286	438	0,375	
С известкованием – А ₂										
1	Контроль (без удобрений)	275	71,6	293	183	51,3	295	393	0,324	
2	Навоз 50 т/га	282	76,3	311	205	55,2	286	448	0,356	
3	НПК	321	77,4	350	197	62,8	329	487	0,352	
4	Навоз 25 т/га + NPK1/2	302	78,1	345	214	57,3	347	496	0,498	
5	Навоз 50 т/га + NPK	354	99,2	394	235	60,3	361	542	0,350	
Среднее по А ₂		307	80,5	339	207	57,4	324	473	0,376	

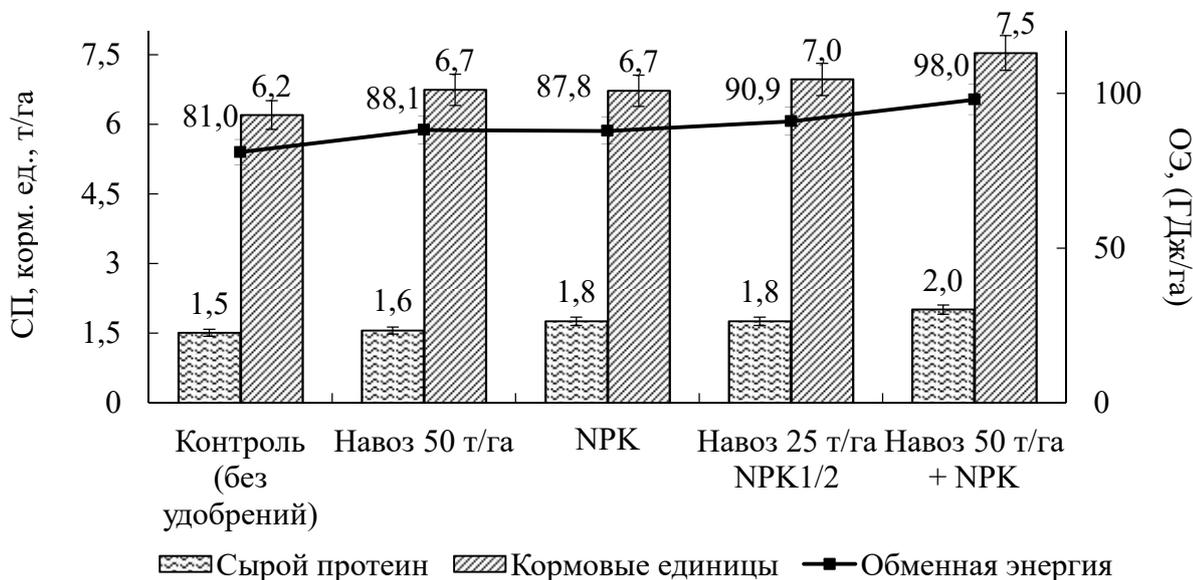
Наибольший вынос макро- и микроэлементов наблюдался при органо-минеральной системе на фоне известкования: 354 кг/га азота, 99,2 – фосфора, 394 кг/га калия при соотношении N : P : K = 3,6 : 1,0 : 4,0. Вынос магния – 57,4 кг/га был в 3,6 раза меньше, чем кальция. Обращает на себя внимание достаточно высокий вынос микроэлементов, таких как цинк и марганец – 361 и 542 г/га соответственно. 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.

Влияние систем удобрения на удельный вынос 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, K₂O – 29, CaO – 17-18, MgO – 5кг; Zn – 27-28 г, Mn – 42, Co – 0,03-0,04 г (таблица 5).

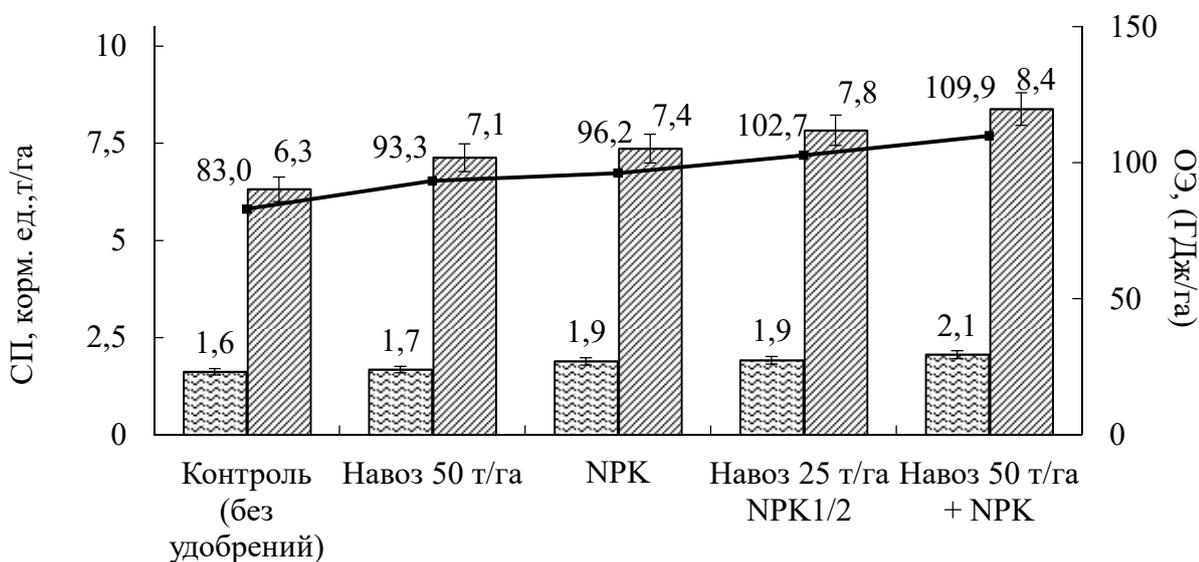
Таблица 5 – Влияние систем удобрения и известкования на удельный вынос макро- и микроэлементов клевером луговым, в среднем за 2018-2020 гг.

