

На правах рукописи

Гагиев Батраз Владимирович

**ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ
НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА
И ПОКАЗАТЕЛИ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ РСО-АЛАНИЯ**

06.01.04 – агрохимия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Владикавказ – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Горский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Лазаров Таймураз Константинович

Официальные оппоненты: **Есаулко Александр Николаевич** - доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», декан факультетов агробиологии и земельных ресурсов и экологии и ландшафтной архитектуры, профессор кафедры агрохимии и физиологии растений

Мамсиров Нурбий Ильясович - доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» заведующий кафедрой технологии производства сельскохозяйственной продукции

Ведущая организация **ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»**

Защита диссертации состоится «23» декабря 2021 года в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.023.01, ФГБОУ ВО Горский ГАУ по адресу: 362040, г. Владикавказ, ул. Кирова, 37, Горский ГАУ; тел./факс: (8672) 53-91-80, e-mail: d22002301@gorskigau.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Горский ГАУ. <http://gorskigau.com>

Автореферат разослан «___» ноября 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Лазаров Таймураз Константинович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Многочисленные научные исследования, связанные с изучением систем удобрения показывают, что увеличение продуктивности сельскохозяйственных культур и севооборотов напрямую связано с длительностью и систематичностью применения удобрений. Эффективность удобрений обратно пропорциональна обеспеченности почвы общими и усвояемыми формами питательных веществ. Определение видов, доз, сроков и способов внесения удобрений должны быть обоснованы с учетом вышеуказанных факторов.

Большой научный и практический интерес вызывают результаты исследований в условиях длительного систематического применения удобрений, благодаря которым, на практике можно заранее спрогнозировать, как будут изменяться в будущем показатели плодородия почвы и продуктивности возделываемых культур. Поэтому систематический мониторинг плодородия почвы и продуктивности пашни в зависимости от систем удобрения в длительных стационарных опытах с течением времени приобретает большую ценность.

Степень разработанности темы. В лесостепной зоне РСО-Алания вопросами применения удобрений в севообороте занимается кафедра агрохимии и почвоведения Горского ГАУ. Под руководством профессора С.Х. Дзанагова на протяжении 50 лет проводится систематический мониторинг плодородия почвы и продуктивности севооборота в зависимости от систем удобрения. Многие вопросы изучены достаточно глубоко. Однако, как показывает практика, со временем под влиянием экологических и антропогенных факторов агрохимические показатели почвы могут меняться, и соответственно изменять показатели продуктивности севооборота. В связи с этим результаты мониторинга с течением времени приобретают более значимый характер.

Цель исследований – выявить в условиях длительного систематического применения оптимальный вариант системы удобрения звена полевого севооборота: озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на силос для лесостепной зоны РСО-Алания на черноземах выщелоченных, характеризующийся высокой продуктивностью звена, хорошим качеством продукции, сохранением и воспроизводством плодородия почвы.

Задачи исследований: изучить влияние удобрений на влажность и питательный режим чернозема выщелоченного в звене полевого севооборота; изучить процессы роста, развития листьев, накопления сухого вещества, потребления основных питательных элементов растениями под влиянием удобрений; установить влияние удобрений на урожайность культур и продуктивность звена, структуру урожая; выявить влияние удобрений на химический состав и показатели качества основной продукции изучаемых культур; определить вынос основных питательных элементов с урожаем, рассчитать баланс питательных веществ в почве звена севооборота и коэффициенты использования их из почвы и удобрений; определить экономическую, агрономическую и энергетическую эффективность удобрений в звене полевого севооборота.

Научная новизна исследований. Впервые для лесостепной зоны Северной Осетии на черноземах выщелоченных при систематическом применении удобрений в полевом севообороте: выявлены изменения питательного режима почвы в звене: озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на силос. Расширены знания о влиянии удобрений на ростовые процессы, питание, формирование урожая, качество продукции озимой пшеницы и кукурузы, баланс питательных элементов в звене севооборота. Получены новые данные о выносе питательных веществ с урожаем, коэффициентах использования их из почвы и удобрений, эффективность систем удобрения в севообороте.

Теоретическая и практическая значимость работы. В условиях длительного стационарного полевого опыта выявлен оптимальный вариант системы удобрения звена полевого севооборота, обеспечивающий высокую его продуктивность с улучшенными качественными показателями получаемой продукции и показателями экономической эффективности удобрений на фоне сохранения плодородия почвы. Полученные количественные показатели выноса основных питательных веществ с урожаями и балансовые коэффициенты позволяют более точно в данных конкретных условиях рассчитывать оптимальные дозы удобрений под запланированный урожай. Полученные экспериментальные данные об оптимальной концентрации питательных элементов в растениях в разные фазы роста позволят проводить растительную диагностику и вовремя устанавливать необходимость проведения подкормок. Полученные результаты могут быть использованы также в учебном процессе при изучении дисциплин агрохимия, почвоведение, земледелие, растениеводство.

Методология и методы диссертационного исследования. Методологическую основу исследований составили методы планирования и проведения опытов, лабораторные и полевые исследования. Результаты опираются на 3-летние исследования в длительном стационарном полевого опыте, изучение показателей эффективного плодородия почвы, наблюдения за ростом и развитием растений, учет урожайности культур, лабораторные анализы агрохимических показателей почвы и биохимических показателей растительной продукции, осуществленные по общепринятым, утвержденным и ГОСТом методикам с использованием современного приборного оборудования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Эффективное плодородие чернозема выщелоченного в звене полевого севооборота в зависимости от удобрений.
2. Рост и формирование биомассы растений культур звена полевого севооборота в зависимости от удобрений
3. Урожайность культур и продуктивность звена полевого севооборота в зависимости от удобрений.
4. Качество урожая культур звена севооборота в зависимости от удобрений.
5. Баланс питательных веществ в звене полевого севооборота в зависимости от удобрений.
6. Эффективность применения удобрений в звене севооборота

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов исследований подтверждается большим объемом экспериментальных данных, полученных в результате трехлетних опытов; достаточным объемом расчетных материалов и полученных зависимостей; достоверностью статистической обработки результатов исследований и положительными результатами производственной проверки.

Апробация результатов. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на кафедре агрохимии и почвоведения Горского ГАУ в 2013-2018 гг.; отражены в годовых отчетах по НИР вуза в 2013-2016 гг.; в материалах научных конференций (Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО Горский ГАУ. Владикавказ, 2016); Всероссийской науч.-практ. конференции с международным участием «Агротехнологии XXI века», посв. 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, 2015); 6-й и 10-й международных науч.-практ. конференциях «Перспективы развития АПК в современных условиях» (Владикавказ, 2016 и 2021).

По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 6 в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ.

Структура диссертации. Диссертация изложена на 147 стр. Включает: введение, основную часть (8 глав), заключение (выводы и рекомендации производству). В тексте содержится 27 таблиц и 24 иллюстрации. Библиографический список изложен на 32 стр., включает 278 наименований. Имеется также 47 приложений на 29 страницах.

УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в лесостепной зоне РСО-Алания на черноземе выщелоченном, подстилаемом галечником, в условиях длительного (50 лет) стационарного полевого опыта кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ, в котором изучается влияние систематического применения удобрений на продуктивность 5-польного полевого плодосменного севооборота с чередованием культур во времени. В работе приведены результаты исследований в звене: озимая пшеница; кукуруза на зерно; кукуруза на силос (2013-2015 гг.).

В опыте изучали разные дозы и комбинации NPK, три уровня NPK, сравнительное действие минеральных и органических удобрений. Схема опыта: контроль (вариант без удобрений); $N_1P_1K_1$; $N_2P_1K_1$; $N_1P_2K_1$; $N_2P_2K_1$; $N_2P_2K_2$; $N_3P_2K_1$; $N_3P_2K_2$; $N_2P_3K_1$; $N_2P_3K_2$; $N_3P_3K_1$; $N_3P_3K_2$; навоз+NPK; расчетный вариант.

Одинарная доза NPK по каждой культуре составляла: для озимой пшеницы - $N_{50}P_{40}K_{40}$, кукурузы на зерно и на силос - по $N_{40}P_{40}K_{40}$. Варианты навоз+NPK и $N_2P_2K_2$ эквивалентны по содержанию NPK (на фоне 30 т/га навоза норма удобрений доводится до уровня $N_2P_2K_2$ за счет минеральных удобрений). В расчетном варианте нормы рассчитаны балансовым методом

на запланированный урожай культуры и соответствуют: для озимой пшеницы - $N_{110}P_{90}K_{70}$ (на 5,5 т/га зерна), для кукурузы - $N_{140}P_{90}K_{110}$ (на 6,0 т/га зерна и 45,0 т/га зеленой массы).

