

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

Диссертация на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
Лазаров Таймураз Константинович

Владикавказ – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ).....	11
1.1. Пути повышения плодородия почвы при систематическом применении удобрений в полевых севооборотах	11
1.2. Влияние удобрений на продуктивность севооборотов, урожайность и качество озимой пшеницы и кукурузы.....	20
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	33
2.1. Природно-климатические условия лесостепной зоны.....	33
2.2.1. Географическое положение и рельеф	34
2.2.2. Условия климата	35
2.2.3. Растительность	39
2.2.4. Гидрологические условия	39
2.2.5. Почвообразующие породы и почвы	40
2.2. Методика проведения исследований	44
3. ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ	48
3.1. Влияние удобрений на влажность почвы	48
3.2. Влияние удобрений на питательный режим выщелоченного чернозема	52
3.2.1. Динамика поглощенного аммония	53
3.2.2. Динамика нитратов	57
3.2.3. Динамика подвижного фосфора	60
3.2.4. Динамика обменного калия	65

4.	РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ КУЛЬТУР ЗВЕНА ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ.....	69
4.1.	Влияние удобрений на рост растений в высоту	69
4.2.	Влияние удобрений на развитие листьев	73
4.3.	Влияние удобрений на накопление сухой биомассы	78
4.4.	Влияние удобрений на потребление основных элементов питания культурами.....	83
5.	УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ	96
5.1.	Влияние удобрений на урожайность полевых культур.....	96
5.3.	Влияние удобрений на структуру урожая зерновых культур	102
5.3.	Влияние удобрений на продуктивность звена полевого севооборота	107
6.	КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ	109
6.1.	Влияние удобрений на химический состав и качество зерна озимой пшеницы	109
6.2.	Влияние удобрений на химический состав и качество зерна кукурузы	113
6.3.	Влияние удобрений на химический состав и качество кукурузы на силос	115
7.	БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ	118
7.1.	Вынос питательных веществ с урожаем полевых культур	119
7.2.	Баланс питательных веществ в звене севооборота и коэффициенты их использования из почвы и удобрений	125
8.	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА.....	132
8.1.	Экономическая эффективность	132

8.2. Окупаемость удобрений дополнительной продукцией	135
8.3. Энергетическая эффективность	137
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	142
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	147
ПРИЛОЖЕНИЯ	179

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность избранной темы. Внедрение в сельскохозяйственное производство Центрального Предкавказья интенсивных технологий возделывания полевых культур требует разработки зональных систем удобрения в типичных севооборотах, обеспечивающих сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почв каждой природной зоны, достижение устойчивого увеличения урожайности, улучшения качества продукции, роста продуктивности севооборота при обязательном сохранении чистоты природной среды (Дзанагов С.Х., 1999).

Анализ показывает, что большая часть урожая в современной земледелии страны формируется за счет мобилизации почвенного плодородия без компенсации выносимых с урожаем элементов питания, что приводит к отрицательному балансу питательных веществ и потерям гумуса. Нынешние относительно высокие урожаи зерновых при благоприятных погодных условиях последних лет можно объяснить использованием последнего задела почвенного плодородия, сформированного в годы интенсивного развития химизации в 1970-1990 гг. (Сычев В.Г., 2006).

Игнорирование внесения удобрений как агротехнического приема возделывания сельскохозяйственных культур со временем, несомненно, приведет к истощению почвы, и урожайность культур начнет стабильно снижаться, а качество продукции ухудшаться.

Многочисленные научные исследования, связанные с изучением систем удобрения показывают, что увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности севооборотов напрямую связано с длительностью и систематичностью применения удобрений. Кроме того, 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, а так же климата, биологических особенностей культур, экологических ограничений.

Большой научный и практический интерес вызывают результаты исследований в условиях длительного систематического применения удобрений. Благодаря таким исследованиям, 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 сотрудники кафедры, аспиранты и студенты на протяжении 50 лет проводят 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 мониторинг необходимо проводить и в дальнейшем, причем его результаты с течением времени приобретают более значимый характер.

В результате 3-х летних наблюдений выявлены оптимальные дозы внесения удобрений в звене севооборота, что позволит с максимальной эффективностью использовать питательные вещества чернозема выщелоченного, обеспечить высокую продуктивность культур и качество продукции, повысить эффективность их возделывания, сохраняя плодородие почвы.

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:

1. Изучить влияние удобрений на влажность и питательный режим чернозема выщелоченного под культурами звена полевого севооборота.
2. Изучить процессы роста, развития листьев, накопления сухого вещества, потребления основных питательных элементов растениями под влиянием удобрений.
3. Установить влияние удобрений на урожайность культур и продуктивность звена полевого севооборота, структуру урожая.
4. Выявить влияние удобрений на химический состав и показатели качества основной продукции изучаемых культур.
5. Определить вынос основных питательных элементов с урожаем культур, рассчитать баланс питательных веществ в почве звена севооборота и коэффициенты использования их из почвы и удобрений.
6. Определить экономическую, агрономическую и энергетическую эффективность удобрений в звене полевого севооборота.

Научная новизна. Впервые для лесостепной зоны Северной Осетии - Алании на черноземах выщелоченных при систематическом применении удобрений в полевом севообороте: выявлены изменения питательного режима почвы в звене севооборота: 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, эффективности применения различных 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 вы-

носа основных питательных веществ с урожаями и балансовые коэффициенты позволят 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. Для планирования и проведения исследований в виде источников информации использовались информационные издания, монографии, статьи и книги специализированной научной тематики и другие материалы. При проведении исследований применялся системный подход. Теоретико-методологическую основу исследований составили методы планирования и проведения опытов, лабораторные и полевые исследования.

Полученные результаты опираются на 3-летние исследования в длительном стационарном полевом опыте, изучение показателей эффективного плодородия почвы, наблюдения за ростом и развитием растений, учет урожайности культур звена полевого севооборота, 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 озимой пшеницы и кукурузы 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 ФГБОУ ВО Горский ГАУ в 2013-2016 гг.; отражены в годовых отчетах по научно-исследовательской работе кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Горского ГАУ в 2013-2016 гг.; в материалах научных конференций Горского ГАУ (Вестник научных трудов молодых учёных, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО "Горский государственный аграрный университет". Владикавказ, 2016); Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Агротехнологии XXI века», посвященной 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова (Пермь, 2015); 6-й и 10-й международных научно-практических 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 146 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.

Автор выражает глубокую и искреннюю благодарность и признательность руководителю научной школы агрохимии в Горском ГАУ, заслуженному деятелю науки РФ, заслуженному работнику высшей школы РФ, доктору сельскохозяйственных наук, профессору Дзанагову С.Х., научному руководителю, доценту Лазарову Т.К., сотрудникам кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ, доцентам Басиеву А.Е. и Канукову З.Т. начальнику учебно-научно-производственного отдела Горского ГАУ, кандидату сельскохозяйственных наук А.Ю. Хадикову за кропотливый наставнический труд и неоценимую помощь при проведении исследований.

1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Вопросы применения удобрений в севооборотах на сегодняшний день широко изучаются во многих регионах России. Особое внимание этому вопросу уделяют исследователи Географической сети опытов с удобрениями. В настоящее время в стране «живет» немало длительных стационарных опытных участков, где изучается эффективность длительного систематического применения удобрений в севооборотах. Чем старше эти стационары, тем ценнее результаты исследований, связанные с этими вопросами.

Соответственно, в литературе имеется большое количество сведений, результатов длительных и краткосрочных опытов, в той или иной степени характеризующих влияние удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Однако по ряду вопросов у исследователей возникают дискуссии, выявляющие разное, неоднозначное отношение к химизации земледелия. Эти разногласия и разночтения появляются в силу различных условий, в которых изучаются те или иные факторы, среди которых имеют значение различные почвенно-климатические условия, длительность опытов, широкий спектр сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, а так же видов и систем удобрения.

1.1. Пути повышения плодородия почвы при систематическом применении удобрений в полевых севооборотах

Многолетние данные в конкретных почвенно-климатических условиях создают научную основу для разработки такой системы минерального питания культур, которая не только обеспечивала бы стабильную и высокую урожайность сельскохозяйственных культур, но и отвечала бы требованиям сохранения и воспроизводства плодородия почв и охраны окружающей среды (Бортник Т.Ю., Башков А.С., Капеев В.А., Борисов Б.Б., 2021).

По утверждению М. А. Ероховец, Р. М. Хижняк, А. В. Малыгина (2012) для повышения плодородия почв и продуктивности земледелия в целом необходимо увеличение применения удобрений, особенно органических, без допущения ошибок, приводящих к снижению эффективности агрохимических средств и загрязнению окружающей среды.

Органические удобрения улучшают пищевой режим и водно-физические свойства почвы. При систематическом ежегодном внесении навоза в дозе более 6 т/га в почве происходит постепенное накопление гумуса, что положительно влияет на продуктивность сельскохозяйственных культур (Арефьев, А.Н., Ханин А.М., Кузин Е.Н., 2010).

Минеральные удобрения вызывают некоторое увеличение кислотности и уменьшают сумму поглощенных оснований и степень насыщенности почвы основаниями. Но это не значит, что внесение минеральных удобрений будет сопровождаться падением урожая. Некоторое подкисление реакции почвенного раствора на черноземах даже полезно, так как при этом повышается возможность использования малоподвижной фосфорной кислоты (Терехова О.Б., Родыгина Н.В., Капитанова Г.И., 2021).

Вместе с тем А. Х. Шеуджен, М. А. Осипов, И. А. Лебедевский и С. В. Есипенко (2013) считают, что систематическое внесение минеральных удобрений в севообороте не вызывает существенных изменений в физико-химических свойствах чернозема выщелоченного.

По мнению П. А. Постникова, В. В. Поповой, О. В. Васиной (2015), систематическое применение минеральных и органических удобрений за счет увеличения поступления органической биомассы в почву, улучшает ее структуру (отмечено разуплотнение слоя 0–20 см), увеличивает запасы продуктивной влаги и минерального азота, тем самым позволяет поддерживать плодородие пахотного слоя под культурами севооборотов.

В опытах М. А. Глухих, Т. С. Калгановой (2015) на тяжелосуглинистых выщелоченных черноземах Зауралья в результате длительного применения удобрений подсчитано, что за 35 лет почва варианта без удобрений лишилась

1205 кг/га азота, с внесением $P_{31}K_{22}$ – 1266 кг/га, на вариантах с внесением $N_{71}P_{31}K_{22}$ и 8 т навоза баланс по азоту оказался положительный.

На основании 30-летних исследований на черноземах выщелоченных Ставропольского края Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, О. А. Подколотин (2009) рекомендуют для сохранения и воспроизводства почвенного плодородия биологизированную ($N_{42,5}P_{20}K_0$ + 8,2 т/га навоза) и расчетную ($N_{80}P_{78}K_9$ + 5,0 т/га навоза) системы удобрения.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве западной части нечерноземной зоны в длительном (30 лет) полевом опыте органоминеральная система ($N_{90}P_{90}K_{90}$ + 9 т/га навоза ежегодно) обеспечивала бездефицитный баланс гумуса в почве. Минеральная система удобрения ($N_{90}P_{90}K_{90}$) уменьшала содержание гумуса в почве и показатель $pH_{КС1}$. Органическая система (9 т/га навоза ежегодно) способствовала воспроизводству почвенного плодородия (Мерзлая Г.Е., 2021).

Авторы И. Л. Тычинская, В. И. Панарина, Е. С. Михалева (2021), обобщая данные многолетних исследований российских и зарубежных учёных, пришли к выводу, что внесение органических удобрений позволяет снизить объемы применения минеральных удобрений, а также значительно улучшить экологическое состояние почвы, устранить токсические эффекты для почвенной фауны.

Основным критерием почвенного плодородия традиционно считается ее гумусированность, а в последние годы содержание гумуса все больше рассматривается с точки зрения устойчивости почв как компонента биосферы. С повышением ее улучшаются физические свойства, водно-воздушный и тепловой режимы, ферментативная и биологическая активность почвы. Динамика содержания гумуса зависит от почвенно-климатических условий, способа и интенсивности обработки почвы, структуры посевных площадей, уровня химизации и других факторов (Грехова И. В., Семенов В. К., 2012; Koryagin Y., Kulikova E., Efremova S., Sukhova N., 2020; Checkaev N.P., Semov I.N., Kuznetsov A.Yu., Arefyev A.N., Rylyakin E.G., 2019).

О стабилизации и улучшении гумусового состояния черноземных почв является путем использования органических удобрений и химической мелиорации почв свидетельствуют также исследования А. Салем Мохамеда, Н. Ш. Гиниятова, Т. В. Багаевой, С. К. Зариповой, И. Т. Храмова, Ф. К. Алимовой (2005), А. И. Алексеева, Е. Н. Кузина, А. Н. Арефьева, Е. Е. Кузиной (2013), С. В. Жиленко, Р. С. Давыденко (2012), И. В. Греховой, В. К. Семенова (2012), И. М. Шевченко (2014) и мн. др.

По мнению В. Г. Минеева и др. (1993), содержание гумуса в почве снижается при внесении одних минеральных удобрений и пренебрежении органическими: за 14 лет исследований в почве без удобрений содержание гумуса снизилось с 1,52 до 1,28%, а на вариантах с высокими дозами минеральных удобрений - с 1,54 до 1,22%.

Е. А. Иванюшин и Плотников А. М. (2010) на основании исследований на черноземах Курганской области выявили, что максимальное содержание гумуса устанавливается в почве в естественных условиях, когда растительная масса не отчуждается с полей.

Так и в опытах Н. И. Черячукина (2015) на черноземе обыкновенном северной степи Украины выращивание кукурузы на зерно на фоне растительных остатков оказалось рентабельнее, чем на фоне минеральных удобрений в чистом виде или совместно с минеральными удобрениями.

Проведенные Р. Т. Жируговым (2013) исследования на почвах Кабардино-Балкарии показали, что при рекомендуемой минеральной системе удобрения потери гумуса снижались в неорошаемой и орошаемой почве, по сравнению с контролем, за счет поступления в почву большего количества пожнивных и корневых остатков.

Исследования П. Д. Шевченко и А. Д. Дробилко (2014) на черноземных почвах Ростовской области свидетельствуют, что заделка пожнивных остатков культур обеспечила суммарное поступление 2,3 т/га сухой пожнивной массы в год, в которой содержалось 22,4 кг/га азота, 7,0 кг/га фосфора, 29,6 кг/га калия.

Л. Г. Джикаева (2012), проводя исследования на горно-луговых субальпийских почвах Северной Осетии, пришла к выводу, что накопление гумуса в почве зависит от возделываемой культуры, при этом под зерновыми культурами оно выше, чем под пропашными.

В исследованиях А. В. Югова, А. В. Сисо (2008) на черноземах Кубани наибольшая минерализация гумуса отмечена после кукурузы на зерно, несколько меньшая – после кукурузы силосной и озимой пшеницы.

Н. И. Зезюков и др. (2000) придерживаются мнения, что количество органического вещества в почве зависит от размеров поступления негумифицированных растительных остатков. В их исследованиях с 1992 г. использование минеральных удобрений уменьшилось в 5-10 раз, навоза – в 2-3 раза, при том, что фактически с 1975 года по 1990 г на 1 га севооборотной площади вносили в год 4,1 т/га навоза и 132 кг/га минеральных удобрений.

По данным Института аграрной экономики (Украина), наиболее эффективным в условиях сокращения объемов внесения навоза (за его неимением) актуальными становятся зеленые удобрения и запахивание корневых остатков и нетоварной части сельскохозяйственных культур (Корчинская Е.А., 2013).

По утверждению Р. С. Кираева, М. Г. Сираева, Р. А. Миндибаева (2011), поступление растительных остатков обеспечивает расширенное воспроизводство запасов гумуса в пахотном слое почвы, увеличение продуктивности севооборотов значительно увеличивает применение в севооборотах сидеральной системы удобрения и возделывание многолетних трав. В результате их исследований на различных почвах зоны Башкортостана в севообороте с сидеральным паром отмечено увеличение запасов гумуса на 2,6 т/га за ротацию.

Г. А. Сатаров (2014) утверждает, что обеспечение роста эффективного плодородия и снижения негативных явлений «почвоутомления» в экологическом понимании можно достичь регулированием состава и структуры экосистем и возвращением в устойчивое состояние системы «почва – растение», а дополнительным применением ресурсов и энергии в виде зеленых удобрений

можно без ущерба выращивать культуры и в условиях современного земледелия.

В. Ф. Ляшко, В. С. Зыбалов, И. П. Добровольский (2015) на основании исследований, проведенных на черноземных почвах Челябинской области, так же пришли к выводу, что для восполнения органики и повышения плодородия почв важным резервом является посев сидеральных культур (донника, клевера, рапса, эспарцета и др.).

В исследованиях Л. М. Козловой, Т. С. Макарова, Ф.А. Попова, А.В. Денисовой (2011) на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах в опытном поле НИИСХ Северо-Востока благодаря возделыванию в севооборотах сидеральных культур, многолетних бобовых трав, запашке их отавы, запасы гумуса в почве увеличились на 0,88-1,26 т/га.

Е. В. Павликова и О. А. Ткачук (2015) в лесостепной зоне среднего Поволжья прогнозируют стабилизацию плодородия почвы и повышение продуктивности севооборотов путем насыщения их промежуточной сидерацией, сидеральным паром и многолетними травами.

Ученые Оренбургского НИИ сельского хозяйства Г. И. Бельков и Н. А. Максютов (2014) в разработанных методах повышения плодородия почв отводят особое место многолетним травам, которые должны возделываться в выводных полях севооборотов.

По мнению С. Г. Чекалина, М. М. Фартушиной (2014), посевы многолетних трав (бобовых и злаково-бобовых) позволяют не только приостановить истощение почвенного плодородия, но и за короткий период обеспечить расширенное его воспроизводство.

А. П. Дробышев (2013) на основании своих исследований на черноземах обыкновенных Приобья Алтая утверждает, что только многолетние травы при урожайности сена выше 2,00 т/га обеспечивают положительный баланс гумуса. Учитывая положительную роль многолетних трав в пополнении энергетических запасов, улучшении гумусового и структурного состояния почв, следует помнить, что травы являются компонентом почвозащитной системы земледелия и гарантом экологического благополучия почв.

На черноземах Тамбовской области исследователями В. А. Федоровым и В. А. Воронцовым (2009) установлено, что в зернопропашном севообороте с двумя полями многолетних трав за 10 лет содержание гумуса в пахотном слое почвы увеличилось с 6,85 до 7,20%. При этом авторы указывают, что многолетние травы будут выполнять свою роль восстановителя почвенного плодородия, если они используются в севообороте и своевременно распахиваются.

Об увеличении содержания гумуса в пахотном слое почвы при внесении невысоких доз минеральных удобрений (129-158 кг/га, в т.ч. 40-51 азотных) свидетельствуют опыты А. А. Корчагина, М. А. Мазирова (2011) на серых лесных почвах Владимирского Ополя.

По мнению С. Х. Дзанагова, А. Е. Басиева, З. Т. Канукова, Т. К. Лазарова (2015), при длительном сельскохозяйственном использовании почв без применения удобрений плодородие чернозема выщелоченного проявляет явную тенденцию к снижению, хотя катастрофическим его считать преждевременно. При применении минеральных и органических удобрений негативная тенденция сглаживается, особенно в отношении гумуса, содержание которого не только не снижается, но, наоборот, повышается.

На выщелоченных черноземах Краснодарского края 20-летнее возделывание полевых культур в севообороте без удобрений привело к потерям гумуса на 0,3%. Внесение одного навоза так же, как и внесение одних минеральных удобрений, не снижало, но и не повышало содержание гумуса, а совместное применение навоза и минеральных удобрений обеспечивало бездефицитный баланс гумуса на 0,09% (Минеев В.Г. и др., 1993).

Результаты опытов Г. Н. Ненайденко, Д. К. Беляевой, С. В. Герасимова (2012) на среднесуглинистых серых лесных почвах в центре Владимирского Ополя показывают, что положительный баланс органических веществ в почве создают: навоз 12,5 т/га, измельченная солома 3,5 т/га, корневые и пожнивные остатки клевера и зерновых культур. За счет этих факторов происходило накопление фосфатов по 16,6 мг/кг почвы в год и обменного калия по 3,4 мг/кг почвы.

Отсутствие минеральных удобрений способствует минимальному накоплению легкогидролизуемого азота в слое 0–40 см пахотного чернозема. Его содержание составляет 128 мг/кг почвы, что соответствует средней обеспеченности. Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность 3,0 т/га не оказывает влияния на содержание легкогидролизуемого азота в черноземе. Интенсивный агрофон, обеспечивающий получение урожая 5,0 т/га зерна и выше, приводит к увеличению содержания легкогидролизуемого азота до 148 мг/кг почвы, что на 16 % выше значений контроля. Накопление данной фракции происходит не только в зоне непосредственного внесения удобрений, но и существенно глубже, вплоть до глубины 40 см (Еремин Д.И., Демин О.Н., 2021).

Длительное систематическое применение минеральных удобрений в дерново-подзолистой почве Пермского края в течение пяти ротаций полевого севопольного севооборота увеличило содержание легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора в на 20-160%, но оказало отрицательное влияние на кислотность почвы. Внесение навоза уменьшило отрицательное влияние минеральных удобрений на кислотность почвы (Васбиева М.Т., 2021).

Многолетними комплексными исследованиями И. А. Дегтяревой, Ш. А. Алиева, Р. Х. Гизатуллина (2012) на черноземах выщелоченных Татарстана установлено, что наиболее эффективными дозами навоза являются 60 и 80 т/га, при внесении которых значительно повышаются запасы подвижного фосфора в пахотном слое. Накопление подвижных фосфатов происходит в первые два года взаимодействия навоза с почвой. Путем внесения «в запас» фосфорного и калийного удобрений можно значительно улучшить обеспеченность пахотного слоя подвижными формами фосфора и калия. Увеличение содержания подвижных фосфатов в почве продолжается в течение двух лет. При внесении фосфорных и калийных удобрений «в запас» в последующие годы можно ограничиться ежегодным применением только азотных удобрений.

В исследованиях Ю. Я. Емельянова, А. Н. Копылова, О. В. Волынкиной, Е. В. Кирилловой (2014) на черноземе выщелоченном центральной зоны

Курганской области при систематическом применении фосфорных удобрений происходило увеличение содержания подвижных фосфатов в черноземе с переходом почвы из группы с низкой обеспеченностью фосфором в группу со средней и повышенной обеспеченностью.

Исследования Р. А. Афанасьева, Г. Е. Мерзлой (2013 г.) на обыкновенном суглинистом черноземе Ставропольского НИИСХ показали, что длительное систематическое внесение удобрений с дозами фосфора, превышающими вынос элемента урожаями сельскохозяйственной культуры, увеличивало содержание подвижных фосфатов только в начале интенсивного применения удобрений. В дальнейшем, вследствие перехода фосфора в осаждаемые формы, содержание подвижного фосфора в почвах повышалось крайне незначительно или даже имело тенденцию к уменьшению.

В результате исследований Е. В. Голосного, А. Н. Есаулко, М. С. Сигиды (2013) на черноземе выщелоченном Ставропольского края о влиянии систем удобрения на динамику подвижного фосфора в посевах озимой пшеницы, содержание фосфатов существенно увеличивалось в изучаемых системах удобрения по сравнению с контролем, а динамика подвижного фосфора в течение вегетации имела нисходящий характер, с достижением своего минимума к уборке культуры.

В условиях многолетнего стационарного опыта на дерново-подзолистой почве Пермского края применение минеральных удобрений в течение пяти ротаций полевого севопольного севооборота существенно (в 1,2–2,6 раза) увеличило содержание легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора. Запасы легкогидролизуемого азота в пахотном и метровом слое соответственно возросли с 0,3 до 0,4 т/га и с 1,3 до 1,6 т/га, подвижного фосфора с 0,3 до 0,8 т/га и с 3,1 до 4,8 т/га, но отмечено достоверное увеличение гидролитической кислотности по метровому профилю. Внесение навоза (насыщенность 5,7 т/га) уменьшило отрицательное влияние минеральных удобрений на кислотность почвы (Васбиева М.Т., 2021).

В опытах А. В. Суринова (2021) в условиях лесостепной зоны ЦЧО увеличение средней по району дозы внесения органических удобрений с 6,5

т/га до 14,6 т/га на фоне 82,9 кг д.в./га минеральных удобрений увеличило содержание подвижных форм фосфора в почве с 101 до 167 мг/кг, калия – с 120 до 183, серы – с 2,5 до 4,7, марганца – с 11,0 до 13,1, цинка – с 0,4 до 0,7 мг/кг.

В длительном опыте на дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почве Удмуртской Республики применение минеральных удобрений способствовало повышению содержания водорастворимого, обменного и необменного калия в почве, степени его подвижности, особенно в пахотном горизонте (Белослудцев Д.В., Исупов А.Н., Башков А.С., 2021).

В опытах Е. Г. Тюрникова, В. И. Титова, Е. П. Ренжина, О. Д. Шафранов (2011) на черноземе выщелоченном Нижегородской области однократное внесение калийных удобрений в дозах 90-150 кг д.в./га способствовало увеличению содержания в почве всех потенциально доступных для растений форм калия.

Таким образом, в литературе достаточно емко отражены вопросы, характеризующие пути воспроизводства и повышения плодородия почв в системах земледелия. Определенные дискуссии вызывает влияние длительного применения минеральных удобрений на органическое вещество почвы.

1.2 Влияние удобрений на продуктивность севооборотов, урожайность и качество озимой пшеницы и кукурузы

Многочисленные исследования в области применения удобрений в длительных стационарных опытах при систематическом применении в севооборотах показывают, что урожайность культур существенно повышается с увеличением длительности применения удобрений, особенно на почвах, где подвижные формы питательных веществ находятся на меньшем уровне, чем остальные факторы жизни растений (Дзанагов С.Х., 1999).

Одним из направлений получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур является оптимизация питания растений и повышение эффективности используемых удобрений, что открывает широкие перспективы

управления плодородием почвы и продуктивностью сельскохозяйственных культур (Жученко А.А., 2004; Трофимов И.А., Трофимова Л.С., 2011; Турусов В.И., Новичихин А.М., Гаврилова С.А., 2013 и др.).

По мнению И. П. Дерюгина (1988), зависимость продуктивности культуры от доз удобрений в основном носит непрямолинейный характер и имеет три зоны действия: кинетическую, физиологическую и зону действия, в которой рост ингибируется, а продуктивность снижается.

О комплексном последовательном применении органических, минеральных, известковых удобрений и пестицидов, как самом эффективном средстве повышения продуктивности севооборота на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смоленщины указывают также А. М. Конова, Л. М. Державин, Л. Н. Самойлов (2011); А. М. Велиева (2013).

В результате длительного применения удобрений в зернопаровом севообороте на каштановой почве увеличилась продуктивность 1 га севооборотной площади на 0,36-0,80 т з.е./га (22-32%). Кроме того, отмечено значительное повышение содержания остаточных форм основных элементов питания не только в пахотном слое, но и по всему метровому профилю (Ходжаева Н.А., Шустикова Е.П., 2012).

В опытах М. Г. Драганской, Н. М. Белоус, С. А. Бельченко (2011) (Брянская область) выявлено положительное влияние на продуктивность органоминеральной системы удобрения в зернокармликовых севооборотах - дополнительно получено от 20 до 40 ц/га зерновых единиц по сравнению с органической системой.

На дерново-подзолистой легкосуглинистой почве западной части нечерноземной зоны в длительном (30 лет) полевом опыте органоминеральная система ($N_{90}P_{90}K_{90} + 9$ т/га навоза ежегодно) обеспечивала устойчивую продуктивность севооборота - 3,79 т/га к.е., что на 37% выше неудобренного контроля. Минеральная система удобрения ($N_{90}P_{90}K_{90}$) по продуктивности не уступала органоминеральной системе, а органическая система (9 т/га навоза ежегодно) обеспечивала среднюю продуктивность севооборота - 3,41 т/га к.е. (Мерзлая Г.Е., 2021).

В. В. Окорков (2013) отводит определяющую роль в формировании урожая азотным удобрениям, так как они создают более высокие запасы нитратного азота в слое почвы 0-40 см в ранние фазы роста и развития возделываемых культур, что обеспечивает более высокую степень кущения зерновых культур, закладку ими большего числа репродуктивных органов в колосе, в конечном счете - более высокую урожайность.

По мнению В. А. Прошкина, Е. В. Шабровой, Л. С. Черновой (2014), основанному на изучении материалов Географической сети опытов с удобрениями, ведущими и устойчивыми факторами формирования прибавки урожайности озимой пшеницы являются содержание подвижного фосфора в почве и дозы фосфорных удобрений.

В условиях стационарного опыта на черноземе выщелоченном изучена сравнительная эффективность способов внесения доз суперфосфата на фоне азота в звене севооборота кукуруза - яровая пшеница. Установлено, что эффективность доз и способов внесения фосфора для этих культур при ежегодном применении изменялась за счет последствия остаточных фосфатов. При этом потребность во вновь вносимом фосфоре снижалась. Оптимум доз фосфора для пшеницы и кукурузы находился в пределах P15-30 при припосевном внесении удобрения (Волынкина О.В., Кириллова Е.В., Емельянов Ю.Я., Копылов А.Н., 2014).

В исследованиях Е. С. Козеичевой, О. М. Ивановой, Л. С. Черновой, В. А. Прошкина (2011) на черноземах ЦФО РФ с увеличением содержания подвижных форм фосфора и калия в почве урожайность озимой пшеницы увеличивалась. Наибольший эффект получен от применения азотных удобрений в дозе N₁₂₀, прибавка составила 7,2; 5,6; и 4/5 ц/га на черноземе выщелоченном, типичном и обыкновенном соответственно.

В опытах З. З. Аюпова, Н. Г. Рыцевой (2010) на черноземах выщелоченных Башкирии при применении расчетных доз минеральных удобрений повысился сбор зерна на 3,8-4,4 ц/га.

В опытах Е. В. Кузиной (2021) на слабовыщелоченных тяжелосуглинистых черноземах Ульяновской области внесение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{30}K_{30}$ повышало продуктивность пшеницы на 0,43 т/га.

В опыте Е. В. Голосной, В. В. Агеева, А. И. Подколзина (2013) на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности максимальный урожай озимой пшеницы отмечен на вариантах с расчетной системой удобрения и составил 4,65-5,98 т/га.

В опытах О. М. Ивановой (2012) на типичных черноземах Тамбовской области применение азотных удобрений под озимую пшеницу в дозе 90 кг д.в./га весной обеспечило получение прибавки урожая зерна 52-80%.

Результаты исследований Т. А. Бухориева, М. О. Тухтаева (2014) в условиях Таджикистана показывают, что при внесении под озимую пшеницу 120 кг/га азота и 60 кг/га фосфора урожай зерна в зависимости от сортов варьировал в пределах 46,4-60,0 ц/га, а прибавка по сравнению с контролем составляла 10,0-14,1 ц/га.

В опытах А. В. Суринова (2021) в условиях лесостепной зоны ЦЧО увеличение средней по району дозы внесения органических удобрений с 6,5 до 14,6 т/га на фоне 82,9 кг д.в./га минеральных удобрений отмечено значительное увеличение урожайности основных сельскохозяйственных культур: озимой пшеницы – с 3,38 до 4,55 т/га, кукурузы на зерно – с 4,84 до 7,60 т/га.

Кукуруза относится к культурам, весьма требовательным к пищевому режиму. Это связано с образованием большого объема вегетативной массы и потреблением значительного количества питательных элементов в относительно короткий период интенсивного роста растений. Неоспоримо, что из многих агротехнических приемов, оказывающих действенное влияние на рост, развитие и продуктивность кукурузы, основная роль принадлежит удобрениям (Агафонов Е.В., Батаков А.А., 2002; Даниленко Ю.Л. Любименко Т.А., 2003; Слюдеев Ю.А., 2003; Семина С.А., 2009).

Наибольшую потребность испытывает кукуруза в азоте, фосфоре и калии. Кукуруза хорошо реагирует, прежде всего, на внесение азотных удобрений. При внесении азотных удобрений снижается относительный урожай

стеблей и заметно увеличивается удельный урожай початков (Хлопянников А.М., Кондрашов А.Л., Наумкин В.Н., 1999; Агладзе, Г., Джинчарадзе Д., Чабуквани М., 2003; Местешов Г.С., Соколов Ю.В., Сечин В.А., 2003).

Интенсивность поглощения питательных веществ кукурузой соответствует ходу накопления сухого вещества. Азот и фосфор особенно важны на ранних этапах роста. Недостаток азота в этот период сдерживает рост и развитие растений. Максимальное потребление азота происходит в течение 2-3 недель перед выметыванием и прекращается после начала молочной спелости (Вавилов П.П. и др., 1986).

В опытах Донского НИИ сельского хозяйства отмечена тенденция увеличения урожайности гибридов кукурузы с увеличением времени активной вегетации растений. Установлено, что прибавки урожайности большинства изученных гибридов кукурузы практически одинаковы как при внесении припосевного удобрения, так и при внесении азотной подкормки (Лабынцев А.В., Пасько С.В., Кравченко А.Н., 2012).

В опытах К. Е. Сокаева (2010) на черноземе типичном Северного Кавказа внесение $N_{120}P_{60}K_{60}$ значительно увеличивало урожай зерна кукурузы. Повышение дозы фосфора в составе полного минерального удобрения до 90 кг/га д.в. еще больше увеличивало прибавки урожая зерна. Увеличение доз азота до 150 кг/га и калия до 90 кг/га, наоборот, снижало урожай.

На черноземе типичном Белгородской области внесение полного минерального удобрения под кукурузу в дозе $N_{130}P_{130}K_{130} + N_{100}$ при посеве обеспечило 23% прибавки урожая зерна (Лицуков С.Д. и др., 2012).

На черноземе типичном удобрения в дозе $N_{70}P_{70}K_{70}$ обеспечили получение дополнительной продукции зерна кукурузы 1,9 т/га, а по дозе $N_{140}P_{140}K_{140}$ - 3,1 т/га (Самыкин В.Н., Соловиченко В.Д., Логвинов И.В., 2012).

На черноземе обыкновенном предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики удобрения в дозе $N_{120}P_{90}K_{40}$ обеспечивали прибавку урожая зерна кукурузы по разным гибридам - 1,28-2,31 т/га (Кашуков М.В., Топалова З.Х., 2011).

В условиях степной зоны Северного Кавказа на черноземе обыкновенном в зоне неустойчивого увлажнения внесение минеральных удобрений в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ обеспечивало прибавку урожая зерна кукурузы 0,71 т/га (Тронева О.В., Кравченко Р.В., 2010).

В богарных условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарской республики на обыкновенном черноземе при относительно недостаточном количестве влаги повышение уровня минерального питания кукурузы не давало ощутимого эффекта. При возделывании кукурузы на зерно максимальный урожай был у гибридов Нарт 150 СВ и РИК 345 МВ при внесении $N_{120}P_{90}K_{40}$ - 6,42 и 6,84 т/га, у гибрида Кабардинская 3812 - 5,91 т/га. Прибавка по сравнению с контролем составила соответственно 2,31; 2,01 и 1,28 т/га (Кашуков М.В., Топалова З.Х., 2011).

В опытах С. А. Семиной (2014) на черноземах Поволжья наибольшие прибавки зерна кукурузы на фоне минеральных удобрений в норме $N_{150}P_{130}K_{75}$ обеспечила обработка Крезацином и Альбитом - 11,1-31,4 %.

В исследованиях В. Т. Мальцева, Е. Н. Дьяченко (2011) на серой лесной почве в условиях Прибайкалья минеральные удобрения способствовали повышению урожайности кукурузы, наибольшая прибавка отмечена в варианте с внесением $N_{90}P_{90}K_{90}$ - 44-54%.

В Приазовской зоне Ростовской области внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{150}P_{60}K_{90}$ обеспечило получение урожая зерна кукурузы 6,31 т/га с прибавкой 4,09 т/га, или 184,2 % (Лабынцев А.В., Губарева В.В., 2012).

В опытах В. Н. Самыкина, В. Д. Соловиченко, И. В. Логвинова (2012) на черноземе типичном урожайность зерна кукурузы в среднем за три ротации в контроле составила 3,8 т/га. При внесении $N_{70}P_{70}K_{70}$ она возростала на 1,9 т/га, а в варианте с $N_{140}P_{140}K_{140}$ - на 3,1 т/га.

При изучении влияния минеральных удобрений на выщелоченных черноземах Адыгеи более высокие результаты по урожайности наблюдались по $N_{90}P_{90}K_{30}$ (5,05; 5,83 и 6,33 т/га, по разным гибридам), а наибольшая прибавка

в сравнении с контрольным вариантом была достигнута по среднеспелому гибриду Интеркрас 375 - 2,05 т/га (Мамсиров Н.И., 2012).

В многолетнем полевом опыте Белгородского НИИ сельского хозяйства на черноземе типичном опрыскивание регуляторами роста Биосил и Гумат калия по вегетирующим растениям на повышенном фоне $N_{120}P_{120}K_{120}$ позволило повысить урожайность зерна кукурузы до 8,57 т/га и 8,51 т/га (Хлопяников А.М., Крюков А.Н., Ибадуллаев К.Б., 2012).

В опытах Г. И. Уварова, Д. Г. Васильева (2011) обработка вегетирующих растений кукурузы растворами удобрений с добавками микроэлементов в фазе трех настоящих листьев повышала урожай зеленой массы на 8-12,5%.

На серой лесной почве Нечерноземья на протяжении 2-х ротаций 9-польного севооборота на фоне полного минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{80}K_{60}$ установлено положительное действие S и Zn на усвоение растениями кукурузы макро- и микроэлементов, а также продуктивность надземной биомассы (Никитишен В.И., Личко В.И., Остроумов В.Е., 2013).

На черноземе обыкновенном Алтайского края внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{86}P_{16}K_{16}$ обеспечивало повышение урожайности зеленой массы кукурузы на 10,7 т/га (Антонова О.И., Шестаков А.Г., 2014).

В условиях Центрального Черноземья ежегодное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$, компенсируя потери гумуса и повышая содержание элементов питания растений, достоверно увеличивало среднегодовую продуктивность зеленой массы кукурузы (Стахурлова Л.Д., Стулин А.Ф., Громовик А.И., 2015).

В опытах Адыгейского НИИ сельского хозяйства наибольшая урожайность зерна кукурузы была достигнута при внесении удобрений в дозе $N_{120}P_{120}P_{40}$, прибавка урожая составила 13,4 ц/га при 48,1 ц/га на неудобренном контроле (Мамсиров Н.И., Тугуз Р.К., 2010).

Самые высокие прибавки урожая кукурузы в условиях стационарных опытов НИИСХ Юго-Востока на черноземе южном были получены на варианте $N_{60-80}P_{40-60}$ – на 16% выше контроля (Чуб М.П. и др., 2015).

В результате наблюдений О. В. Волынкиной, Е. В. Кирилловой, Ю. Я. Емельянова, А. Н. Копылова (2014) на черноземах выщелоченных установлено, что внесение минеральных удобрений при выращивании кукурузы хотя и незначительно, но достоверно повышало фотосинтетическую активность хлорофилла и заметно увеличивало продуктивность кукурузы. Сбор ее сухого вещества увеличился на 43%, а урожайность зеленой массы - на 24 %.

В условиях Центрального Черноземья продуктивность кукурузы, выращиваемой бессменно и в севообороте, определяли азотные удобрения, внесенные отдельно и в сочетании с фосфорными и фосфорно-калийными. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ повышало урожайность зеленой массы и зерна кукурузы в севообороте соответственно на 32,7 и 36,4%, в монокультуре на 44,3 и 42,3% при урожайности на естественном фоне в севообороте 26,6 и 3,3 т/га, в монокультуре 22,8 и 2,6 т/га (Стулин А.Ф., Романычева А.А., Верховцева Н.В., 2014).

В условиях лесостепи Северного Казахстана удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{30}$ увеличили продуктивность кукурузы на 31,5–38,6% (Ракицкий И.А., Кантарбаев Э.Е., 2013).

Удобрения повышают эффективность микробных препаратов при их совместном использовании. В условиях степной зоны Алтайского Приобья наиболее оптимальным из изученных фонов минеральных удобрений, обеспечивающим благоприятное функционирование азотфиксирующей системы, является $N_{30}P_{60}K_{60}$. Урожайность зеленой массы кукурузы на этом фоне превышала контрольный вариант на 40,4-92,4%, тогда как на неудобренном фоне - всего на 7,9-27,0% и была более высокой, чем на варианте $N_{60}P_{60}K_{60}$ (Курсакова В.С., Чернецова Н.В., Гаенко М.А., 2015).

В опытах О. И. Антоновой, А. Г. Шестакова (2014) на черноземе обыкновенном Алтайского края $N_{86}P_{16}K_{16}$ обеспечивало повышение урожайности зеленой массы кукурузы на 10,7 т/га (при 26,7 т/га на контроле).

Многие авторы приводят результаты исследований по реакции кукурузы на органические удобрения. Высокое положительное действие навоза на урожай кукурузы отмечает Д. А. Кореньков (1990), а профессор А. Б. Саламов (1954) пришел к выводу, что на выщелоченных черноземах Северо-

Осетинской селекционной станции полное минеральное удобрение повышает урожай кукурузы так же, как 20 т/га навоза, то есть на 6-10 ц/га.

В условиях горной зоны Азербайджана наиболее высокий урожай зерна (71,2 ц/га) формировался на фоне $N_{180}P_{120} + 20$ т навоза (Мамедова П.М., 2015).

По данным Б. С. Носко (1986), урожайность кукурузы при внесении 40 т/га навоза увеличилась на 7,4 ц/га, или 23%, а при внесении навоза совместно с минеральными удобрениями - на 5,1 ц/га, или 12,6%.

В опытах Белгородского НИИСХ в зернопаропропашном севообороте за длительный период времени (25 лет) наиболее высокий урожай зерна кукурузы (7,75 т/га) получен при внесении $N_{108}P_{124}K_{124}$ на фоне последствия 40 т/га навоза (Воронин А.Н., Соловиченко В.Д., Навольнева Е.В., Дмитриенко С.А., 2015).

На черноземе типичном органические удобрения повышали сбор зерна кукурузы, при совместном использовании органических и двойной дозы минеральных удобрений ($N_{140}P_{140}K_{140}$) была получена наибольшая урожайность зерна – 8 т/га (Самыкин В.Н., Соловиченко В.Д., Логвинов И.В., 2012).