№ п/п	Удобрения – фактор В	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Zn	Mn	Co
		кг/т сухого вещества					г/т сух-го вещ-ва		
Без известкования– А ₁									
1	Контроль (без удобрений)	27,4	6,48	29,0	17,4	5,60	26,1	44,7	0,037
2	Навоз 50 т/га	27,9	6,20	27,3	17,1	5,19	26,2	44,6	0,030
3	НРК	29,3	7,07	29,6	17,4	5,51	27,5	42,1	0,032
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	28,4	6,96	27,0	17,2	5,20	28,3	40,6	0,047
5	Навоз 50 т/га + НРК	30,5	6,88	31,8	16,8	5,01	27,1	40,0	0,033
Среднее по А ₁		28,7	6,72	28,9	17,2	5,30	27,0	42,4	0,036
С известкованием– А ₂									
1	Контроль (без удобрений)	28,1	7,35	29,2	18,7	5,43	29,4	40,6	0,031
2	Навоз 50 т/га	26,6	7,11	28,3	18,5	5,19	26,2	41,8	0,030
3	НРК	29,1	7,00	30,4	17,5	5,70	28,8	43,6	0,029
4	Навоз 25 т/га + НРК1/2	25,6	6,64	28,3	17,9	4,93	28,5	42,6	0,038
5	Навоз 50 т/га + НРК	27,8	7,64	29,9	18,2	4,83	27,6	43,1	0,025
Среднее по А ₂		27,4	7,15	29,2	18,2	5,22	28,1	42,3	0,031

Указанные величины можно принять за нормативы выноса для клевера лугового при возделывании на дерново-подзолистых среднекультуренных почвах Севера Нечерноземья. Одностороннее применение минеральных удобрений, а также внесение NPK с навозом КРС в половинных дозах увеличивало сбор сырого протеина с 1,5-1,6 (в контроле) до 1,8-1,9 т/га, а полной дозы – до 2,0-2,1 т/га (рисунок 2).



а) без CaCO₃



б) с CaCO₃

Рисунок 2 – Влияние удобрений на сбор сырого протеина, кормовых единиц (т/га) и выход обменной энергии (ОЭ, ГДж/га), в среднем за 3 года

Примечания: а) без CaCO₃, б) с CaCO₃. "Усиками" показана НСР₀₅ для частных различий

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 CaCO₃, 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 CaCO₃.

Применение органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве способствовало интенсификации процесса симбиотической азотфиксации клевера лугового.

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 6).

Таблица 6 – 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 _ф *	
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

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.

Наибольшая окупаемость среди систем удобрения отмечен в варианте с применением органо-минеральной 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 Нг 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, K₂O – 29 кг, CaO – 17-18 кг, MgO – 5 кг; Zn – 27-28 г, Mn – 42, 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 известкованным 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 сельхоз-предприятия.

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 (10 т/га севооборотной площади) 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 ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Налиухин, А. Н. Последствие биомодифицированных органо-минеральных удобрений на агродерново-подзолистой почве / А. Н. Налиухин, О. А. Власова, Д. А. Белозеров, О. В. Силуянова, **А. А. Рыжакова***, А. В. Рябков, В. А. Буслаев, Д. А. Нинкин // Молочнохозяйственный вестник. – 2020. – № 2 (38). – С. 66-79.

2. 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.

3. Налиухин, А. Н. Азотфиксация клевера лугового при применении удобрений и известковании / А. Н. Налиухин, **А. А. Рыжакова*** // Агрехимия. – 2021. – № 11. – С. 65-71.

4. Налиухин, А. Н. Влияние различных систем удобрения и известкования на урожайность и химический состав клевера лугового / А. Н. Налиухин, **А. А. Смирнова** // Плодородие, 2024. – № 4. – С. 23-26.

Работы, опубликованные в изданиях, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных:

5. 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, E. Kulikova, A. Peliy, E. Borodina // Research on Crops. – 2021. – Voll. 22. – № (3). – P. 602-607.

Публикации в сборниках и материалах конференций:

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

7. 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.

8. Рыжакова, А. А.* Влияние систем удобрения на урожайность и питательную ценность клевера лугового при возделывании на дерново-подзолистой почве / **А. А. Рыжакова*** // В сборнике: «Современные аспекты развития АПК. Труды Всероссийского совета молодых ученых и специалистов аграрных образовательных и научных учреждений», 2019.– С. 7-13.

9. 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.

*Примечание: * - девичья фамилия Смирновой А. А.*