Удобрения вносили дробно. Под озимую пшеницу осенью под вспашку - нитроаммофоску, аммофос и аммиачную селитру. Весной на вариантах с двойной и тройной дозами азота проводили подкормки в дозах по 30 кг/д.в./га: прикорневую аммиачной селитрой в начале весенней вегетации и некорневую 15%-м раствором мочевины в фазе колошения-цветения. Под кукурузу (на зерно и на силос) в основное удобрение применяли: осенью под зябь - суперфосфат простой гранулированный и хлористый калий; весной, под предпосевную культивацию - аммиачную селитру. Применяли прикорневые подкормки аммиачной селитрой в дозе N_{30} : первую - на вариантах с двойной и тройной дозами азота в фазу 3-4 листьев, вторую - на вариантах с тройной дозой азота в фазу 5-6 листьев. Навоз (30 т/га) вносили 1 раз за ротацию под кукурузу на зерно осенью под зябь (полуперепревший навоз КРС).

Условия - богарные. Площадь делянки – 100 м². Повторность четырехкратная. В опыте использовались: озимая пшеница (сорт Батько), кукуруза на зерно (сорт ИР-401) и кукуруза на силос (сорт Краснодарская 291). Агротехника соответствовала общепринятой для лесостепной зоны.

Для изучения влажности и пищевого режима почвы отбирали почвенные образцы с контрастных вариантов (контроль, $N_1P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_3P_3K_3$, навоз+НРК, расчетный), с двух несмежных повторностей, с 2-х слоев: 0-20 и 20-40 см, по фазам вегетации растений. В отобранных образцах определяли: влажность почвы - методом высушивания (ГОСТ 28268-89; содержание поглощенного аммония - по Коневу (ГОСТ 26489-85); почвенных нитратов - по Грандваль-Ляжу (ГОСТ 26488-85); подвижного фосфора по Чирикову (ГОСТ 26204-91); обменного калия - извлечением по Чирикову (ГОСТ 26204-91) с последующим определением на пламенном фотометре (ГОСТ 26210-91).

Для проведения биометрических наблюдений за процессами роста и развития растений отбирали растительные образцы с контрастных вариантов (контроль, $N_1P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_3P_3K_3$, навоз+НРК, расчетный) с двух несмежных повторностей, по фазам вегетации растений. В отобранных образцах определяли: высоту растений - путем промеров; площадь листовой поверхности - методом высечек; содержание сухого вещества - методом высушивания; содержание азота, фосфора и калия - по Пиневиц – Куркаеву.

Учет урожая производили методом уборки: зерно озимой пшеницы – вручную методом метровок (5 метровок в 5 местах делянки); початки и листостебельную массу кукурузы – вручную скашиванием 2-х рядов. Продуктивность звена полевого севооборота рассчитывали путем перевода урожая в зерновые единицы через коэффициенты перевода.

В отобранных время уборки урожая (с двух несмежных повторностей) образцах определяли: химический состав (N , P_2O_5 , K_2O) - по Пиневиц–Куркаеву; содержание сырого протеина путем умножения содержания азота

на коэффициент перевода: 5,7 - для зерна озимой пшеницы, 6,25 - зерна кукурузы и 6,0 - зеленой массы кукурузы; содержание жира - методом обезжиренного остатка (экстрагированием по Сокслету); содержание клетчатки - методом Ганнеберга и Штомана; содержание золы - озолением в муфельной печи; массу 1000 зерен - взвешиванием 2-х навесок по 500 шт.; натуру зерна - на литровой пурке; стекловидность зерна - методом раскалывания зерновок; содержание клейковины - отмыванием в воде.

Вынос NPK с урожаем определяли путем анализа целого растения (основной и побочной продукции) на содержание основных питательных элементов - по Пиневиц–Куркаеву. Баланс элементов питания в почве определяли разностным методом, путем сопоставления их поступления с удобрениями и выноса с урожаем, интенсивность баланса и коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений – расчетным путем.

Экономическую эффективность систем удобрения определяли по расчету условно чистого дохода от прибавки урожая по методике Н.Н. Баранова (1964) и окупаемости каждого килограмма питательных веществ килограммом зерновых единиц полученной продукции, а энергетическую - по методике В.Г. Минеева и др. (1993).

Статическую обработку данных производили посредством дисперсионного анализа по методике Б.А. Доспехова (1985).

ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ЗВЕНЕ СЕВОБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Исследования показали, что удобрения снижали *влажность почвы* за счет большего потребления влаги растениями, формирующими большую, чем на контроле вегетативную массу. Влажность 0-40 см слоя почвы колебалась в пределах: 18,7-19,7% под озимой пшеницей, 18,1-19,6% – кукурузой на зерно и 18,5-20,3% - кукурузой на силос.

Ход динамики подвижных форм основных питательных элементов в почве под изучаемыми культурами обусловлен, с одной стороны, постепенным повышением интенсивности их мобилизации за счет активизации деятельности специфических микроорганизмов по мере прогревания почвы, с другой – усвоением этих элементов растениями, по мере их роста и развития.

На контроле в начале вегетации содержание подвижных форм азота, фосфора и калия в 0-40 см слое почвы, было ниже, чем в последующем, а на удобренных вариантах на этот период приходился максимум, за счет внесения удобрений (**рис. 1-4**).

Содержание *поглощенного аммония* под озимой пшеницей в среднем за вегетацию на контроле составляло 30,1 мг/кг почвы, по одинарной дозе NPK оно увеличилось на 8,0; двойной – 9,4; тройной – 10,2; расчетной - 11,3 мг/кг почвы. Под кукурузой на зерно за счет удобрений эти показатели повысились на 6,7-18,7 мг/кг почвы, при 28,5 мг/кг на контроле, а под кукурузой на силос - на 9,3-15,8 мг/кг почв, при 30,4 мг/кг на контроле.

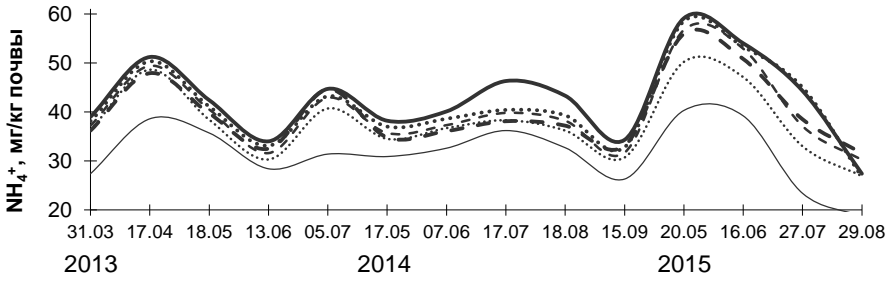


Рис. 1. Динамика аммония

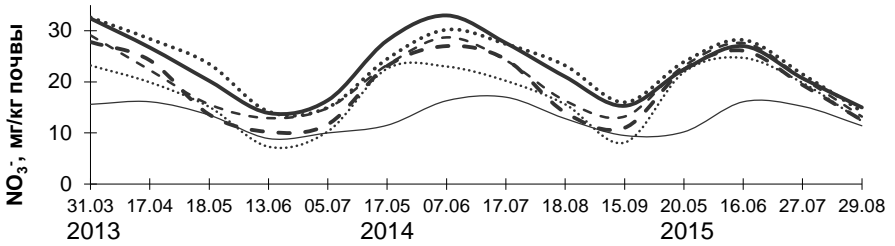


Рис. 2. Динамика нитратов

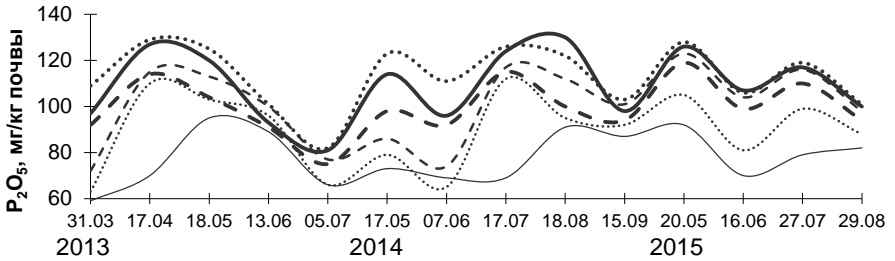


Рис. 3. Динамика подвижного фосфора

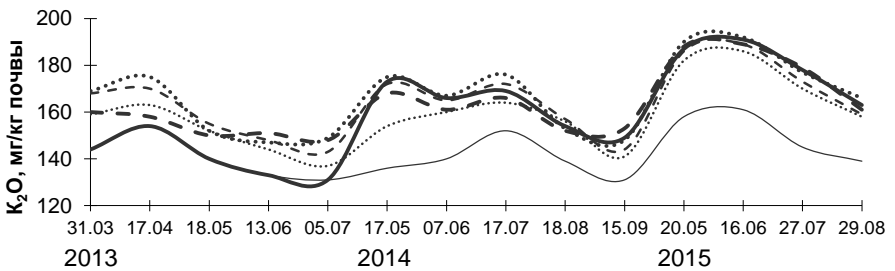
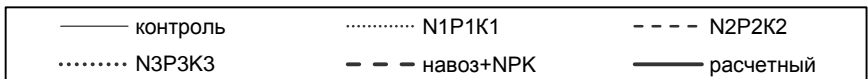


Рис. 4. Динамика обменного калия



Содержание **нитратов** на варианте без удобрений в среднем за вегетацию под озимой пшеницей, кукурузой на зерно и кукурузой на силос составляло соответственно: 12,4; 13,4 и 13,2 мг/кг почвы, а при внесении удобрений оно повысилось: по одинарной дозе NPK - на 3,8; 4,5 и 6,5; двойной - 7,2; 7,7 и 8,0; тройной –10,8; 10,8 и 8,8 мг/кг почвы (максимум).