На серой лесной почве Владимирского Ополя выявлено достоверное повышение продуктивности зерновых культур в 1,25 раз от полного минерального, в 1,14 – от одних органических удобрений и в 1,20-1,26 – от их сочетания с НК и NPK (Окорков В.В., Семин И.В., 2014).

В опытах Новозыбковской государственной сельскохозяйственной опытной станции самая высокая урожайность зеленой массы кукурузы отмечена при внесении $N_{156}P_{46}K_{72}$ в сочетании со 120 т/га подстилочного навоза и 112,5 т/га бесподстилочного навоза (45,0 и 44,8 т/га соответственно). Совместное внесение $N_{156}P_{46}K_{72}$ с соломой обеспечило урожайность зеленой массы кукурузы на уровне 40 т/га. Это достоверно выше, чем при использовании только эквивалентного по содержанию NPK количества навоза, на 7,0-7,9 т/га (Бельченко С.А., Белоус И.Н., Драганская М.Г., 2011).

Большое количество работ в научной литературе посвящено влиянию минеральных и органических удобрений на показатели качества зерна озимой пшеницы и зерна и зеленой массы кукурузы. О положительном влиянии

удобрений на физические свойства зерна, содержание сухого вещества, химический состав, содержание белка и клейковины, жира, клетчатки, зольных элементов и т.д. указывают в своих работах многие ученые.

В условиях степной зоны Алтайского Приобья урожайность сухой массы кукурузы на фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$ достигала 5,95 т/га, что на 138% превышало вариант без удобрений (Курсакова В.С., Чернецова Н.В., Гаенко М.А., 2015).

Г. Н. Ненайденко и Л. И. Ильин (2017) подсчитали, что зерновые культуры расходуют на формирование зерна 70-75 % азота. При недостатке азота снижается содержание в зерне белка и азотистых веществ.

По утверждению А. В. Демчука, А. В. Черкашиной, С. А. Моляр (2016), усиление азотного питания озимой пшеницы при достаточном увлажнении вызывает удлинение соломины и уменьшение ее диаметра, поскольку значительная часть пластических веществ используется на синтез белков и меньшее количество расходуется на образование механических тканей в соломе.

В исследованиях Л. В. Гринец (2007) на черноземе обыкновенном среднемощном Северного Казахстана внесение азотных удобрений оказало положительное влияние на содержание белка и клейковины в зерне пшеницы, выращенном как по пару, так и второй культурой после пара.

По утверждению Б. М. Азизова (2013), на орошаемых типичных сероземах Узбекистана лучшая форма азотных удобрений для некорневой подкормки пшеницы – мочевины. Она служит источником азота для растений, а также резервным соединением для азотных соединений, которые служат биологически активными веществами и положительно влияют на синтез аминокислот и белков.

В опытах Н. П. Бакаевой, О. Л. Салтыковой, Е. Х. Нечаевой (2018) наибольшую белковость зерна удалось получить при двукратном внесении азотных подкормок - на 10% и до 5% выше, чем без подкормки и с однократной подкормкой соответственно.

В исследованиях Ю. Я. Емельянова, А. Н. Копылова, О. В. Волынкиной, Е. В. Кирилловой (2014) применение азотно-фосфорного удобрения на

черноземе выщелоченном центральной зоны Курганской области повысило содержание клейковины в зерне пшеницы до 28-30% против 20% в контроле.

В длительном стационарном опыте Брянской ГСХА на серых лесных хорошо окультуренных почвах установлено, что при возделывании озимой пшеницы сорта Галина на варианте с $N_{120}P_{120}K_{120}+N_{30}$ можно получать зерно первой группы качества – с высоким содержанием белка (до 17,2%) и сырой клейковины (до 34,9%) (Ториков В.Е., Фокин И.И., Рыченков И.Г., 2011).

В опытах Е. В. Кузиной (2021) на слабовыщелоченных тяжелосуглинистых черноземах Ульяновской области применение $N_{30}P_{30}K_{30}$ повышало содержание клейковины и белка в зерне пшеницы в среднем на 2,7 и 0,9 %.

На черноземе выщелоченном Западного Предкавказья повышение плодородия почвы и интенсификация приемов выращивания озимой пшеницы обеспечивало увеличение содержания белка в зерне с 12,1 до 14,3%, а сбор его с 0,52 до 1,11 т/га (Кравцов А.М., Загоруйко А.В., Кравцова Н.Н., 2017).

В исследованиях Р. Ч. Ишмухамедовой, Д. И. Убайдуллаевой, Н. И. Ирназаровой (2011) на сероземных почвах Кашкадарьинской области Узбекистана при применении 30 т/га перепревшего смешанного навоза с рекомендованной ($N_{180}P_{90}K_{60}$) и повышенной ($N_{210}P_{110}K_{70}$) нормой минеральных удобрений наблюдалось повышение содержания белка до 1,1%, массы 1000 зерен - на 2-5 г, натурной массы - на 7-17 г/л, стекловидности на 1,6-3,4%, выхода муки – на 0,9-2,2%.

На черноземе обыкновенном Алтайского края минеральные удобрения в дозе $N_{86}P_{16}K_{16}$ обеспечивали повышение содержания сухого вещества в растении на 4,6% (Антонова О.И., Шестаков А.Г., 2014).

В опытах Новозыбковской государственной сельскохозяйственной опытной станции содержание сухого вещества в зелёной массе кукурузы было выше при внесении $N_{156}P_{46}K_{72}$ в сочетании со 120 т/га подстилочного навоза - 25,7-26,0 % (Бельченко С.А., Белоус И.Н., Драганская М.Г., 2011).

В условиях лесостепи Северного Казахстана минеральные удобрения увеличивали содержание сухого вещества в вегетативной массе кукурузы на 0,5–1,5% (Ракицкий И.А., Кантарбаев Э.Е., 2013).

На черноземе обыкновенном лесостепной зоны Западной Сибири удобрения в дозе $N_{60}P_{60}$ увеличивали содержание азота в кукурузе на 0,53%, фосфора – на 0,07%, калия – на 0,04% (Храмцов И.Ф., Пунда Н.А., 2012).

В условиях горной зоны Азербайджана удобрения в дозе $N_{180}P_{120} + 20$ т навоза обеспечили наибольшее содержание протеина в зерне кукурузы – 11,39% (Мамедова П.М., 2015).

На черноземе обыкновенном Алтайского края внесение $N_{86}P_{16}K_{16}$ обеспечивало повышение протеина на 2,2% при содержании на контроле 7,17% (Антонова О.И., Шестаков А.Г., 2014).

На черноземе типичном внесение $N_{70}P_{70}K_{70}$ обеспечило увеличение содержания сырого протеина в зерне кукурузы, по отношению к контролю на 1,0 %, а в сочетании с последствием навоза – на 2,6% (Самыкин В.Н., Соловichenko В.Д., Логвинова И.В., 2012).

Т.Р. Толорая (2013) для повышения качества зерна предлагает использовать азотную корневую подкормку в дозе N_{30} в фазе 6-7 листьев у кукурузы. Листовые подкормки мочевиной в этой фазе преимущественно увеличивают качество зерна и в меньшей степени урожайность.

Содержание жира в зерне кукурузы, по данным А.А. Землянухина (1987), существенно не изменялось. В то же время в опытах С.В. Андриеш (1971) этот показатель увеличивался на 0,26-0,67%.

В исследованиях В. С. Курсаковой, Н. В. Чернецовой, М. А. Гаенко (2015) в условиях степной зоны Алтайского Приобья урожайность сухой массы кукурузы на фоне $N_{30}P_{60}K_{60}$ достигала 5,95 т/га, что на 138% превышало вариант без удобрений.

В опытах О. И. Антоновой, А. Г. Шестакова (2014) на черноземе обыкновенном Алтайского края внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{86}P_{16}K_{16}$ обеспечивало повышение содержания сухого вещества в растении на 4,6% при содержании на контроле 21,9%, а протеина на 2,2% при содержании на контроле 7,17%.

В опытах С. А. Семиной (2014) при внесении $N_{120}P_{104}K_{60}$ сбор переваримого протеина увеличился на 47,4-61,5 %, а максимальный сбор его полу-

чен на удобренном фоне при дополнительной обработке посевов Крезацином и Альбитом – 893-962 кг/га.

В опытах П. М. Мамедовой (2015) в условиях горной зоны Азербайджана наиболее качественный урожай зерна кукурузы (содержание протеина - 11,39%) **формировался** на фоне $N_{180}P_{120} + 20$ т навоза.

В опытах В. Н. Самыкина, В. Д. Соловиченко, И. В. Логвинова (2012) на черноземе типичном содержание сырого протеина в зерне кукурузы на фоне естественного плодородия варьировало от 9,0 до 9,4 %. Внесение $N_{70}P_{70}K_{70}$ повышало его до 9,9-10,3 %.

В опытах Новозыбковской государственной сельскохозяйственной опытной станции самое высокое количество сырого протеина (8,91-9,21 %), сырого жира (1,60-1,69 %) и зольных элементов (1,47-1,52 %) накапливали растения кукурузы, выращенные при внесении $N_{156}P_{46}K_{72}$ в сочетании со 120 т/га подстилочного навоза (Бельченко С.А., Белоус И.Н., Драганская М.Г., 2011).

Повышенный уровень фосфорного питания кукурузы заметно улучшает качество силоса и ускоряет созревание початков. Кроме того, хорошая обеспеченность растений фосфором повышает холодостойкость кукурузы, особенно в начале роста и развития. Эффективность возрастающих доз азотных и калийных удобрений также в значительной мере зависит от уровня обеспечения кукурузы фосфором. Фосфорные и калийные удобрения при внесении особенно важно локализовать в нижней части пахотного слоя без перемешивания с почвой, используя плуг с предплужником, с целью уменьшения контакта фосфора и калия с почвой и снижения закрепления (<http://www.activestudy.info/osobennosti-pitaniya-i-udobreniya-kukuruzy/>).

Обобщая сведения литературных источников по вопросу влияния удобрений на урожайность и качество озимой пшеницы и кукурузы, можно заключить, что мнения ученых противоречивы по некоторым вопросам применения удобрений под эти культуры, Они, по всей видимости, зависят от различных почвенно-климатических условий проведения исследований и других факторов.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Природно-климатические условия лесостепной зоны

Сельское хозяйство в настоящее время характеризует высокая зависимость объема и качества полученного урожая от погодных условий, а также возрастающая опасность глобального загрязнения и разрушения окружающей природной среды (Добровольский, Г.В., 2008; Жученко А.А., 2004; Лопырев М.И., Недикова Е.В., Постолов В.Д., Адерихин В.В., 2014; Тагиров М.Ш., Шакиров Р.С., 2014.)

Сельскохозяйственное производство в Северной Осетии имеет свои специфические особенности и связаны они как с пространственно-временными аспектами освоения территории, так и с особенностями геолого-геоморфологического строения ее поверхности (Дудаева З.С., 2013).

Предгорная лесостепная зона Северной Осетии отличается более разнообразными и сложными для развития земледелия агроэкологическими условиями. История развития систем земледелия в Северной Осетии, накопленный практический опыт, результаты научных исследований, проводимых в республике, позволяют говорить о положительных перспективах развития теории и практики земледелия на ландшафтной основе (Айларов А.Е., Абаев А.А., Адиньяев Э.Д., Мамиев Д.М., 2011).

Погодные условия являются одним из важных факторов высокой урожайности и оказывают различное влияние на эффективность системы удобрения в зависимости от зональных особенностей. Статистическая обработка данных урожая пшеницы на различных фонах удобрения и в различных зонах, полученных в КНИИСХ в результате многолетних метеонаблюдений в различных зонах Западного Предкавказья, показала очень сложную взаимосвязь ее с суммой осадков и среднесуточными температурами воздуха (Малюга Н.Г., Кравченко В.Г., Квашин А.А., 2005).

2.1.1. Географическое положение и рельеф

Место проведения исследования - стационарный опытный участок кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ. Он расположен в лесостепной зоне Республики Северная Осетия – Алания на черноземе выщелоченном на землях Горского ГАУ, на территории 1,5 га, прилегающей к с. Алханчурт, в 9 км от г. Владикавказа.

По геоморфологии он расположен на Терско-Камблилевской равнине, являющейся частью Северо-Осетинской наклонной равнины, которая по описанию М.И. Серебряной (1969) простирается к северу от передней цепи гор Лесистого хребта, с запада и севера ограничена Кабардино-Сунженской возвышенностью и с востока отрогами горы Севейндук и представляет собой впадину, заполненную аллювиальными отложениями талых ледниковых вод (валуны, суглинки, пески).

Рельеф Северной Осетии отличается большой сложностью и расчлененностью, характеризуется значительными амплитудами абсолютных и относительных высот. Предгорная подзона достаточного увлажнения (лесостепная зона - прим. авт.) занимает центральную часть Владикавказской и Змейской предгорных наклонных равнин между высотами 300–650 м н. у. м. Рельеф выровненный, с общим наклоном с юго-востока на северо-запад. Равнинность рельефа местами нарушается террасами и поймами многочисленных горных рек – притоков р. Терек (Албегов Р.Б., Гагиева С. С., 2014).

Непосредственно в условиях проведения исследований сформирован сглаженный рельеф, который, по описанию К.Х. Бясова и др. (2000), характеризуется общим понижением поверхности на северо-запад. С южной границы до северо-западной, на расстоянии 25 км, высотные отметки понижаются на 178 м. На рассматриваемой территории четко вырисовываются древние русла рек. Поэтому черноземы выщелоченные в данной агроклиматической зоне сформировались на галечнике.

2.1.2. Условия климата

Несмотря на равнинность рельефа, но в связи с близостью, с одной стороны Змейской, Дзагепбарской и Кабардино-Сунженской возвышенностей, а с другой – передовых хребтов «черных» лесистых гор, климатические характеристики по годам меняются. Здесь за 23 года (1990-2013 - прим. авт.) 17% лет были засушливыми. 22% – умеренно засушливыми, 35% – умеренно влажными, 17% – влажными и 9% – очень влажными. В этой зоне в среднем запас продуктивной влаги даже в умеренно засушливые годы бывает только на 5% ниже оптимальной потребности (Албегов, Р.Б., Гагиева С. С., 2014).

Климат лесостепной зоны умеренно теплый, довольно влажный.

Сумма среднесуточных температур воздуха выше 10°C составляет 2700–3000°C. Безморозный период длится 185 дней. Средняя годовая температура воздуха колеблется в пределах 8,4–8,8°C. Среднемесячная температура июля, самого теплого месяца, составляет 31–24°C, максимальная достигает 40–42°C. Средние отрицательные температуры января, самого холодного месяца, достигают – 7–10°C, а абсолютный минимум температуры воздуха иногда снижается до – 36°C. Здесь редки суховеи, а сильные ветры носят преимущественно феновый характер и наносят значительный ущерб народному хозяйству (Албегов, Р.Б., Гагиева С. С., 2014).

По данным метеостанции г. Владикавказа, среднегодовая температура воздуха составляет 8,0 °C. (табл. 1, 2).

По среднегодовым данным, первые осенние заморозки наступают во второй декаде октября. Однако в годы наблюдений (2012-2015) этого не произошло, осенние месяцы характеризовались положительными среднесуточными температурами, а первые кратковременные заморозки появлялись лишь в конце ноября.

Зима в лесостепной зоне наступает в конце ноября. Этот период совпадает с выпадением первого снега, который сразу исчезает из-за оттепелей. Устойчивый снежный покров образуется только в конце декабря.

**Таблица 1 - Среднемесячные температуры воздуха в период наблюдений
по данным метеостанции г. Владикавказа, °С**

Годы, показатели	Месяцы												Сумма за вег. период	Средне- годовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2012	-	-	-	-	-	-	-	21,0	17,5	13,8	5,5	0,5	-	-
2013	0,1	2,6	5,9	11,1	17,2	19,2	20,2	20,1	14,5	9,7	6,7	-2,3	3427	10,4
2014	-1,6	-0,3	5,7	9,5	16,8	18,7	20,8	22,9	15,7	7,9	2,1	2,1	3437	10,0
2015	-0,8	0,7	4,9	8,3	14,9	20,1	21,5	21,6	19,7	9,1	5,9	1,1	3523	10,6
Средне- многолетнее	-1,9	-1,7	2,9	9,5	14,1	18,0	20,6	20,1	15,6	9,9	3,7	-0,6	3298	9,2

**Таблица 2 - Среднемесячное количество осадков в период вегетации наблюдений
по данным метеостанции г. Владикавказа, мм**

Годы, показатели	Месяцы												Сумма за вег. период	Сумма за год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
2012	-	-	-	-	-	-	-	44	20	24	25	38	-	-
2013	11	15	88	104	291	209	147	27	87	71	24	37	936	1111
2014	23	32	65	111	134	142	120	41	40	49	27	20	637	804
2015	8	16	52	62	102	62	65	100	23	76	50	49	490	665
Средне- многолетнее	32	33	54	85	138	176	114	93	74	59	45	31	739	934

Оттепели наблюдаются и зимой, количество дней с оттепелями за зиму иногда превышает 40 дней. Смена теплых дней морозными, и наоборот, негативно отражается на озимых посевах, в отдельные годы во время суровых зим в данной зоне можно наблюдать гибель озимых культур.

По среднемноголетним данным, самым холодным месяцем считается январь со среднемесячной температурой $-1,9$ °С. В морозные годы температура воздуха понижается до $-15-20$ °С. Рекордный за последние 100 лет минимум ($-20,2$ °С) зафиксирован 3 января 1995 года.

В период наблюдений эти показатели несколько отличались от среднемноголетней нормы. В 2013, 2014 и 2015 гг. среднемесячная температура воздуха января была выше нормы соответственно на 2,0; 0,3 и 1,1 °С. Абсолютные минимумы пришлись на 15.01.2013 ($-10,4$ °С), 02.02.2014 ($-21,2$) и 09.01.2015 ($-17,0$ °С).

Устойчивый снежный покров достигает высоты 12-25 см. Он начинает разрушаться в феврале, иногда в начале марта, и полностью сходит с поверхности почвы к концу марта. Максимальные значения высоты снежного покрова наблюдаются, как правило, в третьей декаде января и первой декаде февраля (Комарова Н.А., 2013).

Весна начинается в конце марта - начале апреля, в это время происходит превышение среднесуточной температуры воздуха через порог $+5$ °С. Это говорит о начале вегетации растений и возможности проведения весенне-полевых работ.

По среднемноголетним данным, последние весенние заморозки наблюдаются в середине апреля. Однако в 2013, 2014 и 2015 годы последние весенние заморозки пришлись на 20 марта ($-2,6$ °С), 07 апреля ($-0,8$ °С) и 31 марта ($-1,5$ °С), которые носили кратковременный характер, а устойчивый морозный период закончился в середине марта. За все 3 года наблюдений апрель был безморозным.

Лето в лесостепной зоне жаркое, умеренно увлажненное. Самый теплый месяц - июль со среднесуточной температурой $+20,6$ °С. Максимальная

среднемесячная температура воздуха приходится на июль и август, а абсолютный максимум достигает 37-38 °С.

В 2013 году среднесуточная температура июля была ниже нормы на 0,4°С, а 2014 и 2015 годах - выше на 0,4 и 0,9°С соответственно, то есть почти на уровне нормы. Абсолютный максимум в эти годы пришелся соответственно на 1 июля (33,8°С), 18 августа (37,0°С) и 1 августа (37,8°С).

По среднемноголетним данным, за вегетационный период (апрель-октябрь) сумма положительных температур составляет 3299°С. В 2013, 2014 и 2015 годах этот показатель превышал норму соответственно на 129, 139 и 234°С, следовательно, вегетация растений культур звена севооборота проходила в благоприятных температурных условиях.

Зона среднего увлажнения, охватывающая предгорные территории, имеет 600-800 мм в год, но и этого количества осадков не хватает в связи с близостью в почвенном покрове подстилающего валунногалечного слоя (Тимошкина Н.В., 2020).

Лесостепная зона Северной Осетии характеризуется умеренным увлажнением. По среднемноголетним данным, в течение вегетационного периода (апрель-октябрь) здесь выпадает около 740 мм осадков, а за год - до 934 мм (табл. 2).

За время наблюдений явной засушливостью характеризовался 2015 год - осадков за вегетационный период выпало две трети от нормы, меньшей - 2014 год с 86% осадков от нормы. В 2013 году осадков за вегетационный период выпало на 26% выше нормы, но в течение года неравномерно. Например, в мае выпало 2,1 нормы, а в августе - 0,3.

Для Северной Осетии характерны фёновые ветры южного и юго-западного направлений, спускающиеся по долинам рек и горным ущельям. В период действия фёнов – они в основном бывают в зимнее время – сильно повышается температура воздуха, и тогда в горах начинается быстрое таяние снегов, приводящее к снежным обвалам. А в предгорьях и на равнине нередко раньше сроков набухают почки на деревьях (Тимошкина Н.В., 2020).

В целом метеорологические условия лесостепной зоны вполне благоприятны для возделывания большинства сельскохозяйственных культур, в частности, озимой пшеницы и кукурузы.

2.1.3. Растительность

В настоящее время вся территория зоны распахана. Естественная растительность сохранилась по берегам рек и в неудобных для обработки почвы местах. Она представлена в основном пырейно-разнотравными ассоциациями, по берегам рек – древесной растительностью, состоящей преимущественно из ольхи и ивы, а в подлеске – бурьянистым высокотравьем (Албегов, Р.Б., Гагиева С. С., 2014).

В сохранившихся местах растительность представлена следующими видами трав: из злаков - пырей средний, пырей ползучий, типчак, мятлик узколистный, тонконог, овес луговой, костер безостый, костер полевой, трясушка, тимофеевка степная, и др.; из бобовых - лядвенец, вязель, вика посевная, клевер непостоянный, клевер посевной, люцерна железистая, люцерна хмелевидная, козлятник восточный, донник и др.; из разнотравья - подорожник средний, девясил иволистный, марьянник, душица, шалфей, подмаренник желтый, подорожник ланцетный, вероника широколистная, колокольчик, чистец прямой, герань красная, гвоздика, василек, мытник, погребок и др. (Бясов К.Х. и др., 2000).

2.1.4. Гидрологические условия

Речная сеть Северной Осетии отличается густотой, что объясняется рельефом местности, выпадением в высокогорной части республики обилия осадков и наличием большого количества ледников. Большинство рек имеет смешанное питание – ледниковое, грунтовое и дождевое. Наибольший уровень воды в них наблюдается в период обильного таяния ледников и снежников, то есть весной и в начале лета (Тимошкина Н.В., 2020).

Территория Северной Осетии, за исключением северной части, относится к «водонасыщенным» районам Северного Кавказа. Воды большинства рек отличаются высоким качеством, мало минерализованы и мягки, что очень важно для использования их в народном хозяйстве. Территория республики обладает значительными запасами подземных вод. Центральная зона, занимающая Северо-Осетинскую наклонную равнину, представлена устьевыми участками основных горных и предгорных рек, а также малыми реками, стекающими с северных склонов Скалистого хребта. Это зона невысокого стока – 3–10 л/с с 1 км² в средний год (Тавасиев Г.В., Тавасиев В.Х., 2015).

На территории зоны построены и функционируют Алханчуртская оросительно-обводнительная система. Вода в реках имеет небольшую жесткость, слабоминерализована, степень минерализованности воды в реках увеличивается от верховьев к устью (Дзанагов С.Х., 1987).

2.1.5. Почвообразующие породы и почвы

Опытный участок расположен на черноземах выщелоченных, подстилаемых галечником. По описанию К. Х. Бясов и др. (2000), это флювиогляциальные (водно-ледниковые) карбонатные мелкоземистые отложения, которые чехлом небольшой мощности прикрывают валунно-галечниковые отложения.

Выщелоченные черноземы различаются по гранулометрическому составу, мощности гумусовых горизонтов, глубине залегания галечника. По глубине залегания галечника К.И. Трофименко (1964) выделяет пять разновидностей черноземов: 1) галечник с самой поверхности; 2) галечник на глубине выше 50 см; 3) галечник на глубине 50-80 см; 4) галечник на глубине 80-100 см; 5) галечник на глубине 100 см и глубже.

Выщелоченные черноземы, подстилаемые галечником, прошли гидрогенную стадию формирования. На терассах рек Терек, Камбилеевка, Ардон и других черноземы Северо-Осетинской предгорной наклонной равнины в своем развитии прошли болотную и луговую стадии развития (Прасолов Л.И.,

1916; Захаров С.А., 1939; Зонн С.В., 1946; Рубилин Е.В., 1956; К.Х. Бясов, С.Х., Дзанагов, Н.И. Калоева и др., 2000 и др.). В лесостепной зоне Северной Осетии они формируются на древних террасах горных рек в наиболее дренированных участках.

Отличительным морфологическим признаком является уплотнение подпахотного слоя и распыление пахотного. Мощность гумусовых горизонтов (А+В) иногда уменьшена до 20-30 см из-за близкого залегания галечника, в основном же она значительна (когда подстилающими породами являются лёссовидные суглинки и глины).

По гранулометрическому составу выщелоченные черноземы относятся к тяжелосуглинистым, легко-и среднеглинистым. По профилю он в основном однороден. Выщелоченные черноземы Терско-Камбилеевской равнины залегают на галечнике и отличаются каменистостью, имея тяжелосуглинистый, а с глубиной легкосуглинисто-каменистый гранулометрический состав (Дзанагов С.Х., 2000).

К.Х. Бясов, С.Х., Дзанагов, Н.И. Калоева и др. (2000) так же характеризуют гранулометрический состав верхних горизонтов данных почв как тяжелосуглинистый иловато-пылеватый (табл. 3).

Таблица 3 - Гранулометрический состав черноземов выщелоченных на галечнике (К.Х. Бясов, С.Х., Дзанагов, Н.И. Калоева и др. 2000)

Генетический горизонт	Глубина взятия образца, см	Потеря от обработки HCl, %	Диаметр фракции, мм; Содержание, %							
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01	>1мм
A_п	0 – 20	5,7	11,1	9,2	20,3	9,6	18,8	25,3	53,7	5,3
A	23 – 43	6,3	14,8	5,3	21,7	12,4	18,7	23,8	54,9	8,4
B₁	33 – 43	5,6	15,8	1,3	26,7	10,2	17,4	23,0	50,6	9,6
B₂	47 – 57	6,1	21,8	4,2	25,0	4,2	18,8	20,0	43,0	15,9
BC	80 – 90	0,4	25,9	4,0	28,3	15,9	12,1	13,4	41,4	25,0

Выщелоченные черноземы имеют рыхлое и среднеплотное сложение, и вследствие этого благоприятное соотношение влаги и воздуха. Плотность пахотного слоя небольшая (объемная масса 1,01-1,20 г/см³), но с глубиной она возрастает до 1,4-1,5 г/см³. Почва характеризуется удовлетворительным воздухообменом, высокой водопроницаемостью, особенно при неглубоком залегании галечника. В выщелоченных черноземах глинистых водопроницаемость значительно ниже, большая часть продуктивной влаги в почве является средnedоступной. При подстилании галечником на глубине 50-60 см продуктивной влаги в почве бывает недостаточно, поэтому требуется орошение, которое следует проводить дождеванием.

Таблица 4 - Агрoхимические показатели выщелоченных черноземов Северной Осетии (Трофименко К.И., 1964)

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание ила, %	Поглощенные основания			Гидролитическая кислотность	Степень насыщенности основаниями, %	рН (Н ₂ O)	рН (KCl)
			Ca	Mg	сумма				
			мг-экв на 100 г почвы						
A_п	0 – 10	20,9	38,1	9,1	47,2	3,0	94	6,5	5,4
A	20 - 27	16,3	36,1	11,6	46,7	2,5	95	6,6	5,5
B	30 - 40	10,3	26,3	7,1	33,4	2,9	92	6,5	5,3
B	50 - 60	10,9	29,1	5,5	34,6	1,1	97	6,9	5,3
BC	70 - 80	12,6	20,5	4,8	25,3	-	-	6,6	5,5

По данным С.Х. Дзанагова (1999), черноземы выщелоченные имеют невысокую актуальную и обменную кислотность - рН водн.=6,2-6,4, а рН сол.=5,8-6,0, с глубиной заметно уменьшается. Сравнительно невысокой является и гидролитическая кислотность - 2,1-2,8 мг-экв. на 100 г почвы, которая с глубиной тоже уменьшается. Слабокислая реакция этих почв вполне благоприятна для растений. В составе обменных оснований доминирует кальций, значительно меньше магния. Сумма их в пахотном слое составляет 33–37 мг-экв./100 г почвы. Признаки засоления отсутствуют: сумма водорастворимых солей по всему профилю меньше 0,1%.

Почвы имеют высокую обменную способность и большую степень насыщенности основаниями - 94-98%, что объясняется достаточно высокой гумусированностью, обогащенностью минералами монтмориллонитовой группы, карбонатностью почвообразующих пород. В составе обменных оснований доминирует кальций, значительно меньше магния. Сумма их в пахотном слое составляет 33-37 мг-экв. /100 г почвы. Признаки засоления отсутствуют.

Содержание гумуса в пахотном слое довольно сильно колеблется (от 3,5 до 7,5%), но чаще всего составляет 4,5-6,0%, причем с глубиной равномерно убывает (до 1,1-2,0% на глубине 80-100 см). Запасы гумуса в пахотном слое колеблются в пределах 380-570 т/га. Гумус имеет типичный качественный состав, то есть в нем преобладают гуминовые кислоты, а именно гуматы кальция, с глубиной растет количество фульвокислот. Гумус в этих почвах богат азотом (5-6%).

Черноземы выщелоченные отличаются высокими валовыми запасами питательных веществ (табл. 5). Обеспеченность подвижными формами азота и фосфора слабая и средняя, а обменным калием – средняя и повышенная.

Таблица 5 - Валовое содержание и подвижные формы питательных веществ и гумуса в выщелоченных черноземах на галечнике (Трофименко К.И., 1964)

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Содержание гумуса, %	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
			валовой, %	гидролизуемый, мг/кг	валовой, %	подвижный, мг/кг	валовой, %	обменный, мг/кг
A _п	0 - 20	7,1	0,46	100	0,44	90	1,62	160
A	20 - 30	6,9	0,42	80	0,52	110	1,48	170
B ₁	30 - 40	4,6	0,21	30	0,44	30	1,45	60
B ₂	40 - 50	3,1	0,19	следы	0,45	следы	1,80	40

По данным С.Х. Дзанагова (1987, 1999) содержание общего азота в черноземах выщелоченных, подстилаемых галечником, составляет 0,24-

0,45%, фосфора - 0,2- 0,3, калия - 1,6-2,3%, запасы в полуметровом слое: азота - 21, фосфора - 10-30 и калия - 94-115 т/га. Содержание доступных для растений форм этих элементов изменчиво: в пахотном слое легкогидролизуемого азота 4-10 мг, подвижного фосфора по Труогу 5-14 мг, обменного калия по Бровкиной около 15 мг/100 г почвы. В результате обеспеченность подвижными формами азота и фосфора слабая и средняя, а обменным калием - средняя, иногда повышенная.

Таким образом, черноземы выщелоченные имеют благоприятные агропроизводственные свойства, которые в сочетании с достаточным атмосферным увлажнением дают основание считать их одними из наиболее плодородных почв рассматриваемого региона.

2.2. Методика проведения исследований

Исследования проводили в лесостепной зоне РСО-Алания на черноземе выщелоченном в условиях длительного (50 лет) стационарного полевого опыта кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ, подстилаемом галечником, в котором изучается влияние систематического применения удобрений на продуктивность пятипольного полевого плодосменного севооборота (многолетние травы; озимая пшеница; кукуруза на зерно; кукуруза на силос; озимая пшеница) с чередованием культур во времени. Наши исследования проведены в 9-й ротации севооборота (2013-2015 гг.), и охватывают звено: озимая пшеница; кукуруза на зерно; кукуруза на силос.

В опыте изучали разные дозы и комбинации NPK, три уровня NPK, сравнительное действие минеральных и органических удобрений.

Схема опыта: контроль (вариант без удобрений); $N_1P_1K_1$; $N_2P_1K_1$; $N_1P_2K_1$; $N_2P_2K_1$; $N_2P_2K_2$; $N_3P_2K_1$; $N_3P_2K_2$; $N_2P_3K_1$; $N_2P_3K_2$; $N_3P_3K_1$; $N_3P_3K_3$; навоз+NPK; расчетный вариант.

Одинарная доза NPK по каждой культуре соответствовала рекомендованной по результатам краткосрочных опытов и 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 $N_2P_2K_2$ являются эквивалентными по количеству NPK, и введены в схему опыта для сравнительной оценки органоминеральной и минеральной систем удобрения. В варианте навоз+NPK на фоне 20 т/га навоза норма удобрений доводится до уровня $N_2P_2K_2$ за счет минеральных удобрений.

Норма удобрений в расчетном варианте рассчитана балансовым методом на запланированный урожай культуры и соответствует: для озимой пшеницы - $N_{110}P_{90}K_{70}$, рассчитанная на урожай 5,5 т/га зерна, для кукурузы - $N_{140}P_{90}K_{110}$, рассчитанная на урожай 6,0 т/га зерна и 45,0 т/га зеленой массы.

Удобрения вносили дробно. Под озимую пшеницу осенью под вспашку в качестве основного внесения применяли нитроаммофоску, аммофос и аммиачную селитру. Весной на вариантах с двойной и тройной дозами азота проводили подкормки: прикорневую аммиачной селитрой в начале весенней вегетации и некорневую 15 %-м водным раствором мочевины в фазе колошения-цветения в дозах по 30 кг/д.в./га.

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. Проводили также 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, согласно программе исследований, вносится в варианте навоз+NPK 1 раз за ротацию севооборота под кукурузу на зерно осенью под зяблевую вспашку в норме 30 т/га в виде полуперепревшего коровьего навоза. В этом варианте под культуры звена севооборота осуществляется доведение минеральных удобрений с целью доведения нормы NPK до уровня двойной, с учетом действия и последствия навоза.

Полевой опыт проводили в богарных условиях. Площадь делянки – 100 м². Повторность четырехкратная. Размещение вариантов последовательное в 2 яруса.

В опыте использовались: озимая пшеница (сорт Батько), кукуруза на зерно (сорт ИР-401) и кукуруза на силос (сорт Краснодарская 291).

Агротехника в опыте соответствовала общепринятой для лесостепной зоны.

Для изучения влажности, агрохимических свойств и пищевого режима почвы отбирали почвенные образцы с контрастных вариантов (контроль, N₁P₁K₁, N₂P₂K₂, N₃P₃K₃, навоз+NPK, 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 изучаемых растений отбирали растительные образцы с контрастных вариантов (контроль, N₁P₁K₁, N₂P₂K₂, N₃P₃K₃, навоз+NPK, 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: 1,0 – для озимой пшеницы; 1,14 – кукурузы на зерно и 0,17 – кукурузы на силос.

Во время уборки урожая с двух несмежных повторностей отбирали образцы основной продукции для определения показателей ее качества.

В отобранных образцах определяли: химический состав (N, P₂O₅, K₂O) - 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.

Энергетическую эффективность применения удобрений рассчитывали по методике В.Г. Минеева и др. (1993).

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

3. ЭФФЕКТИВНОЕ ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

На современном этапе развития сельскохозяйственного производства одной из главных проблем является сохранение плодородия почв. Мировой и отечественный опыт свидетельствует о том, что высокая и устойчивая эффективность земледелия возможна только при комплексном учете всех агрохимических и экологических факторов, необходимых для формирования высокого урожая, его качества, а также недопущения деградации земель сельскохозяйственного назначения (Красницкий В.М., Бобренко И.А., Шмидт А.Г., Матвейчик О.А., 2016; Казанкова К.С., 2021).

По данным международной сельскохозяйственной организации при ООН (ФАО) в нормальных условиях 80% урожая дает уровень плодородия почв и только 20 % зависит от других факторов (<http://www.fao.org>).

По мнению Я.Р. Рейнгарда (2009), низкие объемы применения минеральных и снижение использования органических удобрений, продолжающаяся эрозия, упрощение рекомендуемой обработки почвы, использование тяжелой сельскохозяйственной техники ведут к усилению процессов деградации почв, что в конечном итоге отрицательно сказывается на эффективности сельскохозяйственного производства.

3.1 Влияние удобрений на влажность почвы

Почва как многофазная система способна поглощать и удерживать воду. В ней всегда находится определенное количество влаги (Марчик Т.П., Ефремов А.Л., 2006).

Основной источник почвенной влаги – атмосферные осадки, количество и распределение которых во времени зависят от климата данной местности и метеорологических условий отдельных лет. В почву поступает меньше

влаги, чем выпадает её в виде осадков, так как значительная часть задерживается растительностью, в особенности кронами деревьев. Вторым источником поступления влаги в почву является конденсация атмосферной влаги на поверхности почвы и в её верхних горизонтах (Алпатьев А.М., 1954).

Оптимальная влажность почвы – важное условие для обеспечения правильного роста культур и повышения урожайности. Влага необходима не только для восстановления водного баланса, но и для регуляции температуры. В процессе терморегуляции в растениях испаряется до 99% полученной влаги, а для формирования вегетативной массы используется лишь 0,2-0,5%. При этом оптимальная влажность почвы для сельскохозяйственных культур варьируется в зависимости от стадий роста и погодных условий. (<https://eos.com/ru/blog/vlazhnost-pochvy>).

В 2010 году Всемирная метеорологическая организация включила влажность почвы в перечень пятидесяти ключевых климатических переменных, рекомендованных для систематического наблюдения (<https://www.ncdc.noaa.gov/gosic/gcos-essential-climate-variable-ecv-data-access-matrix>).

Так как влажность почвы зависит не только от внешних условий, но от свойств самой почвы, то приемы, направленные на улучшение ее водного режима, приобретают первостепенное производственное значение. Накоплению и сохранению влаги в почве способствует также применение минеральных и органических удобрений (Марчик Т.П., Ефремов А.Л., 2006).

На рис. 1-3 и прил. 1-3. приведены данные о динамике влажности почвы под культурами звена полевого севооборота в зависимости от удобрений в годы исследований.

Влажность почвы на удобренных вариантах под озимой пшеницей колебалась волнообразно (рис. 1.). В период осенней вегетации она была высокой, растения были достаточно обеспечены влагой и уходили в зиму, достигнув фазы кущения, набрав достаточную биомассу.

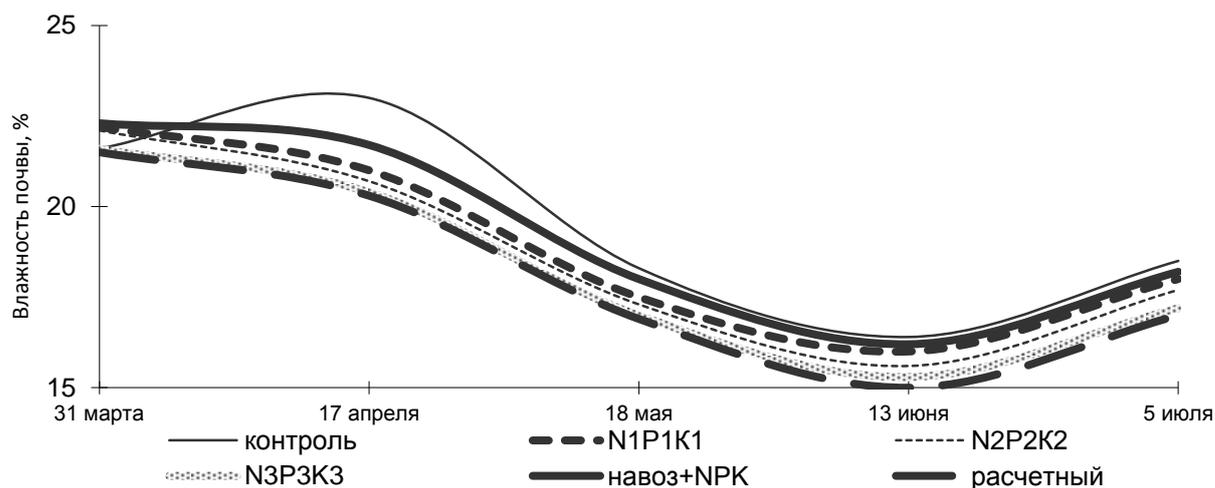


Рис. 1. Динамика влажности 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений (2013)

Весной, по мере нарастания вегетативной массы растений, влажность почвы на всех вариантах снижалась и достигла минимальных значений к первой декаде июня, после чего опять стала повышаться.

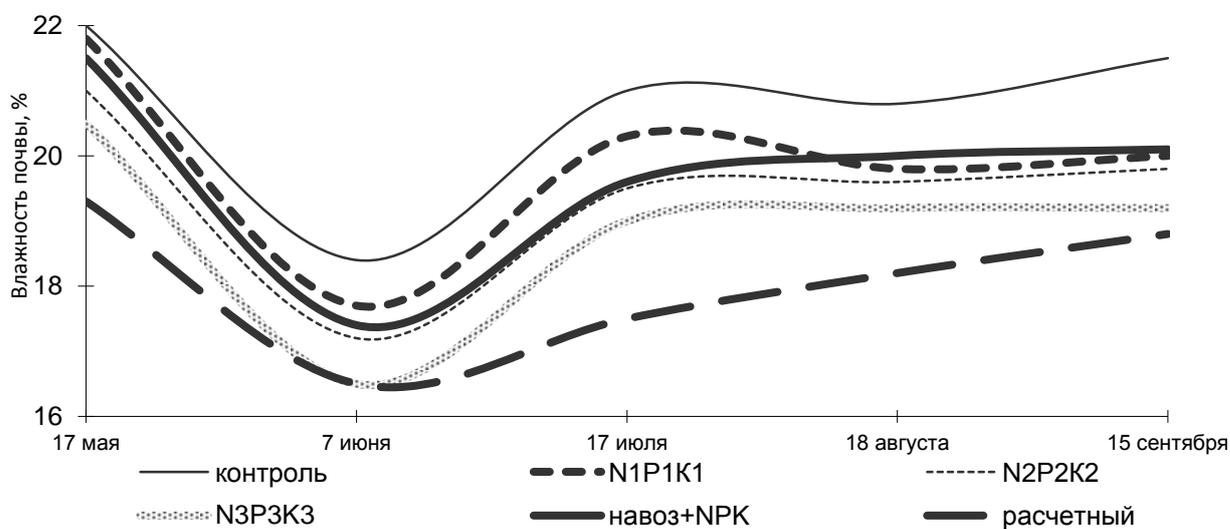


Рис. 2. Динамика влажности 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений (2014)

В среднем за вегетацию влажность почвы была максимальной на варианте без удобрений – 19,7%. На вариантах с одинарной дозой NPK она была ниже на 0,3%, двойной на 0,5%, тройной на 0,9% и расчетном на 1,0 %. На

варианте навоз+NPK влажность почвы была выше, чем на эквивалентном варианте $N_2P_2K_2$, на 0,5% благодаря влагоудерживающей способности навоза.

В наших исследованиях влажность почвы в слое 0-40 см под кукурузой на зерно наибольшей была в начале вегетации (рис. 2).

По мере нарастания вегетативной массы растений влажность почвы на всех вариантах снижалась и достигла минимальных значений к первой декаде июня, после чего опять стала повышаться.

В среднем за вегетацию влажность почвы была максимальной на варианте без удобрений – 21,05%. На вариантах с одинарной дозой NPK она была ниже на 0,85%, двойной на 1,9%, тройной на 2,15% и расчетном на 2,75 %. На варианте навоз+NPK влажность почвы была выше, чем на эквивалентном варианте $N_2P_2K_2$, на 1,15% опять-таки благодаря влагоудерживающей способности навоза.

Влажность почвы под кукурузой на силос наибольшей была в начале вегетации, затем по мере нарастания вегетативной массы понижалась и достигла своих минимальных значений к третьей декаде июля, а к концу повысилась вновь, хоть и незначительно (рис. 3).

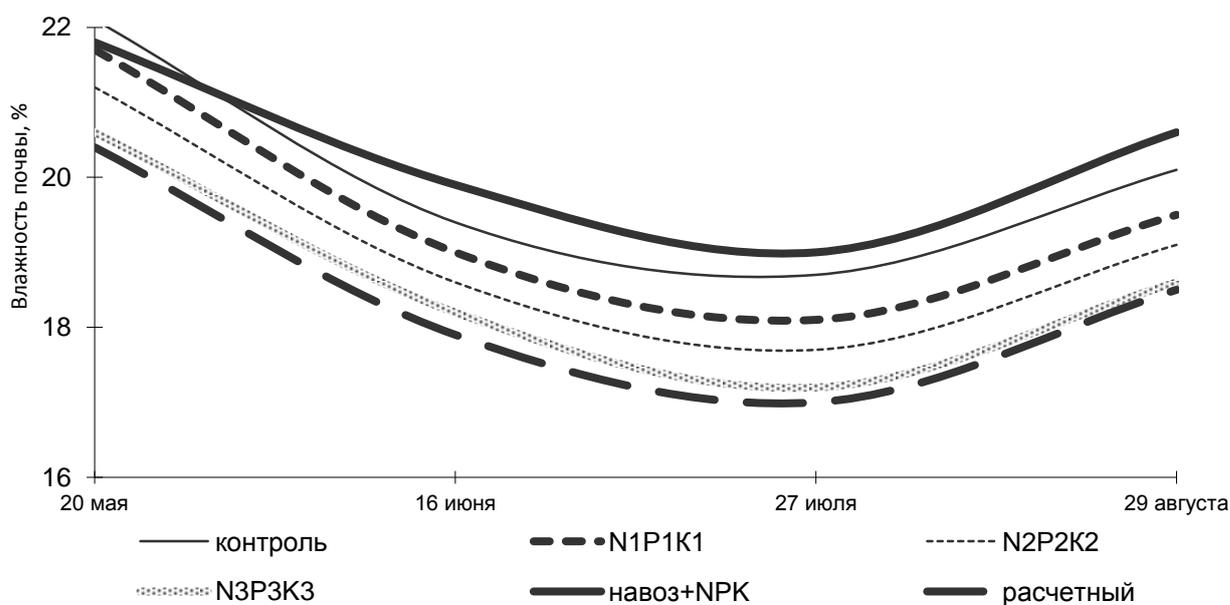


Рис. 3. Динамика влажности 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений (2015)

Влажность почвы в среднем за вегетацию самой высокой наблюдалась на варианте навоз+НРК, по всей вероятности из-за действия навоза, незначительно превысив вариант без удобрений. На остальных вариантах данный показатель был ниже: на варианте с одинарной дозой НРК - на 0,7 %, двойной – 1,1 %, тройной – 1,6 %, и расчетном – на 1,8% что является минимальным значением.

Исследователи В. В. Бутяйкин и М. Н. Чаткин (2014) так же утверждают, что минеральные удобрения способствовали лучшему использованию растениями почвенной влаги, поскольку и в их опытах, на черноземах выщелоченных Мордовии влажность почвы вариантов с удобрениями была несколько ниже, чем на вариантах без внесения удобрений.

Таким образом, в первый (2013) год исследований влажность почвы была выше, чем в последующие (2014 и 2015) годы, что объясняется несколько засушливыми погодными условиями в эти годы. Культуры звена севооборота не испытывали недостатка в почвенной влаге. Удобрения несколько снижали влажность почвы за счет большего потребления влаги растениями, формирующими большую вегетативную массу, чем на контроле.

3.2. Влияние удобрений на питательный режим выщелоченного чернозема

По мнению всех авторов, изучающих продуктивность сельскохозяйственных культур, для оценки эффективного плодородия почвы, действительной способности ее обеспечивать высокую урожайность и качество сельскохозяйственных культур важное значение имеет содержание питательных веществ в доступных для растений формах.

Потребление питательных веществ разными сельскохозяйственными культурами неодинаково в зависимости от урожайности, плодородия почвы и применяемых удобрений. Поэтому очень важно знать, как складывается динамика питательного режима определенной почвы при выращивании конкретной культуры (Дзанагов С.Х., Езеев А.А., 2015).

Очень низкий уровень применения минеральных удобрений привел к отрицательному балансу макро- и микроэлементов и, как следствие, снижению содержания их подвижных форм в почвах. Слабая обеспеченность органическими удобрениями и прогрессирующее развитие водной эрозии провоцируют дегумификацию почв (Милащенко Н.З. и др., 1998; Чекмарёв П.А., Лукин С.В., 2017; Поддубный А.С., 2018).

3.2.1. Динамика аммонийного азота (поглощенного аммония)

Азот легкогидролизуемый – основной резерв доступного азота для растений. Запасы азота в почве и ее нитрификационная способность являются объективными показателями почвенного плодородия. Многочисленные исследования показывают, что черноземы хорошо обеспечены общими запасами азота, особенно черноземы европейской части России, которые содержат до 0,45 % азота (Stakhurlova L.D., Svistova I.D., Shcheglov D.I., 2007; Пигорев И.Я., Беседин Н.В., Ишков И.В., Грудинкина В.В., 2018; Стекольников К.Е., 2020). Однако высокое содержание общего азота не означает наличие в достаточном количестве доступных для растений форм данного элемента. Более 80% почв характеризуются дефицитом азота, необходимого для формирования средних урожаев (Абрамов Н.В., Еремина Д.В., Еремин Д.И. 2010).

По мнению Д. И. Еремина, О. Н. Деминой (2021) наиболее стабильным и близким к фактической обеспеченности растений является легкогидролизуемый азот, который при нитрификации очень быстро переходит из органической части в минеральные вещества.

Многие исследователи указывают на прямую зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от содержания легкогидролизуемого азота в почве, что дает возможность оптимизировать систему удобрения (Ражева Д.Р., 2009; Фадькин Г.Н., Костин Я.В., 2012; Шаталина Л.П., 2018 и др.). Однако, по мнению М.А. Глухих, Т.С. Калгановой (2015), Л.В. Центило, А.А. Цюк (2019) и др. такая зависимость не обнаруживается.

На рис. 4-6 и прил. 4-6. приведены данные о динамике поглощенного аммония в почве под культурами звена полевого севооборота в зависимости от удобрений в годы исследований.

Содержание поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей, кукурузой на зерно и кукурузой на силос на контрольном варианте в начальный период вегетации было ниже, чем в последующем (рис. 4).

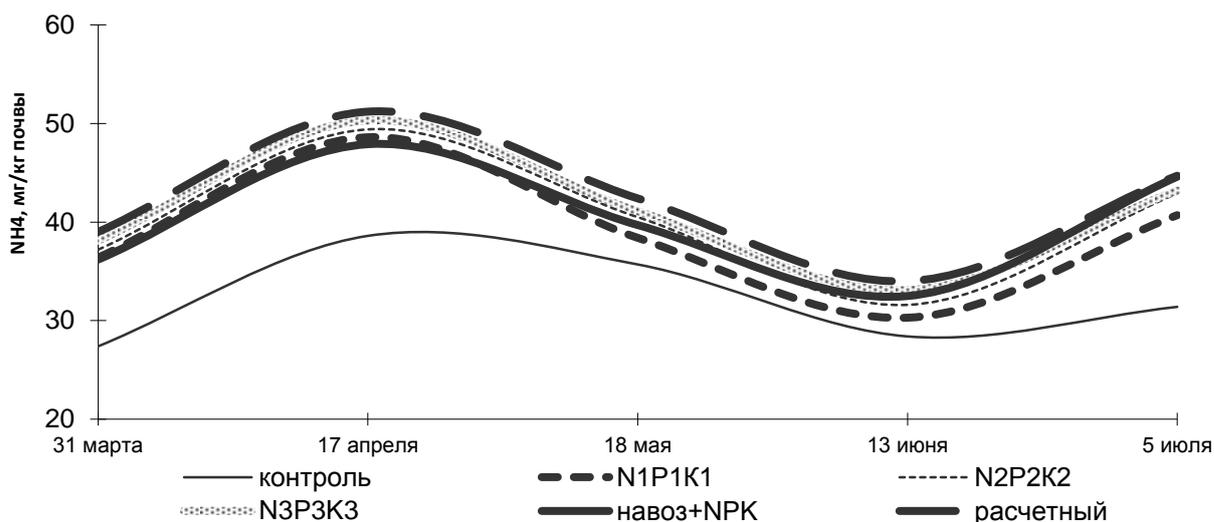


Рис. 4. Динамика аммония 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений (2013 г.)

Дальнейший ход динамики обусловлен, с одной стороны, постепенным повышением интенсивности аммонификации, с другой – усвоением аммонийного азота растениями, которое усиливалось по мере роста растений до начала формирования урожая и ослабевало к фазе созревания.

На удобренных вариантах максимальное содержание аммония в почве приходилось на начальный период вегетации растений (весной), что объясняется внесением азотных удобрений. К концу вегетации их количество в почве под всеми тремя культурами изменялось в связи с усвоением их растениями.

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 мг/кг. Наибольшим

содержанием выделяется расчетный вариант, который превосходил контроль на 11,3 мг/кг почвы.

В почве под кукурузой на зерно в неудобренном контроле накопление аммония происходило в течение первой половины вегетации и достигло максимума ко второй декаде июля (рис. 5).

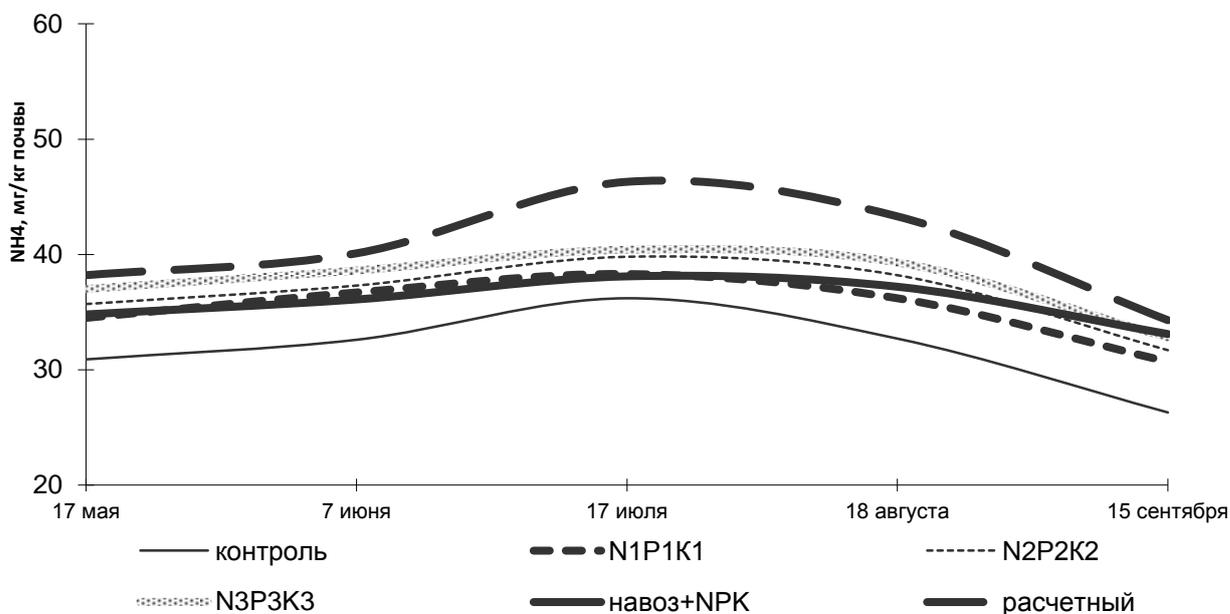


Рис. 5. Динамика аммония 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений (2014 г.)

Затем ко второй декаде августа наблюдалось снижение его содержания, а к концу вегетации оно вновь стало повышаться. Такой ход динамики обусловлен, с одной стороны, постепенным повышением интенсивности аммонификации в почве, с другой – усвоением аммонийного азота растениями, которое усиливалось по мере роста растений до начала формирования зерна в початке и ослабевало к фазе созревания (Гагиев Б.В. и др., 2014).

Удобренные варианты в среднем за вегетацию превосходили по содержанию аммония контроль, что связано с внесением аммония с удобрениями. При содержании поглощенного аммония на контроле 28,5 мг/кг почвы внесение одинарной дозы NPK повысило этот показатель на 6,7 мг/кг, удвоение дозы NPK повысило его еще больше - на 7,9 мг/кг по сравнению с контролем и на 1,2

мг/кг почвы по сравнению с N1P1K1, тройная доза превосходила вариант без удобрений на 17,5 мг/кг почвы.

Максимальное содержание аммония в почве под кукурузой отмечено на расчетном варианте – 40,4 мг/кг почвы, что превышало контроль на 18,7 мг/кг почвы.

Содержание аммония в почве под кукурузой на силос было максимальным в начале вегетации, это обусловлено внесением азота в составе удобрений (рис. 6). Затем в процессе вегетации содержание аммония понижалось и достигало своего минимума к концу августа.

В среднем за вегетацию удобренные варианты превосходили по содержанию аммония контроль, что связано с внесением аммония с удобрениями. При содержании поглощенного аммония на контроле 30,4 мг/кг почвы внесение одинарной дозы NPK повысило этот показатель на 9,3 мг/кг, удвоение дозы NPK повысило его еще больше - на 13,8 мг/кг по сравнению с контролем, вариант тройной дозы превосходил вариант без удобрений на 15,5 мг/кг почвы.

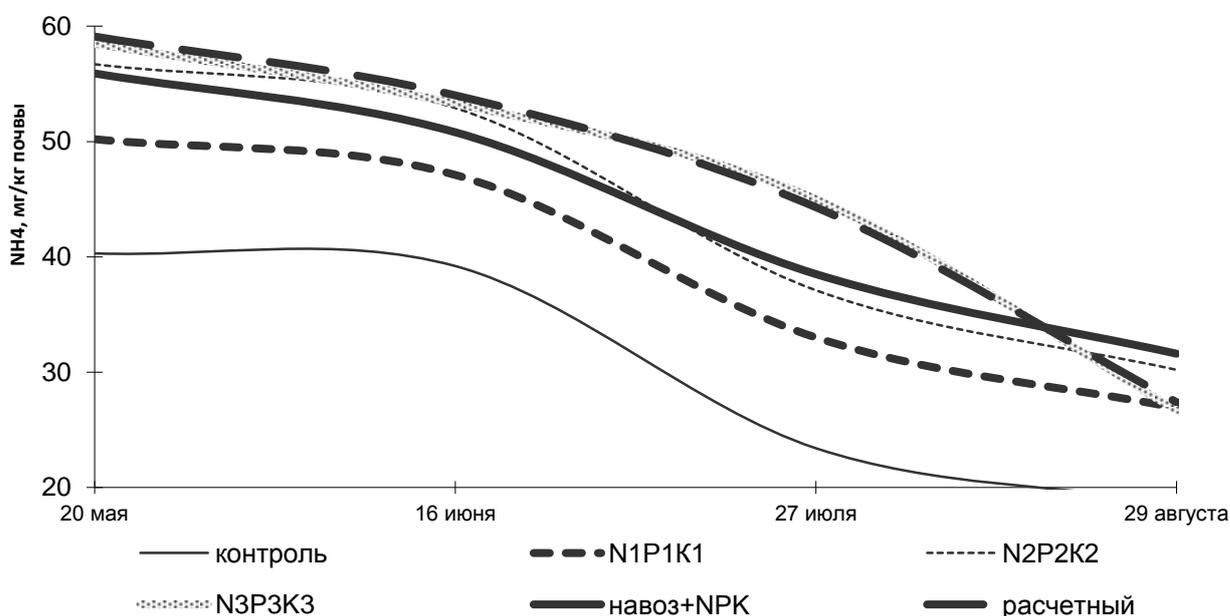


Рис. 6. Динамика аммония 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений (2015 г.)

Максимальное содержание аммония в почве под кукурузой на силос отмечено на расчетном варианте, оно было выше, чем на контроле на 15,8 мг/кг почвы.

На всех изучаемых культурах поглощенным аммонием больше обогащался пахотный слой, меньше – подпахотный, что, очевидно, связано с большей активностью микробиологических процессов, внесением удобрений в пахотный слой почвы.

Последствие совместного внесения навоза и минеральных удобрений по содержанию поглощенного аммония в почве не имело преимуществ перед внесением одних минеральных.

В исследованиях А. И. Симакина, 1969, 1983; И. А. Могилевкиной, 1979; Д. А. Коренькова, 1990 (Цит. по В. Г. Минееву, А. И. Подколзину, 2010) показано, что в выщелоченном черноземе Предкавказья водорастворимого аммония накапливается очень мало, что обусловлено его быстрой нитрификацией и поглощением растениями. В обыкновенном черноземе его содержание изменяется от 9.9 до 10.2 мг/100 г почвы или в пределах 5% от содержания общего азота. Чернозем выщелоченный характеризуется высокой фиксирующей способностью по отношению к аммонийному азоту. В 0-20, 21-40 и 41-60 см слоях почвы его содержание уменьшается вниз по профилю и определяется в пределах 3,9; 1,9 и 1,0 мг на 100 г почвы (Онищенко Л. М., Климякина Е. Н., 2018).

3.2.2. *Динамика нитратного азота*

В ранневесенний период из-за низких температур микробиологическая деятельность протекает очень слабо, поэтому содержание усвояемых форм азота в почве незначительно (Мнатсаканян А.А., Васюков П.П., Чуварлеева Г.В., Лесовая Г.М., 2017).

Содержание и передвижение нитратного азота в почве зависит от ее увлажнения, которое определяется количеством осадков, накопленных за осенне-зимний период и выпавших в виде дождей за вегетационный период (Кочергин А.Е., 1956; Гамзиков Г.П., 1981).

На рис. 7-9 и прил. 7-9. приведены данные о динамике нитратов в почве под культурами звена полевого севооборота в зависимости от удобрений в годы исследований.

Содержание нитратов в почве под озимой пшеницей на контрольном варианте в начальный период вегетации было ниже, чем в последующем (рис. 7).

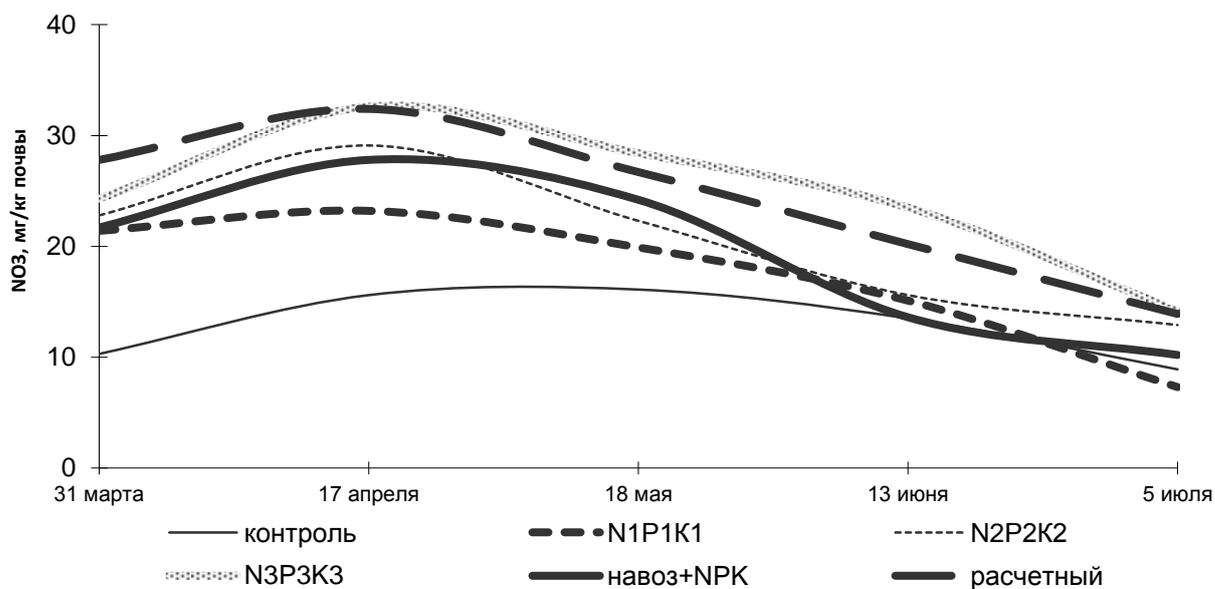


Рис. 7. Динамика нитратов 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений (2014 г.)

Дальнейший ход динамики обусловлен, с одной стороны, постепенным повышением интенсивности нитрификации, с другой – усвоением нитратного азота растениями, которое усиливалось по мере роста растений до начала формирования урожая и ослабевало к фазе созревания.

На удобренных вариантах максимальное содержание нитратов в почве приходилось на начальный период вегетации растений (весной), что объясняется внесением азотных удобрений. К концу вегетации их количество в почве под всеми тремя культурами изменялось в связи с усвоением их растениями. Если на неудобренном контроле под озимой пшеницей в среднем за вегетацию в почве обнаруживалось нитратов 12,4 мг/кг почвы, то при внесении одинарной дозы NPK этот показатель повысился на 3,8; двойной - 7,2; тройной –10,8 мг/кг почвы, что является максимальным значением.

В почве под кукурузой обоих направлений использования содержание нитратов было выше в начале вегетации, затем стало убывать, поскольку происходило активное потребление их растениями по мере их роста и развития (рис. 8, 9). Возможно, были и потери нитратов в этот период с осадками и в результате денитрификации. К середине июня (переход к фазе молочной спелости) содержание нитратов достигло минимума, а затем вновь стало незначительно повышаться к уборке. Удобрённые варианты имели существенное преимущество перед контролем по накоплению нитратов в почве.

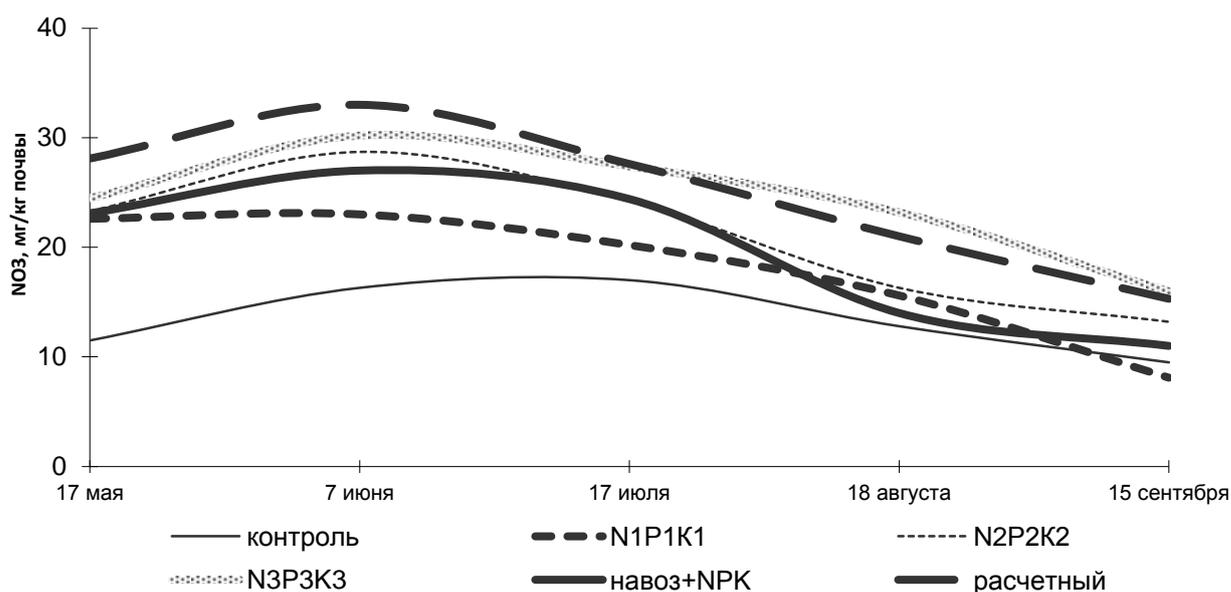


Рис. 8. Динамика нитратов 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений (2014 г.)

При содержании нитратов под кукурузой на зерно в почве неудобренного варианта 13,4 мг/кг почвы внесение одинарной дозы NPK повысило его на 4,5 мг/кг, двойной - на 7,7 мг/кг, расчетной - на 9,6 и тройной - на 10,8 мг/кг, то есть по мере увеличения дозы азота в NPK количество нитратов в слое 0-40 см увеличивалось, несмотря на усиленное потребление растениями. Навоз+NPK уступал двойной дозе NPK на 1,2 мг/кг почвы.

Удобрения существенно повышали содержание нитратов в почве под кукурузой на силос (рис. 9).

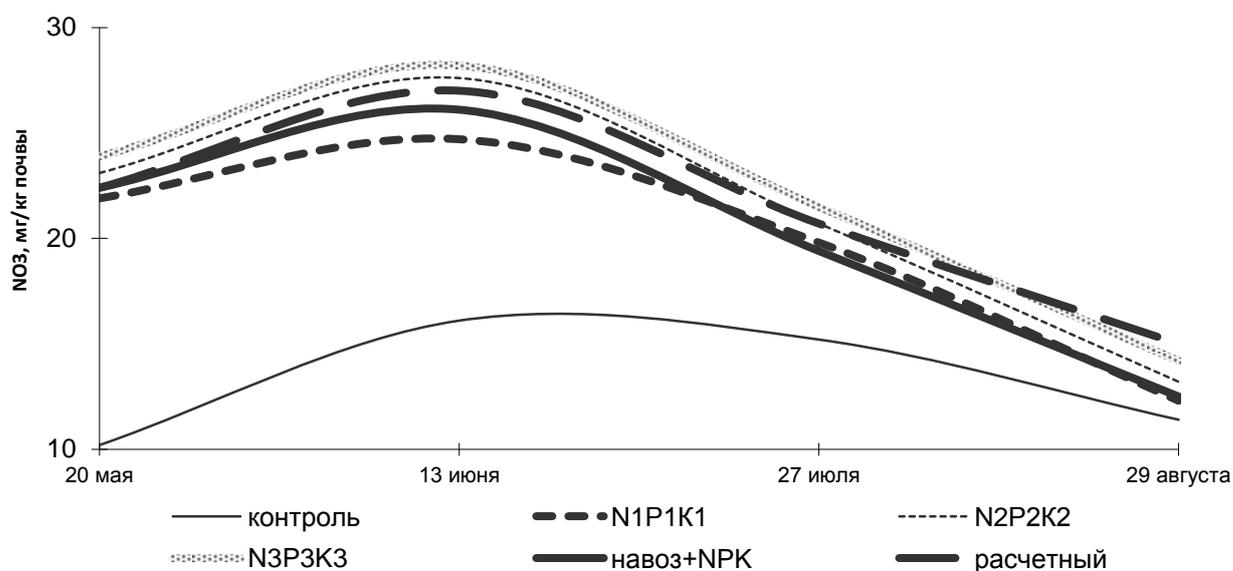


Рис. 9. Динамика нитратов 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений (2015 г.)

В среднем за вегетацию на неудобренном варианте этот показатель составил 13,2 мг/кг почвы, на варианте N₁P₁K₁ нитратов содержалось больше – на 6,5, на N₂P₂K₂ – 8,0, расчетном – 8,1 мг/кг почвы. Вариант навоз+ NPK был выше эквивалентного варианта на 0,4 мг/кг почвы. Максимальным содержанием нитратного азота отличался вариант N₃P₃K₃ – 22,0 мг/кг почвы, что выше на 8,8 мг/кг по сравнению с контролем.

Совместного внесение навоза и минеральных удобрений по содержанию нитратов в почве не имело преимуществ перед внесением минеральных.

Содержание нитратов по профилю почвы было неодинаковым, при этом четко проявлялась их мобильность в связи с невозможностью адсорбции нитрат-иона коллоидами почвы и легкой промываемостью дождевой водой.

3.2.3. Динамика подвижного фосфора

По мнению большинства ученых в области агрохимии, главным источником питания растений фосфором являются минеральные соединения фосфора в почве. Содержание подвижных фосфатов в почве позволяет судить об уровне обеспеченности растений усвояемым фосфором.

Запасы валового фосфора составляют от 0,01% P_2O_5 в бедных песчаных до 0,20% в мощных высокогумусных почвах. Современные представления о фосфатном режиме почв основаны на том, что растения поглощают фосфор в основном в форме ортофосфатов ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), содержащихся непосредственно в почвенном растворе. Переход фосфора в почвенный раствор из твердой фазы почвы характеризует ее буферную способность по отношению к этому элементу. Этот процесс не только динамичный, но и определяется целым рядом внешних и внутренних факторов (Минеев В.Г., Подколзин А.И., 2010).

К числу важнейших факторов, определяющих уровень содержания фосфатов, участвующих в питании растений, относятся удобрения. Многочисленными исследованиями, проведенными во всех почвенно-климатических районах страны, установлено многолетнее последствие фосфорных удобрений, а результаты длительных опытов позволили получить данные об особенностях трансформации фосфорных соединений почвы в зависимости от применяемых систем удобрения (Гинзбург К.Е., 1981; Трофимов С.Н., Варламов В.А., Коваленко А.А., 1998; Чумаченко И.Н., Сушеница Б.А., Алиев Ш.А., 2001; Титова В.И., Шафронов О.Д., Варламова Л.Д., 2005; Орлов П.В., Корченкина Н.А., Нефедьева В.В., 2012 и др.).

По мнению Казанковой Н.С. (2021), оптимальное содержание подвижного фосфора для зерновых культур составляет 130-150 мг/кг почвы, а для пропашных – 160-170 мг/кг.

На рис. **10-12** и прил. **10-12**. приведены данные о динамике подвижного фосфора в почве под культурами звена полевого севооборота в зависимости от удобрений в годы исследований.

Содержание подвижного фосфора на неудобренном варианте в почве под озимой пшеницей в течение вегетации колебалось волнообразно (рис. **10**). Эти колебания подвижного фосфора в почве связаны, очевидно, с потреблением его растениями с одной стороны и активизацией микроорганизмов, разлагающих фосфорорганические соединения – с другой.

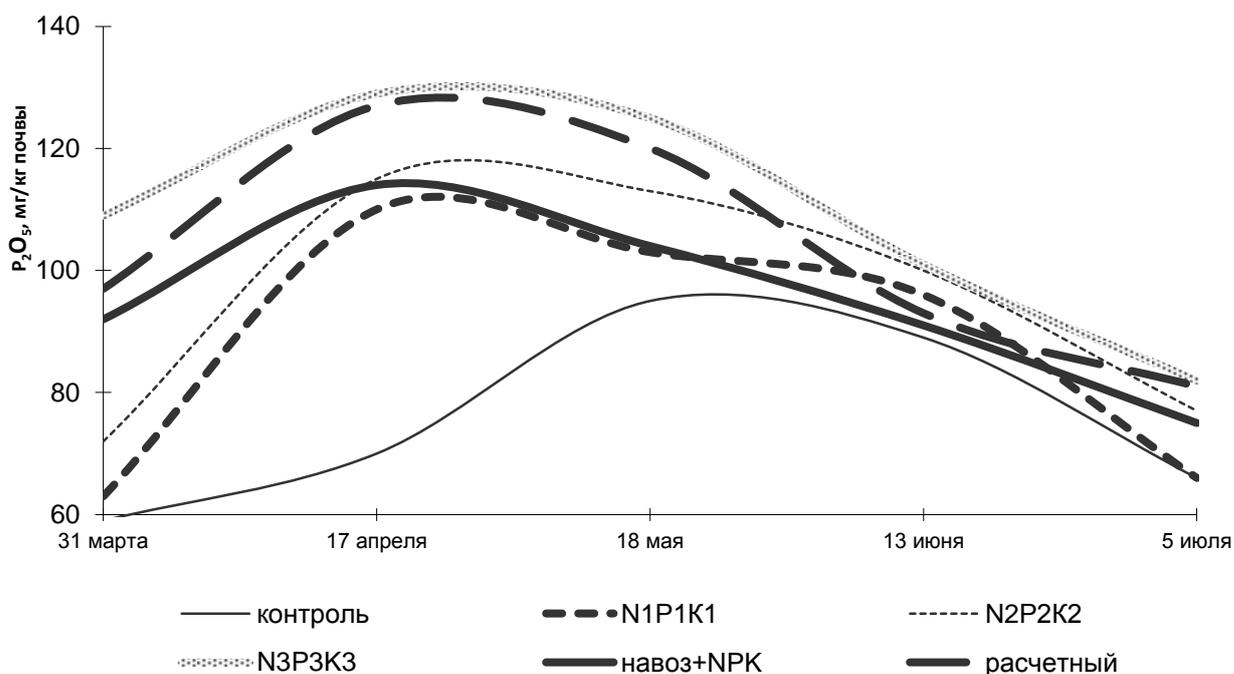


Рис. 10. Динамика подвижного фосфора 0-40 см слоя выщелоченного чернозема под озимой пшеницей в зависимости от удобрений (2013 г.)

Накопление подвижного фосфора в почве удобренных вариантов проходило значительно интенсивнее, что вполне естественно. При содержании его на контроле в почве под озимой пшеницей в среднем за вегетацию соответственно 75 мг/кг почвы внесение одинарной дозы NPK повысило этот показатель на 11; двойной – 19; тройной – 36 мг/кг, что является максимальным содержанием.

Фосфатный режим почвы на удобренных вариантах под кукурузой на зерно также характеризовался волнообразными колебаниями в течение вегетации (**рис. 11**). На контроле количество подвижного фосфора до середины июля практически не изменялось, тогда как на удобренных вариантах оно поначалу уменьшалось за счет потребления растениями, а потом, после конца первой декады июня стало постепенно возрастать и к середине июля - началу августа достигло максимума, вслед за которым происходило постепенное снижение из-за усвоения фосфора растениями в период налива зерна.

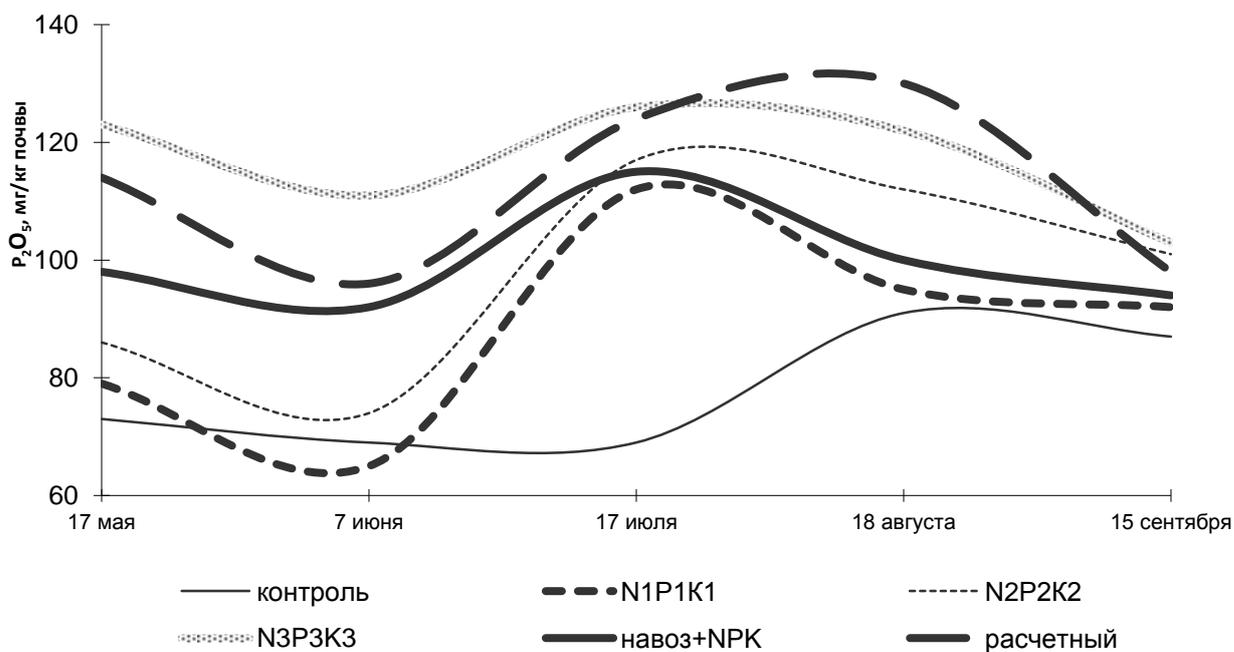


Рис. 11. Динамика подвижного фосфора 0-40 см слоя выщелоченного чернозема под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений (2014 г.)

Все удобренные варианты превышали контроль по содержанию подвижного фосфора. Если на контроле оно в среднем за вегетацию составляло 78 мг/кг почвы, то по одинарной дозе NPK повысилось на 11, двойной – 20 мг/кг почвы. Расчетный вариант уступал варианту с тройной дозой NPK на 5 мг/кг. Содержание подвижного фосфора на варианте навоз+NPK и эквивалентном варианте было равнозначным - 100 и 98 мг/кг почвы соответственно.

Наибольшим содержанием подвижного фосфора в почве под кукурузой на зерно выделялся вариант с тройной дозой NPK - 117 мг/кг почвы, превысивший контроль на 39 мг/кг. Последствие совместного внесения навоза и минеральных удобрений по содержанию подвижного фосфора в почве не имело преимуществ перед внесением одних минеральных.

В почве под кукурузой на силос на всех вариантах фосфатный режим периодически изменялся более плавно (рис. 12).

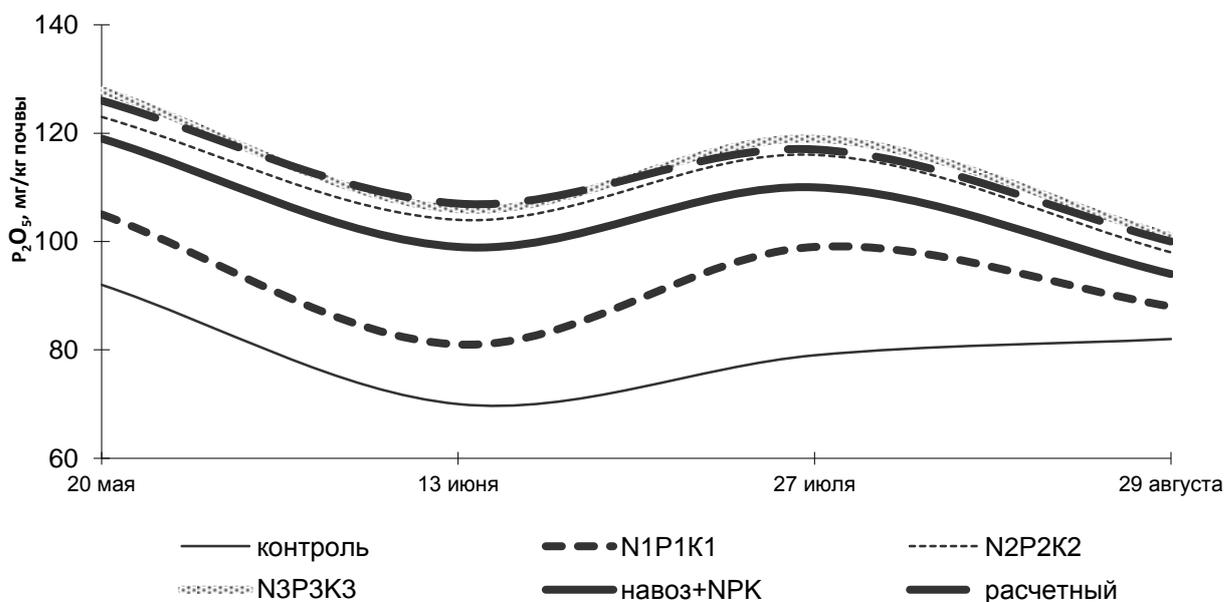


Рис. 12. Динамика подвижного фосфора 0-40 см слоя выщелоченного чернозема под кукурузой на силос в зависимости от удобрений (2015 г.)

Максимальным содержание фосфора было в начале вегетации и стало понижаться к середине июня, затем после повышения к концу июля наблюдалось его убывание к фазе молочно-восковой спелости. Наверно, это связано, с одной стороны, с интенсивным потреблением данного элемента растениями, и с другой - переходом в недоступную для растений форму В среднем за вегетацию все удобренные варианты превосходили контроль по содержанию подвижного фосфора. Так, на контроле содержание подвижного фосфора составило – 81 мг/кг почвы, вариант одинарной дозы NPK превысил контроль на 12, двойной - на 29, навоз+NPK - на 25, расчетный - на 32 и вариант тройной дозы NPK - на 33 мг/кг почвы, что является максимальным по содержанию подвижного фосфора в почве.

Подвижным фосфором больше обогащался пахотный слой, меньше – подпахотный, что, очевидно, связано с большей активностью микробиологических процессов, внесением удобрений в пахотный слой, слабой миграцией подвижных фосфатов по профилю почвы.

3.2.4. Динамика обменного калия

В почве калий находится в различных формах. Содержание водорастворимого калия в почвах незначительно и, по мнению исследователей, как фактор, характеризующий эффективное плодородие почв, существенного значения не имеет. Непосредственным источником питания растений служит обменный калий. Именно по уровню его содержания в почве судят об обеспеченности растений этим элементом (Минеев В.Г., Подколзин А.И., 2010; Бобренко И.А., Матвейчик О.А., Шмидт А.Г., 2020).