Накопление **подвижного фосфора** в почве удобренных вариантов происходило значительно интенсивнее, что вполне естественно. При содержании его на контроле в почве под озимой пшеницей в среднем за вегетацию 75 мг/кг почвы внесение одинарной дозы NPK повысило этот показатель на 11; двойной –19; тройной – 36 мг/кг (максимум). В варианте без удобрений под кукурузой на зерно в среднем за вегетацию содержание подвижного фосфора составляло 78 мг/кг, за счет удобрений оно повысилось на 11-39 мг/кг почвы, а под кукурузой на силос - на 12-33 мг/кг, при 81 мг/кг на контроле.

Удобрения повышали содержание **обменного калия** в почве под изучаемыми культурами: на 11-21 мг/кг - под озимой пшеницей, 16-25 мг/кг - под кукурузой на зерно и 23-30 мг/кг - под кукурузой на силос, при содержании на контроле по культурам соответственно - 140, 139 и 151 мг/кг почвы.

Максимальным содержанием нитратов, подвижного фосфора и обменного калия в почве отличался вариант $N_3P_3K_3$, а поглощенного аммония - расчетный вариант. Аммонием, фосфором и калием больше обогащался пахотный слой, меньше – подпахотный, что касается нитратов, то по профилю проявлялась их мобильность. Совместное внесение навоза и минеральных удобрений по этим показателям не имело преимуществ перед внесением минеральных.

РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

В наших наблюдениях интенсивный **рост растений озимой пшеницы** начинался с начала апреля и энергично продолжался до конца мая, после чего его темпы резко снижались к цветению колоса, а к фазе молочной спелости (середина июня) прекращались вовсе (**рис. 5**). Удобрения усиливали этот процесс. Так, высота растений на контроле в фазу молочной спелости, когда она была максимальной, 71,1 см, а при внесении одинарной, двойной, тройной и расчетной доз NPK она увеличилась соответственно на 8,2; 17,9; 22,0 и 25,2 см (12, 25, 31 и 35%).

Интенсивный рост растений *кукурузы на зерно* начинался с начала июня (фаза 5-6 листьев) и продолжался до конца июля (выметывание), после чего его темпы снижались и к середине августа рост прекращался (**рис. 6**). Растения вариантов с удобрениями существенно отличались от неудобренного контроля по этому показателю. В фазу молочной спелости их высота по одинарной дозе NPK увеличилась на 21,0; двойной - 31,0; тройной - 37,0; расчетной - 50,0 см (12,18, 22 и 29%) по указанным вариантам.

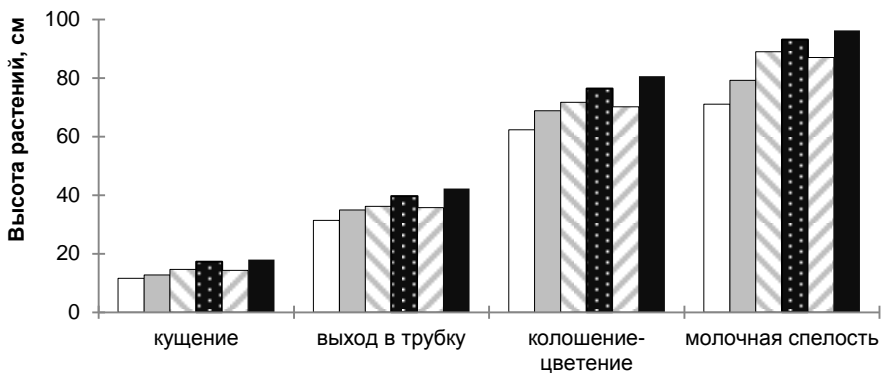


Рис. 5. Динамика роста растений озимой пшеницы

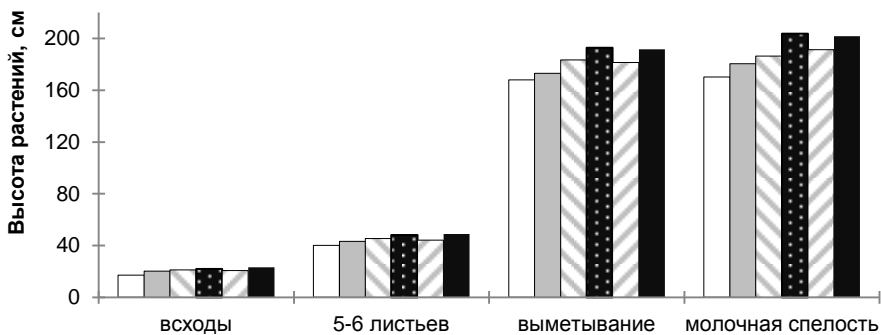


Рис. 6. Динамика роста растений кукурузы на зерно

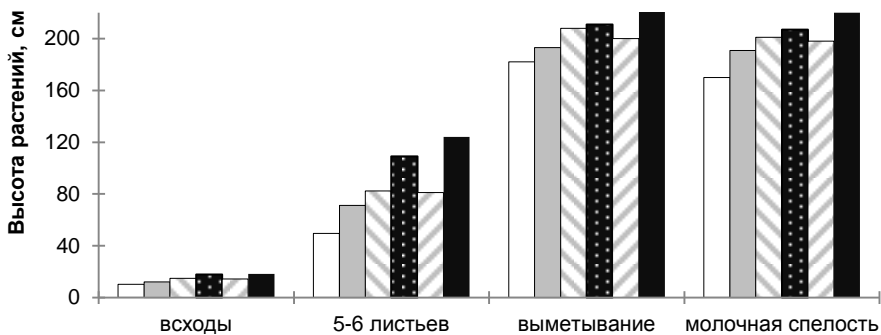


Рис. 5. Динамика роста растений кукурузы на силос

□ контроль ■ N1P1K1 ▨ N2P2K2 ■ N3P3K3 ▩ навоз+NPK ■ расчетный

Высота растений *кукурузы на силос* в фазу молочной спелости по одинарной дозе NPK увеличилась на 10,1 см (6%); двойной - 16,1 см (9%); тройной - 33,4 см (20%), расчетной - 31,4 см (18%) при 170,3 см на контроле (**рис. 7**).

На всех культурах наибольшей высотой по всем фазам отличались растения расчетного варианта. Растения варианта навоз + NPK по высоте почти не отличались от растений варианта с эквивалентной дозой NPK.

Динамика увеличения *площади листьев* изучаемых культур происходила пропорционально их росту.

Площадь листьев *озимой пшеницы* на варианте без удобрений в фазу колошения-цветения, когда она была максимальной, составляла соответственно 29,1 тыс. м²/га. При внесении одинарной дозы NPK этот показатель увеличился на 7,7; двойной - на 11,2; тройной - на 18,6 и расчетной - на 19,6 тыс. м²/га (26, 38, 64 и 71%) (**рис. 8**).

Удобрения значительно увеличивали площадь листьев *кукурузы на зерно* (**рис. 9**) и *кукурузы на силос* (**рис. 10**). На варианте без удобрений в фазу молочной спелости (максимальная высота) она составляла 30,6 (КНЗ) и 22,9 (КНС) тыс. м²/га. В варианте с одинарной дозой NPK эти показатели увеличились на 7,4 и 22,9 тыс. м²/га (24 и 23%), двойной - на 10,9 и 6,9 тыс. м²/га (36 и 30%), тройной - на 18,5 и 9,7 тыс. м²/га (61 и 47%), расчетной - на 18,8 и 108 тыс. м²/га (62 и 47%) соответственно по указанным культурам.

Наилучшим оказался расчетный вариант по всем культурам. Вариант с органоминеральной системой не особо отличался от варианта с минеральной.

Удобрения оказали существенное влияние на накопления *сухого вещества* в растениях изучаемых культур (**рис. 11-13**).

В осенний период вегетации *озимой пшеницы* процессы формирования биомассы и накопления сухого вещества проходили медленно, а их активизация начиналась с весны, фазы весеннего кущения. От фазы выхода в трубку этот процесс резко усиливался, а в фазу созревания замедлялся (**рис. 11**). В фазу восковой спелости накопление сухой биомассы составило: на контроле - 7,99 т/га, а на удобренных вариантах - 9,26-10,17 (превышение - 1,27-2,18 т/га, или 19-27%).