Сельскохозяйственные культуры потребляют неодинаковое количество калия и обладают различной чувствительностью к его недостатку. Калия содержится значительно больше в вегетативных органах растений, чем в репродуктивных (Попова В.И., 2018; Болдышева Е.П., 2018).

На рис. 13-15 и прил. 13-15. приведены данные о динамике обменного калия в почве под культурами звена полевого севооборота в зависимости от удобрений в годы исследований. Содержание обменного калия в почве под озимой пшеницей на контроле было максимальным в начале вегетации.

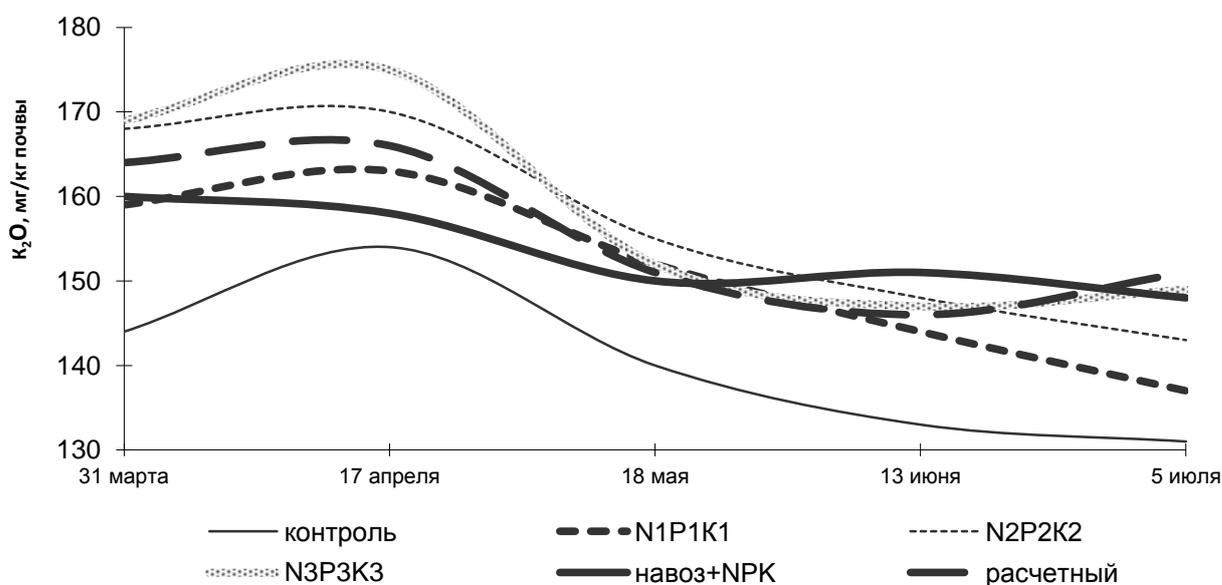


Рис. 13. Динамика обменного калия 0-40 см слоя выщелоченного чернозема под озимой пшеницей в зависимости от удобрений (2013 г.)

До середины апреля оно находилось на высоком уровне, а по мере роста растений и потребления ими калия содержание его снижалось к концу вегетации, чему способствовали отток калия с корневыми выделениями, опадение старых листьев, выщелачивание дождевой водой (Гагиев Б.В. и др., 2014).

На удобренных вариантах, в общем, наблюдалась аналогичная картина. При содержании 140 мг/кг на контроле внесение одинарной дозы NPK повысило количество обменного калия на 11; двойной – 19; тройной – 21 мг/кг почвы, то есть при систематическом применении повышение уровня калийного удобрения от одинарной до тройной дозы способствует улучшению калийного режима почвы.

В почве под кукурузой обоих направлений использования динамика содержания обменного калия в почве проходила с небольшими изменениями по вариантам (рис. 14, 15). По всей вероятности, это связано с высокой подвижностью данного элемента. С начала вегетации до конца второй декады июля содержание калия в почве было на высоком уровне, затем по мере интенсивности роста растений содержание его понижалось к концу вегетации.

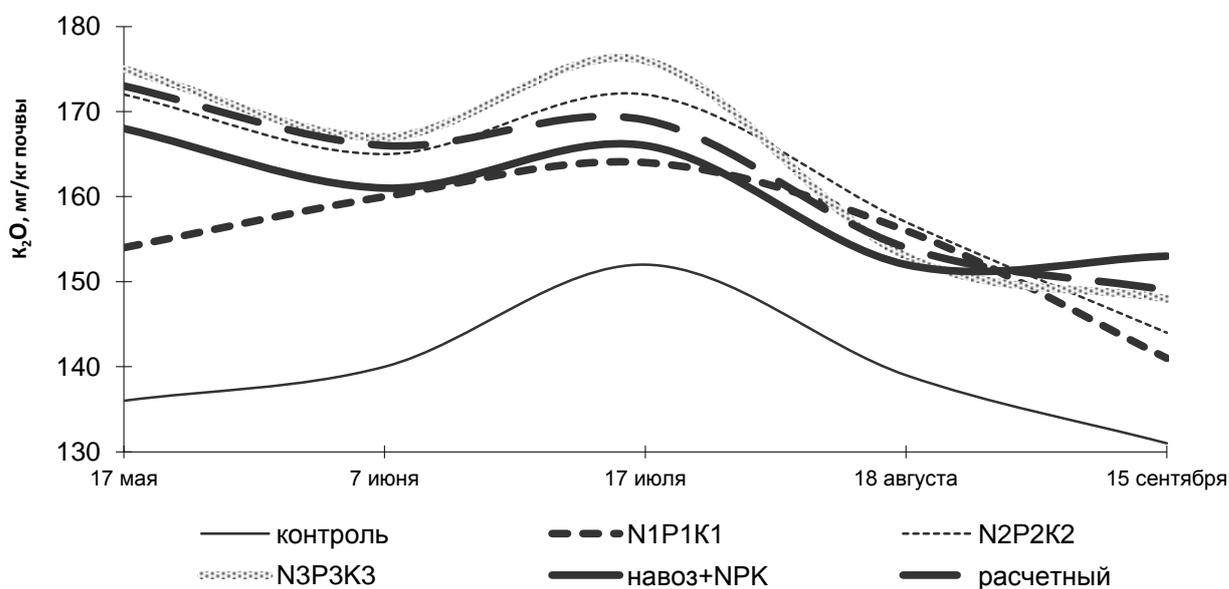


Рис. 14. Динамика обменного калия 0-40 см слоя выщелоченного чернозема под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений (2014 г.)

Удобрённые варианты по содержанию обменного калия превосходили контроль. При содержании обменного калия на контроле 139 мг/кг внесение $N_1P_1K_1$ повысило этот показатель на 16 мг/кг, $N_2P_2K_2$ – на 23 мг/кг почвы. Наилучшим по этому показателю оказался вариант с тройной дозой NPK, который превысил контроль на 25 мг/кг почвы. Вариант $N_2P_2K_2$ превысил по содержанию обменного калия эквивалентный ему вариант навоз+ $N_2P_2K_2$ на 4 мг/кг почвы.

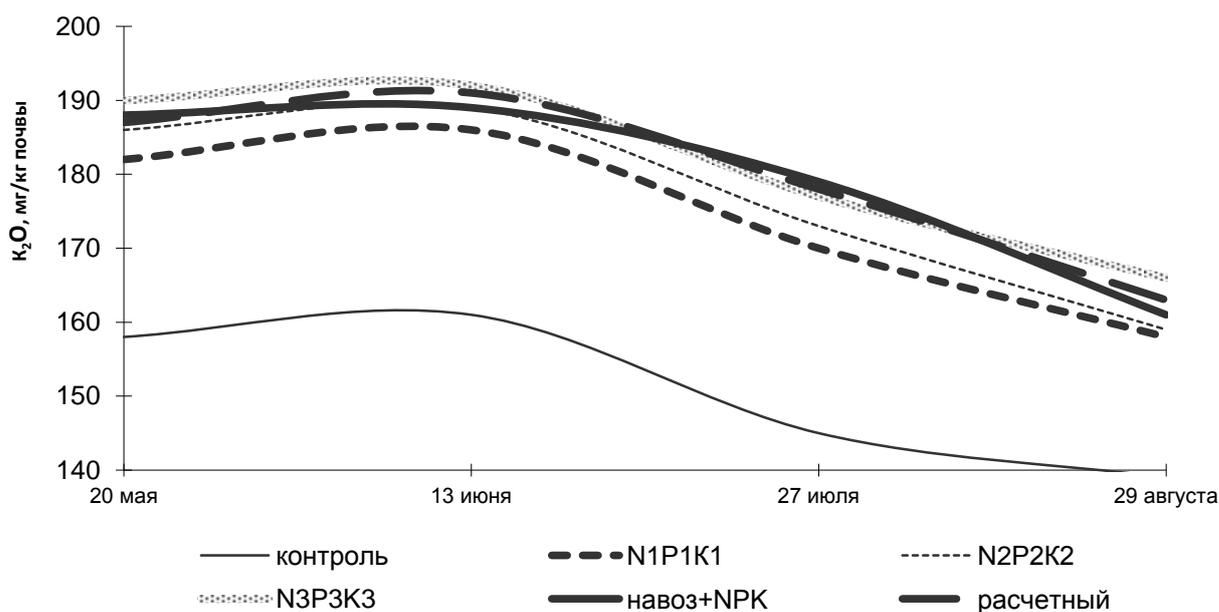


Рис. 15. Динамика обменного калия 0-40 см слоя выщелоченного чернозема под кукурузой на силос в зависимости от удобрений (2015 г.)

Под кукурузой на силос в среднем за вегетацию по содержанию обменного калия удобрённые варианты отличались друг от друга незначительно, однако заметно уступал им вариант без удобрений. Так, при содержании обменного калия на контроле 151 мг/кг почвы внесение различных доз удобрений повысило его содержание на 23-30 мг/кг почвы.

Обменным калием больше обогащался пахотный слой, меньше – подпахотный, что, очевидно, связано с большей активностью микробиологических процессов, внесением удобрений в пахотный слой, слабой миграцией катионов калия по профилю почвы.

Последствие совместного внесения навоза и минеральных удобрений по содержанию обменного калия в почве не имело преимуществ перед внесением одних минеральных.

Все черноземы, особенно обыкновенные, хорошо обеспечены обменным калием, но на выщелоченном черноземе эффективность калийных удобрений проявляется и при высоком его содержании, что связано с улучшением режима увлажнения по мере продвижения с севера на юг, от обыкновенных черноземов к типичным и выщелоченным (Минеев В.Г., Подколзин А.И., 2010).

В опытах А. В. Суринова (2021) в условиях лесостепной зоны ЦЧО увеличение средней по району дозы внесения органических удобрений с 6,5 до 14,6 т/га на фоне 82,9 кг д.в./га минеральных удобрений увеличило содержание подвижных форм фосфора в почве с 101 до 167 мг/кг, калия – с 120 до 183, серы – с 2,5 до 4,7, марганца – с 11,0 до 13,1, цинка – с 0,4 до 0,7 мг/кг.

Таким образом, удобрения улучшали питательный режим чернозема выщелоченного, обогащая 0-40 см слой чернозема выщелоченного 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.

4. РОСТ И ФОРМИРОВАНИЕ БИОМАССЫ РАСТЕНИЙ КУЛЬТУР ЗВЕНА ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Процесс почвенного питания растений - это процесс биологический и проходит на основе химических закономерностей. Необходимость удобрения для нормальной жизнедеятельности растений доказана многими исследователями. Все поступающие в почву удобрения в структуре классического севооборота ускоряют рост и развитие растений, усиливают фотосинтез, повышают урожайность (Долгополова Н.В., Кондратова Е.Ю., 2019).

При длительном применении удобрений повышается эффективное плодородие почвы, она лучше обеспечивает растения подвижными формами питательных веществ. Это гарантирует более высокую интенсивность роста и накопления биомассы (Дзанагов С.Х., 1999).

4.1 Влияние удобрений на рост растений в высоту

Важным фактором формирования роста урожая озимой пшеницы является уровень обеспеченности ее элементами питания. Можно отметить определенную закономерность динамики густоты стояния растений озимой пшеницы в зависимости от доз внесения удобрений (Коршунов А.А., Рутор Т.А., Терехова С.С., 2012).

Наши наблюдения за ростом и развитием растений культур изучаемого звена полевого севооборота подтверждают вышеуказанное положение и также констатируют прямо пропорциональное соотношение между количеством вносимых удобрений и показателями роста и развития этих культур (**рис. 16-20 и прил. 16-20**).

В условиях лесостепной зоны Северной Осетии интенсивный рост растений озимой пшеницы начинается с начала апреля (фаза весеннего кущения) и энергично продолжается до конца мая (колошение), после чего темпы роста резко снижаются и прекращаются совсем (Дзанагов С.Х., Цуциев Р.А., 2019).

Аналогичная закономерность прослеживалась и в наших наблюдениях. Темпы роста **озимой пшеницы** резко снижались во время цветения колоса, а к фазе молочной спелости (середина июня) прекращались вовсе (**рис. 16**).

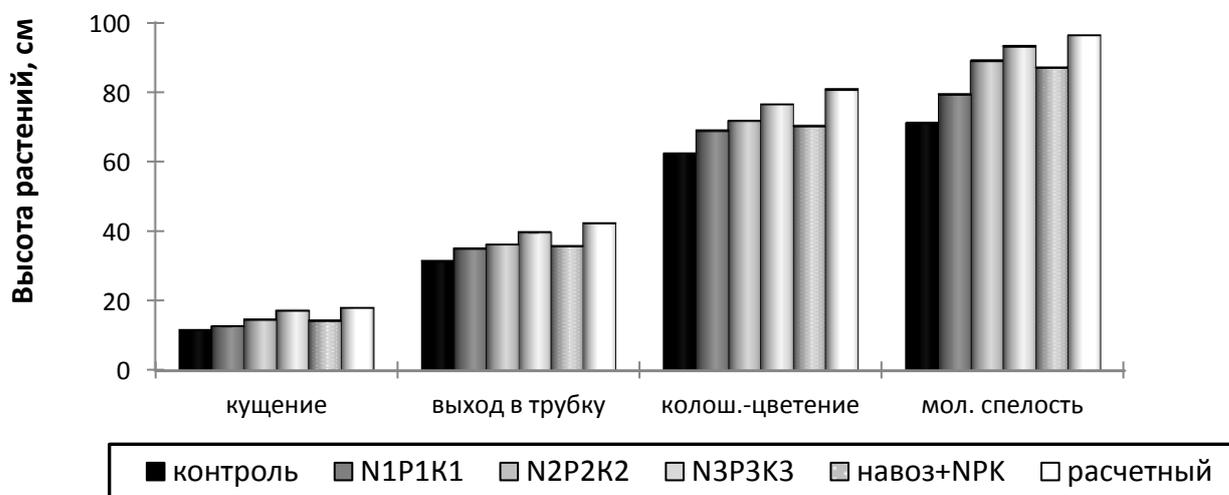


Рис. 16. Динамика роста растений озимой пшеницы в высоту в зависимости от удобрений, см

На удобренных вариантах растения озимой пшеницы отличались большей, чем на контроле высотой, причем во все фазы вегетации.

Так, в фазы кущения, выхода в трубку, колошения-цветения и молочной спелости высота растений на контроле составляла соответственно 11,6; 31,4; 62,4 и 71,1 см, а при внесении одинарной дозы NPK она увеличилась соответственно в указанные фазы на 1,1; 3,6 ; 6,5 и 8,2 см (9, 11, 10 и 12%); двойной - на 3,0; 4,8; 9,3 и 17,9 см (26, 15, 15 и 25%); тройной - на 5,6 ; 8,3; 14,0 и 22,0 см (48, 26, 22 и 31%), а наибольшей высотой отличались растения расчетного варианта, превышающей контроль на 6,4; 10,9; 18,3 и 25,2 см (55, 35, 29 и 35%). Максимальной высота растений на всех вариантах была в фазу молочной спелости. Наиболее высокорослыми растения озимой пшеницы были во все фазы вегетации на расчетном варианте. Растения варианта навоз + NPK по своей высоте почти не отличались от растений варианта с эквивалентной дозой NPK.

На удобренных вариантах растения озимой пшеницы отличались также длиной колоса (**прил. 19**).

Так, в фазы цветения, молочной, восковой и полной спелости длина колоса на контроле составляла соответственно: 4,51; 7,3 0; 7,48 и 8,52 см. По мере повышения доз удобрений длина колоса увеличивалась. При внесении одинарной дозы NPK она увеличилась соответственно в указанные фазы на 0,31; 0,33; 0,9 и 1,08 см (7, 5, 12 и 13%), двойной - на 1,52; 0,42; 2,29 и 2,68 см (36, 6, 31 и 31%); тройной - на 1,97; 0,78; 2,45 и 2,88 см (44, 11, 33 и 34%), а самые крупные колосья были получены на расчетном варианте, длина которых превышала контроль на 2,26; 1,51; 3,15 и 3,02 см (50, 21, 42 и 35%) соответственно.

Интенсивный рост растений **кукурузы на зерно** начинался с начала июня (фаза 5-6 листьев) и энергично продолжался до конца июля (выметывание), после чего его темпы снижались и к середине августа рост растений в высоту полностью прекращался (**рис. 17**).

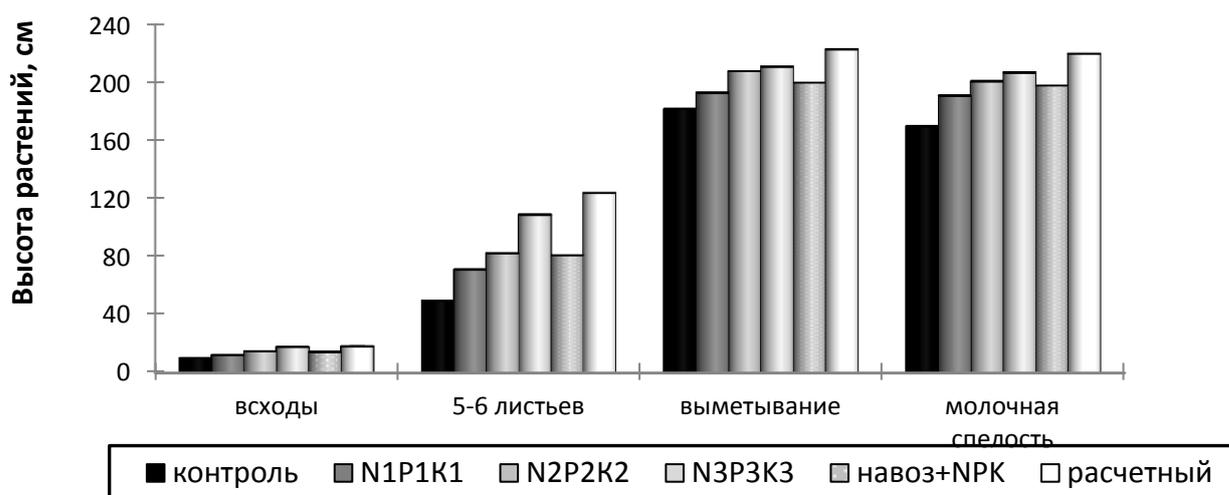


Рис. 17. Динамика роста растений кукурузы на зерно в высоту в зависимости от удобрений, см

Растения вариантов с удобрениями существенно отличались от неудобренного контроля по этому показателю. Если в фазы всходов, 5-6 листьев, выметывания и молочной спелости соответственно высота растений кукурузы на зерно на контроле составляла: 10,2; 49,6; 182 и 170 см, то по одинарной дозе NPK она увеличилась соответственно в указанные фазы на 2,0; 21,6; 11,0 и 21,0 см (20, 44, 6 и 12%); двойной - на 4,6; 32,8; 26,0 и 31,0 см (45, 66, 14 и

18%); тройной - на 7,6; 59,4; 29,0 и 37,0 см (75, 120, 16 и 22%), а наибольшей высотой отличались растения расчетного варианта, превышающие контроль на 8,0; 74,4; 41,0 и 50,0 см (78, 150, 23 и 29%). Максимальной высота растений на всех вариантах отмечена в фазу молочной спелости. Наибольшей высотой в течение всей вегетации отличались растения расчетного варианта.

Применение удобрений также отчетливо увеличивало длину початка кукурузы (прил. 20). Так, в фазы спелости (молочной, восковой и полной) длина початка кукурузы на контроле составляла соответственно: 10,6; 14,2 и 15,4 см. Удобрённые варианты по этому показателю значительно превосходили контроль. При внесении одинарной дозы NPK длина початка увеличилась соответственно в указанные фазы на 1,8 ; 5,2 и 6,4 см (17, 37 и 42%), двойной - на 3,6; 7,4 и 7,5 см (34, 52 и 49%); тройной - на 4,2; 8,5 и 8,9 см (40, 60 и 58%), а самые крупные початки отмечены на расчетном варианте, длина которых превышала контроль на 4,5; 9,2 и 9,5 см (42, 65 и 62%) соответственно. Початки на варианте с органоминеральной системой были незначительно длиннее, чем на варианте с минеральной.

Динамика роста растений **кукурузы на силос** была аналогичной кукурузе на зерно. Так же после некоторого замедления в фазу 5-6 листьев (середина июня) рост растений кукурузы активизировался и энергично продолжался до конца июля (выметывание), после чего его темпы снижались и к середине августа рост растений в высоту полностью прекращался (**рис. 18**).

Растения удобрённых вариантов существенно отличались от неудобренного контроля по высоте. Если в фазы всходов, 5-6 листьев, выметывания и молочной спелости соответственно высота растений кукурузы на силос на неудобренном контроле составляла: 17,2; 40,1; 168,1 и 170,3 см, то по одинарной дозе NPK она увеличилась соответственно в указанные фазы на 3,1; 3,2; 4,9 и 10,1 см (18, 8 , 3 и 6%); двойной - на 4,0; 5,3; 15,3 и 16,1 см (23, 13, 9 и 9%); тройной - на 4,8; 8,0; 24,8 и 33,4 см (28 , 20, 15 и 20%), а наибольшей высотой отличались растения расчетного варианта, превышающие по этому показателю контроль на 5,9; 8,9; 23,4 и 31,4 см (34, 22, 14, 18%).

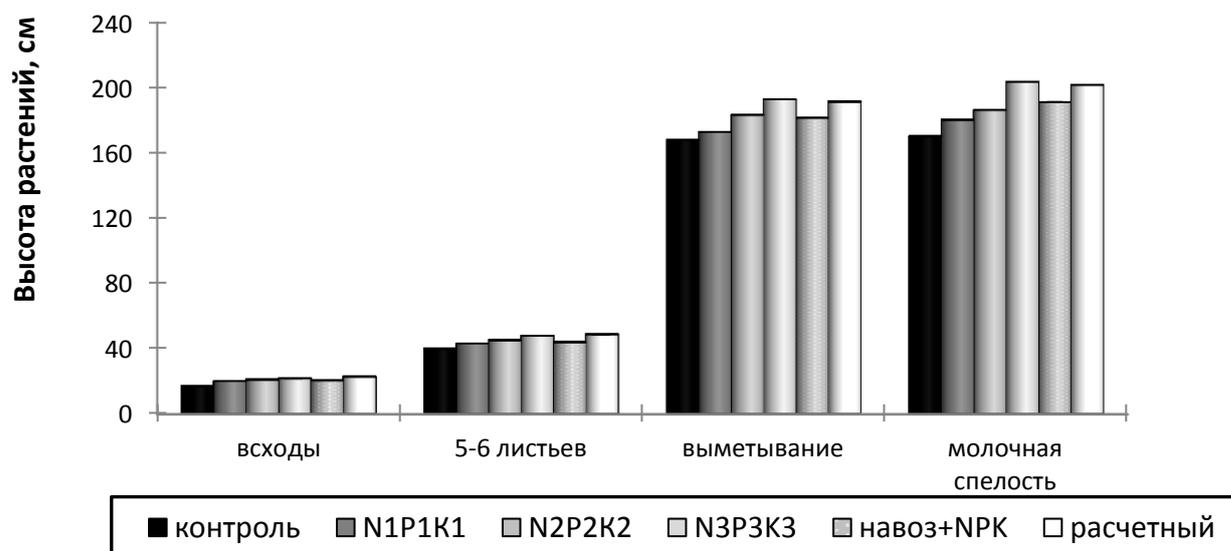


Рис. 18. Динамика роста растений кукурузы на силос в высоту в зависимости от удобрений, см

Таким образом, удобрения способствовали существенному росту растений озимой пшеницы, кукурузы на зерно и кукурузы на силос. По мере увеличения уровней минерального питания рост растений усиливался. Максимальной высота растений всех трех культур на всех вариантах отмечена в фазу молочной спелости. Среди вариантов в течение всей вегетации преимущество имели растения расчетного варианта. Совместное внесение органических и минеральных удобрений не имело преимущества перед внесением одних минеральных.

4.2. Влияние удобрений на развитие листьев

Урожай растений в первую очередь зависит от суммарной фотосинтетической продукции, качество которой определяется не только интенсивностью фотосинтеза, но и размерами листьев и длительностью их работы. Они обеспечивают благоприятные условия направленности его развития на разных этапах органогенеза и максимально используются продукты фотосинтеза на формирование ценных признаков с наименьшими потерями на процессы

метаболизма (Кошкин Е. И., Гатаулина Г. Г., Дьяков А. Б. и др., 2005; Подлесных Н.В., 2016). Основную часть ассимиляционной поверхности посевов составляют листовые пластины растений, в которых осуществляется процесс фотосинтеза. Он может протекать и в других зеленых частях растений – зеленых плодах, осях, стеблях и т. п., но вклад этих органов в общий фотосинтез несколько меньше (Подлесных Н.В., 2016).

Желаемую площадь листовой поверхности можно получить при достаточном обеспечении растений питательными веществами, в чем огромная роль принадлежит вносимым удобрениям (Пожилов В.И., Таранов М.И., 1983; Колчанов А.В., Щедрин В.Н., Бурдун А.А., 1999; Чурзин В.Н., Дубовченко Д.О., 2020 и др.).

Наши наблюдения показали, что удобрения в значительной степени способствовали увеличению площади листовой поверхности всех изучаемых культур звена полевого севооборота (рис. 19-21 и прил. 21-23).

На **озимой пшенице** динамика увеличения площади листовой поверхности происходила пропорционально росту, достигая своего максимума к фазе колошения-цветения (рис. 19).

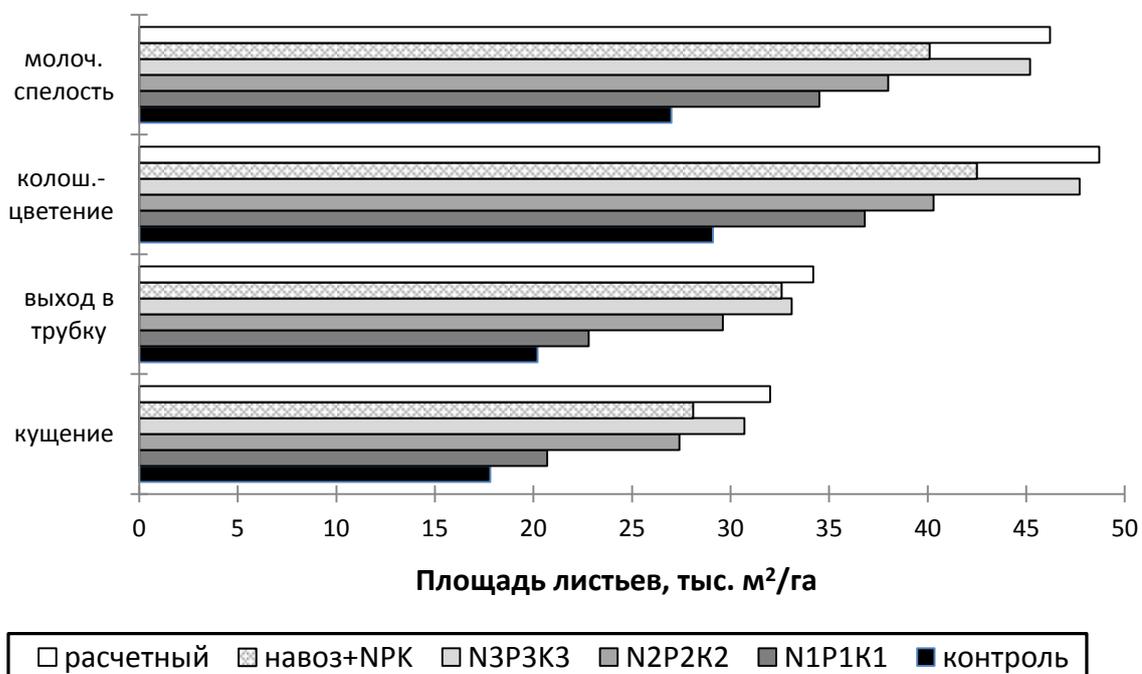


Рис. 19. Динамика увеличения площади листьев растений озимой пшеницы в зависимости от удобрений, м²/га

Затем этот показатель снижался. В наблюдениях Н. В. Подлесных (2016), Е. В. Ионовой, В. Л. Газе, В. А. Лиховидовой (2020), это объясняется началом процесса реутилизации накопленных в растениях питательных веществ и естественным отмиранием листового аппарата. К фазе молочной спелости зерна (в условиях засухи) площадь листьев значительно уменьшается.

Удобрения существенно повышали этот показатель. Так, на варианте без удобрений по фазам вегетации: кущения, выхода в трубку, колошения-цветения и молочной спелости площадь листьев озимой пшеницы составляла соответственно: 17,8; 20,2; 29,1 и 27,0 тыс. м²/га. При внесении одинарной дозы NPK этот показатель увеличился на 2,9; 2,6; 7,7 и 7,5 тыс. м²/га (16, 13, 26 и 28%), двойной - на 9,6; 9,4; 11,2 и 11,0 тыс. м²/га (54, 47, 38 и 41%), тройной - на 12,9; 12,9; 18,6 и 18,2 тыс. м²/га (72, 64, 64 и 67%), а наибольшую листовую поверхность имели растения расчетного варианта, площадь которой превышала аналогичный показатель контроля на 14,2; 14,0; 19,6 и 19,2 тыс. м²/га (80, 69, 67 и 71%) соответственно по фазам вегетации.

На варианте с органоминеральной системой площадь листьев озимой пшеницы в фазу цветения превышала аналогичный показатель варианта с минеральной системой на 0,7-3,0 тыс. м²/га (7-32%) в разные фазы вегетации.

Динамика увеличения площади листьев **кукурузы на зерно** также протекала аналогично динамике роста растений этой культуры. Удобрения значительно повышали этот показатель (**рис. 20**).

На варианте без удобрений по фазам вегетации: всходов, 5-6 листьев, выметывания и молочной спелости она составляла соответственно: 1,87; 3,13; 27,8 и 30,6 тыс. м²/га. В варианте с одинарной дозой NPK эти показатели увеличились на 0,3; 1,2; 7,8 и 7,4 тыс. м²/га (14, 39, 28 и 24%), двойной - на 0,9; 2,9; 10,6 и 10,9 тыс. м²/га (50, 94, 38 и 36%), тройной - на 1,3; 3,3; 18,5 и 18,5 тыс. м²/га (68, 107, 66 и 61%), а преимущество имел расчетный вариант, площадь листьев превышала аналогичный показатель контроля на 1,4; 3,4; 19,4 и 18,8 тыс. м²/га (76, 110, 70 и 62%) соответственно по указанным фазам вегетации.

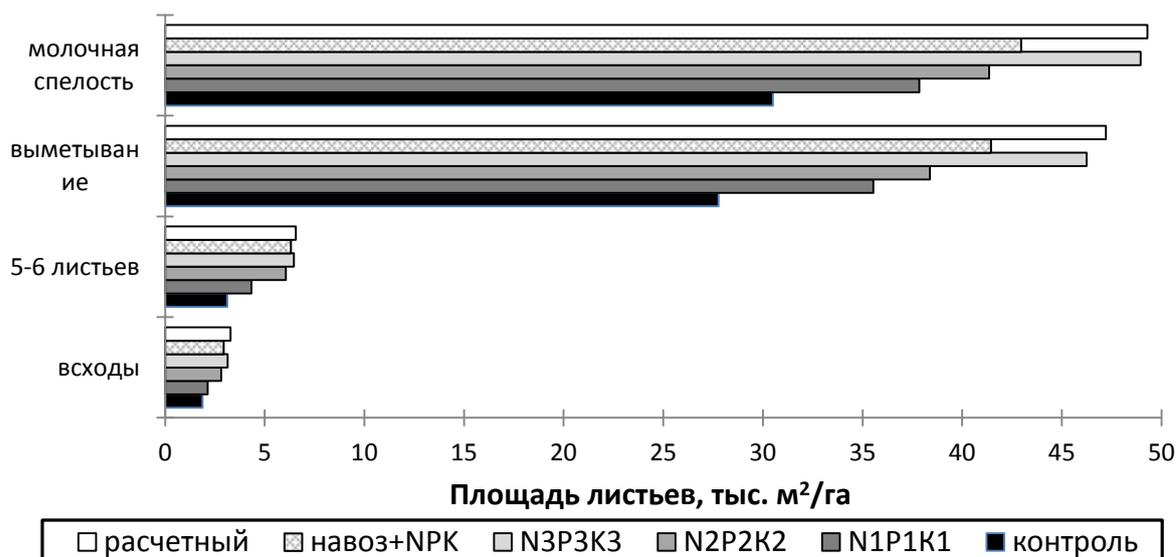


Рис. 20. Динамика увеличения площади листьев растений кукурузы на зерно в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Площадь листьев на всех вариантах была максимальной в фазу цветения. На площадь листьев в значительной степени оказывает влияние густота стояния растений. В наблюдениях Н. Н. Кравцовой, Р. В. Кравченко, С. С. Тереховой, Н. И. Бардак (2020) с загущением посевов площадь листьев снижалась на 2,9 тыс. м²/га или на 28,7 %.

Внесение удобрений под **кукурузу на силос** также положительно отразилось на динамике увеличения площади листовой поверхности растений этой культуры (рис. 21).

Если на неудобренном контроле по фазам вегетации: всходов, 5-6 листьев, выметывания и молочной спелости она составляла соответственно: 1,8; 4,9; 21,4 и 22,9 тыс. м²/га, то при внесении одинарной дозы NPK, соответственно по фазам вегетации она увеличилась на 0,3; 0,4; 5,3 и 5,3 тыс. м²/га (15, 8, 25 и 23%), двойной - на 0,5; 0,6; 6,0 и 6,9 тыс. м²/га (28, 13, 28 и 30%), тройной - на 0,7; 0,9; 9,3 и 9,7 тыс. м²/га (36, 18, 43 и 42%), а наибольшую площадь имели листья растений расчетного варианта, превышающую контроль на 0,7; 1,0; 10,5 и 10,8 тыс. м²/га (39, 20, 49 и 47%) соответственно по указанным фазам вегетации.

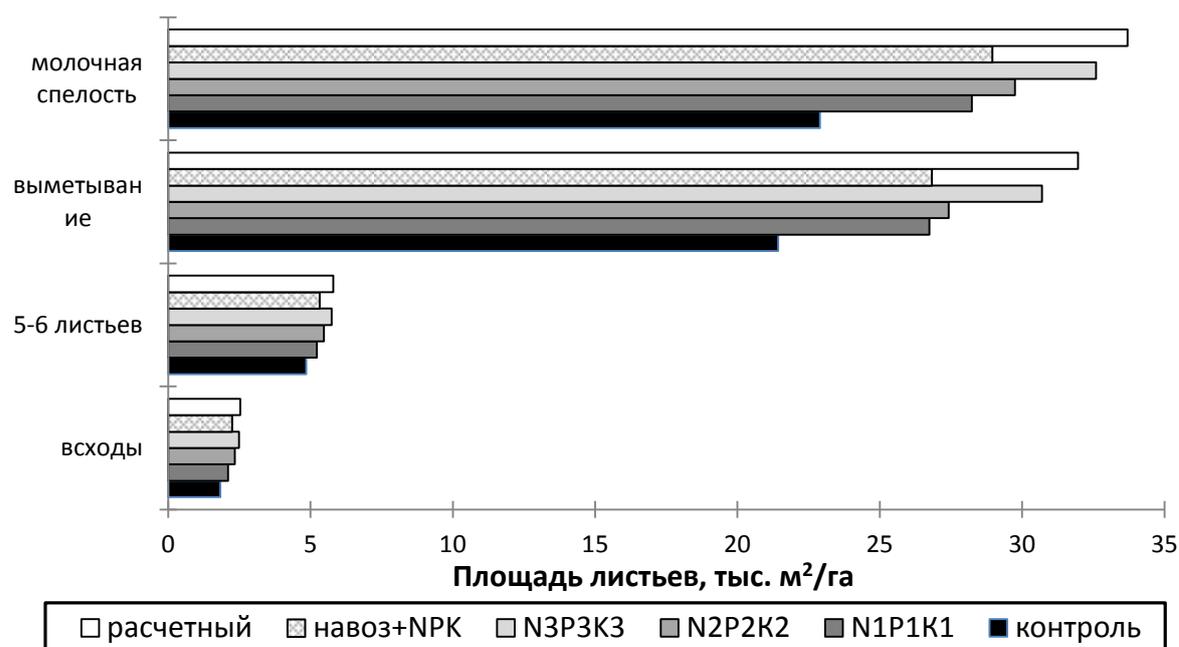


Рис. 21. Динамика увеличения площади листьев растений кукурузы на силос в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Площадь листьев была максимальной в фазу цветения на всех изучаемых вариантах, а наилучшим среди них оказался расчетный вариант. Вариант с органоминеральной системой практически не отличался по этому показателю от варианта с минеральной системой.

В опытах В.И. Проходы (2011) на черноземе обыкновенном Ставропольского края внесение полного минерального удобрения (N₈₀P₈₀K₈₀) увеличивало фотосинтетический потенциал посева у раннеспелых гибридов на 269-291 тыс.м² /га*сутки или на 30-31%. В опытах А.Н. Исакова, А.Н. Володченкова (2009) на почвах Калужской области максимальные значения площади листьев и фотосинтетического потенциала отмечались в вариантах с N₁₂₀P₉₀K₉₀ и N₉₀K₆₀P₆₀.

Таким образом, вносимые удобрения обеспечивали интенсивное формирование вегетативной массы культур звена севооборота. На всех трех культурах наибольшей высотой и площадью листьев отличались растения расчетного варианта.

4.3. Влияние удобрений на накопление сухой биомассы

Соотношение между количеством воды и сухого вещества в растениях, их органах и тканях изменяется в широких пределах. Сухое вещество растений на 90-95% представлено органическими соединениями - белками и другими азотистыми веществами, углеводами (сахарами, крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами), жирами, содержание которых определяет качество урожая (Смирнов П.М., Муравин Э.А., 1984). Питательность корма обуславливается в первую очередь содержанием в нем сухого вещества. Поэтому правильное определение сухого вещества в корме равносильно оценке его питательной ценности (Лапотко А.М., 2009).

Наши наблюдения за формированием биомассы и накоплением сухого вещества растениями **озимой пшеницы показали**, что в осенний период вегетации эти процессы 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. 22**).

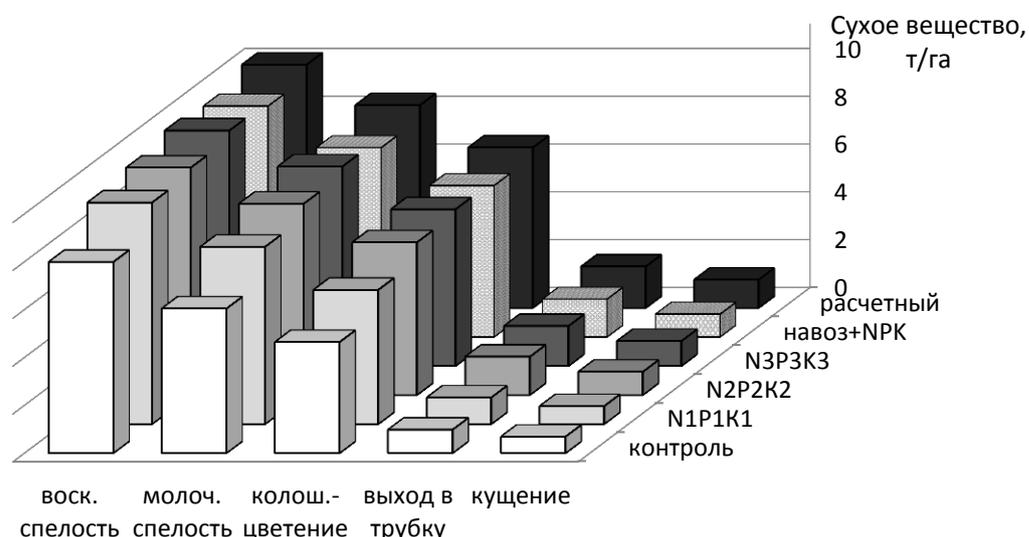


Рис. 22. Динамика накопления сухой биомассы растениями озимой пшеницы в зависимости от удобрений, т/га

Повышение уровня минерального питания сопровождалось резким усилением накопления сухого вещества от фазы выхода в трубку до фазы колошения. Выявлено, что первый период жизни растения озимой пшеницы

накапливают незначительное количество сухого вещества. В период всходы-кущение в растениях его накапливалось 9-12% на разных вариантах. Затем этот процесс замедлялся, как и описываемые выше процессы роста растений и формирования листовой поверхности.

В фазы кущения и начала выхода в трубку на контроле сбор сухого вещества с единицы площади составил соответственно 0,69 и 0,98 т/га, а на удобренных вариантах - 0,75-1,18 и 1,11-1,73 т/га соответственно. Очевидно, что и в начале вегетации проявляется положительное действие удобрений.

В фазу колошения-цветения надземная масса растений озимой пшеницы накапливала сухого вещества 4,64 т/га, в фазу молочной спелости - 6,04 т/га. При внесении одинарной дозы NPK эти показатели увеличились соответственно на 0,97 и 1,37 т/га (21 и 23%); двойной - 1,74 и 1,98 т/га (38 и 32%); тройной - 1,91 и 2,30 т/га (41 и 38%), а наибольший эффект отмечен на расчетном варианте, где превышение составило 2,06 и 2,43 т/га (44 и 40%).

В фазу восковой спелости наблюдается наибольшее накопление сухой биомассы: на контроле - 7,99 т/га, а на удобренных вариантах - 9,26-10,17 (превышение на 1,27-2,18 т/га, или 19-27%). Наилучшими показателями характеризовался расчетный вариант.

По фазам вегетации накопление сухого вещества растениями озимой пшеницы происходило следующим образом: в периоды всходы-кущение - 9% и 10-12%; к фазе выхода в трубку - 12% и 16-17%, к колошению-цветению - 58% и 61-67%, а к фазе молочной спелости - 76 и 80-85% на контроле и удобренных вариантах соответственно.

В опытах К.Б. Мамбетова (2015) максимальное накопление (36,1-44,5%) вегетативной массы почти во всех случаях отмечается в период трубкавание-колошение. Значительная часть сухого вещества (32,2-42,3%) образуется в период от колошения до молочно-восковой спелости зерна.

Отличительной особенностью **кукурузы** по сравнению с другими кормовыми культурами является то, что по мере прохождения фаз роста и развития она накапливает сухое вещество без снижения его питательной ценности

(Авраменко П.С., Постовалова Л.М., Главацкий Н.В. и др., 1993; Шпаар Д., 2012). Значительному накоплению сухого вещества способствуют удобрения. Однако значительные прибавки зерна можно получить лишь при наличии в почве достаточных количеств легкодоступных питательных веществ, о чем свидетельствует их вынос с продукцией (Акулов А.А., 2010).

В наших наблюдениях процесс накопления сухой биомассы растениями **кукурузы на зерно** находился также в прямой зависимости от роста растений и увеличения площади листовой поверхности. В начальный период вегетации он проходил крайне слабо, растения накапливали сухого вещества всего около 6% по всем вариантам, а в последующие фазы этот процесс резко усиливался и продолжался до начала созревания (**рис. 23**).

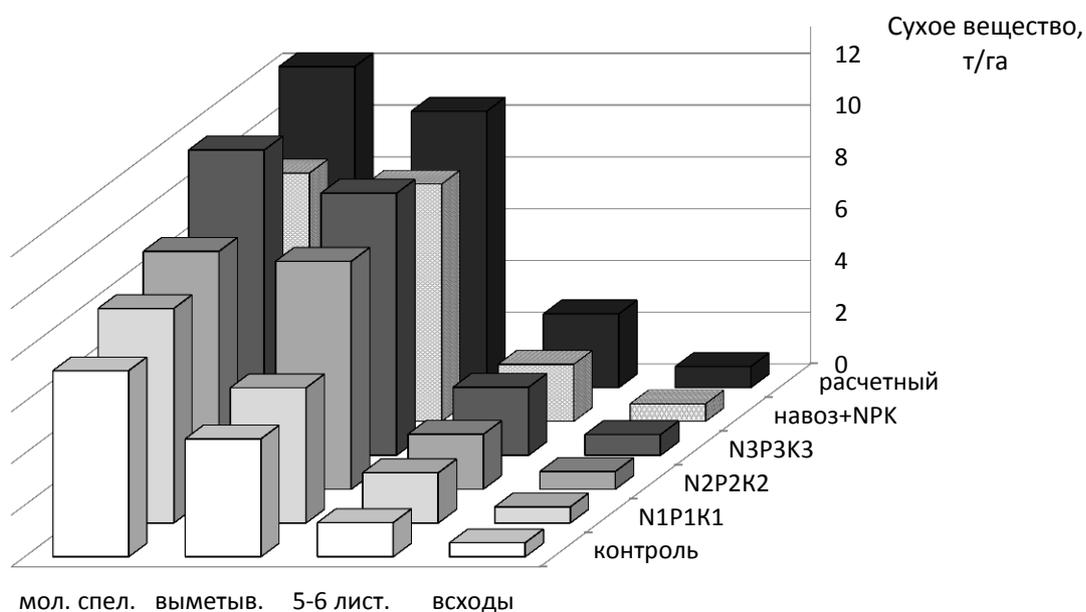


Рис. 23. Динамика накопления сухой биомассы растениями кукурузы на зерно в зависимости от удобрений, т/га

К фазе 5-6 листьев сухого вещества в кукурузе на зерно накапливалось 14% на контроле и 19-20% на удобренных вариантах, в фазе выметывания - 48% и 52-80%; а к фазе молочной спелости - 76 и 82-86% на контроле и удобренных вариантах соответственно.

Все удобренные варианты значительно превосходили контроль по сбору сухого вещества с единицы площади, во второй половине вегетации - более отчетливо. Так, в фазу всходов и 5-6 листьев растения кукурузы на зерно

контрольного варианта накапливали сухого вещества соответственно 0,54 и 1,32 т/га. Внесение одинарной дозы NPK обеспечило прирост в 0,08 и 0,62 т/га (14 и 47%; двойной - 0,14-0,80 т/га (26 и 61%); тройной - 0,26 и 1,31 т/га (48 и 66%). Наилучшим оказался расчетный вариант, превысивший по этому показателю контроль соответственно на 0,27 и 1,53 т/га (50 и 116%).

В последующие фазы развития выявлено более отчетливое влияние удобрений на накопление сухого вещества растениями кукурузы на зерно. В фазу выметывания надземная масса растений накапливала сухого вещества 4,56 т/га, а в фазу молочной спелости - 7,2 т/га. При внесении одинарной дозы NPK эти показатели увеличились соответственно на 0,67 и 1,1 т/га (15 и 15%); двойной - 4,25 и 2,00 т/га (93 и 28%); тройной - 5,57 и 4,6 т/га (122 и 64%), а наибольший эффект отмечен на расчетном варианте, где превышение составило 6,12 и 5,2 т/га (134 и 72%).

В варианте с навозом накопление сухого вещества растениями не отличалось от варианта с эквивалентной дозой минеральных удобрений.

По данным Н. В. Калугина и др. (1990), разница по содержанию сухого вещества в растениях молочной и восковой спелости зерна достигает 44,7 %.

В наблюдениях Е. А. Дёмина, Д. И. Ерёмина, В. С. Паклина (2017) увеличение доз минеральных удобрений повышало содержание сухого вещества на 21%: суточный прирост сухого вещества составил 0,32 ц/га.

Растения **кукурузы на силос** в наших наблюдениях накапливали биомассу аналогично кукурузе на зерно. Удобрения заметно повлияли на этот процесс (**рис. 24**).

В начальный период вегетации он проходил крайне слабо, растения накапливали сухого вещества всего около 6-7% по всем вариантам, к фазе 5-6 листьев - 17-19%, к фазе выметывания - 61-69%; а к фазе молочной спелости - 74-78% в зависимости от уровня удобрённости.

Как и на предыдущих культурах, все удобренные варианты с кукурузой на силос значительно превосходили контроль по сбору сухого вещества с единицы площади, причем одинаково отчетливо во все фазы вегетации.

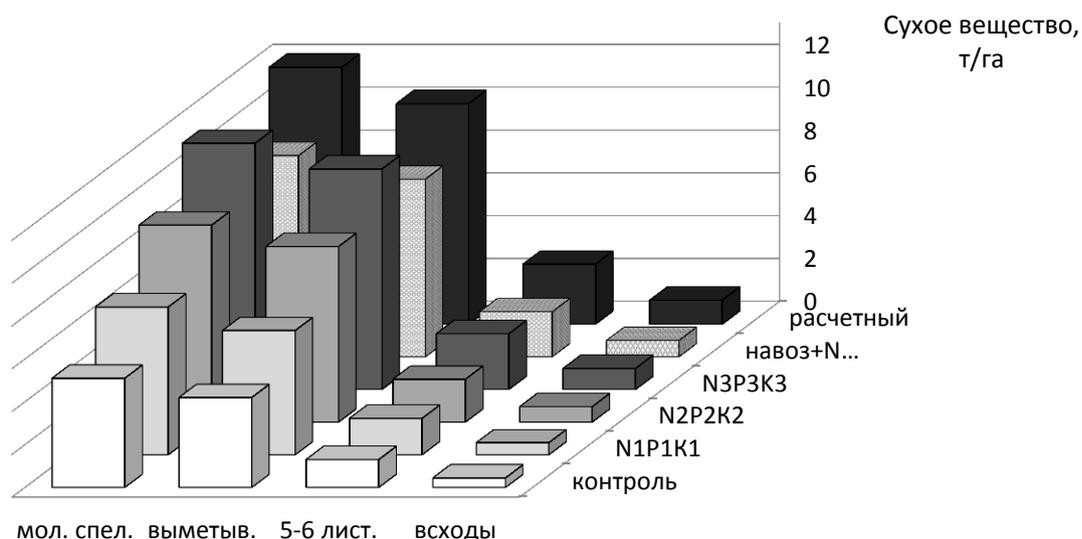


Рис. 24. Динамика накопления сухой биомассы растениями кукурузы на силос в зависимости от удобрений, т/га

Так, в фазы всходов, 5-6 листьев, выметывания и молочной спелости растения кукурузы на силос контрольного варианта накапливали сухого вещества соответственно 0,44; 1,3; 4,2 и 5,1 т/га. Внесение одинарной дозы NPK обеспечило прирост сухого вещества в 0,12; 0,4; 1,6 и 1,8 т/га (27, 31, 38 и 35%); двойной - 0,28; 0,7; 4,0 и 4,1 т/га (64, 54, 95 и 80%); тройной - 0,54; 1,3; 6,1 и 6,4 т/га (123, 100, 145 и 125%). А наилучшим вновь оказался расчетный вариант, опередивший по этому показателю контроль на 0,68; 1,5; 6,10 и 6,90 т/га (155, 115, 145 и 135%) соответственно в указанные фазы вегетации. Аналогичные результаты показаны в соавторской статье (Кануков З.Т. и др., 2016).

Таким образом, 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 фазу молочной спелости кукурузы на зерно и кукурузы на силос соответственно. Наибольшее накопление сухого вещества в растениях отмечено на расчетном варианте.

4.4. Влияние удобрений на потребление основных элементов питания культурами

Определение потребности сельскохозяйственных культур в элементах питания в отдельные фазы их роста и развития имеет большое практическое значение при установлении оптимального срока и способа внесения удобрений и ростовых веществ (Кидин В.В., 2012).

Оптимизация минерального питания тесно связана с поглощением, транспортом и метаболизмом азота, что в конечном счёте и обуславливает величину и качество урожая. Эффективность потребления азота почвы и удобрений озимой пшеницей в ранний период развития можно оценить по накоплению биомассы в фазе кущения (IV этап органогенеза). Хорошая обеспеченность азотом в этот период способствует интенсификации роста меристематических клеток и увеличению на последующих этапах органогенеза числа колосков и цветков в колосе (Duan W. X., Yu Z. W., Zhang Y. L., et al., 2014).

В результате наших наблюдений выявлено, что относительное содержание питательных элементов в растениях озимой пшеницы максимальным было в начале вегетации (табл. 6).

Таблица 6 - Концентрация основных питательных элементов в растениях озимой пшеницы по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации											
	Кущение			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	3,63	0,83	3,29	3,60	0,78	3,04	1,01	0,37	0,81	1,49	0,33	0,74
N₁P₁K₁	4,93	1,09	4,53	4,86	1,06	3,59	1,62	0,56	1,16	1,71	0,45	0,96
N₂P₂K₂	5,76	1,35	5,74	5,47	1,12	3,61	2,12	0,66	1,53	2,31	0,55	1,34
N₃P₃K₃	5,87	1,48	5,72	5,56	1,23	3,98	2,26	0,69	1,54	2,32	0,56	1,33
Навоз+НРК	5,70	1,26	5,47	5,02	1,10	3,80	2,03	0,63	1,49	2,15	0,54	1,34
Расчетный	5,80	1,34	5,62	5,64	1,05	3,99	2,10	0,65	1,55	2,24	0,57	1,38

Так, наибольшая концентрация азота в растениях озимой пшеницы наблюдалась весной, в фазы кущения и начала выхода в трубку, и составляла на контроле 3,63 и 3,60%, а на удобренных вариантах - 4,93-5,87 и 4,86-5,64% соответственно в указанные фазы вегетации.

Среди удобренных вариантов наибольшим содержанием азота в растениях отличались варианты $N_3P_3K_3$, расчетный и $N_2P_2K_2$.

К фазе колошения-цветения наблюдалось интенсивное снижение концентрации азота в растениях озимой пшеницы до минимума - 1,01% на контроле и 1,62-2,26% на удобренных вариантах. Затем этот показатель постепенно и немного повышался к началу созревания и не изменялся, либо незначительно снижался к концу вегетации.

Фосфор участвует в обмене веществ, делении клеток, размножении, передаче наследственных свойств и других сложнейших процессах, происходящих в растениях озимой пшеницы, ключевым из которых является фотосинтез. Особенно необходим фосфор в самом начале роста и развития растений, так как он способствует развитию корневой системы, повышает интенсивность кущения зерновых культур (Смирнов П.М., Муравин Э.А., 1991; Алимкулов С.О., Мурадова Д. К., 2015).

В наших наблюдениях концентрация фосфора в растениях аналогично азоту была максимальной в начальный период развития озимой пшеницы, в фазы кущения и начала выхода в трубку она составляла соответственно на контроле 0,83 и 0,78%, а на удобренных вариантах – 1,09-1,48 и 1,06-1,23%.

Наибольшее относительное содержание фосфора в эту фазу отмечено на вариантах $N_3P_3K_3$, расчетном и $N_2P_2K_2$.

К фазе молочной спелости концентрация фосфора снижалась до минимума - 0,33% на контроле и 0,45-0,57% на удобренных вариантах, а к концу вегетации незначительно повышалась. Преимущество удобренных вариантов складывалось в следующей последовательности: расчетный вариант - 0,57; $N_3P_3K_3$ - 0,56 и $N_2P_2K_2$, - 0,55%.

Калий играет важнейшую физиологическую роль в углеводном и белковом обмене растений, активизирует использование азота, влияет на физическое состояние коллоидов клетки, повышает водоудерживающую способность протоплазмы, устойчивость растений к увяданию и преждевременному обезвоживанию и тем самым увеличивает сопротивляемость растений к кратковременным засухам; влияет на образование клеточных оболочек, повышает прочность стеблей злаковых и их устойчивость к полеганию. Его недостаток отрицательно сказывается на количестве урожая и его качестве (Смирнов П.М., Муравин Э.А., 1991).

Содержание калия в листьях и стеблях озимой пшеницы бывает максимальным в фазы всходов, кущения и выхода в трубку, что подтверждает наибольшую потребность растений в калии в период их интенсивного роста (Исайчев В.А., Андреев Н.Н., Плечов Д.В., 2016).

В наших наблюдениях потребление калия характеризовалось постепенным снижением его концентрации в растениях по мере роста и развития последних.

Максимум наблюдался в начале весеннего кущения, немного снижался к фазе выхода в трубку, и составлял в эти фазы соответственно – 3,29 и 3,04 на контроле и 4,53-6,06 и 3,59-4,34% на удобренных вариантах.

Минимальное относительное содержание калия в растениях озимой пшеницы наблюдалось в конце – 0,58% на контроле и 0,80-1,29% на вариантах с удобрениями.

Оптимальную концентрацию азота, фосфора и калия в растениях озимой пшеницы весной, в фазу кущения можно считать критерием для диагностики обеспеченности этим элементов растения. При содержании ниже этого оптимального уровня необходимо проводить подкормки удобрениями.

Для растительной диагностики питания растений озимой пшеницы рекомендуем считать оптимальным в фазы весеннего кущения и выхода в трубку содержание азота, фосфора и калия - 5,70; 1,35% и 5,47% соответственно.

За счет нарастания вегетативной массы растений озимой пшеницы, одновременно с уменьшением относительного содержания питательных элементов возрастало их накопление на единице площади посева (табл. 7).

Таблица 7 - Потребление основных питательных элементов растениями озимой пшеницы по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации											
	Кущение			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+НРК	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

Интенсивное накопление азота происходило пропорционально росту и развитию растений озимой пшеницы. В период всходы-кущение, растения накапливали 28-31% по всем вариантам, а к фазе выхода в трубку - 37-44%. Максимальные темпы этого процесса пришлись на промежуток от фазы начала выхода в трубку до фазы колошения-цветения. К этому моменту растения «насытились» азотом на 52% на контроле и 62-64% - на удобренных вариантах, а к фазе молочной спелости - 82-99%.

К фазе восковой спелости растения озимой пшеницы накопили максимальное количество азота - 90 кг/га на контроле и 145-220 кг/га на удобренных вариантах. Преимущество последних складывалось в следующей последовательности: расчетный вариант - 220, N₂P₂K₂ - 217 и N₃P₃K₃, - 224 кг/га, что выше, чем на контроле соответственно на 126, 126 и 123кг/га, или 143, 140 и 136%.

Абсолютное содержание фосфора по мере роста и развития растений повышалось. Оно 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.

Также в течение всей вегетации 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 на 28, 71, 71 и 77 кг/га, или 60, 152, 153 и 163%).

Соотношение азота, фосфора и калия в растении озимой пшеницы сильно варьировало по вариантам и фазам вегетации (**прил. 27**).

Наибольшая амплитуда в соотношении N : P₂O₅ наблюдалась в фазу выхода в трубку, соотношение имело вид – 4,6 : 1 на контроле и 4,5-5,4 : 1 - на удобренных вариантах. Наибольшая амплитуда в соотношении K₂O : P₂O₅ наблюдалась в фазу кущения - 4,0 : 1 - на контроле и 3,9-4,3 : 1 на удобренных вариантах. К концу вегетации соотношение N : P₂O₅ : K₂O сократилось до минимума и приняло вид – 3,2 : 1 : 1,7 на контроле и 3,1-3,5 : 1 : 1,6-1,9 на удобренных вариантах.

А. П. Лисовал и др. (1989), С. М. Адаменко и И. П. Костюшко (2014) пришли к выводу, что главные элементы питания поглощаются кукурузой на протяжении вегетационного периода неравномерно. Поглощение азота с разной интенсивностью продолжается до восковой спелости. Потребление соединений фосфора проходит более равномерно и пролонгировано, начиная с 9-10 листьев - появление метелки и заканчивается при полной спелости кукурузы, а высокая потребность растений кукурузы в калии наблюдается в период выбрасывания метелок, цветения и наливания зерна.

Наибольшее потребление азота, фосфора и калия у кукурузы наступает в фазу выметывания. В более поздние фазы развития кукуруза больше нуждается в азоте и фосфоре. Недостаток элементов питания в этот период значительно снижает урожай зерна и зеленой массы, а также уменьшает их кормовые достоинства (Ермохин Ю.И., 2014; Еремин Д.И., Дёмин Е.А., 2016).

В результате наших наблюдений выявлено, что наибольшее относительное содержание азота в растениях кукурузы на зерно наблюдалось в начале вегетации, в фазы всходов и 5-6 листьев, и составляло в указанные фазы соответственно 3,60 и 3,14% на контроле и 4,15-4,43 и 3,73-4,03 на удобренных вариантах (табл. 8).

Таблица 8 - Концентрация основных питательных элементов в растениях кукурузы на зерно по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

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	3,60	0,89	5,50	3,14	0,86	3,96	1,14	0,42	1,35	1,05	0,38	0,98
N₁P₁K₁	4,15	0,99	6,02	3,73	0,95	4,28	1,53	0,53	1,62	1,19	0,42	1,17
N₂P₂K₂	4,30	1,02	6,06	3,87	0,97	4,50	1,59	0,55	1,53	1,56	0,55	1,49
N₃P₃K₃	4,43	1,11	6,11	4,00	1,00	4,60	1,69	0,56	1,62	1,57	0,51	1,56
Навоз+НРК	4,42	1,04	6,03	3,98	0,96	4,54	1,61	0,54	1,61	1,57	0,54	1,60
Расчетный	4,41	1,09	6,08	4,03	0,99	4,60	1,68	0,55	1,65	1,60	0,50	1,55

Затем по мере роста и накопления биомассы концентрация азота в растениях снижалась, интенсивно до фазы выметывания и медленно до фазы созревания. Минимум наблюдался в фазу восковой спелости - 0,96% на контроле и 1,08-1,41% на удобренных вариантах).

Аналогично азоту происходило потребление фосфора, но более равномерно. Максимум наблюдался в начале вегетации – 0,89% на неудобренном контроле и 0,99-1,11% - на удобренных вариантах.

По мере роста и формирования биомассы растений кукурузы на зерно происходило постепенное снижение концентрации в них фосфора и достижение минимальных показателей к фазе восковой спелости: 0,34% - на контроле и 0,38-0,47% - на удобренных вариантах. Наибольшей концентрацией фосфора характеризовались растения расчетного варианта и варианта с тройной дозой NPK.

Динамика потребления калия растениями кукурузы на зерно была аналогичной динамике азота и фосфора. Наибольшее относительное содержание его наблюдалось в начале вегетации – 5,50 и 3,36% на неудобренном варианте и 6,02-6,11 и 4,28-4,60% на удобренных вариантах соответственно в фазы всходов и 5-6 листьев.

По мере роста и формирования биомассы растений кукурузы на зерно происходило постепенное снижение концентрации в них калия и достижение минимальных показателей к фазе восковой спелости: 0,90% - на контроле и 1,01-1,37% - на удобренных вариантах. Наибольшей концентрацией калия характеризовались растения варианта с тройной дозой NPK и расчетного.

Для растительной диагностики питания растений кукурузы на зерно рекомендуем считать оптимальным содержание азота, фосфора и калия соответственно 4,40; 1,10 и 6,10% в фазу всходов; 4,00; 1,00 и 4,60% - 5-6 листьев и 1,70; 0,55 и 1,65% - выметывания.

В опытах А. М. Кравцова, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцовой (2018) на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья урожайность озимой пшеницы на уровне 7,5-7,8 т/га была получена при содержании в растениях азота, фосфора и калия в фазу кущения - 3,96-4,44%, 0,96-1,02% и 5,45-5,57%; в начале выхода в трубку - 3,11-3,14%, 0,84-0,90% и 5,05-5,32%, а в колошение - 2,12-2,33%, 0,70-0,76%, и 4,03-4,24% соответственно.

Накопление питательных элементов в биомассе растений кукурузы на зерно по мере роста и развития растений увеличивалось, более интенсивно до фазы выметывания и менее - в последующие фазы вегетации (**табл. 9**).

**Таблица 9 - Потребление основных питательных элементов
растениями кукурузы на зерно по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, 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

К фазе 5-6 листьев азота в растениях кукурузы на зерно накапливалось 46-66%, выметывания - 73-93%; а к фазе молочной спелости - 90-97% в зависимости от уровня удобрённости. К концу вегетации растения кукурузы на зерно накопили максимальное количество азота, оно достигло 91 кг/га на контроле, 109 кг/га - при внесении одинарной дозы NPK, 150 - двойной, 193 - тройной, а в растениях расчетного варианта накоплено наибольшее количество азота - 205 кг/га (превышение над контролем соответственно: 19, 60, 102 и 115 кг/га, или 20, 66, 112 и 126%).

Накопление фосфора в абсолютных величинах происходило пропорционально росту и развитию растений кукурузы на зерно. Удобрения существенно влияли на этот показатель. К фазе 5-6 листьев фосфора в растениях кукурузы на зерно накапливалось 35% на контроле и 39-48% на удобренных вариантах, в фазе выметывания - 60% и 72-91%; а к фазе молочной спелости - 60 и 91-95% на контроле и удобренных вариантах соответственно.

К концу вегетации накопленное растениями количество фосфора достигло своего максимума и составило: на контроле 32 кг/га, на варианте с одинарной дозой NPK - 38,5; двойной - 49,4; тройной - 64,2, а на расчетном

варианте - 68,4 кг/га (превышение контроля соответственно на 6,3; 17,3; 32,1 и 34,6 кг/га, или 20, 54, 100 и 113%).

Накопление калия в абсолютных величинах происходило пропорционально росту и развитию растений кукурузы на зерно. К фазе 5-6 листьев калия в растениях кукурузы на зерно накапливалось 61-66%, в фазе выметывания - 72-95%; а к фазе молочной спелости - 83-98% в зависимости от уровня удобренности.

Удобрения существенно влияли на этот показатель. К концу вегетации накопленное растениями количество калия достигло своего максимума и составило: на контроле 85 кг/га, на варианте с одинарной дозой NPK - 102; двойной - 144; тройной - 187, а на расчетном варианте - 198 кг/га (превышение контроля соответственно 17; 59; 102 и 113 кг/га, или 20, 69, 120 и 133%).

Соотношение азота, фосфора и калия в растениях кукурузы на зерно сильно варьировало по фазам вегетации и зависело от вносимых удобрений (**прил. 28**).

Наибольшая амплитуда в соотношении $N : P_2O_5 : K_2O$ наблюдалась в начальную фазу вегетации и имела вид – 4,0 : 1 : 6,2 : на контроле и 4,0-4,3 : 1 : 5,5-6,1 - на удобренных вариантах. К концу вегетации соотношение в растениях трех основных элементов менялось, в основном сокращалось, и к концу вегетации приняло вид – 2,8 : 1 : 2,6 на контроле и 2,8-3,0 : 1 : 2,7-2,9 на удобренных вариантах.

Кукуруза, как уже указывалось, очень требовательна к плодородию почв, особенно высокие требования её к наличию в почве легкоусвояемых элементов питания. Это связано с формированием большой вегетативной массы и потреблением значительного количества питательных веществ в относительно короткий период интенсивного роста растений (Третьяков Н.Н., 1974; Вавилов П.П. и др., 1986).

Поглощение почвенных элементов питания кукурузой идет неравномерно, соответствуя темпам накопления сухого вещества. Поступление азота и калия в растения кукурузы возрастает по мере ускорения их роста и достигает

максимума в период выметывания и цветения метелки. К этой фазе кукурузой потребляется около 67% азота и калия, почти 100% от общей потребности питательных веществ, и меньше фосфора – около 58%. Затем потребление азота и калия заметно снижается и прекращается после формирования зерна молочной спелости. Поступление фосфора в растения в отличие от азота и калия идет в меньших количествах, медленнее и более равномерно, а усиливается, начиная с фазы цветения и до конца вегетации. В дальнейшем идет перераспределение питательных веществ из вегетативных в генеративные органы растений (Григорьев А.А., Ильин Л.И., Зинченко С.И., Безменко А.А., 2020).

В наших наблюдениях потребление основных питательных элементов кукурузой на силос проходило аналогично кукурузе на зерно. Наибольшее относительное содержание азота в растениях наблюдалось в начале вегетации, в фазы всходов и 5-6 листьев, и составляло соответственно 3,22 и 2,93% на контроле и 3,55-4,13 и 3,07-3,59 на удобренных вариантах (табл. 10).

Таблица 10 - Концентрация основных питательных элементов в растениях кукурузы на силос по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

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	3,22	1,02	3,55	2,93	0,82	3,09	1,09	0,38	1,60	0,98	0,35	1,41
N₁P₁K₁	3,55	1,03	3,68	3,07	0,89	3,19	1,28	0,43	1,60	1,18	0,39	1,44
N₂P₂K₂	3,69	1,20	3,92	3,27	0,99	3,26	1,41	0,47	1,66	1,34	0,45	1,59
N₃P₃K₃	4,13	1,39	4,31	3,59	1,05	3,52	1,64	0,50	1,71	1,51	0,47	1,61
Навоз+НРК	3,62	1,28	4,09	3,21	0,96	3,24	1,42	0,46	1,68	1,32	0,43	1,56
Расчетный	4,12	1,35	4,19	3,57	1,08	3,30	1,62	0,49	1,73	1,53	0,45	1,60

По мере роста и накопления биомассы концентрация азота в растениях снижалась равномерно до конца вегетации. Минимум наблюдался в фазу молочной спелости - 0,63% на контроле и 0,74-0,91% на удобренных вариантах.

Потребление фосфора происходило также равномерно. Максимум в относительном содержании его наблюдался в начале вегетации – 1,02% на неудобренном контроле и 1,03-1,39% - на удобренных вариантах. По мере роста и формирования биомассы растений кукурузы на силос происходило постепенное снижение концентрации в них фосфора и достижение минимальных показателей к уборке. К фазе молочной спелости оно составляло: 0,35% - на контроле и 0,39-0,47% - на удобренных вариантах. Наибольшей концентрацией фосфора характеризовались растения варианта $N_3P_3K_3$.

Наибольшее относительное содержание калия в растениях кукурузы на силос наблюдалось в начале вегетации – 3,55% на неудобренном варианте и 3,68-4,31% на удобренных вариантах в фазу всходов. Параллельно с ростом и развитием растений кукурузы на силос происходило постепенное снижение концентрации в них калия и достижение минимума к концу вегетации. К фазе молочной спелости она составила: 1,41% - на контроле и 1,44-1,61% - на удобренных вариантах. Наибольшей концентрацией калия характеризовались растения с расчетного варианта и варианта с тройной дозой NPK.

Для растительной диагностики питания растений кукурузы на силос рекомендуем считать оптимальным содержание азота, фосфора и калия соответственно 4,12; 1,35 и 4,19% в фазу всходов и 3,57; 1,08 и 3,30% - 5-6 листьев.

Накопление в биомассе растений кукурузы на силос азота, фосфора и калия увеличивалось по мере роста и развития растений, более интенсивно до фазы выметывания (**табл. 11**).

К фазе 5-6 листьев азота в растениях кукурузы на силос накапливалось 54% на контроле и 44-51% на удобренных вариантах, в фазе выметывания - 76% и 78-89%; а к фазе молочной спелости - 84 и 84-93% на контроле и удобренных вариантах соответственно. К концу вегетации растения кукурузы накопили максимальное количество азота, оно достигло 50 кг/га на контроле, 81-184 кг/га - на удобренных вариантах. Превышение над контролем увеличивалось по мере повышения доз удобрений и составляло 31-134 кг/га, или 63-267%. Наилучшим оказался расчетный вариант.

**Таблица 11 - Потребление основных питательных элементов
растениями кукурузы на силос по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, 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 фосфора в абсолютных величинах происходило пропорционально росту и развитию растений кукурузы на силос. Удобрения существенно влияли на этот показатель. К фазе 5-6 листьев фосфора в растениях накапливалось 50% на контроле и 44-51% на удобренных вариантах, в фазе выметывания - 75% и 78-83%; а к фазе молочной спелости - 83 и 84-88% на контроле и удобренных вариантах соответственно. К концу вегетации накопление растениями фосфора достигло своего максимума и составило: на контроле 18 кг/га, на варианте с одинарной дозой NPK - 27; двойной - 41, а на варианте с тройной - дозой и расчетном - по 54 кг/га (превышение контроля соответственно на 9; 24; 36 и 36 кг/га, или 51, 132, 203 и 203%). Наибольшее накопление фосфора растениями кукурузы на силос отмечено на вариантах с тройной дозой NPK и расчетном.

Накопление калия в растениях кукурузы на силос в абсолютных величинах происходило пропорционально их росту и развитию. Удобрения существенно влияли на этот показатель. К фазе 5-6 листьев фосфора в растениях кукурузы на силос накапливалось 55% на контроле и 44-54% на удобренных вариантах, в фазе выметывания - 92% и 92-94%; а к фазе молочной спелости -

98 и 98-99% на контроле и удобренных вариантах соответственно. К концу вегетации оно достигло своего максимума. К фазе молочной спелости оно составило: на контроле 73 кг/га, на варианте с одинарной дозой NPK - 101; двойной - 148; тройной - 188, а на расчетном варианте - 195 кг/га (превышение контроля соответственно 28; 74; 114 и 122 кг/га, или 38; 103; 157 и 167%).

Соотношение азота, фосфора и калия в растениях кукурузы на силос так же варьировало по фазам вегетации, и зависело от вносимых удобрений (прил. 29).

Наибольшая амплитуда в соотношении $N : P_2O_5 : K_2O$ наблюдалась в начальную фазу вегетации и имела вид – 3,2 : 1 : 3,5 на контроле и 2,8-3,4 : 1 : 3,1-3,6 - на удобренных вариантах.

К концу вегетации соотношение в растениях трех основных элементов сокращалось и к фазе молочной спелости приняло вид – 2,8: 1 : 4,0 на контроле и 3,0-3,4 : 1 : 3,4-3,7 на удобренных вариантах.

Таким образом, интенсивность потребления питательных веществ в течение вегетации различна. Относительное содержание питательных элементов в начале вегетации было наибольшим, а абсолютное - наоборот, к концу возрастало. При внесении удобрений растения лучше усваивали азот, фосфор и калий как в относительных, так и абсолютных величинах. 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 отличился расчетный вариант, приближался к нему вариант с тройной дозой удобрений. Поэтому для эффективного возделывания сельскохозяйственных культур в полевом севообороте важна рациональная система удобрения для каждой культуры и для севооборота в целом.

5. УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЗВЕНА ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Среди агротехнических приемов, направленных на повышение урожайности сельскохозяйственных культур и улучшение качества продукции растениеводства, определяющее значение имеет оптимизация минерального питания на основе рационального применения удобрений с учетом биоклиматического потенциала зоны, особенностей растений и конъюнктуры рынка. Научно-обоснованная система удобрения выполняет важные экологические функции при применении ее в агроэкосистеме. Исследования в области применения удобрений показывают, что продуктивность культур звена севооборота существенно увеличивается с ростом длительности применения удобрений. Причем, чем беднее почва подвижными питательными элементами, тем эффективнее применение удобрений (Есаулко А.Н. Агеев В.В., 2005; Голосной Е.В., Агеев В.В., Подколзин А.И., 2013).

5.1. Влияние удобрений на урожайность полевых культур

Наши исследования показали, что на неудобренном контроле урожайность зерна озимой пшеницы была сравнительно невысокой, но по мере увеличения уровней минерального питания она повышалась (Гагиев Б.В., Сабиева З.М., 2014; Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2014, 2015; Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015; Гагиев Б.В. и др., 2017).

Урожайность зерна озимой пшеницы в изучаемом звене полевого севооборота в зависимости от удобрений представлена в **табл. 12**.

В результате наблюдений выявлено, что урожайность озимой пшеницы на варианте без удобрений была невысокой, она составляла 3,21 т/га. Внесение минеральных удобрений в дозах от одинарной до тройной и расчетной обеспечило прибавку урожая зерна озимой пшеницы 1,61-3,41 т/га (50-106%).

**Таблица 12 – Урожайность зерна озимой пшеницы
в зависимости от удобрений**

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Контроль	3,21	-	-
N₁P₁K₁	4,82	1,61	50,2
N₂P₁K₁	5,39	2,18	67,9
N₁P₂K₁	5,12	1,91	59,5
N₂P₂K₁	5,58	2,37	73,8
N₂P₂K₂	6,41	3,20	99,7
N₃P₂K₁	5,54	2,33	72,6
N₃P₂K₂	5,63	2,42	75,4
N₂P₃K₁	5,59	2,38	74,1
N₂P₃K₂	5,53	2,32	72,3
N₃P₃K₁	5,67	2,46	76,6
N₃P₃K₃	5,92	2,71	84,4
Навоз+НРК	6,62	3,41	106,2
Расчетный	6,14	2,93	91,3
НСР₀₅	0,19		

Наименьшая прибавка отмечена на варианте с одинарной дозой удобрений, она составила 1,61 т/га (50 %) зерна. Двойная доза НРК способствовала увеличению урожая на 3,20 т/га (100%) по сравнению с контролем и на 1,59 т/га (33%) по сравнению с одинарной дозой.

Необходимо отметить, что урожайность озимой пшеницы увеличивалась при повышении доз удобрений от одинарного уровня до двойного. Аналогичная тенденция прослеживается и в опытах Е. Г. Бочарниковой (2018) на черноземе обыкновенном юго-востока ЦЧЗ, где самая высокая продуктивность зарегистрирована на уровне N₅₀P₅₀K₅₀+N₃₀, а дальнейшее повышение доз минеральных удобрений привело к ее снижению урожайности.

Схема опыта позволяет изучить влияние каждого элемента в отдельности в составе удобрения на показатели урожайности. На озимой пшенице удвоение дозы азота увеличило прибавку на 0,57 т/га, или 12%, утроение - снижало ее. Удвоение дозы фосфора повышало прибавку, но менее существенно - 0,30 т/га (6%). Увеличение дозы фосфора втрое не повышало урожайность.

Более эффективным оказалось совместное увеличение доз азота и фосфора в составе NPK. 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%).

Удвоение дозы калия на фоне N_2P_2 значительно (по сравнению с удвоением доз азота и фосфора в отдельности) увеличило урожайность зерна озимой пшеницы – на 0,83 т/га, или 15%. Увеличение доз калия на фоне высоких доз других двух элементов несущественно отразилось на урожайности всех трех культур, прибавка находилась в пределах наименьшей существенной разности.

Максимум по показателю урожайности озимой пшеницы пришелся на варианты с двойной дозой удобрений, по органоминеральной и минеральной системам прибавка урожая зерна составила 3,41 и 3,20 т/га (106 и 100%) соответственно.

Хотя совместное внесение навоза и минеральных удобрений и имело преимущество перед внесением одних минеральных, разница между этими двумя вариантами была в пределах НСР.

Максимальная продуктивность озимой пшеницы в опытах Т. С. Айсанова (2015) на черноземах выщелоченных Ставропольского края была зафиксирована по расчетной системе удобрения и составила 6,19 т/га.

Урожайность кукурузы на зерно в изучаемом звене полевого севооборота также изменялась в зависимости от вносимых удобрений (**табл. 13**).

На варианте без удобрений урожайность зерна кукурузы была невысокой, она составляла 3,71 т/га. Внесение минеральных удобрений в дозах от одинарной до тройной и расчетной обеспечило прибавку урожая зерна кукурузы – 1,38-4,59 т/га (37-124%).

Наименьшая прибавка отмечена при внесении одинарной дозы удобрений - 1,38 т/га (37%) зерна. Внесение двойной дозы NPK способствовало увеличению прибавки урожая зерна кукурузы на 2,77 т/га (75%) по сравнению с контролем и на 1,39 т/га (27%) по сравнению с одинарной дозой.

Таблица 13 - Урожайность зерна кукурузы в зависимости от удобрений

Вариант	Урожай, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Контроль	3,71	-	-
N₁P₁K₁	5,08	1,37	36,9
N₂P₁K₁	5,73	2,02	54,4
N₁P₂K₁	5,52	1,81	48,8
N₂P₂K₁	6,19	2,48	66,8
N₂P₂K₂	6,48	2,77	74,7
N₃P₂K₁	6,71	3,00	80,9
N₃P₂K₂	6,88	3,17	85,4
N₂P₃K₁	7,12	3,41	91,9
N₂P₃K₂	7,24	3,53	95,1
N₃P₃K₁	7,41	3,70	99,7
N₃P₃K₃	7,72	4,01	108,1
Навоз+NPK	6,94	3,23	87,1
Расчетный	8,30	4,59	123,7
НСР₀₅	0,29		

Урожайность кукурузы на зерно была наибольшей при внесении высоких доз удобрений. Тройная доза NPK обеспечила прибавку 4,00 т/га (108%) по сравнению с контролем; 2,62 т/га (52%) - по сравнению с одинарной и 1,23 т/га (19%) - по сравнению с двойной дозой удобрений.

Говоря о влиянии каждого элемента в отдельности в составе удобрения, можно констатировать, что для кукурузы было эффективно преобладание в составе NPK азота. Удвоение этого элемента повысило урожайность зерна на 0,63 т/га (12%), а утроение на фоне P₂K₁ – на 1,21 т/га (22 %). Удвоение дозы фосфора повышало прибавку, но менее существенно. Она составила 0,41 т/га (8%) зерна кукурузы. Увеличение дозы фосфора втрое повысило прибавку, по фону N₂K₁ она составила 1,37 т/га (24%).

Существенное влияние на урожайность кукурузы на зерно оказало совместное увеличение доз азота и фосфора в составе NPK. При одновременном удвоении доз этих двух элементов этот показатель увеличился на 1,10 т/га (22%), а при утроении – на 2,34 т/га (46%). Удвоение дозы калия на фоне

N_2P_2 , а так же на фоне высоких доз других двух элементов несущественно отразилось на урожайности, прибавка находилась в пределах наименьшей существенной разности.

Наибольшую урожайность кукурузы обеспечила расчетная доза удобрений, обеспечившая прибавку 4,59 т/га (124%) зерна. При возделывании кукурузы на зерно преимущество имеют сбалансированные дозы минеральных удобрений.

На черноземах выщелоченных Адыгеи удобрения в дозе $N_{90}P_{90}K_{30}$ обеспечили наибольшую прибавку урожая зерна кукурузы - 2,05 т/га (Мамсиров Н.И., 2012). А в условиях степной зоны Северного Кавказа на черноземе обыкновенном удобрения в дозе $N_{80}P_{80}K_{80}$ обеспечивали прибавку урожая зерна кукурузы 0,71 т/га (Тронева О.В., Кравченко Р.В., 2010).

Совместное внесение навоза и минеральных удобрений на этой культуре не имело преимущество перед внесением одних минеральных.

Удобрения оказали существенное влияние на урожайность кукурузы на силос в изучаемом звене полевого севооборота (табл. 14).

Таблица 14 - Урожайность зеленой массы кукурузы на силос в зависимости от удобрений

Вариант	Урожай, т/га	Прибавка	
		т/га	%
Контроль	19,62	-	-
$N_1P_1K_1$	25,86	6,24	31,8
$N_2P_1K_1$	28,83	9,21	46,9
$N_1P_2K_1$	28,12	8,50	43,3
$N_2P_2K_1$	32,34	12,72	64,8
$N_2P_2K_2$	34,14	14,52	74,0
$N_3P_2K_1$	37,46	17,84	90,9
$N_3P_2K_2$	38,90	19,28	98,3
$N_2P_3K_1$	36,48	16,86	85,9
$N_2P_3K_2$	38,06	18,44	94,0
$N_3P_3K_1$	37,36	17,74	90,4
$N_3P_3K_3$	42,84	23,22	118,3
Навоз+NPK	34,52	14,90	75,9
Расчетный	44,15	24,53	125,0
HCP_{05}	2,61		

В результате наблюдений выявлено, что урожайность кукурузы на силос на неудобренном контроле также была невысокой и составляла 19,7 т/га. Внесение минеральных удобрений в дозах от одинарной до тройной и расчетной обеспечило прибавку урожая листостебельной массы кукурузы на силос – 6,24-24,53 т/га (32-125%). При этом наименьшая прибавка отмечена по одинарной дозе NPK - 6,24 т/га (32%). Двойная доза NPK способствовала увеличению прибавки урожая листостебельной массы кукурузы на 14,52 т/га (74%) по сравнению с контролем и на 8,28 т/га (32%) по сравнению с одинарной дозой.

Урожайность листостебельной массы кукурузы была наибольшей при внесении высоких доз удобрений. На этой культуре значительную прибавку обеспечила тройная доза NPK - 23,22 т/га (48%) по сравнению с контролем; 16,9 т/га (65%) - по сравнению с одинарной и 8,7 т/га (9%) - по сравнению с двойной дозами удобрений.