Процесс накопления сухой биомассы растениями *кукурузы* (КНЗ и КНС) в начальный период вегетации проходил крайне слабо, растения накапливали сухого вещества всего около 6-7% по всем вариантам, а в последующие фазы процесс усиливался и продолжался до начала созревания. К фазе 5-6 листьев сухого вещества накапливалось 14-20%, выметывания - 48-80%; молочной спелости - 74-86% в зависимости от уровня удобренности.

Все удобренные варианты значительно превосходили контроль по сбору сухого вещества с единицы площади. На контроле, в фазу молочной спелости растения *кукурузы на зерно* и на *силос* накапливали сухого вещества соответственно 7,2 и 5,1 т/га, а при внесении одинарной дозы NPK этот показатель увеличился на 1,1 и 1,8 т/га (15 и 35%); двойной - 2,0 и 4,1 т/га (28 и 80%); тройной - 4,6 и 6,4 т/га (64 и 125%), а расчетной - 5,2 и 6,9 т/га (72 и 135%).

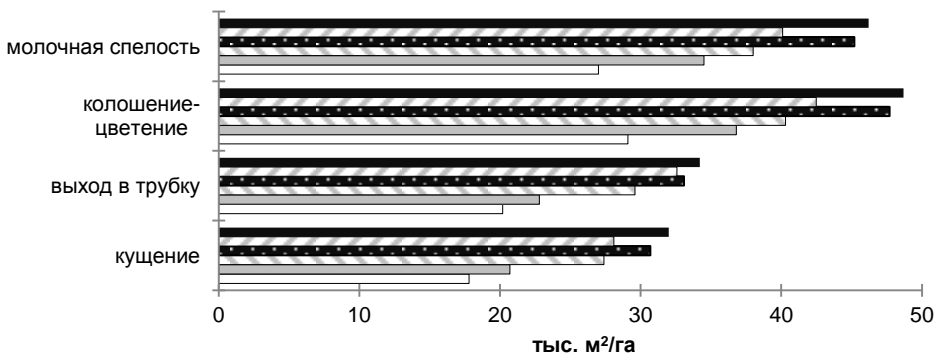


Рис. 8. Динамика площади листьев озимой пшеницы

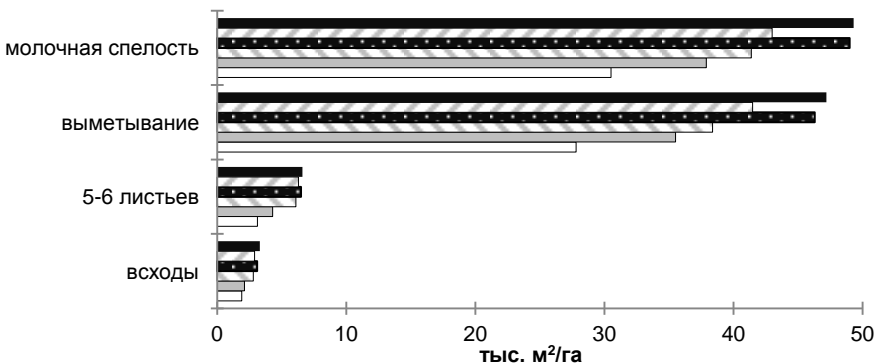


Рис. 9. Динамика площади листьев кукурузы на зерно

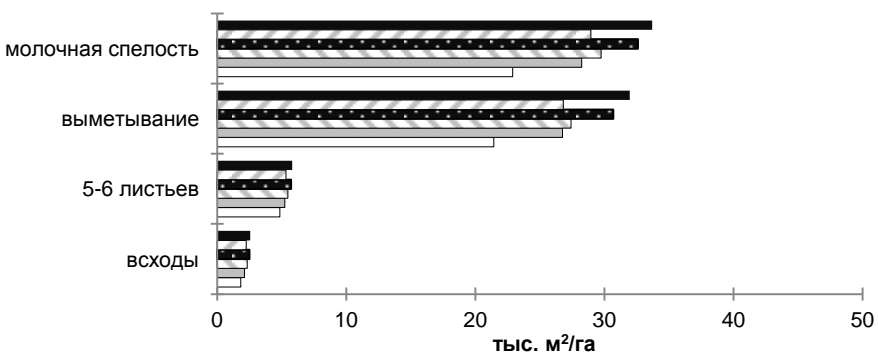


Рис. 10. Динамика площади листьев кукурузы на силос

□ контроль ■ N1P1K1 ▨ N2P2K2 ■ N3P3K3 ▩ навоз+NPK ■ расчетный

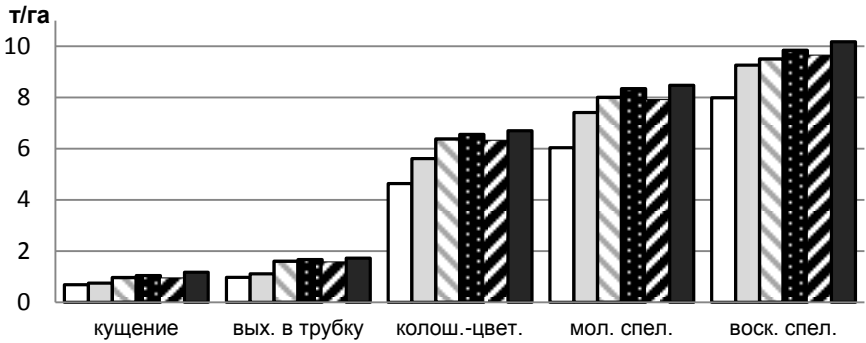


Рис. 11. Накопление сухого вещества озимой пшеницей, т/га

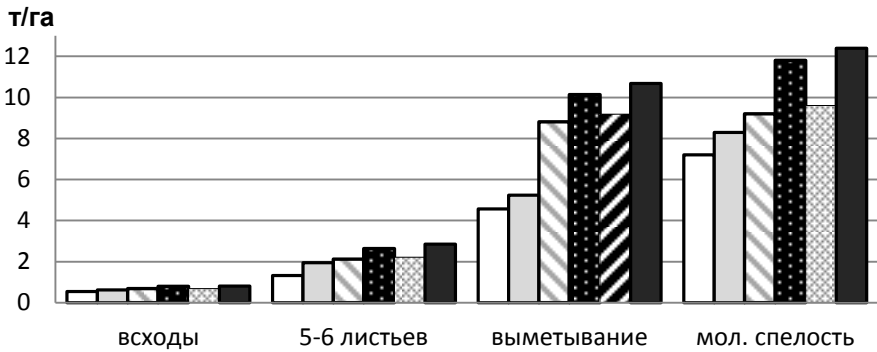


Рис. 12. Накопление сухого вещества кукурузой на зерно, т/га

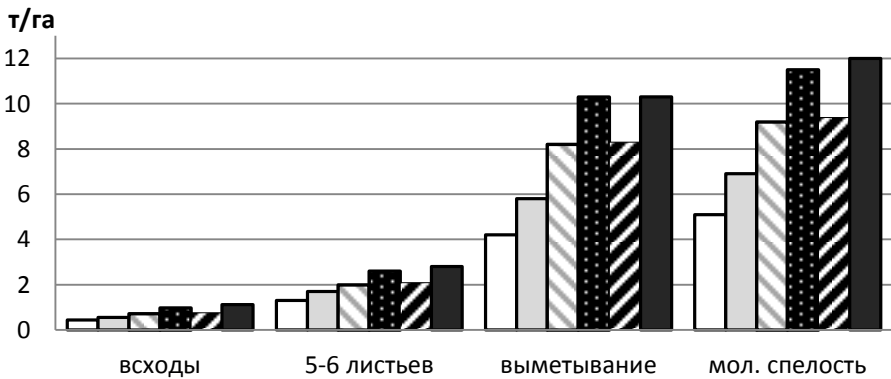


Рис. 13. Накопление сухого вещества кукурузой на зерно, т/га

□ контроль ■ N1P1K1 ▨ N2P2K2 ■ N3P3K3 ▩ навоз+NPK ■ расчетный

Выявлено, что относительное содержание питательных элементов в растениях изучаемых культур максимальным было в начале вегетации.

Концентрация азота в растениях озимой пшеницы в фазы кущения и начала выхода в трубку составляла соответственно 3,63 и 3,60% на контроле и 4,93-5,87 и 4,86-5,64% на удобренных вариантах; кукурузы на зерно в фазы всходов и 5-6 листьев - 3,60 и 3,14% на контроле и 4,15-4,43 и 3,73-4,03 на удобренных вариантах; кукурузы на силос в фазы всходов и 5-6 листьев - 3,22 и 2,93% на контроле и 3,55-4,13 и 3,07-3,59 на удобренных вариантах. К фазе колошения-цветения озимой пшеницы и фазе выметывания кукурузы наблюдалось интенсивное снижение концентрации азота в растениях до минимума. Затем она постепенно незначительно повышалась к концу вегетации.

Динамика **концентрации фосфора** в растениях была аналогичной азоту. Максимальной она наблюдалась в начальный период развития. В растениях озимой пшеницы в фазу кущения весной она составляла 0,83% на контроле и 1,09-1,48 на удобренных вариантах, а в растениях кукурузы на зерно и кукурузы на силос в фазу всходов - 0,89 и 1,02% на контроле, а на удобренных вариантах - 0,99-1,11 и 1,03-1,39%.

Концентрация калия в растениях постепенно снижалась по мере их роста и развития. Максимум в весенне-летний период вегетации озимой пшеницы наблюдался в начале весеннего кущения - 3,29% на контроле и 4,53-6,06% на удобренных вариантах, а в фазу всходов кукурузы на зерно и силос - 5,50 и 3,55% на контроле и 6,02-6,11 и 3,68-4,31% на удобренных вариантах.

За счет нарастания вегетативной массы у растений культуры звена севооборота, одновременно с уменьшением относительного содержания питательных элементов, возрастало их накопление на единице площади (**табл. 1-3**).

Растения *озимой пшеницы* период всходы-кущение накапливали **азота** 28-31%, а к фазе выхода в трубку - 37-44% по всем вариантам. К фазе цветения завершились максимальные темпы этого процесса, и растения накопили азота 52-64%, а к фазе молочной спелости - 82-99%. Максимальное количество азота озимой пшеницей накоплено к концу вегетации в вариантах: расчетном - 220, $N_2P_2K_2$ - 217 и $N_3P_3K_3$, - 224 кг/га, что выше, чем на контроле на 126, 126 и 123 кг/га, или 143, 140 и 136%.

Абсолютное содержание **фосфора** достигло своего максимума к фазе восковой спелости, и составило 28 кг/га на контроле, 46 - по одинарной, 63 - двойной, 68 кг/га - тройной дозам удобрений и 69 кг/га - на расчетном варианте (превышение соответственно на 18, 35, 40 и 41 кг/га, или 66, 124, 143 и 146%). Наибольшие темпы потребления фосфора озимой пшеницей отмечены в фазу цветения – до 60% на контроле и до 65% на удобренных вариантах.

Равномерно возрастало и накопление **калия** в растениях озимой пшеницы в абсолютном количестве. Своего максимума оно достигло к фазе восковой спелости и составило: 46 кг/га на контроле, 74 - по одинарной, 117 - двойной, 117 кг/га - тройной дозам удобрений и 122 кг/га - на расчетном варианте (превышение соответственно - 28, 71,71 и 77 кг/га, или 60, 152, 153 и 163%).

Таблица 1 - Потребление основных питательных элементов растениями озимой пшеницы, кг/га

Вариант	Фазы вегетации											
	Кушение			Выход в трубку			Колошение - цветение			Молочная спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	25	6	23	35	8	30	47	17	38	90	20	45
N₁P₁K₁	37	8	34	54	12	40	91	31	65	127	33	71
N₂P₂K₂	56	13	56	88	18	58	135	42	98	185	44	107
N₃P₃K₃	61	15	59	93	21	66	148	45	101	193	47	111
Навоз+NPK	54	12	52	79	17	60	128	40	94	170	43	106
Расчетный	68	16	66	98	18	69	141	44	104	190	48	117

Таблица 2 - Потребление основных питательных элементов растениями кукурузы на зерно, кг/га

Вариант	Фазы вегетации											
	Всходы			5-6 листьев			Выметывание			Молочная спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	19	5	30	41	11	52	52	19	62	76	27	71
N₁P₁K₁	26	6	37	72	18	83	80	28	85	99	35	97
N₂P₂K₂	29	7	41	82	21	95	140	48	135	144	51	137
N₃P₃K₃	35	9	49	105	26	121	171	57	164	185	60	184
Навоз+NPK	30	7	41	88	21	100	148	50	148	151	52	154
Расчетный	36	9	49	115	28	131	179	59	176	198	62	192

Таблица 3 - Потребление основных питательных элементов растениями кукурузы на силос, кг/га

Вариант	Фазы вегетации											
	Всходы			5-6 листьев			Выметывание			Молочная спелость		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	14	4	16	38	11	40	46	16	67	50	18	72
N₁P₁K₁	20	6	21	52	15	54	74	25	93	81	27	99
N₂P₂K₂	27	9	28	65	20	65	116	39	136	123	41	146
N₃P₃K₃	40	14	42	93	27	92	169	52	176	174	54	185
Навоз+NPK	28	10	31	67	20	68	118	38	139	124	40	147
Расчетный	46	15	47	100	30	92	167	50	178	184	54	192

Накопление питательных элементов в биомассе растений **кукурузы** увеличивалось более интенсивно до фазы выметывания и менее - в последующем (**табл. 2 и 3**).

К фазе 5-6 листьев **азота** в растениях кукурузы (КНЗ и КНС) накапливалось 44-66%, выметывания - 73-93%; молочной спелости - 84-97% в зависимости от уровня удобрения. К концу вегетации растения накопили максимальное количество азота: по кукурузе на зерно - 91 кг/га на контроле и 109-205 кг/га на удобренных вариантах (превышение - 19-115 кг/га, или 20-126%); по кукурузе на силос - 50 кг/га на контроле и 81-184 кг/га - на удобренных вариантах (превышение - 31-134 кг/га, или 63-267%).

Фосфора в растениях кукурузы накапливалось: к фазе 5-6 листьев 35-51%; выметывания - 60-91%; а к фазе молочной спелости - 60-95%. Достигнув максимума к концу вегетации, оно составило: по кукурузе на зерно - 32 кг/га на контроле и 38,5-68,4 кг/га (превышение - 6,3-34,6 кг/га, или 20-113%); по кукурузе на силос - 18 кг/га на контроле и 27-54 кг/га - на удобренных вариантах (превышение - 9-36 кг/га, или 51-203%).

Калия в растениях кукурузы накапливалось к фазе 5-6 листьев 44-66%, в фазе выметывания - 72-95%; а к фазе молочной спелости - 83-99% в зависимости от уровня удобрения. Этот показатель был в максимуме в конце вегетации и составлял: по кукурузе на зерно - 85 кг/га на контроле и 102-198 кг/га - на удобренных вариантах (превышение - 17-113 кг/га, или 20-133%); по кукурузе на силос - 73 кг/га на контроле и 101-195 кг/га - на удобренных вариантах (превышение - 28-122 кг/га, или 38-167%).

Наибольшим накоплением отличился расчетный вариант, приближался к нему вариант с тройной дозой удобрений.

УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

В результате наблюдений выявлено, что **урожайность** изучаемых культур на варианте без удобрений была невысокой, она составляла 3,21 т/га по озимой пшенице; 3,71 - кукурузе на зерно и 19,6 - кукурузе на силос (**табл. 4**).

Урожайность озимой пшеницы увеличивалась при повышении доз удобрений от одинарной до двойной - на 1,61-3,20 т/га, или 50-100%. Дальнейшее повышение доз удобрений было неэффективно. Наибольшую урожайность кукурузы обеспечила расчетная доза удобрений, обеспечившая прибавку 4,59 т/га (124%) зерна и 24,4 т/га (124%) зеленой массы.

Из отдельных элементов в составе удобрения было эффективно преобладание в составе НРК азота. На озимой пшенице удвоение дозы азота увеличило прибавку на 0,57 т/га, или 12%, однако утроение - снижало ее. На кукурузе удвоение этого элемента повысило урожайность зерна на 0,63 т/га (12%) и зеленой массы кукурузы на 3,0 т/га (12%), а утроение на фоне P_2K_1 - на 1,21 т/га (22 %) зерна и 9,5 т/га (34%) листостебельной массы.

Таблица 4 - Урожайность культур и продуктивность звена полевого севооборота в зависимости от удобрений (2013-2015 гг.)

Вариант	Урожайность культур, т/га			Среднегодовая продуктивность, т/га з.е.	Прирост продуктивности	
	озимая пшеница	кукуруза на зерно	кукуруза на силос		т/га з.е.	%
Контроль	3,21	3,71	19,62	3,59	-	-
N₁P₁K₁	4,82	5,08	25,86	5,01	1,41	39,4
N₂P₁K₁	5,39	5,73	28,83	5,60	2,01	56,0
N₁P₂K₁	5,12	5,52	28,12	5,39	1,80	50,1
N₂P₂K₁	5,58	6,19	32,34	6,04	2,45	68,3
N₂P₂K₂	6,41	6,48	34,14	6,53	2,94	81,9
N₃P₂K₁	5,54	6,71	37,46	6,52	2,93	81,5
N₃P₂K₂	5,63	6,88	38,90	6,70	3,10	86,4
N₂P₃K₁	5,59	7,12	36,48	6,62	3,03	84,5
N₂P₃K₂	5,53	7,24	38,06	6,74	3,15	87,8
N₃P₃K₁	5,67	7,41	37,36	6,83	3,24	90,2
N₃P₃K₃	5,92	7,72	42,84	7,33	3,74	104,1
Навоз+НРК	6,62	6,94	34,52	6,83	3,24	90,2
Расчетный	6,14	8,30	44,15	7,70	4,11	114,5
НСР₀₅	0,19	0,29	2,61			

Удвоение дозы фосфора повышало прибавку, но менее существенно - 0,30 т/га (6%) зерна озимой пшеницы, 0,41 т/га (8%) зерна кукурузы и 2,3 т/га (8%) зеленой массы. Увеличение дозы фосфора втрое повысило прибавку урожая кукурузы, по фону N₂K₁ она составила 1,37 т/га (24%) зерна и 7,7 т/га (27%) зеленой массы.