В отношении отдельно каждого элемента следует обратить внимание на эффективность преобладания в составе NPK азота. Его одностороннее удвоение повысило урожайность листостебельной массы кукурузы на 3,0 т/га (12%), а утроение на фоне P_2K_1 – на 9,5 т/га (34%).

Удвоение дозы фосфора повышало прибавку на 2,3 т/га (8%), а утроение по фону N_2K_1 - на 7,7 т/га (27%).

Существенное влияние на урожайность кукурузы на силос оказало совместное увеличение доз азота и фосфора в составе NPK. При одновременном удвоении доз этих двух элементов урожайность этой культуры увеличилась на 6,4 т/га (25%), а при утроении – на 11,5 т/га (45%).

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.

Совместное внесение навоза и минеральных удобрений не имело преимущества перед внесением одних минеральных, разница между этими двумя вариантами была в пределах НСР.

Наибольшую урожайность кукурузы на силос обеспечила расчетная доза удобрений, обеспечившая прибавку 24,4 т/га (124%) зеленой массы. На кукурузе обоих направлений использования преимущество имеют сбалансированные дозы минеральных удобрений.

Таким образом, 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 наилучшими оказались варианты с двойной дозой NPK (по органоминеральной и минеральной системам удобрения, а на кукурузе на зерно и силос – расчетный вариант.

5.2. Влияние удобрений на структуру урожая зерновых культур

Целью интенсивных технологий является максимальная реализация потенциальной продуктивности растений. Она зависит от основных элементов структуры урожая: количества продуктивных стеблей, числа зерен в колосе и их массы, абсолютной массы зерна (масса 1000 зерен). Число колосков в колосе говорит о максимальной потенциальной продуктивности, которая возможна при благоприятном сочетании всех факторов, влияющих на рост и развитие растений. Число зерен в колосе показывает реальную отзывчивость растений, в данном случае - на внекорневое внесение регуляторов роста и комплексного минерального удобрения. По абсолютной массе зерна можно судить о выполнении зерновок (Плечов Д.В., Исайчев В.А., Андреев Н.Н., 2015).

Количественным и качественным выражением жизнедеятельности органов и элементов растений, обуславливающих урожай и отражающих взаимодействие организма и среды на определенных этапах роста и развития является структура урожая. Формирование элементов урожая зерновых культур неразрывно связана с условиями роста и развития. Густота стояния растений, общая и продуктивная кустистость, высота растений, длина колоса или початка, число зерен в колосе или початке - все это результат сложных процессов,

протекающих в растении под воздействием условий произрастания на протяжении всего вегетационного периода. Интенсивность и направленность физиологических и биохимических процессов в значительной мере определяется уровнем питания растений, в зависимости от их обеспеченности питательными веществами (Мамбетов К.Б., 2014; Золотарёва Р.И., Максимов В.А., 2020).

Урожайность изучаемых нами культур звена севооборота также находится в прямой зависимости от показателей элементов структуры урожая, на которые определенное влияние оказывают удобрения.

В наших наблюдениях вносимые удобрения улучшали показатели структуры урожая озимой пшеницы (табл. 15).

Таблица 15 - Влияние удобрений на структуру урожая озимой пшеницы на черноземе выщелоченном

Вариант	Кол-во продуктивных стеблей, шт./м²	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерен в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
Контроль	376	8,52	27,6	0,86	31,0
N₁P₁K₁	386	9,60	38,2	1,25	32,6
N₂P₂K₂	398	11,20	48,3	1,62	33,5
N₃P₃K₃	388	11,40	46,7	1,53	32,7
Навоз+NPK	399	10,71	49,5	1,66	33,5
Расчетный	406	11,54	45,6	1,50	32,9

По мнению А. Н. Жураева (2018), в опытах повышение норм минеральных удобрений и увеличение густоты стояния является причиной повышенной высоты растений, опоздания фазы созревания и полегания ветвей озимой пшеницы, что в ощутимой степени влияет на уменьшение количества продуктивных стеблей. Это утверждение расходится с результатами наших наблюдений. В изучаемом звене севооборота вносимые удобрения повышали количество продуктивных стеблей – по одинарной дозе NPK на 10, двойной - 22, тройной - 12 шт./га, или 2,7; 5,9 и 3,2% соответственно. Наилучшим показателем характеризовался расчетный вариант.

С применением удобрений заметно увеличилась длина колоса: по одинарной дозе NPK - на 1,08; двойной - 2,68; тройной - 2,88 см (13, 32 и 34%). Наилучшими оказался расчетный вариант, превысивший контроль на 3,02 см, или 35,4%.

По показателям озерненности колосьев и массы зерен в колосе удобренные варианты также превосходили контроль на 10,6-21,9 шт. (38-79%) и 0,39-0,80 г соответственно. Варианты с двойной дозой NPK и навоз+NPK отличались наибольшим содержанием зерен в колосе, превысившим контроль на 21,9 и 20,7 шт. (79 и 75%), они также имели наибольшую массу зерен в колосе и превысили по этому показателю контроль на 0,80 и 0,76 г. (93 и 88%).

Удобрения повышали массу 1000 зерен озимой пшеницы. На контроле она составляла 31,0 г, а при внесении одинарной дозы NPK повысилась на 1,5 г (4,8%). Удвоение уровня NPK обеспечило максимальное значение этого показателя и превысило контроль на 3,0 г (9,6%). На втором месте оказался вариант навоз + NPK, превысивший контроль на 2,3 г (7,9%).

Аналогичные данные получены и другими авторами. В исследованиях Н. И. Мамсирова (2018) на слитых выщелоченных черноземах Адыгеи при применении $N_{90}P_{90}K_{60}$ густота стояния озимой пшеницы возросла до 576 шт./м², а число продуктивных стеблей - до 313 шт./м².

В опытах Е. В. Кузиной (2021) на слабовыщелоченных тяжелосуглинистых черноземах Ульяновской области минеральные удобрения повышали массу зерна с колоса в среднем на 0,15 г, число зерен в колосе – на 2,5 шт.

В опытах Т. Б. Жерукова, А. Ю. Кишева, Д. А. Тутукова (2019) в условиях степной зоны Кабардино-Балкарской республики применение под культуру озимой пшеницы полного минерального удобрения ($N_{90}P_{90}K_{60}$) проявлялось в виде заметного улучшения показателей структуры урожая, а именно увеличением длины колосьев (в среднем возросла до 7,1 см), озерненности, полученной с одного колоса (в среднем до 30 шт.), массы 1000 зерен (в среднем до 46 г) и т.д.

В опытах А. В. Акинчина, С. А. Линкова, А. Ф. Самойловой (2019) на темно-серой лесной почве положительное влияние на количество продуктивных стеблей оказывало как осеннее внесение минеральных удобрений, так и совместное их применение с азотными подкормками. Максимальное количество продуктивных стеблей пшеница формировала на варианте, где на фоне основного минерального питания проводилась подкормка аммиачной селитрой - 694 шт./м², а такие элементы структуры урожая как высота стеблей, длина колоса, количество зерен и масса 1000 семян практически не зависели от проведения подкормки азотными удобрениями.

Следовательно, применение удобрений на разных типах почв положительно действует на элементы структуры урожая.

В наших наблюдениях удобрения существенно повлияли на показатели структуры урожая кукурузы на зерно (табл. 16).

Таблица 16 - Влияние удобрений на структуру урожая кукурузы на зерно на черноземе выщелоченном

Вариант	Растение		Початок				Масса 1000 зерен, г
	Густота стояния тыс. шт./га	Продуктивность, шт. початков / 1 раст.	Длина, см	Ширина, см	Озерненность, шт.	Масса зерен, г	
Контроль	70,4	0,96	15,4	3,65	245,1	56,7	231,2
N₁P₁K₁	62,3	1,08	21,8	5,12	324,8	75,6	232,9
N₂P₂K₂	60,6	1,33	22,9	5,26	351,8	82,9	235,6
N₃P₃K₃	57,1	1,42	24,3	5,32	392,0	96,9	247,3
Навоз+NPK	59,4	1,35	23,3	5,29	370,0	88,3	238,6
Расчетный	55,9	1,49	24,9	5,38	388,4	97,6	251,3

Густота стояния растений кукурузы на зерно на неудобренном контроле составляла 70,4 тыс. раст./га. На удобренных вариантах этот показатель был ниже на 8,1-14,5 тыс. раст./га. Причем снижалась густота по мере повышения доз вносимых удобрений. По всей видимости, это происходило за счет угнетения менее развитых растений более мощными.

Вместе с тем удобрения повышали количество початков в посевах кукурузы. Так, при продуктивности 0,96 початка на 1 растение на контроле, внесение одинарной дозы NPK повысило этот показатель до 1,08 (на 12,5%), двойной - до 1,33 (на 38,5%), тройной - до 1,42 (на 47,9%), а наибольшей продуктивностью отличался расчетный вариант - 1,49 початка на 1 растение (превышение 55,2%).

Удобрения отчетливо влияли на размеры початков кукурузы. Початки кукурузы на варианте без удобрений имели длину и диаметр соответственно 15,4 и 3,65 см. При внесении одинарной дозы NPK эти показатели повысились на 42 и 40% (до 21,8 и 5,12 см), двойной - на 49 и 44% (до 22,9 и 5,26 см), тройной - на 58 и 46% (до 24,3 и 5,32 см), а наибольшую длину и диаметр имели початки расчетного варианта - 24,9 и 5,38 см соответственно, что превышало контроль на 62 и 47%.

Аналогичным образом изменялась масса и озерненность початка. Число и масса зерен початка на неудобренном контроле составляли 245 шт. и 56,7 г. При внесении одинарной дозы NPK эти показатели повысились соответственно на 33 и 33% (до 325 шт. и 75,6 г), двойной - на 44 и 46% (до 352 шт. и 82,9 г), тройной - на 60 и 71% (до 392 шт. и 46,9 г), а наибольшей озерненностью выделялся расчетный вариант, по которому с 1 початка в среднем получено зерен 388 шт. массой 96,7 г, что выше, чем на контроле соответственно на 58 и 72%.

Масса 1000 зерен также изменялась в зависимости от удобрений, хотя и незначительно, с увеличением на 1-9% по мере повышения доз удобрений.

В опытах Адыгейского НИИСХ наилучшие показатели элементов структуры урожая были получены при густоте 70 тыс. раст./га и дозе минеральных удобрений $N_{120}P_{120}K_{40}$. Если в контрольном варианте в среднем длина початка составила 22,6 см, число зерен в початке – 229 шт., а масса 1000 зерен – 327,0 г, то максимальное их значение отмечено в варианте $N_{120}P_{120}K_{40}$, соответственно 23,7 см, 326 шт. и 352 г (Мамсиров Н.И., Тугуз Р.К., 2010).

5.3. Влияние удобрений на продуктивность звена полевого севооборота

Оценивая продуктивность 1 га пашни севооборотной площади, мы использовали сопоставимые для всех сельскохозяйственных культур зерновые единицы, рассчитанные по коэффициентам перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур, утвержденным Приказом Министерства сельского хозяйства РФ "Об утверждении коэффициентов перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур" от 6 июля 2017 г. №330.

Согласно этому документу коэффициент перевода изучаемых полевых культур в зерновые единицы составляет: 1,0 – для озимой пшеницы; 1,14 – кукурузы на зерно и 0,17 – кукурузы на силос.

Результаты расчетов свидетельствуют о положительном влиянии вносимых удобрений на показатели среднегодовой продуктивности звена полевого севооборота (табл. 17).

Таблица 17 – Продуктивность звена полевого севооборота в зависимости от удобрений (2013-2015 гг.)

Вариант	Продуктивность культур, т/га з.е.			Среднегодовая продуктивность звена, т/га з.е.	Прирост продуктивности	
	озимая пшеница	кукуруза на зерно	кукуруза на силос		т/га з.е.	%
Контроль	3,21	4,23	3,34	3,59	-	-
N₁P₁K₁	4,82	5,80	4,40	5,01	1,41	39,4
N₂P₁K₁	5,39	6,52	4,90	5,60	2,01	56,0
N₁P₂K₁	5,12	6,27	4,78	5,39	1,80	50,1
N₂P₂K₁	5,58	7,06	5,50	6,04	2,45	68,3
N₂P₂K₂	6,41	7,39	5,80	6,53	2,94	81,9
N₃P₂K₁	5,54	7,65	6,37	6,52	2,93	81,5
N₃P₂K₂	5,63	7,84	6,61	6,70	3,10	86,4
N₂P₃K₁	5,59	8,08	6,20	6,62	3,03	84,5
N₂P₃K₂	5,53	8,23	6,47	6,74	3,15	87,8
N₃P₃K₁	5,67	8,47	6,35	6,83	3,24	90,2
N₃P₃K₃	5,92	8,79	7,28	7,33	3,74	104,1
Навоз+NPК	6,62	8,00	5,87	6,83	3,24	90,2
Расчетный	6,14	9,46	7,51	7,70	4,11	114,5

Согласно произведенным расчетам среднегодовая продуктивность звена (озимая пшеница, кукуруза на зерно, кукуруза на силос) полевого севооборота на варианте без удобрений составила 3,59 т/га з.е. Повышение уровней NPK от одинарного до тройного обеспечило прирост среднегодовой продуктивности звена 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 полевого севооборота – 7,70 т з.е./га - зафиксирован на расчетном варианте, где по сравнению с контролем прирост продуктивности увеличился на 4,11 т/га з.е, или 115%.

В полевом стационарном опыте Мордовского НИИСХ на черноземе выщелоченном среднегодовая продуктивность изучаемого севооборота была выше в вариантах с тройной дозой внесения азотных удобрений (N_{135}) и составила 2,57-2,78 т з. ед./га., или 44-48 %. Определяющим элементом в получении максимального урожая полевых культур явился азот (Артемьев А.А., 2015). В условиях Приазовской зоны Ростовской области применение минеральных удобрений в кормовом севообороте в дозе $N_{60}P_{36}K_{60}$ позволяло повысить его продуктивность на 12,29–11,37 ц з.е. / га, при этом окупаемость удобрений составляла 7,9–7,3 кг/кг д.в. (Парамонов А.В., Федюшкин А.В., 2019).

Таким образом, 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. вносимые удобрения оказались действенным фактором повышения урожайности культур звена севооборота, улучшения показателей структуры урожая, получение значительного прироста среднегодовой продуктивности звена севооборота.

6. КАЧЕСТВО УРОЖАЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КУКУРУЗЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Наряду с достижением высоких урожаев сельскохозяйственных культур, повышением продуктивности единицы севооборотной площади, рациональная система удобрения должна быть направлена и на улучшение качества получаемой продукции. Получить урожай с максимальным содержанием ценных веществ в технологическом и питательном отношении можно с помощью применения удобрений.

Вместе с тем применение удобрений может вызвать ухудшение качества урожая, если не учитывать почвенно-климатические условия, потребность растений в питательных веществах, общие закономерности действия удобрений (Дзанагов С.Х., 1999).

Среди показателей качества изучаемых культур наиболее важными мы посчитали химический и биохимический состав основной продукции и технологические свойства зерна.

6.1. Влияние удобрений на химический состав и качество зерна озимой пшеницы

Качественные показатели зерна озимой пшеницы начинают формироваться в фазу налива зерна. Белок в зерне накапливается за счет поступления азота из почвы и вегетативной массы: 60% азота в зерне накапливается за счет реутилизации его из вегетативной массы и 40% - за счет азота почвы (Акинчин А.В., Линков С.А., Самойлова А.Ф., 2019).

Снижение качества получаемой продукции объясняется и тем, что количество вносимых удобрений остается на низком уровне (Манжина С.А., 2017).

Наши исследования свидетельствуют о том, что удобрения оказали положительное влияние на качество зерна озимой пшеницы (**табл. 18**).

**Таблица 18 – Химический состав и качество зерна озимой пшеницы
в зависимости от удобрений, % к сухому веществу**

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

Содержание азота в зерне озимой пшеницы повышалось по мере увеличения дозы азотного удобрения. Особенно ярко это проявилось на расчетном варианте и варианте с тройной дозой азота, на которых проводилась некорневая подкормка мочевиной. Увеличение доз фосфора и особенно калия снижало этот показатель. Наибольшее содержание азота обнаружено в зерне вариантов N₃P₃K₃ и расчетного – 2,67-2,69% против 2,28% на контроле.

Одностороннее увеличение дозы фосфора в составе NPK увеличило содержание фосфора в зерне озимой пшеницы, менее существенно – увеличение дозы калия, увеличение дозы азота на него не влияло.

Практически одинаковым было содержание калия в зерне озимой пшеницы по всем удобренным вариантам (колебания в пределах 0,50-0,56%).

В опытах Е.В. Кузиной (2021) на слабовыщелоченных тяжелосуглинистых черноземах Ульяновской области под влиянием вносимых удобрений содержание в зерне фосфора практически не изменялось, азота и калия на удобренном фоне – возрастало на 27 % и 40 %.

В наших наблюдениях содержание протеина повышалось по мере увеличения дозы азота в составе NPK: при внесении одинарной дозы - на 0,68; двойной - 1,02; тройной - 2,22% по сравнению с контролем.

На удобренных вариантах наблюдалась тенденция снижения содержания жира и клетчатки в зерне озимой пшеницы. Лишь вариант навоз+NPK превышал контроль по содержанию жира на 0,2%.

По влиянию удобрений на зольность закономерности не обнаружено.

Снижение величин показателей содержания сахаров и клетчатки Н. П. Бакаева и О. Л. Салтыкова (2020) объясняют оттоком низкомолекулярных метаболитов с процессов образования сахаров в биосинтез белков, который усиливаются за счет поступлений азота, что подтверждается пониженным содержанием общего азота и повышенным содержанием белка в листьях.

Систематическое применение удобрений оказывало положительное влияние на некоторые физические и технологические свойства зерна озимой пшеницы (табл. 19).

Таблица 19 – Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы в зависимости от удобрений

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Сырая клейковина		
				содержание, %	ИДК	группа качества
Контроль	31,0	763	49	26,0	88	II
N₁P₁K₁	32,6	761	52	27,4	82	II
N₂P₁K₁	33,8	752	53	29,1	67	I
N₁P₂K₁	33,5	754	51	27,1	87	II
N₂P₂K₁	34,3	759	54	29,0	80	II
N₂P₂K₂	34,9	760	57	28,8	72	I
N₃P₂K₁	31,8	747	63	30,0	90	II
N₃P₂K₂	33,8	749	62	29,8	73	I
N₂P₃K₁	31,4	752	59	29,4	76	II
N₂P₃K₂	31,4	753	60	29,1	78	II
N₃P₃K₁	31,6	750	62	30,6	74	I
N₃P₃K₃	32,7	753	61	30,3	79	II
Навоз+NPK	33,5	767	59	28,7	77	II
Расчетный	32,9	750	62	30,0	69	I

Удобрения в большинстве вариантов повышали массу 1000 зерен. При внесении одинарной и двойной доз NPK она повысилась соответственно на 1,6 и 4,9 г, что являлось максимальным значением. Утроение дозы NPK было неэффективным. Из отдельных элементов существеннее влияло одновременное удвоение доз азота и фосфора, нежели увеличение их в отдельности. Органоминеральная система уступала минеральной.

Удобрения не повышали массу зерна, превышение (4 г/л) наблюдалось только на варианте навоз + NPK.

Увеличение дозы NPK от одинарной до тройной повышало стекловидности зерна на 2-14% при 49% на контроле. Преобладание в составе NPK азота и фосфора положительно сказывалось на стекловидности зерна, чего нельзя сказать о калии.

Известно, что между содержанием белка и клейковины в нормально развитом и созревшем зерне существует тесная связь, которая выражается высоким коэффициентом прямой корреляции и отношением клейковины к белку, равным 2,2 (Коданев И. М., 1970).

Удобрения повышали содержание сырой клейковины в зерне озимой пшеницы, более существенно - варианты $N_3P_3K_1$, $N_3P_3K_3$ и расчетный – на 4,3-4,6% при 26,0% на контроле.

Удобрения повышали и качество клейковины. Максимальная упругость клейковины (1 группа) отмечена на вариантах $N_2P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_3P_2K_2$ и навоз+NPK. Прослеживается закономерность улучшения качества клейковины от внесения умеренных и сбалансированных доз удобрений.

Таким образом, применение удобрений под озимую пшеницу способствовало улучшению химического состава зерна, повышало качество, а по содержанию протеина наблюдалось устойчивое улучшение. 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 масса 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.

6.2. Влияние удобрений на химический состав и качество зерна кукурузы

Наши исследования свидетельствуют о том, что удобрения оказали положительное влияние на качество зерна кукурузы (табл. 20).

Таблица 20 – Химический состав и качество зерна кукурузы в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Контроль	1,39	0,66	0,40	8,69	4,19	3,50	1,16	64,1
N₁P₁K₁	1,52	0,72	0,46	9,50	4,25	3,11	1,54	67,4
N₂P₁K₁	1,55	0,73	0,45	9,69	4,22	3,27	1,48	67,2
N₁P₂K₁	1,54	0,75	0,44	9,63	4,24	3,22	1,46	67,6
N₂P₂K₁	1,56	0,74	0,46	9,75	4,10	3,34	1,48	67,0
N₂P₂K₂	1,57	0,75	0,48	9,81	3,81	3,59	1,51	66,0
N₃P₂K₁	1,60	0,75	0,45	10,00	3,73	3,45	1,46	65,2
N₃P₂K₂	1,61	0,76	0,48	10,06	3,82	3,50	1,53	62,6
N₂P₃K₁	1,56	0,76	0,44	9,75	3,65	3,61	1,51	66,3
N₂P₃K₂	1,55	0,78	0,48	9,69	3,79	3,52	1,47	64,6
N₃P₃K₁	1,65	0,77	0,46	10,31	3,72	3,63	1,48	62,8
N₃P₃K₃	1,67	0,78	0,47	10,44	3,68	3,59	1,45	62,3
Навоз+НРК	1,56	0,73	0,47	9,75	3,66	3,47	1,52	66,3
Расчетный	1,68	0,78	0,49	10,50	3,73	3,66	1,51	59,68

В зерне кукурузы содержание азота повышалось по мере увеличения дозы азотного удобрения. Особенно резко это проявилось на расчетном варианте и варианте с тройной дозой азота, на которых проводилась некорневая подкормка мочевиной, что значительно повышало содержание азота в зерне. Увеличение доз фосфора и особенно калия снижало этот показатель.

Наибольшее содержание азота обнаружено в зерне вариантов $N_3P_3K_3$ и расчетного – 1,67-1,68% против 1,39% на контроле.

Одностороннее увеличение дозы фосфора в составе NPK увеличило содержание фосфора в зерне кукурузы менее существенно, однако все удобренные варианты превысили контроль на 0,06 – 0,12%. Увеличение дозы калия и азота на него не влияло.

Содержание калия в зерне кукурузы максимальным было на расчетном варианте, превысившим контроль на 0,09 %.

В опытах В.Н. Самыкина, В.Д. Соловиченко, И.В. Логвинова (2012) на черноземе типичном концентрация фосфора в зерне кукурузы в контроле составляла 0,22-0,25 %, калия – 0,84-0,92 %. При использовании удобрений величины этих показателей несколько возрастали.

Удобрения положительно влияли и на биохимический состав и качество зерна кукурузы. Содержание протеина увеличивалось пропорционально содержанию азота в зерне кукурузы. Так, при внесении одинарной дозы NPK содержание протеина повысилось на 0,81; двойной - еще на 0,31 и стало превышать контроль на 1,12 %. При внесении тройной дозы NPK содержание протеина было на 1,75 %, а на расчетном варианте на 1,81 % выше контроля, что является максимальным показателем. Вариант навоз+NPK по содержанию протеина незначительно уступал эквивалентному варианту $N_2P_2K_2$.

Применение средних и высоких доз удобрений вызвало тенденцию снижения содержания жира и клетчатки в зерне кукурузы. Лишь варианты с минимальными дозами NPK превышали контроль по содержанию жира на 0,03-0,06%.

В зависимости от удобрений несущественным было изменение зольности зерна. Наибольшим содержанием золы отличались варианты $N_3P_3K_3$, $N_3P_2K_2$, и $N_1P_1K_1$ – 1,53-1,54 % при 1,16 % на контроле.

На содержание крахмала наилучшее влияние оказали небольшие дозы удобрения, а с увеличением доз NPK наблюдалось понижение его содержания. По мнению З.Т. Канукова, А.Е. Басиева, Т.К. Лазарова, С.Х. Дзанагова

(2015) снижению крахмалистости зерна способствуют в основном высокие дозы азота, положительно влияющие на его белковость.

Таким образом, систематическое применение удобрений на черноземе выщелоченном позволяет улучшать химический состав зерна кукурузы, не ухудшая его качества, при этом количество протеина, золы и зольных элементов заметно увеличивается.

6.3. Влияние удобрений на химический состав и качество кукурузы на силос

Удобрения оказали положительное влияние на качество зеленой массы кукурузы на силос (табл. 21).

Таблица 21 - 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	Клетчатка	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

Так, содержание азота в зеленой массе повышалось по мере увеличения дозы азотного удобрения. Наибольшее содержание его обнаружено на расчетном варианте и N₃P₃K₃ - 1,27 и 1,26%, что превышало контроль на 0,36 и 0,35% соответственно.

Наилучшими вариантами по содержанию фосфора были $N_2P_3K_1$ и $N_3P_3K_3$ – по 0,43% против 0,31% на контроле. На этот показатель положительное действие оказывало одностороннее увеличение дозы фосфора в составе NPK, а увеличение доз калия и азота не влияло на него.

По содержанию калия отличились расчетный вариант и $N_3P_3K_3$ - 1,26 и 1,25%, что превышало контроль соответственно на 0,20 и 0,19%.

Удобрения положительно влияли и на биохимический состав листостебельной массы кукурузы, предназначенной на силос.

Содержание протеина увеличивалась пропорционально содержанию азота. Так, при внесении одинарной дозы NPK содержание протеина повысилось на 0,9; двойной - 2,2%. На расчетном варианте и варианте с тройной дозой NPK содержание протеина составляло 7,6% и увеличилось по сравнению с контролем на 2,2%. На варианте навоз+NPK этот показатель был незначительно уступал эквивалентному варианту $N_2P_2K_2$.

Значения показателей содержания жира и клетчатки были обратно пропорциональны значениям содержания протеина. Наилучшим по содержанию жира и клетчатки оказался вариант $N_2P_3K_2$, превысивший по этим показателям контроль соответственно на 0,54% и по содержанию клетчатки на 3,8%.

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

Таким образом, 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 удобрения. По мере повышения дозы азота увеличивалось содержание протеина в зерне озимой пшеницы и кукурузы и 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 увеличивалась при внесении доз NPK от одинарной до двойной, а натура зерна почти не изменялась. На всех удобренных вариантах повышались стекловидность зерна и содержание сырой клейковины. Прослеживалась закономерность улучшения качества клейковины от внесения умеренных и сбалансированных доз удобрений.

7. БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗВЕНЕ ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Трансформация количества элементов питания в почве при разных системах удобрения представляет очевидный интерес, который выражается в балансе элементов питания в почве при разных системах удобрения сельскохозяйственных культур (Сычев В.Г., Шафран С.А., 2019).

Увеличение урожайности неизбежно ведет к повышению потерь элементов питания, особенно азота, фосфора и калия. Мобилизация питательных веществ из природных запасов почвы очень трудна (Кадыров С.В., Федотов В.А., 2005; Гулидова, В.А., 2006; Зотиков, В.И., Задорин А.Д., 2007; Глазунов Г.П., 2017 и др.).

Современное высокоинтенсивное ведение сельского хозяйства возможно только на почвах с высоким уровнем плодородия. Поэтому система применения удобрений под сельскохозяйственные культуры должна обеспечивать расширенный возврат элементов питания в почву, чтобы компенсировать вынос их с отчуждаемым урожаем и обеспечить постепенное повышение запасов питательных веществ и гумуса в почвах (Лапа В.В., 2014).

Баланс элементов питания в почве является важным критерием оценки эффективности применения удобрений. В зависимости от поставленных задач он рассчитывается за ротацию севооборота или за период возделывания отдельной культуры. С его помощью можно сравнить вынос элементов питания из почвы и его компенсацию за счет минеральных и органических удобрений, а также сделать объективные выводы об интенсивности воспроизводства почвенного плодородия. Если потери элементов питания в результате выноса с урожаем не компенсируются удобрениями, то происходит постепенное истощение почвы, и человек начинает жить за счет будущего поколения. Для сохранения плодородия почвы, все отчуждаемые из нее элементы питания необходимо вернуть (Гамзиков, Г.П., Костин Т.И., 1985; Крупкин П.И., Южаков А.И., 1986; Шафран С.А., Кочергин Ю.И., 1987).

Для научного прогнозирования потенциального плодородия почв главным требованием является наблюдение за трансформацией элементов питания в почве с учетом её генетических и производственных особенностей (Просьянников Е.В., 2019; Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б., 2020).

Прогнозирование направленности деградации плодородия почв, дефицита энергетических ресурсов и органических и минеральных удобрений, а также разработка мероприятий по регулированию плодородия почв с целью обеспечения максимума отдачи от вложенных средств, высокой урожайности сельскохозяйственных культур и экологического баланса агроценозов в современных условиях все больше приобретает актуальность. (Черкасов Е.А., Куликова А.Х., Лобачев Д.А., 2017; Плотников А.М., Созинов А.В., Вафин Н.Н., 2018; Красницкий В.М., Шмидт А.Г., Цырк А.А., 2018).

7.1. Вынос питательных веществ с урожаем полевых культур

Производство растениеводческой продукции изменяет количество поступления и выноса элементов питания за счет применения систем удобрения и выноса элементов с урожаем, тем самым нарушает баланс. Вынос азота, фосфора, калия и минерализация органического вещества в почвах снижает эффективное плодородие почвы и урожайность культур (Плотников А.М., Кабдунова Г.С., 2018; Воробьев В.Б., 2020).

Вынос питательных веществ из почвы хозяйственной и нехозяйственной частями урожая является основой расходной части баланса. Отдельной статьей расходной части баланса является испарение азота и инфильтрация. По данным Б. Н. Макарова (1994) газообразные потери азота из минерального удобрения составляют 8-10% от его количества внесения.

В наших исследованиях вынос питательных веществ определялся путем лабораторного анализа, результаты которого сведены в **таблицу 22 и приложения 31-32.**

Удобрения оказывали существенное влияние на величину выноса питательных веществ с урожаем культур.

**Таблица 22 - Вынос основных питательных элементов культурами звена полевого севооборота
в зависимости от удобрений, кг**

Вариант	Озимая пшеница						Кукуруза на зерно						Кукуруза на силос					
	1 га			1 т зерна			1 га			1 т зерна			1 га			1 т з.м.		
	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	111	40	72	34,5	12,4	22,4	78	20	108	20,9	5,3	29,1	63	24	73	3,2	1,2	3,7
N₁P₁K₁	182	65	106	37,8	13,5	22,0	114	32	170	22,4	6,3	33,4	97	35	100	3,7	1,4	3,9
N₂P₁K₁	207	70	116	38,5	13,0	21,6	131	37	187	22,8	6,4	32,6	111	40	111	3,8	1,4	3,9
N₁P₂K₁	195	68	111	38,1	13,3	21,7	125	36	176	22,6	6,5	31,8	106	43	114	3,8	1,5	4,0
N₂P₂K₁	222	73	131	39,6	13,0	23,4	151	40	207	24,4	6,5	33,4	141	52	129	4,4	1,6	4,0
N₂P₂K₂	258	83	151	40,1	12,9	23,5	157	42	226	24,2	6,5	34,9	148	54	148	4,3	1,6	4,3
N₃P₂K₁	228	74	132	41,5	13,5	24,0	166	45	219	24,8	6,7	32,6	156	58	151	4,2	1,6	4,0
N₃P₂K₂	230	74	133	40,9	13,2	23,7	175	46	240	25,4	6,7	34,9	161	59	166	4,1	1,5	4,3
N₂P₃K₁	221	73	132	39,4	13,0	23,5	171	48	228	24,0	6,8	32,0	134	61	150	3,7	1,7	4,1
N₂P₃K₂	217	73	133	39,2	13,2	24,0	174	50	251	24,1	6,9	34,7	138	54	164	3,6	1,4	4,3
N₃P₃K₁	231	75	129	40,7	13,2	22,7	187	50	247	25,3	6,8	33,3	162	52	155	4,3	1,4	4,1
N₃P₃K₃	244	78	138	41,1	13,2	23,3	195	53	264	25,3	6,9	34,2	189	70	188	4,4	1,6	4,4
Навоз+NPK	266	80	146	40,2	12,1	22,1	164	45	235	23,6	6,5	33,9	146	50	150	4,2	1,5	4,3
Расчетный	254	77	139	41,7	12,6	22,8	208	59	294	25,1	7,1	35,4	197	70	195	4,5	1,6	4,4

Так, на неудобренном контроле растения озимой пшеницы использовали для создания урожая 3,22 т/га зерна 111 кг азота, 40 кг фосфора и 72 кг калия. При внесении удобрений эти показатели составляли соответственно: 182-258 кг азота, 40-83 фосфора и 106-151 кг/га калия при урожае зерна 4,81-6,43 т/га. Одинарная доза NPK увеличила вынос азота, фосфора и калия с урожаем соответственно на 71, 25 и 34 кг (64, 63 и 47%); двойная - на 147, 43 и 79 кг (132, 108 и 110%); тройная - на 133, 38 и 66 кг (120, 95 и 92%). Максимальный вынос отмечен на варианте с двойной дозой NPK. Очевидно, это напрямую зависело от урожайности.

Однако рассматривая вынос питательных веществ с единицей урожая (на 1 т зерна), можно убедиться в действенном влиянии на него вносимых удобрений.

Так, в наших исследованиях озимая пшеница для формирования 1 т зерна на варианте без удобрений использовала 34,5 кг азота, 12,4 кг фосфора и 22,4 кг калия. На удобренных вариантах эти показатели варьировали в пределах: по азоту - 37,8-41,5 кг, фосфору - 12,1-13,5 кг и калию - 21,6-24,0 кг. Наибольшим выносом азота отличился расчетный вариант - 41,7 кг/т и $N_3P_2K_1$ - 41,5 кг/т; фосфора - $N_3P_2K_1$ и $N_1P_1K_1$ - по 13,5 кг/т; калия - $N_3P_2K_2$ - 23,7 кг/т зерна.

Соотношения N : P_2O_5 : K_2O в зерне озимой пшеницы по разным системам удобрения находились в пределах 2,8-3,1 : 1 : 1,6-1,8.

По мнению В. В. Окоркова и И. В. Семина (2013), увеличению выноса питательных веществ за счет удобрений способствует высокая степень непродуктивного кущения и соотношение соломы к зерну, то есть, увеличение расхода пластических веществ на рост вегетативной массы, а не на формирование урожая зерна.

Удовлетворительную интенсивность хозяйственного баланса азота (более 100 %) в почве обеспечивает суммарная доза азотного удобрения не менее 120 кг/га. По мере увеличения доз азота и возрастания урожайности озимой пшеницы интенсивность хозяйственного баланса фосфора и калия сни-

жается. При этом внесение 60 кг/га P_2O_5 полностью восполняет потери фосфора из почвы при дозе азота менее 110 кг/га, а внесение 120 кг/га K_2O восполняет потери калия из почвы при дозе азота до 140 кг/га. Это указывает на необходимость корректировки доз фосфорно-калийных удобрений в сторону увеличения при повышенном применении азота (Воробьев В.Б., 2020).

В стационарном полевом опыте Брянского ГАУ в условиях подзоны дерново-подзолистых почв применение под озимую пшеницу минерального удобрения в дозах от $N_{120}P_{90}$ и до $N_{120}P_{90}K_{120}$ обеспечивало бездефицитный баланс азота - 1,28-26,66; фосфора - 43,23-54,25 и калия - 18,38-66,48 кг/га (Мимонов Р.В., Белоус Н.М., Смольский Е.В. и др., 2021).

Вынос с урожаем кукурузы на зерно азота, фосфора и калия без применения удобрений составлял соответственно: 78, 20 и 108 кг/га. Внесение удобрений в одинарной дозе увеличило эти показатели соответственно на 36, 12 и 62 кг/га (46, 60 и 57 %); двойной - на 79, 22 и 118 кг (101, 110 и 109%); тройной - на 117, 33 и 56 кг (150, 165 и 144%), а наибольшим выносом характеризовался расчетный вариант, где этот показатель превышал контроль на 130, 39 и 186 кг/га (167, 195 и 172%) по азоту, фосфору и калию соответственно.

Как и в случае с озимой пшеницей, основным фактором, влияющим на увеличение выноса питательных веществ с единицы площади посева, является существенное увеличение урожайности. Однако нельзя не заметить тенденцию влияния удобрений на увеличение выноса и с единицей урожая.

Вынос с 1 т зерна кукурузы на неудобренном контроле составлял: азота – 20,9; фосфора – 5,3; калия – 29,1 кг. На всех удобренных вариантах эти показатели были выше и варьировали в пределах: по азоту - 22,4-25,4 кг, фосфору - 6,3-7,1 кг и калию - 31,8-35,4 кг. Наибольшим выносом азота с единицей урожая отличились варианты с тройной дозой азота в составе NPK - 24,8-25,4 кг/т зерна; фосфора и калия - расчетный вариант - 21,1 и 7,1 кг/т зерна 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 данным В.Г. Сычева, А.Н. Есаулко, В.В. Агеева, А.И. Подколзина, М.С. Сигиды (2015) на создание 1 ц зерна с соответствующим количеством листостебельной массы кукуруза в зависимости от величины урожая на чернозёмах расходует 21,5–43,4 кг азота; 6,1– 15,6 – фосфора и 17,0–25,5 кг калия.

На серой лесной почве Владимирского Ополя выявлено, что удобрения улучшали качество продукции и повышали вынос основной продукцией с учетом побочной азота в 1,25-1,80, P_2O_5 – в 1,17-1,62, K_2O – в 1,22-1,61 раз (Окорков В.В., Семин И.В., 2014).

Вынос азота, фосфора и калия из почвы с урожаем кукурузы на силос на неудобренном контроле составлял соответственно: 63, 24 и 73 кг/га. Внесение одинарной дозы NPK увеличило эти показатели соответственно на 34, 11 и 27 кг/га (54, 46 и 37 %); двойной - на 85, 30 и 75 кг (135, 125 и 103%); тройной - на 126, 46 и 115 кг (200, 192 и 158%), а наибольшим характеризовался расчетный вариант, где этот показатель превышал контроль на 134, 46 и 122 кг/га (213, 122 и 167%) по азоту, фосфору и калию соответственно.

Опять-таки, решающим фактором, влияющим на увеличение выноса питательных веществ с единицы площади посева, является увеличение урожайности этой культуры. Однако, как и в случае с предыдущими двумя культурами, можно заметить тенденцию влияния удобрений на увеличение выноса питательных веществ и с единицей урожая.

Вынос с 1 т зеленой массы кукурузы на неудобренном контроле составлял: азота – 3,2; фосфора – 1,2; калия – 3,7 кг. На всех удобренных вариантах эти показатели были выше и варьировали в пределах: по азоту - 3,6-4,5 кг, фосфору - 1,4-1,7 кг и калию - 3,9-4,4 кг. На расчетном варианте отмечены максимальные значения этого показателя по всем трем элементам - 4,5 кг азота; 1,6 кг фосфора и 4,4 кг калия. Кроме того, по фосфору и калию на уровне расчетного варианта находился вариант с тройной дозой NPK, а только по фосфору - $N_2P_2K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_3P_2K_1$ и $N_3P_2K_2$. 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.

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.

На основании своих исследований Т.К. Лазаров (2001) пришел к выводу, что у зерновых культур большая часть азота и подавляющая часть фосфора сосредоточены в зерне, а большая часть калия - в соломе. В растениях озимой пшеницы соотношение питательных веществ зерно : солома составляло: по азоту - 67-69 : 31-33%, по фосфору – 73-78 : 22-27%, по калию – 24-27 : 73-76%, а в растениях кукурузы на зерно: по азоту - 59-63 : 37-41%, по фосфору - 92-96 : 4-8%, по калию - 22-23 : 77-78%.

Исследователи В. Н. Диденко, А. В. Кащеев (2011) утверждают, что оставлением соломы на поле можно значительно сократить вынос элементов питания из почвы. В их опытах на черноземе южном Оренбуржья в зависимости от набора культур в севообороте компенсация по азоту составляет 29,7–39,5%, по фосфору – 25,6–34,4%, по калию – 66,5–81,5%. Низкая компенсация азота и фосфора объясняется более высоким содержанием этих элементов в зерне, чем в побочной продукции.

В исследованиях А.Е. Басиева (2005) на черноземах выщелоченных удобрения под кукурузу на силос увеличивали вынос питательных элементов с урожаем на 24-121, 10-56 и 6-89 кг/га по азоту, фосфору и калию соответственно. Повышение урожайности увеличивало вынос NPK с урожаем, а в некоторых вариантах и с единицей продукции.. В опытах З.Т. Канукова (2008) на этих же почвах при внесении разных доз и комбинаций удобрений вынос 1 т зеленой массы кукурузы составлял: 4,6-6,0 кг азота, 1,9-2,5 фосфора и 7,2-9,0 кг калия при 4,9; 2,2 и 8,3 кг соответственно на варианте без удобрений.

Таким образом, на черноземе выщелоченном удобрения оказывали определенное влияние на вынос питательных элементов растениями. В выносе с урожаем преобладал вынос азота, затем по убыванию - калий и фосфор.

7.2. Баланс питательных веществ в звене севооборота и коэффициенты их использования из почвы и удобрений

Баланс питательных веществ представляет собой количественное сопоставление суммарного расхода из почвы и суммарного поступления в нее элементов питания растений в процессе сельскохозяйственного производства (Дзанагов С.Х., 1999).

Результаты произведенного нами расчета баланса основных питательных элементов в почве под культурами звена севооборота представлены в **таблице 23 и приложениях 33-35**.

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: по одинарной дозе NPK - 88, двойной - 101, тройной - 105 кг/га при интенсивности баланса соответственно 33, 46 и 62%.

Внесение двойной дозы азота на фоне одинарных фосфора и калия снизило дефицит азота в почве на 26 кг/га, а удвоение дозы фосфора на фоне N_1K_1 - повысило его на 11 кг/га. Совместное удвоение доз азота и фосфора на фоне одинарного калия не влияло на изменение баланса азота по сравнению с внесением одинарной дозы NPK. Наименьший дефицит азота наблюдался в вариантах с тройной дозой азота: $N_3P_2K_1$ и $N_3P_2K_2$ - 53 и 59 кг/га соответственно при интенсивности баланса 71 и 69%.