При одновременном удвоении доз этих двух элементов урожайность зерна озимой пшеницы увеличилась на 0,76 т/га (16 %), а при утроении – на 0,85 т/га (18%). По кукурузе этот показатель увеличился на 1,10 т/га (22%) зерна и 6,4 т/га (25%) зеленой массы, а при утроении – на 2,34 т/га (46%) зерна и 11,5 т/га (45%) зеленой массы.

Увеличение доз калия на фоне двойных и тройных доз других двух элементов несущественно отразилось на урожайности всех трех культур, прибавка находилась в пределах наименьшей существенной разности.

Органоминеральная система удобрений не имела преимущество перед минеральной, разница между этими двумя вариантами была в пределах НСР.

На озимой пшенице наилучшими оказались варианты с двойной дозой НРК (по органоминеральной и минеральной системам удобрения), а на кукурузе на зерно и силос – расчетный вариант.

Среднегодовая продуктивность звена полевого севооборота на варианте без удобрений составила 3,59 т/га з.е. Повышение уровней НРК от одиначно-

го до тройного обеспечило ее прирост на 1,41; 2,95 и 3,74 т/га з.е. (39, 82 и 104%). Двойная доза NPK увеличила прибавку зерновых единиц на 1,54 т/га (31%) по сравнению с одинарной дозой, а тройная - на 2,34 т/га (47%) по сравнению с одинарной дозой и 0,80 т/га (12%) – по сравнению с двойной.

Наибольший показатель среднегодовой продуктивности звена - 7,70 т з.е./га - зафиксирован на расчетном варианте, где по сравнению с контролем ее прирост увеличился на 4,11 т/га з.е. или 115%.

КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Удобрения оказали положительное влияние на качество основной продукции изучаемых культур (табл. 5-7).

**Таблица 5 – Химический состав и качество зерна озимой пшеницы
в зависимости от удобрений**

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырой протеин	Жир	Клет- чатка	Зола	Сырая клейко- вина
								% к сы- рой массе
% к сухому веществу								
Контроль	2,28	0,77	0,50	13,00	2,11	3,53	2,15	26,0
N₁P₁K₁	2,40	0,83	0,51	13,68	1,86	3,49	2,16	27,4
N₂P₁K₁	2,46	0,87	0,51	14,02	1,83	3,52	2,13	29,1
N₁P₂K₁	2,39	0,91	0,52	13,62	1,92	3,61	2,17	27,1
N₂P₂K₁	2,56	0,91	0,51	14,59	1,94	3,58	2,17	29,0
N₂P₂K₂	2,51	0,94	0,55	14,31	1,99	3,62	2,20	28,8
N₃P₂K₁	2,63	0,88	0,52	14,99	1,91	3,55	2,18	30,0
N₃P₂K₂	2,61	0,89	0,54	14,88	1,93	3,60	2,19	29,8
N₂P₃K₁	2,54	0,96	0,53	14,48	2,04	3,64	2,20	29,4
N₂P₃K₂	2,53	0,95	0,55	14,42	2,09	3,57	2,21	29,1
N₃P₃K₁	2,66	0,93	0,53	15,16	1,89	3,60	2,20	30,6
N₃P₃K₃	2,67	0,92	0,56	15,22	1,86	3,62	2,25	30,3
Навоз+NPK	2,59	0,91	0,54	14,76	2,13	3,65	2,18	28,7
Расчетный	2,69	0,93	0,53	15,33	1,90	3,49	2,24	30,0

Содержание азота, фосфора и калия в сухом веществе основной продукции повышалось с увеличением доз каждого из этих элементов в составе NPK.

По мере повышения дозы азота повышалось содержание протеина на 0,68-2,22% в зерне озимой пшеницы, 0,81-1,81% - в зерне кукурузы и 0,9-7,6% - зеленой массе кукурузы. Максимальные значения отмечены на расчетном варианте и варианте с тройной дозой NPK.

**Таблица 6 – Химический состав и качество зерна кукурузы
в зависимости от удобрений, % к сухому веществу**

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырой протеин	Жир	Крахмал	Зола
Контроль	1,39	0,66	0,40	8,69	4,19	64,1	1,16
N₁P₁K₁	1,52	0,72	0,46	9,50	4,25	67,4	1,54
N₂P₁K₁	1,55	0,73	0,45	9,69	4,22	67,2	1,48
N₁P₂K₁	1,54	0,75	0,44	9,63	4,24	67,6	1,46
N₂P₂K₁	1,56	0,74	0,46	9,75	4,10	67,0	1,48
N₂P₂K₂	1,57	0,75	0,48	9,81	3,81	66,0	1,51
N₃P₂K₁	1,60	0,75	0,45	10,00	3,73	65,2	1,46
N₃P₂K₂	1,61	0,76	0,48	10,06	3,82	62,6	1,53
N₂P₃K₁	1,56	0,76	0,44	9,75	3,65	66,3	1,51
N₂P₃K₂	1,55	0,78	0,48	9,69	3,79	64,6	1,47
N₃P₃K₁	1,65	0,77	0,46	10,31	3,72	62,8	1,48
N₃P₃K₃	1,67	0,78	0,47	10,44	3,68	62,3	1,45
Навоз+НРК	1,56	0,73	0,47	9,75	3,66	66,3	1,52
Расчетный	1,68	0,78	0,49	10,50	3,73	59,7	1,51

**Таблица 7 - Химический состав и качество зеленой массы кукурузы
на силос в зависимости от удобрений, % к сухому веществу**

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Сырой протеин	Жир	Клет- чатка	Зола
Контроль	0,91	0,31	1,06	5,5	0,97	31,0	9,5
N₁P₁K₁	1,07	0,35	1,11	6,4	1,30	31,8	10,0
N₂P₁K₁	1,10	0,36	1,10	6,6	1,26	30,4	9,2
N₁P₂K₁	1,08	0,39	1,16	6,5	1,36	33,5	10,2
N₂P₂K₁	1,25	0,41	1,14	7,5	1,35	32,0	9,8
N₂P₂K₂	1,24	0,41	1,24	7,4	1,37	33,7	10,8
N₃P₂K₁	1,19	0,40	1,15	7,1	1,36	30,3	9,9
N₃P₂K₂	1,18	0,39	1,22	7,1	1,40	31,6	10,3
N₂P₃K₁	1,05	0,43	1,18	6,3	1,46	30,1	10,9
N₂P₃K₂	1,04	0,37	1,23	6,2	1,51	34,8	11,3
N₃P₃K₁	1,24	0,36	1,18	7,5	1,44	31,3	10,1
N₃P₃K₃	1,26	0,43	1,25	7,6	1,47	34,3	10,6
Навоз+НРК	1,21	0,38	1,24	7,2	1,46	33,5	10,7
Расчетный	1,27	0,41	1,26	7,6	1,48	34,2	11,0

Значения показателей содержания жира и клетчатки были обратно пропорциональны значениям содержания протеина. В зерне озимой пшеницы и кукурузы наблюдалась тенденция снижения содержания жира и клетчатки на удобренных вариантах, а в зеленой массе кукурузе - повышение на 0,29-0,51% жира и 0,8-4,3% клетчатки.

Зольность мало зависела от вносимых удобрений, изменения были не существенными. Наибольшим содержанием золы отличались варианты $N_2P_3K_2$ и расчетный – 11,3 и 11,0 % при 9,5 % на контроле.

На всех удобренных вариантах повышалось содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы - более существенно на вариантах $N_3P_3K_1$, $N_3P_3K_3$ и расчетном – на 4,3-4,6% при 26,0% на контроле. Прослеживалась закономерность улучшения качества клейковины от внесения умеренных и сбалансированных доз удобрений.

БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Все культуры выносят с урожаем меньше фосфора. Вынос азота преобладает над выносом калия, причем наиболее сильно - у озимой пшеницы, менее - у кукурузы на зерно. Явное преобладание азота отмечается у зерновых при внесении высоких доз азотных удобрений, что, вероятно, связано с проводимыми внекорневыми подкормками.

Так, в наших исследованиях изучаемые культуры для формирования 1 т основной продукции на варианте без удобрений использовали азота, фосфора и калия соответственно: озимая пшеница - 34,5; 12,4 и 22,4 кг/т зерна; кукуруза - 20,9; 5,3; и 29,1 кг/т зерна и 3,2; 1,2 и 3,7 кг/т зеленой массы. На удобренных вариантах эти показатели варьировали в пределах: по озимой пшенице - 37,8-41,5; 12,1-13,5 и 21,6-24,0 кг/т зерна; кукурузе - 22,4-25,4; 6,3-7,1 и 31,8-35,4 кг/т зерна и 3,6-4,5; 1,4-1,7 и 3,9-4,4 кг/т зеленой массы азота, фосфора и калия соответственно.

В течение 3-х лет исследований в звене севооборота: озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на силос по всем вариантам наблюдался отрицательный *баланс азота*. При внесении удобрений дефицит его в среднем за 3 года наблюдений составлял 88-105 кг/га при интенсивности баланса соответственно 33-62% (табл. 8). Наименьший дефицит азота наблюдался в вариантах с тройной дозой азота. Отрицательное влияние на баланс азота оказало увеличение доз фосфора в составе NPK.

Баланс фосфора в почве оказался положительным почти на всех удобренных вариантах, за исключением вариантов с одинарной дозой фосфора, где дефицит был незначительным. Наилучший баланс фосфора в почве отмечен в вариантах с тройной дозой фосфора в составе NPK.

Значительный дефицит в балансе из всех трех основных элементов питания отличался по *калию*. Недостаток на удобренных вариантах составлял 85-137 кг/га, а интенсивность баланса калия колебалась в пределах 23-61%.

**Таблица 8 - Баланс питательных веществ почвы в звене полевого севооборота
в зависимости от удобрений**

Вариант	Поступление, кг/га			Вывос, кг/га			Баланс (+/-), кг/га			Интенсивность баланса,%			КИУ, %			К ₆ , %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	-	-	-	84	28	84	-84	-28	-84	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	43	40	40	131	44	125	-88	-4	-85	33	91	32	108	40	103	302	110	313
N ₂ P ₁ K ₁	87	40	40	150	49	138	-63	-9	-98	58	82	29	76	53	135	173	123	345
N ₁ P ₂ K ₁	43	80	40	142	49	134	-99	31	-94	31	163	30	134	26	124	328	61	334
N ₂ P ₂ K ₁	87	80	40	171	55	156	-85	25	-116	51	145	26	101	34	179	198	69	389
N ₂ P ₂ K ₂	87	80	80	188	60	175	-101	20	-95	46	134	46	120	40	114	217	75	219
N ₃ P ₂ K ₁	130	80	40	183	59	167	-53	21	-127	71	136	24	76	39	208	141	74	418
N ₃ P ₂ K ₂	130	80	80	189	60	180	-59	20	-100	69	134	45	81	40	120	145	75	225
N ₂ P ₃ K ₁	87	120	40	175	61	170	-89	59	-130	49	198	24	105	27	215	202	51	425
N ₂ P ₃ K ₂	87	120	80	176	59	183	-90	61	-103	49	203	44	107	26	123	203	49	228
N ₃ P ₃ K ₁	130	120	40	193	59	177	-63	61	-137	67	203	23	84	26	233	149	49	443
N ₃ P ₃ K ₃	130	120	120	209	67	197	-79	53	-77	62	179	61	96	33	94	161	56	164
Навоз + NPK	87	80	80	192	58	177	-105	22	-97	45	137	45	125	38	116	222	73	221
Расчетный	130	90	97	220	69	209	-90	21	-113	59	131	46	104	45	130	169	76	217

Рассчитанные на основании наблюдений коэффициенты использования питательных веществ из удобрений изменялись в зависимости от доз удобрений. Они варьировали в пределах: по азоту - 76-125%, фосфору 26-53%, калию – 94-233%. Коэффициент использования отдельного элемента из удобрений снижался с повышением дозы этого элемента в составе удобрений.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА

Рациональное применение удобрений, несмотря на немалые дополнительные затраты экономически эффективно (табл. 9).

**Таблица 9 - Экономическая эффективность применения удобрений
в звене полевого севооборота по разным системам**

Вариант	Всего затрат на применение удобрений, тыс. руб./га	Стоимость прибавки, тыс. руб./га	Условно чистый доход		Рентабельность, %
			тыс. руб. / га	руб. / руб. затрат	
N₁P₁K₁	9,2	17,5	8,4	0,91	91
N₂P₁K₁	12,0	25,0	13,0	1,08	108
N₁P₂K₁	13,4	22,4	9,0	0,67	67
N₂P₂K₁	16,3	31,3	15,0	0,92	92
N₂P₂K₂	18,6	37,3	18,7	1,00	100
N₃P₂K₁	18,2	38,9	20,7	1,14	114
N₃P₂K₂	20,5	41,4	20,9	1,02	102
N₂P₃K₁	20,3	39,2	18,9	0,94	94
N₂P₃K₂	22,7	41,3	18,6	0,82	82
N₃P₃K₁	23,2	41,7	18,4	0,79	79
N₃P₃K₃	27,3	49,8	22,5	0,82	82
Навоз+NPK	18,9	40,2	21,4	1,13	113
Расчетный	23,9	53,9	29,9	1,25	125

Наибольшие затраты на применение удобрений отмечены на кукурузе на силос – 10,2-32,2 тыс. руб./га, чуть меньше на кукурузе на зерно – 9,4-28,0 тыс. руб./га, а наименьшими они оказались под озимую пшеницу и находились в пределах 7,9-21,7 тыс. руб./га.

В среднем по звену севооборота наибольшие затраты наблюдались в варианте с тройной дозой удобрений – 27,3 тыс. руб./га, несколько меньше в расчетном варианте – 23,9 тыс. руб./га, а наименьшими затратами характеризовался вариант с одинарной дозой удобрений – 9,2 тыс. руб./га.

В среднем по звену наибольшей стоимостью прибавки отличился расчетный и вариант – 53,9 тыс. руб./га, наименьшей – 17,5 тыс. руб./га – вариант с одинарной дозой NPK, а наибольший дополнительный условно чистый доход достигнут в расчетном варианте - 29,9 тыс. руб./га и 1,25 руб. на каждый затраченный рубль.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В лесостепной зоне Северной Осетии на черноземе выщелоченном, подстилаемом галечником, при длительном систематическом применении удобрений в полевом севообороте, на основании 3-летних исследований в звене: озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на силос, выявлено следующее:

В периоды вегетаций культуры звена севооборота не испытывали недостатка в почвенной влаге. Удобрения, обеспечивая питательными веществами растения, способствовали большему потреблению влаги последними и снижению влажности 0-40 слоя почвы: на 0,3-1,0 % под озимой пшеницей; 3,6-8,7% – под кукурузой на зерно, 8,9-15,8% - под кукурузой на силос по сравнению с неудобренным контролем. Органоминеральная система обеспечивала большее накопление почвенной влаги в сравнении с минеральной.

Удобрения улучшали питательный режим чернозема выщелоченного, обогащая 0-40 см слой почвы подвижными формами азота: до 37,6-42,7 мг/кг NH_4^+ и 17,9-23,1 мг/кг NO_3^- ; фосфора до 89,3-114,0 мг/кг и калия до 160,0-168,7 мг/кг, обеспечивая превышение этих показателей над вариантом без удобрений на 22-39, 38-75, 15-46 и 11-17% соответственно (в среднем за три года исследований). Наибольший эффект от удобрений получен в вариантах расчетном и $\text{N}_3\text{P}_3\text{K}_3$. Органоминеральная система удобрения не имела преимуществ перед минеральной.

Удобрения обеспечивали интенсивное формирование вегетативной массы культур звена севооборота. На всех трех культурах наибольшей высотой и площадью листьев отличались растения расчетного варианта, превышающие по этим показателям контроль на 25,2 см (35%) и 19,2 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ (71%) на озимой пшенице; 50,0 см (29%) и 18,8 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ (62%) - кукурузе на зерно; 31,4 см (18%) и 10,8 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ (47%) - кукурузе на силос.

С повышением уровня минерального питания относительное содержание сухого вещества в растениях снижалось, а его сбор с единицы площади значительно повышался. Количество сухой биомассы на удобренных вариантах превышало аналогичный показатель на неудобренном контроле на 1,27-2,18 т/га (19-27%) в фазу восковой спелости озимой пшеницы; 1,1-5,2 т/га (15-72%) и 1,8-6,9 т/га (35-135%) – в фазы молочной спелости кукурузы на зерно и кукурузы на силос соответственно. Наибольшее накопление сухого вещества в растениях отмечено на расчетном варианте.

Удобрения способствовали большему содержанию и накоплению азота, фосфора и калия в растениях всех трех изучаемых культур. Относительное содержание питательных элементов наибольшим было в начале вегетации, к концу оно убывало, а абсолютное - возрастало. К фазе восковой спелости растения изучаемых культур на удобренных вариантах накопили азота, фосфора и калия больше, чем на контроле соответственно на 99-151, 46-76 и 28-76 кг/га (110-168, 164-271 и 61-165%) на озимой пшенице; 19-115, 6-35 и 17-113 кг/га (20-126, 20-113 и 20-133%) – кукурузе на зерно и 31-134; 9-36 и 28-122 кг/га (63-267, 51-203 и 38-167%) – на кукурузе на силос. Наибольшим

накоплением отличался расчетный вариант, приближался к нему вариант с тройной дозой удобрений.