Наибольшие потери азота отмечены на вариантах с двойной дозой NPK: 101 кг/га - по минеральной системе и 105 кг/га - по органоминеральной, при интенсивности баланса 46 и 46% соответственно. Отрицательное влияние на баланс азота оказало увеличение доз фосфора в составе NPK.

Подобная тенденция прослеживается и в работах других авторов (Джанаев Г.Г. и др., 1979, 1984; Дзанагов С.Х., 1987, 1999; Хекилаев А.Б., 1994; Лазаров Т.К.; 2001, Басиев А.Е, 2004; Кануков З.Т., 2008; Хадиков А.Ю., 2012, Ханикаев Б.Р., 2020).

**Таблица 23 - Баланс питательных веществ почвы в звене полевого севооборота
в зависимости от удобрений**

Вариант	Поступление, кг/га			Расход, кг/га			Баланс, ± кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _б , %		
	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	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N₁P₁K₁	43	40	40	131	44	125	-88	-4	-85	33	91	32	108	40	103	302	110	313
N₂P₁K₁	87	40	40	150	49	138	-63	-9	-98	58	82	29	76	53	135	173	123	345
N₁P₂K₁	43	80	40	142	49	134	-99	31	-94	31	163	30	134	26	124	328	61	334
N₂P₂K₁	87	80	40	171	55	156	-85	25	-116	51	145	26	101	34	179	198	69	389
N₂P₂K₂	87	80	80	188	60	175	-101	20	-95	46	134	46	120	40	114	217	75	219
N₃P₂K₁	130	80	40	183	59	167	-53	21	-127	71	136	24	76	39	208	141	74	418
N₃P₂K₂	130	80	80	189	60	180	-59	20	-100	69	134	45	81	40	120	145	75	225
N₂P₃K₁	87	120	40	175	61	170	-89	59	-130	49	198	24	105	27	215	202	51	425
N₂P₃K₂	87	120	80	176	59	183	-90	61	-103	49	203	44	107	26	123	203	49	228
N₃P₃K₁	130	120	40	193	59	177	-63	61	-137	67	203	23	84	26	233	149	49	443
N₃P₃K₃	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

На черноземе выщелоченном в центральной лесостепи Новосибирского Приобья наиболее дефицитный среднегодовой баланс азота в почве (–40 кг/га) складывался в вариантах без применения азотного удобрения. Несмотря на это, в конце опыта значительная часть азота в этом варианте – около 350 кг/га (32% от внесенного в почву за период опыта) – была обнаружена в форме нитратов в слое почвы 0–200 см (Шарков И.Н., Колбин С.А., Самохвалова Л.М., 2021).

Баланс фосфора в почве в наших наблюдениях оказался положительный почти на всех удобренных вариантах, за исключением вариантов с одинарной дозой фосфора, где дефицит был незначительным – 4 и 9 кг/га с интенсивностью 91 и 82% по вариантам $N_1P_1K_1$ и $N_2P_1K_1$ соответственно.

Удвоение дозы фосфора и совместное удвоение доз азота и фосфора обеспечило поступление фосфора в почву на 35 и 29 кг/га больше чем при внесении одинарной дозы NPK. Наилучший баланс фосфора в почве отмечен в вариантах с тройной дозой фосфора в составе NPK – 61, 64, 59 и 53 кг/га при интенсивности баланса 203, 203, 198 и 179% соответственно по вариантам: $N_3P_3K_1$, $N_3P_2K_2$, $N_3P_2K_3$ и $N_3P_3K_3$.

В исследованиях Я.П. Цвей, В.В. Иваниной, Е.Т. Петровой, Ю.П. Дубового (2013) на черноземе выщелоченном среднесуглинистом Белоцерковской опытно-селекционной станции выявлено, что, невзирая на увеличение объемов выноса фосфора растениями, применение удобрений свыше 43 кг д.в./га P_2O_5 формировало положительный баланс фосфора в почве.

Значительный дефицит в балансе из всех трех основных элементов питания отличался по калию. Недостаток его в почве удобренных вариантов составлял 85-137 кг/га, а интенсивность баланса калия колебалась в пределах 23-61%. По мнению авторов, исследовавших в разные годы данный севооборот, это обусловлено сравнительно низкими дозами калийных удобрений и наличием в звене севооборота калиелюбивых культур (Дзанагов С.Х., 1987, 1999; Хекилаев А.Б., 1994; Лазаров Т.К.; 2001, Басиев А.Е., 2004; Кануков З.Т., 2008; Хадиков А.Ю., 2012, Ханикаев Б.Р., 2020).

Одностороннее увеличение доз азота и фосфора увеличивало дефицит калия. Доведение доз калия до уровня других элементов снижало его. По мнению В.Г. Минеева и др. (1993), недостаток калия в удобрении способствует большему использованию его из почвы. Наименьший дефицит калия отмечен на варианте $N_3P_3K_3$ - 77 кг/га при интенсивности баланса 61%. Наибольшие потери калия отмечены на вариантах с одинарной дозой калия - 116-137 кг/га.

Применение удобрений по сравнению с контролем повышает эффективное плодородие почвы, однако не позволяет достичь бездефицитного баланса питательных элементов, то есть по сравнению с исходным количеством их подвижных форм постепенно уменьшается (Дзанагов С.Х., Басиев А.Е., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Гагиев Б.В., 2016).

Таким образом, по изучаемым нами удобренным вариантам наблюдался положительный баланс по фосфору отрицательный - по азоту и калию. Это может привести к ухудшению азотного и калийного режимов почвы. Аналогичные результаты получены и у других авторов, изучающих вопросы длительного систематического применения удобрений в севообороте. По мнению С.Х. Дзанагова (1999), Т.К. Лазарова (2001) и др. авторов, азотный режим можно стабилизировать посевами многолетних трав 2-3 лет пользования, а ухудшения калийного режима в ближайшее время можно не опасаться благодаря значительным запасам калия в почвенном профиле данной почвы, постоянно пополняющим пахотный слой подвижными формами этого элемента.

Питательные вещества из удобрений и почвы не полностью используются растениями в силу ряда причин. Они рассеяны по всему объему корнеобитаемого слоя почвы, который не могут охватить полностью корни растений. И если, например, нитраты могут легко перемещаться в почве и легко достигать пространства около отдельных корешков, то фосфор и калий за вегетационный период способны передвигаться всего на несколько миллиметров, поэтому их недоступность растения выражена ярко. Кроме того, растения не всегда могут поглощать имеющиеся доступные формы питательных веществ, если какой-нибудь другой фактор находится в минимуме, или имеет

место высокая кислотность или наличие другого неблагоприятного фактора (сорняков и т.п.).

Поэтому, большое практическое значение для расчета доз минеральных удобрений на запланированный урожай имеют коэффициенты использования питательных веществ из удобрений. Хотя они и имеются в справочниках, но являются весьма изменчивым показателем для различных регионов. Поэтому есть необходимость расчета этих коэффициентов для конкретных почвенных условий, для более точной картины об использовании растениями питательных элементов, внесенных с удобрениями на конкретной почве.

Рассчитанные на основании наших 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 азота из удобрений снижался с повышением дозы этого элемента в составе удобрений. При одностороннем удвоении доз азота его КИУ снизился на 33%, а при утроении - на 20-57% по разным фонам. При увеличении доз фосфора КИУ азота повышался. Одностороннее удвоение дозы фосфора повысило его на 26%, а утроение по разным фонам - менее существенно. Удвоение дозы калия на фоне N_2P_2 повысило КИУ азота на 19%, а утроение на фоне N_3P_3 - на 12%. КИУ азота был наибольшим в варианте $N_1P_2K_1$ - 134%, а наименьшим - в вариантах $N_2P_1K_1$ и $N_3P_2K_1$ - по 76%. Тем не менее, это достаточно высокие показатели.

КИУ фосфора возрастал с повышением доз азота и калия в составе удобрения. При одностороннем удвоении дозы азота КИУ фосфора увеличился на 13%, а удвоение дозы калия на фоне двойных азота и фосфора увеличило этот показатель на 6%. При одностороннем утроении дозы азота КИУ фосфора увеличился менее значительно - на 6-13% по разным фонам, а при утроении дозы калия на фоне N_3P_3 - на 7%. Одностороннее увеличение доз фосфора, наоборот, снижало КИУ этого элемента: при удвоении на фоне N_1K_1 он снизился на 14%, а при утроении на 8-26% по разным фонам.

КИУ фосфора был наибольшим в варианте $N_1P_2K_1$ - 53% и расчетном варианте - 45%, а наименьшим - в варианте $N_1P_2K_1$ и всех вариантах с тройной дозой фосфора - по 26%.

Коэффициент использования растениями калия из удобрений также снижался с повышением доз калия. При удвоении дозы калия на фоне N_2P_2 он снизился на 65%, а при утроении на фоне N_3P_3 - на 139%. Увеличение доз азота и фосфора повышало КИУ калия. При удвоении дозы азота он повысился на 32%, удвоении дозы фосфора - на 21%, одновременном удвоении доз обоих элементов - на 76%, а утроении - на 98%.

КИУ калия был наибольшим в варианте $N_3P_3K_1$ - 233%, а наименьшим - в варианте $N_3P_3K_3$ - 94%.

На основании расчетов для практических целей мы можем рекомендовать КИУ по азоту, фосфору и калию соответственно – 104; 45 и 130%, полученных на расчетном варианте.

Аналогичное практическое значение для расчета доз удобрений на запланированный урожай имеют так же коэффициенты использования питательных веществ из почвы (КИП).

КИП рассчитаны нами на варианте без удобрений путем сопоставления выноса питательных элементов урожаем с запасами их подвижных форм в пахотном слое почвы (табл. 24).

Таблица 24 - Коэффициенты использования питательных веществ из почвы (чернозем выщелоченный) в звене севооборота

Культура	Содержание в почве, кг/га			Вынос с урожаем, кг/га			КИП, %		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	128	225	420	111	40	72	87,1	17,8	17,1
Кукуруза на зерно	135	234	420	78	20	108	57,6	8,5	25,7
Кукуруза на силос	131	243	453	63	24	73	48,2	9,9	16,1
В среднем	131	234	431	75	35	93	57,2	15,0	21,6

На основании расчета мы можем рекомендовать для практических целей КИП (чернозем выщелоченный): для озимой пшеницы - 87, 18 и 17%, кукурузы на зерно - 58, 9 и 26%, кукурузы на силос - 48, 10 и 16%, звена севооборота - 57, 15 и 22% по азоту, фосфору и калию соответственно.

Профессор С. Х. Дзанагов (1999) на основании 20-летних исследований рекомендует на черноземе выщелоченном использовать коэффициенты использования питательных веществ из удобрений в пределах – 70-90% по азоту; 30-35% - фосфору и 105-135% - по калию, а коэффициенты использования питательных веществ из почвы - 40-60; 6-10 и 15-20% соответственно.

Многие ученые-агрохимики рекомендуют использовать для практических целей балансовые коэффициенты, которые, по их мнению, учитывают усвоение питательных элементов из почвы и удобрений, позволяя оценить эффективность удобрений в севообороте и их способность влиять на плодородие почвы. Согласно методике С.Т. Лигум (1997) они рассчитываются отношением (в процентах) выноса питательных веществ с урожаем к количеству внесенных питательных элементов с удобрением.

В наших исследованиях балансовые коэффициенты колебались в пределах: азота – 141-328, фосфора – 49-123, калия – 217-443%. С повышением дозы отдельного элемента снижался его балансовый коэффициент.

В 90-х годах прошлого столетия в России резко снизилось количество применяемых минеральных удобрений. В последние годы ситуация начала меняться в лучшую сторону, однако количество вносимых удобрений значительно уступает уровню 70–80-х годов прошлого века. Это привело к возникновению отрицательного баланса всех элементов питания в почвах почти во всех регионах страны. Чтобы противостоять существенному снижению содержания доступных растениям форм макро- и микроэлементов, необходима реализация комплекса мер по систематическому воспроизводству плодородия почв, тесно связанному с разумным использованием всех видов удобрений и химических мелиорантов (Башков А.С., 2013; Завалин, А. А., 2018; Титова, В. И., 2016 и мн. др.).

8. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЗВЕНЕ СЕВООБОРОТА

Важнейшим критерием рационального использования земли, эффективности возделывания сельскохозяйственных культур и применения удобрений являются экономическая и биоэнергетическая оценка. Экономическая и энергетическая оценки не всегда совпадают. Необходим поиск таких взаимосвязанных факторов (элементов технологии), которые соответствовали бы требованиям оптимизации режима экономии труда и средств. В случае применения удобрений важно определить такое сочетание их, которое позволяет при наименьших затратах получать достаточно высокую продуктивность выращиваемой культуры (Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Басиев А.Е. и др., 2016).

Эффективность сельскохозяйственного производства определяется экономическими результатами деятельности хозяйства. Сюда входит снижение себестоимости продукции, повышение рентабельности, увеличение объема производства валовой и товарной продукции, сокращение затрат труда на единицу продукции, повышение производительности труда и т.д. (Завьялов Р.О., Соловьева Ю.А., 2021).

В последние годы несмотря на относительно высокий рост урожайности культур, достаточно серьезно растут затраты на энергоносители и приобретение средств интенсификации. В связи с этим при составлении и планировании систем удобрения следует пристальное внимание уделять экономической обоснованности применения удобрительных средств (Акинчин А.В., Линков С.А., Самойлова А.Ф., 2019).

8.1. Экономическая эффективность

Применение удобрений - мероприятие достаточно энергоемкое, но также и прибыльное, так как производимые затраты не только окупаются, но и способствуют преумножению вложенных средств. Поэтому как бы дороги

ни были удобрения, особенно минеральные, их необходимо применять под сельскохозяйственные культуры, так как они позволяют значительно повышать урожайность (Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Басиев А.Е. и др., 2016).

Экономическую эффективность применения удобрений мы выразили через расчет дополнительного условно чистого дохода по методике Н.Н. Баранова (1964). Для расчета условно-чистого полученного дохода с 1 га следует от стоимости продукции с гектара вычесть материально-денежные затраты приходящиеся на гектар. Дополнительный условно-чистый доход от применения удобрений – это разница между стоимостью прибавки и суммой издержек, связанных с применением удобрений. Уровень рентабельности определяют делением чистого дохода на материально-денежные затраты и умножением на 100% (Завьялов Р.О., Соловьева Ю.А., 2021).

Сумма затрат, связанных с применением удобрений, включает в себя их стоимость, затраты на их погрузку, разгрузку, транспортировку, внесение в почву, а также на уборку, перевозку и доработку дополнительной продукции.

При расчете экономической эффективности нами были использованы цены на удобрения и сельскохозяйственную продукцию по данным «Динамики цен приобретения минеральных удобрений сельхозтоваропроизводителями органов управления АПК субъектов РФ» по состоянию на 14.09.2020 (<https://mcx.gov.ru/upload/iblock/4a5/4a5e8900ca37701862e106b46d2f0abe.pdf>).

Согласно этим данным, цены на минеральные удобрения составили (в тыс. руб. за 1 тонну): аммиачная селитра - 15,3; аммофос - 27,3; нитроаммофоска - 20,9; мочевины - 20,9; суперфосфат простой гранулированный - 27,3; хлористый калий - 20,4.

Цены на основную продукцию изучаемых культур составили: - зерно озимой пшеницы - 10,5 тыс. руб./т; зерно и зеленая масса кукурузы 9,9 и 3,5 тыс. руб./т.

Экономическая эффективность применения удобрений под культуры звена полевого севооборота в виде дополнительного условно чистого дохода и рентабельности представлена в **табл. 25 и прил. 36-38**.

**Таблица 25 - 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

Поскольку с увеличением доз удобрений расходы увеличивались, 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 связи с получением существенной прибавки от применения удобрений повышалась и выручка от реализации дополнительной продукции. Наибольшая стоимость прибавки наблюдалась по кукурузе на силос.

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.

В опытах Дагестанского НИИ сельского хозяйства на лугово-каштановых почвах наибольший чистый доход (23873 руб./га) получен при выращивании кукурузы в варианте с внесением повышенных доз минеральных удобрений $N_{120}P_{90}$ (Магомедов Н.Р. и др., 2010).

Таким образом, применение удобрений в севообороте эффективно с экономической точки зрения, на всех вариантах получен дополнительный условно чистый доход. В условиях хорошей обеспеченности предприятий минеральными удобрениями наиболее эффективны для производства расчетные дозы удобрений.

8.2. Окупаемость удобрений дополнительной продукцией

Эффективность удобрений в денежном выражении в настоящее время рассчитывается с трудом, поскольку нет стабильных цен на составляющей расходной и доходной части производства сельскохозяйственной продукции, поэтому мы посчитали не лишним дать агрономическую оценку эффективности систем удобрения по окупаемости внесенных удобрений выращенным дополнительным урожаем.

Агрономической эффективностью удобрений можно считать оплату единицы действующего вещества удобрений полученной прибавкой урожая культуры с одного гектара. Многие авторы называют этот показатель окупаемостью удобрений (Дзанагов С.Х. и др., 2020).

При расчете окупаемости удобрений прибавкой урожая сельскохозяйственных культур в длительных опытах надо иметь в виду, что к прямому действию удобрений здесь присоединяется эффект последствия (Минеев В.Г. и др., 1980).

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией рассчитывается по формуле: $O \text{ уд.} = P : K$; где $O \text{ уд.}$ – окупаемость каждого кг действующего

вещества удобрений кг дополнительной продукции, кг з.е./кг д.в.; П – прибавка урожая от применения удобрений, кг з.е.; К – количество внесенных питательных веществ удобрений, кг д.в. (з.е. – зерновые единицы, д.в. – действующее вещество удобрения).

Результаты наших расчетов окупаемости удобрений дополнительной продукцией культур звена севооборота представлены в табл. 26 и прил. 42-44.

Таблица 26 - Окупаемость удобрений дополнительной продукцией (з.е.) культур звена полевого севооборота по разным системам (в среднем за 3 года)

Вариант	Прирост продуктивности, кг з.е. / га	Внесено удобрений, кг/га	Окупаемость удобрений, кг з.е. / кг д.в.
N₁P₁K₁	1410	370	3,8
N₂P₁K₁	2010	500	4,0
N₁P₂K₁	1800	490	3,7
N₂P₂K₁	2450	620	4,0
N₂P₂K₂	2940	740	4,0
N₃P₂K₁	2930	750	3,9
N₃P₂K₂	3100	870	3,6
N₂P₃K₁	3030	740	4,1
N₂P₃K₂	3150	860	3,7
N₃P₃K₁	3240	870	3,7
N₃P₃K₃	3740	1110	3,4
Навоз+NPK	3240	740	4,4
Расчетный	4110	950	4,3

На варианте N₁P₁K₁ в среднем по звену севооборота окупаемость удобрений дополнительным урожаем составила 3,8 кг з.е./кг д.в. При одностороннем удвоении дозы азота она повысилась на 0,2 кг, а при аналогичном удвоении дозы фосфора - снизилась на 0,1 кг. Самая низкая окупаемость отмечена при внесении тройной дозы удобрений - 3,4 кг з.е./кг д.в.

Наибольшей окупаемостью удобрений дополнительной продукцией выделялись варианты навоз+NPK и расчетный - 4,4 и 4,3 кг з.е./кг д.в. соответственно.

Таким образом, каждый внесенный килограмм действующего вещества удобрений способствует получению 3,4-4,4 килограмм зерновых единиц дополнительной продукции. С увеличением доз удобрений в НРК окупаемость их снижается, что подтверждается и другими авторами.

По данным многочисленных исследований, увеличение доз удобрений может приводить либо к увеличению данного показателя, либо к его снижению. Академик В. Г. Сычѐв и А. Н. Аристархов (2004) утверждают, что минеральные удобрения имеют более высокую окупаемость, чем органические.

Результаты, полученные Г. П. Гамзиковым (2013), свидетельствуют о том, что при длительном применении органических и минеральных удобрений 1 кг д.в. может окупаться 12 кг зерна. При этом стабилизируются количественные и качественные параметры гумуса в почве и поддерживается высокий уровень соединений НРК.

В опытах А. М. Кравцова, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцовой (2018) на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья по мере интенсификации агроприемов на создание 1 т урожая зерна увеличивались затраты азота на 3,5-9,3 кг, фосфора - на 1,1-2,5 кг, а калия - на 2,0-4,7 кг.

По данным многочисленных полевых опытов Географической сети опытов ВИУА (ВНИИА), оплата 1 кг д. в. минеральных удобрений прибавками урожая основной продукции озимой пшеницы составляет 3,5-6,5 кг (<http://www.activestudy.info/effektivnost-primeneniya-udobrenij>).

По нормам ФАО (Food and Agricultural Organization - Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) оптимальной окупаемостью считается 10 кг зерна на 1 кг НРК.

8.2. Энергетическая эффективность

Расчет экономической эффективности позволяет в денежном выражении показать выгоду от применения того или другого сочетания минеральных удобрений. Однако в этом случае возникает определенная условность

полученных результатов в связи с тем, что цены на минеральные удобрения и их внесение в почву, а также на сельскохозяйственную продукцию по годам в значительной степени изменяются. В этом отношении более надежные и стабильные результаты дает расчет энергетической эффективности применения удобрений, основанный на использовании данных содержания энергии в удобрениях и полученной продукции (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Гагиев Б.В. и др., 2015).

Для разработки рациональных систем удобрения необходимо изыскивать менее энергоемкие технологические приемы и рациональные технологии возделывания, соизмерять свои возможности в отношении площадей сельскохозяйственных культур имеющихся ресурсов и давать относительную оценку эффективности технологий.

Анализ использования энергии в сельском хозяйстве показывает значительный рост затрат энергии промышленного производства (удобрения, жидкое тепло, газ) в связи с необходимостью все возрастающего увеличения производства сельскохозяйственной продукции. Каждое последующее вложение техногенной энергии в сельскохозяйственное производство окупается, как правило, все меньшей прибавкой энергии, связанной в биомассе урожая. Кроме того, увеличение продуктивности посевов за счет дополнительной энергии следует осуществлять при одновременном сохранении плодородия почвы (Воропаев В.Н., Кожемяко С.В., 2018).

В этой связи системы удобрения и севооборот выступают как приемы, управляющие биологической продуктивностью агроценозов, с одной стороны, а с другой – как система более рационального и эффективного использования энергетических ресурсов (Орлов Д.С., 1981).

О целесообразности энергетического подхода к расчету эффективности удобрений в настоящее время, когда в рыночных условиях вследствие изменяющихся цен на удобрения экономический расчет не способен дать объективную оценку дохода и затрат, указывают также А. А. Корчагин, М. А. Мазиров, Н. А. Комарова (2018) и многие другие исследователи.

Энергетическая эффективность применения удобрений - соотношение накопленной в дополнительном урожае биологической энергии с затратами технической энергии, связанными с удобрениями (Минеев В.Г., 1990).

Расчет производили по методике, предложенной В.Г. Минеевым и др. (1993). Содержание энергии в 1 т урожая составляло: зерна озимой пшеницы - 16450 МДж, зерна кукурузы - 15140 МДж, зеленой массы кукурузы - 4850 МДж. В совокупных энергозатратах на осуществление технологического процесса минеральные удобрения в расчете на 1 кг д.в. оценивают следующим количеством энергии: азотные - 86,6 МДж, фосфорные - 12,6 МДж, калийные - 8,3 МДж, навоз - 0,42 МДж.

Энергетическая эффективность применения удобрений в звене изучаемого нами севооборота представлена в таблице 27 и приложениях 39-41.

**Таблица 27 - Энергетическая эффективность удобрений
в звене полевого севооборота по разным системам**

Вариант	Энергетическая ценность дополнительной продукции, МДж/га	Энергетические затраты на применение удобрений, МДж/га	Энергетическая эффективность удобрений (КПД), ед
N₁P₁K₁	25978	4589	5,66
N₂P₁K₁	24603	7117	3,46
N₁P₂K₁	26925	4361	6,17
N₂P₂K₁	35045	7536	4,65
N₂P₂K₂	38793	7840	4,95
N₃P₂K₁	35927	10711	3,35
N₃P₂K₂	39479	11016	3,58
N₂P₃K₁	40930	9441	4,34
N₂P₃K₂	42720	9746	4,38
N₃P₃K₁	45685	12617	3,62
N₃P₃K₃	47522	12992	3,66
Навоз+NPK	42430	7840	5,41
Расчетный	49534	11418	4,34

Энергетические затраты на применение удобрений под озимую пшеницу наибольшими оказались в варианте N₃P₃K₃ - 15498 МДж/га. На расчетном варианте они были меньшими - 11241 МДж/га. Наибольший показатель энергетиче-

ской эффективности был присущ варианту $N_1P_2K_1$ 5,5 ед., на втором месте вариант навоз + NPK - 5,4 ед., а в расчетном варианте - 4,3 ед.

При внесении удобрений под кукурузу на зерно и на силос затраты энергии были одинаковыми (поскольку одинаковы дозы удобрений), и наибольшие затраты отмечены в расчетном варианте - 14171 МДж/га. Наибольший энергетический КПД по кукурузе на зерно получен на трех вариантах: $N_2P_3K_1$, $N_2P_3K_2$ и Навоз+NPK и составил 5,8 ед., а по кукурузе на силос значительно выше - 9,8 ед. на варианте $N_2P_3K_2$.

В среднем по звену севооборота энергетические затраты на применение удобрений составляли 4889-12992 МДж/га в зависимости от варианта. Наибольшими они оказались на вариантах $N_3P_3K_3$ и $N_3P_3K_1$.

Энергетический КПД при внесении одинарной дозы NPK составлял 5,66 ед. Одностороннее удвоение дозы азота снизило его до 3,46 ед., а аналогичное удвоение дозы фосфора заметно повысило - до 6.17 ед.

Наиболее эффективным оказался вариант $N_1P_2K_1$ - 6,17 ед., на втором месте - навоз+ NPK -5,41 ед. В расчетном варианте энергетический КПД составлял 4,34 ед.

В многолетнем полевом опыте Белгородского НИИСХ на черноземе типичном минеральные удобрения в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ с регуляторами роста позволили получить чистую энергетическую прибыль в размере 78,6 и 77,7 ГДж/га при довольно высоких биоэнергетических коэффициентах 2,96 и 2,97 (Хлопяников А.М., Крюков А.Н., Ибадуллаев К.Б., 2012).

В длительном стационарном опыте на сероземно-луговых почвах Кыргызстана коэффициент энергетической эффективности варьировал от 2,02 при двойной норме удобрений ($N_{180}P_{200}K_{60}$) до 44,32 единиц при системе удобрения без азота ($P_{15}K_{30}$). Это связано с отсутствием в составе удобрений высокзатратных азотных удобрений (Дуйшембиев Н.Д., Ахматбеков М.А., Мамбетов К.М. и др., 2018).

Таким образом, удобрения обеспечивают получение дополнительной продукции при относительной экономии энергозатрат на их производство.

Обобщая данные по эффективности применения удобрений в севообороте, можно заключить, что на всех вариантах внесение удобрений обеспечивает получение дополнительного экономического, агрономического и энергетического эффекта. Производимые затраты не только окупаются, но и способствуют преумножению вложенных средств.

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 ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Checkaev, N. P. The use of silicon-containing agro ores for increasing the productivity of agricultural crops / N. P. Checkaev, I. N. Semov, A. Yu. Kuznetsov, A. N. Arefyev, E. G. Rylyakin // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. - 2019. - Т. 10. - №1. - P. 114-117.
2. Duan, W. X. Effects of nitrogen application on biomass accumulation, remobilization, and soil water contents in a rainfed wheat field / W. X. Duan, Z. W. Yu, Y. L. Zhang, et al. // Turkish Journal of Field Crops. - 2014. - Vol. 19. - Is. 1. - P. 25–34.
3. Koryagin, Y. The influence of microbiological fertilisers on the productivity and quality of winter wheat / Y. Koryagin, E. Kulikova, S. Efremova, N. Sukhova // Plant Soil Environ. - 2020. - № 66. - P. 564–568.
4. Stakhurlova, L. D. Biological activity as an indicator of chernozem fertility in different biocenoses. / L. D. Stakhurlova, I. D. Svistova, D. I. Shcheglov // Eurasian Soil Science. - 2007. - №40. P. 694–699.
5. Абрамов, Н. В. Агрэкономическое обоснование применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в Северном Зауралье / Н. В. Абрамов, Д. В. Еремина, Д. И. Еремин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. - 2010. - №5. - С. 11–17.
6. Авраменко, П. С. Справочник по приготовлению, хранению и использованию кормов / П. С. Авраменко, Л. М. Постовалова, Н. В. Главацкий и др.; Под ред. П.С. Авраменко. –2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Ураджай, 1993. – 351 с.
7. Агафонов Е. В. Система удобрения гибридов кукурузы при выращивании на зерно / Е. В. Агафонов, А. А. Батаков // Кормопроизводство. - 2002. - № 5. - С.18-20.
8. Агладзе, Г. Влияние гербицидов и минеральных удобрений на урожай и качество фуражной кукурузы / Г. Агладзе, Д. Джинчарадзе, М. Чабукиани // Кормопроизводство. – 2003. – № 10. – С. 23-24.

9. Адаменко С. М. Управление минеральным питанием кукурузы / С. М. Адаменко, И. П. Костюшко // Зерно. - №3, - 2014.
10. Азизов, Б. М. Урожайность и технологические качества зерна озимой пшеницы при некорневой подкормке / Б. М. Азизов // Аграрная наука. - 2013. - №9. - С. 15-16.
11. Айларов, А. Е. Модель адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ) для предгорной лесостепной зоны РСО-Алания / А. Е. Айларов, А. А. Абаев, Э. Д. Адиньяев, Д. М. Мамиев // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2011. - Т. 48. - № 1. - С. 25-29.
12. Айсанов, Т. С. Динамика агрохимических показателей чернозема выщелоченного и урожайность озимой пшеницы в зависимости от предшественников / Т. С. Айсанов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2015. - №105. - С. 648-658.
13. Акинчин, А. В. Влияние азотных подкормок на урожай и качество озимой пшеницы / А. В. Акинчин, С. А. Линков, А. Ф. Самойлова // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. - 2019. - № 4 (24). - С. 186-192.
14. Акулов, А. А. Теоретические и практические возможности возделывания кукурузы на фуражное зерно / А. А. Акулов // Кормопроизводство. – 2010. – № 2. – С. 3-5.
15. Албегов, Р. Б. Агроландшафты Республики Северная Осетия - Алания: природно-ресурсный потенциал, экологический анализ, энергетическая оценка / Р. Б. Албегов, С. С. Гагиева - Владикавказ, 2014. - С. 33-35
16. Алексеев, А. В. Изменение плодородия чернозема выщелоченного при использовании природных цеолитов и удобрений / А. В. Алексеев, Е. В. Кузин, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина / Вестник Саратовского госагроуниверситета. - 2013. - №3 (23). - С. 4-10.
17. Алимкулов, С. О. Биологическая роль фосфора в жизни растений / С. О. Алимкулов, Д. К. Мурадова // Молодой ученый. - 2015. - №10. - С.44-47.

18. Алпатьев, А. М. Влагооборот культурных растений / А. М. Алпатьев – Л.: Гидрометеоиздат, 1954. – 248 с.
19. Андриеш, С. В. Влияние минеральных удобрений на химический состав, урожай и качество кукурузы на выщелоченном черноземе: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. - М., 1971. – 24 с.
20. Антонова, О. И., Шестаков, А. Г. Управление питанием кукурузы на черноземах умеренно засушливой и колючной степи Алтайского края / О. И. Антонова, А. Г. Шестаков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2014. - № 4 (114). - С. 5-9.
21. Арефьев, А. Н. Изменение плодородия чернозема выщелоченного и продуктивности культур зернопарового севооборота под влиянием полимерной мелиорации и удобрений / А. Н. Арефьев, А. М. Ханин, Е. Н. Кузин // Нива Поволжья. – 2010. – № 3(16). – С. 5-11.
22. Артемьев, А. А. Продуктивность севооборота и изменение плодородия почвы в зависимости от доз и соотношений минеральных удобрений / А. А. Артемьев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2015. - № 4 (47). - С. 51-55.
23. Афанасьев, Р. А. Содержание подвижного фосфора в почвах при длительном применении удобрений / Р. А. Афанасьев, Г. Е. Мерзлая // Агрохимия. - 2013. - №2. - С. 30-36.
24. Аюпов, З. З. Продуктивность полевых севооборотов в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрений / З. З. Аюпов, Н. Г. Рыщева // Достижения науки и техники АПК. - 2010. - №2. - С. 10-12.
25. Бакаева, Н. П. Антистрессовое воздействие органоминеральных удобрений в агротехнологии озимой пшеницы / Н. П. Бакаева, О. Л. Салтыкова // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2020. - № 4 (52). - С. 65-72.
26. Бакаева, Н. П. Влияние агротехнологий на запасы гумуса в почве при возделывании озимой пшеницы в Среднем Поволжье / Н. П. Бакаева, О.

Н. Салтыкова, Е. Х. Нечаева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. - №3 (43). - С. 37-45.

27. Баранов, Н. Н. Экономика использования удобрений и гербицидов. – М.: Колос, 1964. – 320 с.

28. Басиев, А. Е. Продуктивность звена полевого севооборота и агрохимические свойства выщелоченного чернозема в зависимости от системы удобрения: Дис. ... канд. с.-х. наук. - Владикавказ, 2006. – 150 с.

29. Башков, А. С. Повышение эффективности удобрений на дерново-подзолистых почвах Среднего Предуралья: монография / А. С. Башков. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – 328 с.

30. Белослудцев, Д. В. Изменение калийного состояния почвы при длительном применении минеральных удобрений на фоне последствия известкования / Д. В. Белослудцев, А. Н. Исупов, А. С. Башков // Плодородие. - 2021. - № 1 (118). - С. 33-36.

31. Бельков, Г. И. Сохранение и повышение плодородия почв в современных условиях Оренбургской области / Г. И. Бельков, Н. А. Максютов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2014. - №6 (50). - С. 8-10.

32. Бельченко, С. А. Влияние систем удобрения на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / С. А. Бельченко, И. Н. Белоус, М. Г. Драганская // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - № 5. - С. 59-61.

33. Бобренко, И. А. Изменение содержания подвижного калия в почвах лесостепи Западной Сибири / И. А. Бобренко, О. А. Матвейчик, А. Г. Шмидт // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – №3 (39). – С. 14-19.

34. Болдышева, Е.П. Диагностика и оптимизация микроэлементного питания озимой ржи на лугово-чернозёмной почве Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Е. П. Болдышева. – Омск, 2018. – 18 с.

35. Бортник, Т. Ю. Баланс органического вещества и элементов питания в условиях сельскохозяйственного производства на дерново-

подзолистых почвах Вятско-Камской земледельческой провинции / Т. Ю. Бортник, А. С. Башков, В. А. Капеев, Б. Б. Борисов // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. - 2021. - № 1 (65). - С. 21-33.

36. Бочарникова, Е. Г. Продуктивность различных сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов / Е. Г. Бочарникова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2018. - № 3. - С. 66-70.

37. Бутяйкин, В. В. Плодородие чернозема выщелоченного при минимизации основной обработки почвы / В. В. Бутяйкин, М. Н. Чаткин // Земледелие, почвоведение и агрохимия. - 2014. - № 4 (37). - С. 36-40.

38. Бухориев, Т. А. Влияние минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы / Т. А. Бухориев, М. О. Тухтаев // Доклады Таджикской академии сельскохозяйственных наук. - 2014. - №3(41). - С. 12-17.

39. Бясов, К. Х. Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания: В 18-ти т. / К. Х. Бясов, С. Х. Дзанагов, Н. И. Калоева, и др. / М-во окр. среды РСО-А – Владикавказ: Проект-Пресс, 2000 – 384 с.

40. Вавилов, П. П. Растениеводство / П. П. Вавилов, В. В. Гриценко, В. С. Кузнецов, и др. - М.: Агропромиздат, 1986. – 512с.

41. Васбиева, М. Т. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы Предуралья при длительном применении удобрений / М. Т. Васбиева // Почвоведение. - 2021. - № 1. - С. 90-99.

42. Велиева, А. М. Показатели плодородия серо–коричневых почв Самухского района Азербайджана под зерновыми культурами А. М. Велиева // Агрохимия и почвоведение. - 2013. - Том: 48. - С. 237-240.

43. Вильдфлуш И. Р. Рациональное применение удобрений / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов, В. В. Лапа, Т. Ф. Персикова. - Горки: Белорусская ГСХА, 2002. - 324 с.

44. Володарский, Н. И. Биологические основы возделывания кукурузы / Н. И. Володарский. — М.: Колос, 1986. — 255 с.

45. Волынкина О. В. Баланс питательных веществ на посевах сельскохозяйственных культур / О. В. Волынкина // Плодородие. - 2020. - № 4 (115). - С. 13-16.
46. Волынкина, О. В. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические показатели выщелоченного чернозема и продуктивность культур / О. В. Волынкина, Е. В. Кириллова, Ю. Я. Емельянов, А. Н. Копылов, // Аграрный вестник Урала. - 2014. - № 7 (125). - С. 15-21.
47. Воробьев, В. Б. Влияние уровней азотного питания озимой пшеницы на баланс питательных веществ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. Б. Воробьев // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2020. - № 2. - С. 107-111.
48. Воронин, А. Н. Влияние агротехнических факторов на плодородие почвы и урожайность кукурузы на зерно / А. Н. Воронин, В. Д. Соловченко, Е. В. Навольнева, С. А. Дмитриенко // Кукуруза и сорго. - 2015. - Т. 1. - №1. С. 9-14.
49. Воропаев В. Н. Энергетическая и экономическая эффективность системы применения удобрений в севооборотах / В. Н. Воропаев, С. В. Кожемяко // Агропромышленные технологии Центральной России. - 2018. - № 4 (10). С. 54-63.
50. 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.
51. 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.

52. 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.
53. Гамзиков, Г. П. Баланс и превращение азота удобрений / Г. П. Гамзиков, Т. И. Костин. – Новосибирск: Наука, 1985. – 160 с.
54. Гамзиков, Г. П. Проблемы агрохимии в современном земледелии / Г. П. Гамзиков // Инновации и продовольственная безопасность. - 2013. - №1(1). - С. 88-100.
55. Гинзбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гинзбург - М.: Наука, 1981. - 242 с.
56. Глазунов, Г. П. Автоматизация проведения оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафта для оптимизации землепользования / Г. П. Глазунов / Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: сборник докладов международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почвы. - Курск, 2017. - С. 93-97.
57. Глухих, М. А. Динамика азота в почвах Зауралья / М. А. Глухих, Т. С. Калганова // АПК России. - 2015. - Т. 71. - С. 118–125.
58. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество культур звена севооборота на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности / Е. В. Голосной, В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрохимический вестник. – 2013. - №2. – С. 33-35.
59. Голосной, Е. В. Влияние систем удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края / Е. В. Голосной, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида // Плодородие. - 2013. - №3(72). - С. 4-5.
60. Грехова, И. В. Оценка плодородия пахотных земель / И. В. Грехова, В. К. Семенов / Аграрный вестник Урала. - 2012. - № 5 (97). - С. 5-7.

61. Гречишкина, Ю. И. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного под влиянием оптимизации систем удобрений в севообороте / Ю. И. Гречишкина, А. Н. Есаулко, О. А. Подколотин // Проблемы агрохимии и экологии. - 2009. - №1. - С. 3-7.

62. Григорьев, А. А. Высокопродуктивные экологически безопасные технологии возделывания кукурузы на силос на почвах Верхневолжья / А. А. Григорьев, Л. И. Ильин, С. И. Зинченко, А. А. Безменко. - Суздаль: Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, 2020. - С. 94-140.

63. Гринец, Л. В. Применение минеральных удобрений в зернопаровом севообороте на обыкновенных черноземах в зависимости от обеспеченности почв фосфором / Л. В. Гринец // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2007. - Том: 3 . - №15-1. - С. 114-117.

64. Гулидова, В. А. Ресурсосберегающая технология озимой пшеницы / В. А. Гулидова. - Липецк, 2006. - 400 с.

65. Даниленко, Ю. Л. Совершенствование технологий возделывания кукурузы – основной путь повышения урожайности / Ю. Л. Даниленко, Т. А. Любименко // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 6. – С. 2-3.

66. Дегтярева, И. А. Повышение эффективности применения органических и минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры на выщелоченном черноземе Республики Татарстан / И. А. Дегтярева, Ш. А. Алиев, Р. Х. Гизатуллин [и др.] // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - №1. - С. 206.

67. Демин, Е. А. Органогенез кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Тюменской области / Е. А. Дёмин, Д. И. Ерёмин, В. С. Паклин // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. - 2017. - № 1 (36). С. - 23-29.

68. Демчук, А. В., Урожайность пшеницы озимой по нуту в зависимости от способа внесения азотных удобрений в степной зоне Крыма / А. В. Демчук, А. В. Черкашина, С. А. Моляр // Таврический вестник аграрной науки. - 2016. - № 4 (8). - С. 88-96.

69. Дерюгин, И. П. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур / И. П. Дерюгин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 270 с.
70. Джанаев, Г. Г. Почвы и удобрения в Северной Осетии / Г. Г. Джанаев. - Орджоникидзе: Ир, 1970. – 474 с.
71. Джанаев, Г. Г. Удобрения в автономных республиках Северного Кавказа / Г. Г. Джанаев. - Орджоникидзе: Ир, 1984. – 310 с.
72. Джикаева, Л. Г. Плодородие почвы и продуктивность почвозащитного звена севооборота в горной зоне РСО–Алании / Л. Г. Джикаева // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2012. - Том 49. - №3. -С. 71-73.
73. Дзанагов, С. Х. Действие удобрений на эффективное плодородие чернозема выщелоченного, урожайность, качество урожая сельскохозяйственных культур и продуктивность звена полевого севооборота / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев, З. Т. Кануков, Э. А. Цагараева // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2016. - Том.53. - №2. - С. 18-27.
74. Дзанагов, С. Х. Динамика содержания гумуса в черноземе выщелоченном под действием удобрений / С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2015. - Том 52. - №2. - С. 19-24.
75. Дзанагов, С. Х. Плодородие почв и удобрения / С. Х. Дзанагов. – Орджоникидзе: Ир, 1987. – 195 с.
76. Дзанагов, С. Х. Плодородие почв Северной Осетии-Алании / С. Х. Дзанагов, В. В. Бестаев, Т. К. Лазаров, Р. А. Цуциев // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2019. - Т. 56. - № 2. - С. 47-54.
77. 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.