Удобрения повышали урожайность культур звена севооборота и улучшали элементы структуры урожая. Внесение $N_{50-150}P_{40-120}K_{40-120}$ под озимую пшеницу обеспечило прибавку урожая 1,6-3,4 т/га (50-106%) зерна озимой пшеницы; $N_{40-140}P_{40-120}K_{40-120}$ под кукурузу – 1,4-4,6 т/га (37-124%) зерна и 6,2-24,5 т/га (32-125%) зеленой массы кукурузы. На озимой пшенице наилучшим оказались варианты с двойной дозой NPK по органоминеральной и минеральной системам удобрения, а на кукурузе обоих направлений использования – расчетный вариант.

Удобрения повышали продуктивность звена севооборота на 1,41-4,11 т/га з.е. (39-115%). Наибольшей она была в расчетном варианте – 7,70 т/га з.е. Эффективность повышения доз удобрений от двойной дозы до тройной ослабевала.

Удобрения не оказывали отрицательного влияния на качество продукции культур звена севооборота, а в ряде случаев улучшали его. Содержание азота, фосфора и калия в сухом веществе основной продукции повышалось по мере увеличения доз каждого из этих элементов в составе NPK. По мере повышения дозы азота повышалось содержание протеина на 0,68-2,22% в зерне озимой пшеницы, 0,81-1,81% - в зерне кукурузы и 0,9-7,6% - зеленой массе кукурузы. Максимальные значения отмечены на расчетном варианте и варианте с тройной дозой NPK. Применение удобрений слабо влияло на содержание жира, клетчатки и золы в продукции.

Удобрения в большинстве вариантов улучшали физические и технологические свойства зерна озимой пшеницы. Масса 1000 зерен максимально увеличилась на 1,6-4,9 г при внесении доз NPK от одинарной до двойной, а натура зерна почти не изменялась. На всех удобренных вариантах повышалась стекловидность зерна на 2-14% при 49% на контроле и содержание сырой клейковины в зерне - более существенно на вариантах $N_3P_3K_1$, $N_3P_3K_3$ и расчетном – на 4,3-4,6% при 26,0% на контроле. Прослеживалась закономерность улучшения качества клейковины от внесения умеренных и сбалансированных доз удобрений.

Удобрения существенно повлияли на показатели выноса питательных веществ с урожаем культур звена севооборота. Все три культуры выносили больше азота, затем - калия и менее всего - фосфора. Основным фактором, влияющим на увеличение выноса питательных веществ с единицы площади посева, является существенное увеличение урожайности. С 1 т основной продукции изучаемые культуры по разным системам выносят азота, фосфора и калия: озимая пшеница - 37,8-41,5; 12,1-13,5 и 21,6-24,0 кг; кукуруза на зерно - 22,4-25,4; 6,3-7,1 и 31,8-35,4 кг, а кукуруза на силос – 3,6-4,5; 1,4-1,7 и 3,9-4,4 кг соответственно. Совместное внесение навоза и минеральных удобрений под кукурузу на зерно не отразилось на выносе питательных веществ, как с единицы площади, так и с единицей урожая.

По изучаемым системам удобрения складывался отрицательный баланс по азоту (- 53-105 кг/га) и калию (- 85-137 кг/га) и в основном положительный - по фосфору (+ 31-61кг/га). Отрицательное влияние на баланс одного элемента оказывало увеличение доз другого элемента в составе NPK.

Применение удобрений в севообороте повышало эффективность возделывания изучаемых культур. Наибольший условно чистый доход получен в расчетном варианте - 29,9 тыс. руб./га и 1,25 руб./руб. затрат. На остальных вариантах эти показатели были существенно ниже. Наибольшей окупаемостью удобрений дополнительной продукцией выделялись варианты навоз+NPK и расчетный - 4,4 и 4,3 кг з.е./кг д.в. соответственно. Наиболее энергетически эффективным оказался вариант $N_1P_2K_1$, с показателем энергетического КПД - 6,17 ед., на втором месте - навоз+ NPK - 5,41 ед. В расчетном варианте этот показатель составлял 4,34 ед. Энергетические затраты на внесение удобрений повышались, а энергетический КПД снижался при одностороннем увеличении доз азота в составе NPK.

Рекомендации производству

1. В условиях лесостепной зоны Северной Осетии на черноземах выщелоченных, подстилаемых галечником, рекомендуем применять удобрения: под озимую пшеницу - в норме $N_{100}P_{80}K_{80}$; под кукурузу на зерно и на силос - $N_{140}P_{90}K_{110}$. Удобрения следует вносить дробно: основное удобрение под озимую пшеницу - $N_{40}P_{70}K_{80}$ осенью под вспашку, под кукурузу - $P_{80}K_{110}$ $P_{90}K_{110}$ осенью под зябь и N_{80} – весной под предпосевную культивацию; в припосевное внесение - P_{10} для каждой культуры; в подкормку озимой пшеницы - весной по N_{30} в фазы кущения (корневая) и колошения-цветения (некорневая 15%-м раствором мочевины), кукурузы по N_{30} в фазы 3-4 и 5-6 листьев.

2. Для растительной диагностики питания рекомендуем считать оптимальным содержание в растениях азота, фосфора калия: для озимой пшеницы 5,70; 1,35% и 5,47% в фазу весеннего кущения, для кукурузы на зерно - 4,40; 1,10 и 6,10% в фазу всходов и 4,00; 1,00 и 4,60% - 5-6 листьев; кукурузы на силос - 4,12; 1,35 и 4,19% в фазу всходов и 3,57; 1,08 и 3,30% - 5-6 листьев соответственно.

3. Для расчета доз удобрений на запланированный урожай рекомендуем коэффициенты использования из удобрений (КИУ) азота, фосфора и калия соответственно: для озимой пшеницы – 130, 41 и 96%, кукурузы на зерно – 93, 43 и 169%, кукурузы на силос - 96, 51 и 111%, в среднем для звена севооборота – 104, 45 и 130%; коэффициенты использования из почвы (КИП) азота, фосфора и калия соответственно: для озимой пшеницы - 87, 18 и 17%, кукурузы на зерно - 58, 9 и 26%, кукурузы на силос - 48, 10 и 16%, в среднем для звена севооборота - 57, 15 и 22%.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

В рецензируемых изданиях по перечню ВАК:

1. **Гагиев, Б. В.** Влияние удобрений на урожайность культур полевого севооборота и питательный режим выщелоченного чернозема лесостепной зоны РСО-Алания / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2014. - Т. 51. № 3. - С. 43-48.
2. **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 // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2015. - Т. 52. - № 4. - С. 20-25.
3. Дзанагов, С. Х. Экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу на черноземе выщелоченном РСО-Алания / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, **Б. В. Гагиев** и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2015. - Т. 52. - № 1. - С. 10-14.
4. Дзанагов, С. Х. Реакция кукурузы на повышение уровня минерального питания / С. Х. Дзанагов, Б. Р. Ханикаев, **Б. В. Гагиев** и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2016. - Т. 53. - № 3. - С. 8-13.
5. Дзанагов, С. Х. Эффективное плодородие чернозема выщелоченного в зависимости от применения удобрений / С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев, **Б. В. Гагиев** // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2016. - Т. 53. - № 2. - С. 13-18.
6. **Гагиев, Б. В.** Продуктивность полевого плодосменного севооборота в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров и др. // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2017. - Т. 54. - № 4. - С. 25-31.

В других изданиях:

7. **Гагиев, Б. В.** Влияние различных комбинаций НРК на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность культур звена полевого севооборота / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов / Агротехнологии XXI века / Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова. Пермь, 2015. - С. 23-28.
8. **Гагиев, Б. В.** Экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений под клевер луговой на черноземах выщелоченных лесостепной зоны РСО-Алания / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, А. Е. Басиев и др. / Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов

ФГБОУ ВО Горский ГАУ - Владикавказ: Горский госагроуниверситет, 2016. - С. 59-62.

9. Ханикаев, Б. Р. Баланс питательных веществ в системе почва - растение - удобрение под кукурузой в зависимости от применения удобрений / Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов, **Б. В. Гагиев** и др. / Перспективы развития АПК в современных условиях / Материалы 6-й международной научно-практической конференции. – Владикавказ, 2016. - С. 12-16.

10. **Гагиев, Б. В.** Влияние удобрений на урожайность и качество кукурузы на силос на выщелоченных черноземах / Б. В. Гагиев, З.Т. Кануков, Т.К. Лазаров / Перспективы развития АПК в современных условиях / Материалы 10-й международной научно-практической конференции. - Владикавказ, 2021. - С. 61-64.

11. Кануков, З. Т. Влияние удобрений на формирование урожая зеленой массы кукурузы на выщелоченных черноземах / З. Т. Кануков, **Б. В. Гагиев** / Перспективы развития АПК в современных условиях / Материалы 10-й международной научно-практической конференции. - Владикавказ, 2021. - С. 74-76.