78. Дзанагов, С. Х. Рост, развитие и урожайность озимой пшеницы в зависимости от удобрений / С. Х. Дзанагов, Р. А. Цуциев / Перспективы развития АПК в современных условиях / Материалы 8-й Международной научно-практической конференции. - 2019.- С. 3-5.

79. 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.

80. 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.

81. Дзанагов, С. Х. Эффективность удобрений в севообороте и плодородие почв / С. Х. Дзанагов. – Владикавказ: Горский госагроуниверситет, 1999. – 364 с.

82. Диденко, В. Н. Плодородие почвы в зернопаровых севооборотах короткой ротации в Оренбургском Предуралье / В. Н. Диденко, А. В. Кашеев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2011. - Том: 3. - №31-3. - С. 58-60.

83. Добровольский, Г. В. Деграция почв – угроза глобального экологического кризиса / Г. В. Добровольский // Век глобализации. - 2008. - №2. - С. 54-65.

84. Долгополова, Н. В. Действие удобрений на динамику пищевого режима и урожайность зерновых культур в севообороте / Н. В. Долгополова, Е. Ю. Кондратова // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2019. - № 2. - С. 21-24.

85. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 320 с.

86. Драганская, М. Г. Продуктивность севооборотов в зависимости от систем удобрения и технологий возделывания культур / М. Г. Драганская, Н. М. Белоус, С. А. Бельченко // Проблемы агрохимии и экологии. - 2011. - № 2. - С. 13-19.

87. Дробышев, А. П. Полевые севообороты и их влияние на запасы органического вещества в черноземах Приобья Алтая / А. П. Дробышев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2013. - № 5 (103). - С. 13-15.

88. Дудаева, З. С. Географические факторы развития и функционирования сельского хозяйства Северной Осетии / З. С. Дудаева // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени К. Л. Хетагурова. - 2013. - № 4. - С. 405-411.

89. Дуйшембиев, Н. Д. Энергетическая эффективность применения удобрений год яровую пшеницу, при ресурсосберегающей технологии питания / Н. Д. Дуйшембиев, М. А. Ахматбеков, К. М. Мамбетов [и др.] // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. - 2018. - № 1 (46). - С. 123-124.

90. Езеев, А. А. Агрохимическая характеристика чернозема выщелоченного Силтанукской возвышенности. А. А. Езеев, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2011. - Т.48. - №1. - С.32-34.

91. Емельянов, Ю. А. Приемы эффективного использования фосфорного удобрения / Ю. А. Емельянов, А. Н. Копылов, О. В. Волынкина, Е. В. Кириллова // Агрохимия. - 2014. - №7. - С. 27-32.

92. Еремин, Д. И. Фосфорный режим кукурузы, выращиваемой по зерновой технологии в лесостепной зоне Зауралья / Д. И. Еремин, Е. А. Демин // агропродовольственная политика России. – 2017. – No 5 (65). – С. 86–91.

93. Еремин, Д. И. Влияние минеральных удобрений на содержание легкогидролизуемого азота и нитрификационную способность пахотного

чернозема в лесостепи Зауралья / Д. И. Еремин, О. Н. Демина // Вестник КрасГАУ. - 2021. - № 2 (167). - С. 26-32.

94. Ермохин, Ю. И. Управление почвенным плодородием и питанием культурных растений. В 4 т. / Ю. И. Ермохин / Т.1.: Плодородие почв и эффективность удобрений: Монография. - Омск: ЛИТЕРА, 2014. - 304 с.

95. Ероховец, М. А. Мониторинг плодородия черноземов степной зоны / М. А. Ероховец, Р. М. Хижняк, А. В. Малыгин // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - №9. - С. 18-20.

96. Есаулко, А. Н. Совершенствование систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко, В. В. Агеев // Агрохимический вестник. – 2005. – №4 – С. 7-11.

97. Жеруков, Т. Б. Влияние применения минеральных удобрений и регуляторов роста растений на технологические показатели качества зерна озимой пшеницы / Т. Б. Жеруков, А. Ю. Кишев, Д. А. Тутуков // Успехи современного естествознания. - 2019. - № 12-2. - С. 211-217.

98. Жиленко, С. В. Динамика содержания органического вещества в черноземах Кубани / С. В. Жиленко, Р. С. Давыденко // Проблемы агрохимии и экологии. - 2012. - № 3. - С. 15-18.

99. Жиругов, Р. Т. Сохранение плодородия почв - основа интенсификации земледелия / Р. Т. Жиругов // Аграрный вестник Урала. - 2013. - № 12 (118). - С. 6-9.

100. Жураев, А. Н. Оптимальные элементы агротехнологии при возделывании озимой пшеницы / А. Н. Жураев // Вестник современных исследований. - 2018. - № 7.3 (22). - С. 133-135.

101. Жученко, А. А. Ресурсный потенциал производства зерна в России (теория и практика) / А. А. Жученко. - М.: ООО «Издательство Агрорус», 2004. - 1109 с.

102. Завалин, А. А. Современное состояние использования азота в мировом земледелии / А. А. Завалин // Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении

систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах: м-лы Междуна-
р. научной конференции. – М., 2018. – С. 46–54

103. Завьялов, Р. О. Оценка результатов экономической эффективности применения минеральных удобрений под ячмень (*Hordeum sativum* L.) / Р. О. Завьялов, Ю. А. Соловьева // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. - 2021. - № 36 (41). - С. 19-24.

104. Захаров, С. А. Почвы Предкавказья / С. А. Захаров / Почвы СССР. Т.3. - М., 1939. - С. 297-324.

105. Зезюкова, Н. И. Скорость минерализации гумуса в черноземе выщелоченном / Н. И. Зезюкова, Н. И. Придворева, А. В. Дедова // Агрохимический вестник – 2000. №3. – С. 14-17.

106. Землянухин, А. А. Физиология растений / А. А. Землянухин. - М., 1987.

107. Золотарёва, Р. И. Структурный анализ озимой ржи в зависимости от сорта и внесения минерального удобрения / Р. И. Золотарёва, В. А. Максимов // Международный научно-исследовательский журнал. - 2020. - № 7-1 (97). - С. 151-155.

108. Зонн, С. В. Краткий почвенно-географический очерк КБ АССР текст. / С. В. Зонн, И. П. Герасимов / Природные ресурсы Кабардино-Балкарской АССР. - М.-Л., 1946. - С. 325-362.

109. Зотиков, В. И. Повышение продуктивности и устойчивости агро-экосистем / В. И. Зотиков, А. Д. Задорин. - Орел: ООО ПФ «Картуш», 2007. - 197 с.

110. Иванова, О. М. Влияние азотных удобрений на урожайность и качество различных сортов озимой пшеницы на типичном черноземе Тамбовской области / О. М. Иванова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2012. - №4. - С. 49-54.

111. Иванюшин, Е. А. Запасы гумуса и азота в чернозёмах Зауралья / Е. А. Иванюшин, А. М. Плотников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2010. - № 9 (71). - С. 37-39.

112. Ионова, Е. В. Фотосинтетическая деятельность и динамика накопления сухой массы растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий выращивания / Е. В. Ионова, В. Л. Газе, В. А. Лиховидова // Зерновое хозяйство России. - 2020. - № 1 (67). - С. 23-27.

113. Исайчев, В. А. Влияние макроэлементов и регуляторов роста на динамику содержания азота, фосфора, калия и серы в растениях озимой пшеницы сорта бирюза в условиях лесостепи Среднего Поволжья / В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев, Д. В. Плечов / Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2016. - № 1 (33). - С. 25-32.

114. Исаков, А. Н. Применение минеральных и органических удобрений в калужской области / А. Н. Исаков, А. Н. Володченков // Агрехимический вестник. - 2009. - №6. - С. 4-6.

115. Ишмухамедова, Р. Ч. Влияние удобрений на качество зерна пшеницы / Р. Ч. Ишмухамедова, Д. И. Убайдуллаева, Н. И. Ирнарзорова // Агрехимический вестник. - 2011. - №1. - С. 40.

116. Кадыров, С. В. Технологии программированных урожаев в ЦЧР: справочник. - С. В. Кадыров, В. А. Федотов. - Воронеж, 2005. - 544 с.

117. Казанкова, К. С. Содержание фосфора и калия в почвах степной зоны Омской области /К. С. Казанкова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. - 2021. - № 1 (24) - С. 3.

118. Калугин, Н. В. Силос из кукурузы для скота / Н. В. Калугин, В. И. Зубакин, Г. И. Левахин, В. Х. Краус, // Зоотехния. - 1990. - № 9. - С. 33–35.

119. Кануков, З. Т. Влияние различных систем удобрения на урожайность и качество зерна кукурузы в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2015. - Т. 52. - № 2. - С. 39-44.

120. Кануков, З. Т. Влияние удобрений на урожайность, качество сельскохозяйственных культур, продуктивность звена севооборота и агрохимические свойства выщелоченного чернозема РСО-Алания. //Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. - Владикавказ, 2009. - 24 с.

121. Кануков, З. Т. Плодородие чернозема и урожайность озимой пшеницы при применении удобрений / З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Плодородие. - 2008. - № 6 (45). - С. 4-6.
122. Кашуков, М. В. Применение органоминеральных удобрений под гибриды кукурузы / М. В. Кашуков, З. Х. Топалова, // Аграрная наука. - 2011. - № 5. - С. 23-24.
123. Кидин, В. В. Система удобрения / В. В. Кидин. - М.: РГАУ МСХА, 2012. - 534 с.
124. Кираев, Р. С. Совершенствование севооборотов в Башкортостане / Р. С. Кираев, М. Г. Сираев, Р. А. Миндибаев / Вестник БГАУ. - 2011. - № 4. - С. 23-25.
125. Коданев, И. М. Агротехника и качество зерна / И. М. Коданев. - М.: Колос, 1970. - 232 с.
126. Козеичева, Е. С. Эффективность азотных удобрений в зависимости от агрохимических свойств черноземных почв ЦФО РФ / Е. С. Козеичева, О. М. Иванова, Л. С. Чернова, В. Прошкин // Плодородие. - 2011. - №2. - С. 12-13.
127. Козлова, Л. М. Севооборот как биологический прием сохранения почвенного плодородия и повышения продуктивности пашни / Л. М. Козлова, Т. С. Макарова, Ф. А. Попов, А. В. Денисова // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №1. - 16-18.
128. Колчанов, А. В. Минеральные удобрения и эффективность их применения / А. В. Колчанов, В. Н. Щедрин, А. А. Бурдун // Агрохимический вестник. – 1999. - №5. - С. 18.
129. Комарова, Н. А. К экологической обстановке в низкогорном ландшафтном ярусе Северной Осетии (климат: по данным метеопоста СОГПЗ) / Н. А. Комарова / Развитие регионов в XXI веке. / Материалы I Международной научной конференции. - Владикавказ: Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова. - 2013. - С. 266-271.

130. Конова, А. М. Продуктивность севооборота и плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении агрохимических средств / А. М. Конова, Л. М. Державин, Л. Н. Самойлов // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - №3. - С. 9-11.
131. Кореньков, Д. А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях / Д. А. Кореньков. М.: Росагропромиздат, 1990. - 192 с.
132. Корчагин, А. А. Влияние систем удобрений на динамику содержания, групповой состав гумуса серых лесных почв и продуктивность севооборотов / А. А. Корчагин, М. А. Мазиров / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2014. - № 5 (115). - С. 32-38.
133. Корчинская, Е. А. Повышение эффективности применения органических удобрений в Украине / Е. А. Корчинская // Вестник АПК Верхневолжья. - 2013. - №2 (22). - С. 30-33.
134. Коршунов А. А. Эффективность применения минеральных удобрений и регуляторов роста на озимой пшенице на черноземе обыкновенном / А. А. Коршунов, Т. А. Рутор, С. С. Терехова / В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. - 2012. - С. 30-32.
135. Кочергин, А. Е. Условия азотного питания зерновых культур на черноземах Сибири / А. Е. Кочергин // Агробиология, 1956, № 2. - С. 76-88.
136. Кошкин, Е. И. Частная физиология полевых культур / Е. И. Кошкин, Г. Г. Гатаулина А. Б., Дьяков и др. - М.: Колос, 2005. - 344 с.
137. Кравцов, А. М. Влияние приемов агротехники на обеспеченность растений питательными веществами и продуктивность озимой пшеницы / А. М. Кравцов, А. В. Загорулько, Н. Н. Кравцова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 65. - С. 76-82.
138. Кравцова, Н. Н. Агробиологические показатели кукурузы в зависимость от густоты стояния растений и протравителя семян / Н. Н. Кравцова, Р. В. Кравченко, С. С. Терехова, Н. И. Бардак // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2020. - № 158. - С. 39-53.

139. Красницкий, В. М. Агроэкологический мониторинг почв на правом берегу Иртыша лесостепной зоны Омской области / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт, О. А. Матвейчик // Плодородие. – 2016. – №3. – С. 33-36.

140. Красницкий, В. М. Баланс питательных веществ в земледелии Омской области / В. М. Красницкий, А. Г. Шмидт, А. А. Цырк // Плодородие. - 2018. - № 2 (101). - С. 4-5.

141. Крупкин, П. И. Создание оптимального уровня азота в почве для питания растений в Сибири / П. И. Крупкин, А. И. Южаков // Агрохимия. – 1986. – №5. – С. 9–12.

142. Кузина, Е. В. Влияние обработки почвы и удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / Е. В. Кузина // Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2021. - Т. 16. - № 1 (61). - С. 28-33.

143. Курсакова, В. С. Формирование продуктивности посевов кукурузы в зависимости от препаратов азотфиксирующих бактерий, микоризы и уровня азотного питания в условиях степной зоны Алтайского Приобья / В. С. Курсакова, Н. В. Чернецова, М. А. Гаенко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. - 2015. - № 4 (126). - С. 10-16.

144. Лабынцев, А. В. Отзывчивость гибридов кукурузы на удобрение / А. В. Лабынцев, С. В. Пасько, А. Н. Кравченко // Зерновое хозяйство России. - 2012. - № 5. - С. 42-47.

145. Лабынцев, А. В. Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы и кукурузы на зерно при различных уровнях интенсивности технологий / А. В. Лабынцев, В. В. Губарева // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2012. - № 4. - С. 46-55.

146. Лазаров, Т. К. Влияние удобрений на продуктивность звена полевого севооборота и агрохимические свойства выщелоченного чернозема лесостепной зоны РСО-Алания: Дис. ... канд. с.-х. наук. - Нальчик, 2001. - 150 с.

147. Лапа, В. В. Плодородие почв и использование удобрений в Республике Беларусь / В. В. Лапа // Плодородие. - 2014. - № 6 (81). - С. 19-20.

148. Лапотко, А. М. Стойловый период: кормим коров физиологично, продуктивно и экономично / А. М. Лапотко // Наше сельское хозяйство. – 2009. - № 9. – С. 26-34.

149. Лигум С.Т. Балансовый коэффициент использования растениями питательных веществ из удобрений и почвы и его применение //Агрохимия. – 1977. - №5. – С. 128-133

150. Лисовал, А.П. Система применения удобрений : [Учеб. пособие для вузов по агр. спец.] / А. П. Лисовал, В. М. Макаренко, С. Н. Кравченко; Под общ. ред. А. П. Лисовала. - Киев : Выща шк., 1989. – 317 с.

151. Лицуков, С. Д. Влияние способов обработки почвы и удобрений на засоренность и урожайность кукурузы на зерно / С. Д. Лицуков, А. И. Титовская, А. Ф. Глуховченко, А. П. Карабутов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. - 2012. - Т. 39. - № 6. - С. 27-29.

152. Лопырев, М. И. Рациональная организация агроландшафтов – основа сохранения природных ресурсов и повышения продуктивности земель / М. И. Лопырев, Е. В. Недикова, В. Д. Постолов, В. В. Адерихин // Земледелие. - 2014. - №5. - С. 3-6.

153. Ляшко, В. Ф. Повышение плодородия почв южной лесостепной зоны Челябинской области / В. Ф. Ляшко, В. С. Зыбалов, И. П. Добровольский // АПК России. - 2015. - Том 72. - № 2. - С. 141-147.

154. Магомедов, Н. Р. Продуктивность кукурузы на лугово-каштановых орошаемых почвах в зависимости от способа обработки и дозы удобрений / Н. Р. Магомедов, С. А. Теймуров, А. А. Теймуров, М. М. Аличаев, А. А. Айтемиров, А. М. Омаров, // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2010. - № 4. - С. 12-14.

155. Макаров, Б. Н. Газообразные потери азота почвы и удобрений и приемы их снижения / Б. Н. Макаров // Агрохимия. - 1994. - № 1. - С. 101-114.

156. Мальцев, В. Т. Влияние способов основной обработки почвы и удобрений на содержание подвижного азота в серой лесной почве и продуктивность севооборота / В. Т. Мальцев, Е. Н. Дьяченко // Достижения науки и техники АПК. - 2011. - № 12. - С. 8-11.

157. Малюга, Н. Г., Зависимость урожайности озимой пшеницы от экологических условий на черноземах Западного Предкавказья / Н. Г. Малюга, В. Г. Кравченко, А. А. Квашин / Мат. регион. науч.-практ. конф. "Удобрения и урожай". - Майкоп: ГУРИПП "Адыгея", 2005 - С. 196-204

158. Мамбетов, К. Б. Влияние удобрений на накопление сухого вещества озимой пшеницей в севообороте на сероземно-луговых почвах Чуйской долины / К. Б. Мамбетов // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. - 2015. - № 1 (33). - С. 111-114.

159. Мамедова, П. М. Влияние условий возделывания на урожайность и кормовое качество зерен кукурузы / П. М. Мамедова // Аграрная наука. - 2015. - № 2. - С. 12-13.

160. Мамсиров, Н. И. Некоторые элементы технологии возделывания белозерной пищевой кукурузы "Адыгейская" / Н. И. Мамсиров, Р. К. Тугуз // Вестник Майкопского государственного технологического университета. - 2010. - № 1. - С. 140-142.

161. Мамсиров, Н. И. Отзывчивость новых сортов кукурузы на внесение минеральных удобрений / Н. И. Мамсиров /Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве» // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию профессора С.Х. Дзанагова. - Владикавказ, Изд. «Горский госагроуниверситет», 2012. – С. 147-149.

162. Мамсиров, Н. И. Совершенствование некоторых элементов агротехники возделывания озимой пшеницы / Н. И. Мамсиров // Аграрная Россия. - 2018. - № 6. - С. 9-12.

163. Манжина, С.А. Анализ обеспеченности АПК России удобрениями // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2017. - № 3(27). - С. 199–221.
164. Марчик, Т. П. Почвоведение с основами растениеводства : учеб. пособие / Т. П. Марчик, А. Л. Ефремов – Гродно : ГрГУ, 2006. – 249 с.
165. Мерзлая, Г. Е. Исследование устойчивости агроценозов при длительном применении удобрений на дерново-подзолистой почве / Г. Е. Мерзлая // Почвоведение. - 2021. - № 3. - С. 355-362.
166. Местешов, Г. С. Выращивание кукурузы на Южном Урале / Г. С. Местешов, Ю. В. Соколов, В. А. Сечин, // Кормопроизводство. – 2003. – № 6. – С. 19-21.
167. Милащенко, Н. З. Плодородие чернозёмов России / под ред. Н. З. Милащенко. - М.: Агроконсалт, 1998. - 688 с.
168. Мимонов, Р. В. Баланс элементов питания при возделывании озимой пшеницы на дерново-подзолистой супесчаной почве в зависимости от системы удобрения / Р. В. Мимонов, Н. М. Белоус, Е. В. Смольский, М. В. Антонова, А. В. Пургина // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. - 2021. - № 1 (83). - С. 3-10.
169. Минеев, В. Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993. – 415 с.
170. Минеев, В. Г. Плодородие черноземов Центрального Предкавказья и пути его регулирования / В. Г. Минеев, А. И. Подколзин // Агрехимия. - 2010. - № 8. - С. 87-95.
171. Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1990.- 288 с.
172. Мнатсаканян, А. А. Агротехнологические основы применения регуляторов роста и водорастворимого микробиоудобрения на озимой пшенице / А. А. Мнатсаканян, П. П. Васюков, Г. В. Чуварлеева, Г. М. Лесовая // Таврический вестник аграрной науки. - 2017. - № 3 (11). - С. 88-100.

173. Могилевкина, И. А. Оценка резервных запасов искусственного фиксированного аммония в почвах / И. А. Могилевкина / Круговорот и баланс азота в системе почва–удобрение–растение–вода. - М.: Наука, 1979. - 332 с.
174. Ненайденко, Г. Н. Удобрение и повышение качества зерна / Г. Н. Ненайденко, Л. И. Ильин // Владимирский земледелец. - 2017. - № 3 (81). - С. 23-28.
175. Ненайденко, Г. Н. Удобрение, плодородие, урожай (из опыта работы Юрьев–Польского государственного сортоиспытательного участка) / Г. Н. Ненайденко, Д. К. Беляева, С. В. Герасимов // Владимирский земледелец. - 2012. - № 1 (59). - С. 10-12.
176. Никитишен, В. И. Роль серы и микроэлементов в питании кукурузы, выращиваемой на серой лесной почве в условиях последействия макроудобрений / В. И. Никитишен, В. И. Личко, В. Е. Остроумов // Агрехимия. - 2013. - № 6. - С. 12-17.
177. Носко, Б. С. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства черноземов и продуктивность севооборота / Б. С. Носко, Н. А. Кучир / Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов: Вып. 8. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 156-179.
178. Окорков, В. В. Влияние удобрений на продуктивность и качество зерновых культур на серой лесной почве Ополя / Окорков, И. В. Семин // Аграрный вестник Верхневолжья. - 2014. - № 2 (7). - С. 21-28.
179. Окорков, В. В. Они повышали плодородие почв Ополя / В. В. Окорков // Владимирский Земледелец. - 2013. - №2 (64). - С. 13-16.
180. Онищенко, Л. М. Азот и формы его соединений в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / Л. М. Онищенко, Е. Н. Климякина / Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов / Сборник тезисов по материалам II Международной конференции. Отв. за выпуск А.Г. Кощаев. - 2018. - С. 25.

181. Орлов, Д.С. Проблема контроля и улучшения гумусового состояния почв // Биологические науки. - 1981. - № 2. – С. 9–20.
182. Орлов, П. В. Влияние фонов известкования на фракции фосфатов длительно удобряемой светло-серой лесной почвы / П. В. Орлов, Н. А. Корченкина, В. В. Нефедьева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. - 2012. - № 6 (31). - С. 23-27.
183. Павликова, Е. В. Оценка влияния полевых севооборотов на плодородие почвы и их продуктивность в лесостепной зоне среднего Поволжья // Е. В. Павликова, О. А. Ткачук // Современные проблемы науки и образования. - 2014. - №3 (15). - С. 87-91.
184. Парамонов, А. В. Влияние систем обработки почвы и доз удобрений на урожайность культур семипольного кормового севооборота / А. В. Парамонов, А. В. Федюшкин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2019. - № 4 (78). - С. 22-26.
185. Пигорев, И. Я. Поддержание и сохранение почвенного плодородия в условиях органического земледелия / И. Я. Пигорев, Н. В. Беседин, И. В. Ишков, В. В. Грудинкина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2018. - № 9. - С. 7-14.
186. Плечов, Д. В. Влияние регуляторов роста и минеральных удобрений на урожайность и качество продукции озимой пшеницы / Д. В. Плечов, В. А. Исайчев, Н. Н. Андреев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - № 3 (31). - С. 37-41.
187. Плотников, А. М. Баланс элементов питания в звене зернопарового севооборота под влиянием трепела, сапропеля и минеральных удобрений / А. М. Плотников, А. В. Созинов, Н. Н. Вафин // Известия Оренбургского ГАУ. - 2018. - № 3 (71). - С. 37-39.
188. Плотников, А. М. Баланс элементов питания и продуктивность зернопарового севооборота при применении минеральных удобрений / А. М. Плотников, Г. С. Кабдунова // Проблемы агрохимии и экологии. - 2018. - № 1. - С. 38-41.

189. Поддубный, А. С. Динамика агрохимического состояния пахотных почв в лесостепи Белгородской области / А. С. Поддубный // Достижения науки и техники АПК. - 2018. - Т. 32. - №6. - С. 15-17.

190. Подлесных, Н. В. Фотосинтетическая деятельность посевов разных видов озимой пшеницы в условиях лесостепи Центрального Черноземья / Н. В. Подлесных // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2016. - № 2(49). - С. 19–29.

191. Пожилов, В. И. Эффективность минеральных удобрений под фуражную люцерну / В. И. Пожилов, М. И. Таранов / Возделывание люцерны и сои в Нижнем Поволжье. – Волгоград, 1983. – С. 63-72.

192. Попова, В. И. Оптимизация применения микроудобрений при возделывании озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. И. Попова. – Омск, 2018. – 22 с.

193. Постников, В. В. Плодородие темно-серой почвы и продуктивность севооборотов при различных системах удобрений / В. В. Постников, О. В. Попова, П. А. Васина // АПК России. - 2015. - № 72/1. - С. 113-116.

194. Прасолов, Л. И. О черноземах приазовских степей: (К вопросу о почвенно-географических провинциях) / Л. И. Прасолов // Почвоведение. - 1916. - №1.

195. Просянных, Е. В. Агрохимические аспекты устойчивого земледелия / Е. В. Просянных // Агрохимический вестник. - 2019. - № 5. - С. 13-17.

196. Прохода, В. И. Обоснование применения основного минерального удобрения при возделывании кукурузы в условиях зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края / В. И. Прохода // Кукуруза и сорго. – 2011. – № 4. – С. 17-19.

197. Прошкин, В. А. Связь эффективности внесения фосфорных удобрений под озимую пшеницу с агрохимическими свойствами почв / В. А. Прошкин, Е. В. Шаброва, Л. С. Чернова // Плодородие. - 2014. - №2. - С. 4-6.

198. Ражева, Д. Р. Содержание различных форм азота в почве при длительном сельскохозяйственном использовании чернозема выщелоченного Южного Зауралья / Д. Р. Ражева // Вестник Алтайского ГАУ. 2009. - №5. - С. 35–39.
199. Ракицкий, И. А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность гибридов кукурузы отечественной и зарубежной селекции в условиях лесостепи Северного Казахстана И. А. Ракицкий, Э. Е. Кантарбаев // Вестник Омского государственного аграрного университета. - 2013. - № 1 (9). - С. 28-30.
200. Рейнгард, Я. Р. Дегградация почв экосистем юга Западной Сибири: монография / Я. Р. Рейнгард. – Лодзь, 2009. – 636 с.
201. Рубилин, Е. В. Почвы предгорий и предгорных равнин Северной Осетии / Е. В. Рубилин. – М.: Изд. АН СССР, 1956. - 231 с.
202. Саламов, А. Б. Выращивание высоких урожаев кукурузы / А. Б. Саламов. - Орджоникидзе, 1954. – 256 с.
203. Салем Мохамед, А. Влияние удобрений на биологическую активность выщелоченного чернозема / А. Салем Мохамед, Н. Ш. Гиниятов, Т. В. Багаева и др. // Естественные науки. - 2005. - Том 147. - Кн. 2. - С. 172-178.
204. Самыкин, В. Н. Действие удобрений и основной обработки почвы на урожайность и качество зеленой массы и зерна кукурузы / В. Н. Самыкин, В. Д. Соловиченко, И. В. Логвинов // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - № 9. - С. 51-53.
205. Сатаров, Г. А. Эффективное плодородие почв и применение зеленых удобрений для его улучшения / Г. А. Сатаров // Ульяновский медико-биологический журнал. - 2014. - № 1. - С. 151-157.
206. Семина, С. А. Кормовая ценность кукурузы в зависимости от приемов возделывания / С. А. Семина // Нива Поволжья. - 2014. - № 31. - С. 39-44.
207. Семина, С. А. Продуктивность кукурузы в Пензенской области / Семина, С. А. // Нива Поволжья. – 2009. – № 4(13). – С. 55-59.

208. Серебряная, М. И. География Северной Осетии / М. И. Серебряная. - Орджоникидзе: Ир, 1978 - 104 с.
209. Симакин, А. И. Агрохимическая характеристика кубанских черноземов и удобрений / А. И. Симакин. - Краснодар: Кн. изд-во, 1969. - 278 с.
210. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почвы и урожай / А. И. Симакин. - Краснодар: Кн. изд-во, 1983. - 272 с.
211. Слюдеев, Ю. А. Продуктивность гибридов кукурузы при различной густоте стояния растений и дозах удобрений на выщелоченных черноземах Рязанской области / Ю. А. Слюдеев // Кукуруза и сорго. – 2003. – № 4. – С. 6-8.
212. Смирнов, П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин / 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1984. - 304 с.
213. Смирнов, П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин. - М.: Агропромиздат, 1991. - 288 с.
214. Сокаев, К. Е. Урожайность кукурузы в зависимости от плодородия почв и применение минеральных удобрений в предгорьях Центрального Кавказа / К. Е. Сокаев // Агрохимический вестник. - 2010. - №5. - С. 18-20.
215. Стахурлова Л. Д. Продуктивность кукурузы в условиях длительного применения различных агротехнических приемов на черноземах выщелоченных / Л. Д. Стахурлова, А. Ф. Стулин, А. И. Громовик // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. - 2015. - № 2. - С. 92-95.
216. Стекольников, К. Е. Органическое земледелие в России – благо или катастрофа / К. Е. Стекольников // Биосфера. - 2020. - Т. 12. - №1-2. - С. 53–62.
217. Стулин, А. Ф. Zea Mays L. в монокультуре и севообороте в условиях Центрального Черноземья / А. Ф. Стулин, А. А. Романычева, Н. В. Верховцева // Проблемы агрохимии и экологии. - 2014. - № 2. - С. 12-18.
218. Суринов, А. В. Динамика плодородия пахотных черноземов лесостепной зоны Центрально-черноземных областей России / А. В. Суринов //

Вестник Казанского государственного аграрного университета. - 2021. - Т. 16. № 1 (61). - С. 57-61.

219. Сычев, В. Г. Актуальные вопросы агрохимического регулирования элементного состава сельскохозяйственной продукции / В. Г. Сычев // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2006. - № 12-2 (62). - С. 245-247.

220. Сычев, В. Г. Особенности применения систем удобрений под сельскохозяйственные культуры в Ставропольском крае / В. Г. Сычев, А. Н. Есаулко, В. В. Агеев, А. И. Подколзин, М. С. Сигида, // Вестник АПК Ставрополья. - 2015. - №2. - С. 53-66.

221. Сычев, В. Г. Плодородие почв России и пути его регулирования / В. Г. Сычев, С. А. Шафран, С. Б. Виноградова // Агрохимия. - 2020. - № 6. - С. 3-13.

222. Сычев, В. Г. Прогноз плодородия почв Нечерноземной зоны в зависимости от уровня применения удобрений / В. Г. Сычев, С. А. Шафран // Плодородие. - 2019. - № 2 (107). - С. 22-25.

223. Сычѐв, В. Г. Состояние и стратегия развития агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства России на период до 2010 года Сычѐв В. Г. , Аристархов А. Н. // Плодородие. - 2004. - № 5 (20). - С. 2-3.

224. Тавасиев, Г. В. Проблемы рационального использования поверхностных вод в Республике Северная Осетия-Алания / Г. В. Тавасиев, В. Х. Тавасиев // Успехи современного естествознания. - 2015. - № 11-2. - С. 218-221.

225. Тагиров, М. Ш. Адаптивные технологии производства экологически безопасной зерновой продукции и воспроизводства почвенного плодородия / М. Ш. Тагиров, Р. С. Шакиров // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. -2014. - №2. - С. 19-21.

226. Терехова, О. Б. Применение научно обоснованных доз минеральных удобрений на землях сельскохозяйственного назначения Нижегородской

области / О. Б. Терехова, Н. В. Родыгина, Г. И. Капитанова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. - 2021. - № 1-1 (52). - С. 57-60.

227. Тимошкина, Н. В. Географическая характеристика, климат и природные ресурсы Северной Осетии / Н. В. Тимошкина - Ульяновск, 2020. - 56 с.

228. Титова, В. И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях / В. И. Титова // Агрохимический вестник. – 2016. – № 1. – С. 2–7.

229. Толорая, Т. Р. Эффективность припосевного применения минеральных удобрений и азотных подкормок при выращивании кукурузы / Т. Р. Толорая, В. П. Малаканова, А. И. Подлесный, Д. В. Ломовской, В. Ю. Пацкан // Научный журнал КубГАУ. - №85(01). - 2013.

230. Торикив, В. Е. Урожайность, качество зерна озимой пшеницы в зависимости от условий выращивания и норм внесения минеральных удобрений / В. Е. Торикив, И. И. Фокин, И. Г. Рыченков // Проблемы агрохимии и экологии. - 2011. - № 2. - С. 50-53.

231. Третьяков, Н. Н. Кукуруза в нечерноземной зоне / Н. Н. Третьяков. - Москва : Колос, 1974. - 224 с.;

232. Тронева, О. В. Влияние минерального питания на урожайность гибридов кукурузы иностранной селекции / О. В. Тронева, Р. В. Кравченко // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. - 2010. - № 3. - С. 62-64.

233. Трофименко, К. И. Морфологические признаки и механический состав выщелоченных черноземов Северной Осетии / К. И. Трофименко / Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Северного Кавказа. – М.: Наука, 1964. – С. 195-197.

234. Трофимов, И. А. Повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель России / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова // Зерновое хозяйство России. - 2011. - №4. - С. 45-56.

235. Трофимов, С. Н. Оптимизация фосфатного состояния агроценозов Трофимов, С. Н., Варламов, В. А., Коваленко, А. А. / Удобрения и химические мелиоранты в агроэкосистемах. - Материалы пятой научно-практической конференции: Изд-во Московского университета. - 1998. - С. 342-346.
236. Турусов, В. И. Изменение потенциального плодородия чернозема при различных способах обработки почвы / В. И. Турусов, А. М. Новичихин, С. А. Гаврилова // Земледелие. - 2013. - №7. - С. 12.
237. Тычинская, И. Л. Применение органических удобрений в решении проблем экологизации и продовольственной безопасности страны / И. Л. Тычинская, В. И. Панарина, Е. С. Михалева // Вестник аграрной науки. - 2021. - № 2 (89). - С. 64-74.
238. Тюрникова, Е. Г. Влияние калийных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур и калийное состояние почв Нижегородской области / Е. Г. Тюрникова, В. И. Титова, Е. П. Ренжина, О. Д. Шафронов, // Агрохимический вестник. - 2011. - № 2. - С. 10-12.
239. Уваров, Г. И. Испытание удобрений с добавками микроэлементов на гибридах кукурузы / Г. И. Уваров, Д. Г. Васильев // Кукуруза и сорго. - 2011. - № 1. - С. 3-5.
240. Фадькин, Г. Н. Влияние длительного применения простых минеральных удобрений на азотный режим серой лесной тяжелосуглинистой почвы / Г. Н. Фадькин, Я. В. Костин // Вестник Рязанского ГАУ им. П.А. Костычева. - 2012. №4 (16). - С. 74-76.
241. Федоров В. А. Чернозем – наше богатство / В. А. Федоров В. А. Воронцов // Вестник Томского государственного университета. - 2009. - Вып. 1. - С. 148-149.
242. Хадиков, А. Ю. Влияние различных доз удобрений на агрохимические показатели, питательный режим выщелоченного чернозема и урожайность сои в условиях лесостепной зоны РСО–Алания / Хадиков А. Ю., З. Т.

Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2012. - Т. 43. - №3. - С. 31-37.

243. Хадигов, А. Ю., Влияние удобрений на урожайность, качество зерна сои и плодородие выщелоченного чернозема РСО-Алания // Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. - Владикавказ, 2012. - 24 с.

244. Ханикаев Б. Р. Питательный режим и баланс NPK в черноземе выщелоченном под озимой пшеницей при длительном применении удобрений в севообороте / Б. Р. Ханикаев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2020. - Т. 57. - № 3. - С. 23-34

245. Ханикаев Б. Р. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в результате длительного систематического применения удобрений в полевом севообороте на черноземе выщелоченном / Б. Р. Ханикаев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2020. - Т. 57. - № 4. - С. 9-15.

246. Ханикаев, Б. Р. Влияние длительного применения удобрений на ростовые процессы и урожайность озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов / Перспективы развития АПК в современных условиях / Мат. 7-й Междунар. науч.-практ. конф. - Владикавказ, 2017. - С. 31-35.

247. Ханикаев, Б. Р. Влияние разных комбинаций NPK на питательный режим выщелоченного чернозема и урожайность озимой пшеницы / Ханикаев Б. Р., Кануков З. Т., Лазаров Т. К. [и др.] / Достижения науки - сельскому хозяйству / Мат. регион. науч.-практ. конф. - Владикавказ, 2016. - С. 33-36.

248. Ханикаев, Б. Р. Влияние разных уровней удобрённости на показатели плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / Б. Р. Ханикаев, З. Т. Кануков, А. Е. Басиев [и др.] / Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Мат. Междунар. науч.-практ. конф. - 2017. - С. 322-326.

249. Ханикаев, Б.Р. Влияние длительного применения удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы и агрохимические свойства чернозема выщелоченного лесостепной зоны РСО-Алания: Дис. ... канд. с.-х. наук. - Владикавказ, 2020. - 202 с.

250. Хекилаев, А. Б. Продуктивность культур звена полевого севооборота в зависимости от удобрений на каштановых почвах Республики Северная Осетия: Дис. ... канд. с.-х. наук. - Владикавказ, 1994. – 170 с.

251. Хлопяников, А. М. Урожайность зерна кукурузы в зависимости от приемов основной обработки почвы и средств химизации / А. М. Хлопяников, А. Н. Крюков, К. Б. Ибадуллаев, // Вестник Брянского государственного университета. - 2012. - № 4 (2). - С. 255-257.

252. Хлопяников, А. М. Продуктивность кукурузы на силос в зависимости от плотности посева и удобрения / А. М. Хлопяников, А. Л. Кондрашов, В. Н. Наумкин // Кукуруза и сорго. – 1999. – № 4. – С. 2-6.

253. Ходжаева, Н. А. Влияние различных систем удобрений на продуктивность зернопарового севооборота на каштановой почве / Н. А. Ходжаева, Е. П. Шустикова // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - №7. - С. 23-25.

254. Храмцов, И. Ф. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно на черноземных почвах лесостепи Западной Сибири / И. Ф. Храмцов, Н. А. Пунда // Достижения науки и техники АПК. - 2012. - № 3. - С. 24-25.

255. Цвей, Я. П. Динамика фосфатного режима чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений / Я. П. Цвей, В. В. Иванина, Е. Т. Петрова Ю. П. Дубовый // Плодородие. - 2013. - №4(73). - С. 28-30.

256. Центило, Л. В. Азотный режим чернозема типичного в зависимости от удобрения и обработки почвы / Л. В. Центило, А. А. Цюк // Биоресурсы и природопользование. - 2019. - Т. 11. - №1-2. - С. 107–114.

257. Чекалин, С. Г. Плодородие почвы и основные пути его регулирования / С. Г. Чекалин, М. М. Фартушина // Агрономия и лесное хозяйство. - 2014. - №3. - С. 14-17.

258. Чекмарев, П. А. Динамика плодородия пахотных почв, использования удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур В Центрально-Черноземных областях России Чекмарев, П. А., Лукин С.В. // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2017. - №4. - С. 41-44.

259. Черкасов, Е. А. Динамика изменения плодородия почв Ульяновской области за 1965-2015 гг. / Е. А. Черкасов, А. Х. Куликова, Д. А. Лобачев // Достижения науки и техники АПК. - 2017. - Т. 31, № 4. - С. 10-17.

260. Черячукин, Н. И. Эффективность растительных остатков на черноземе обыкновенном северной степи Украины / Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - №3. - С. 36-40.

261. Чуб, М. П. Влияние минеральных удобрений на пищевой режим чернозема южного и урожайность кукурузы (*Zea mays* L.) в Поволжье / М. П. Чуб, В. В. Пронько, Т. М. Ярошенко, Н. Ф. Климова, Д. Ю. Журавлев // Проблемы агрохимии и экологии. – 2015. - №1. – С. 3-8.

262. Чумаченко, И. Н. Агрохимия фосфора и нетрадиционного минерального сырья / И. Н. Чумаченко, Б. А. Сушеница, Ш. А. Алиев. - М.: Регентъ, 2001. - 289 с.

263. Чурзин, В. Н. Фотосинтетическая продуктивность в посевах сортов озимой пшеницы в зависимости от применения агрохимикатов на черноземах Волгоградской области / В. Н. Чурзин, Д. О. Дубовченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. - 2020. - № 2 (58). - С. 123-130.

264. Шарков, И. Н. Проблема азота при использовании чернозема выщелоченного по интенсивной технологии в лесостепи Западной Сибири / И. Н. Шарков, С. А. Колбин, Л. М. Самохвалова // Агрохимия. - 2021. - № 2. - С. 3-10.

265. Шаталина, Л. П. Изменение азота общего и легкогидролизуемого чернозема выщелоченного в полевых севооборотах / Л. П. Шаталина // Плодородие. - 2018. - №5 (104). - С. 35–38.

266. Шафран, С. А. О потребности зерновых культур в удобрениях / С. А. Шафран, Ю. И. Кочергин // Химия в сельском хозяйстве. - 1987. - № 1. - С. 13-15.

267. Шевченко, И. М. Плодородие чернозема южного и урожайность ози-мой пшеницы при разных системах удобрения и обработки почвы / И. М. Шевченко // Актуальные направления научных исследований 21 века: теория и практика. - 2014. - Том: 2. - №6 (11). - С. 138-144.

268. Шевченко, П. Д. Приемы возделывания полевых культур в севооборотах, повышающие урожайность и плодородие почв / П. Д. Шевченко, А. Д. Дробилко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2014 - №3 (15). - С. 1-5.

269. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические свойства чернозёма выщелоченного / А. Х. Шеуджен, М. А. Осипов, И. А. Лебидевский, С. В. Есипенко // Агрехимический вестник, 2013. - №6. - С. 2-3.

270. Шпаар, Д. Кукуруза. Выращивание, уборка, хранение и использование / Д. Шпаар. - К.: Изд. дом "Зерно", 2012. - 464 с.

271. Югов, А. В. Плодородие почвы в зависимости от возделываемых культур / А. В. Югов, А. В. Сисо // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2008. - №35 (1). - С. 1-10.

272. <http://www.activestudy.info/effektivnost-primeneniya-udobrenij>).

273. <http://www.activestudy.info/osobennosti-pitaniya-i-udobreniya-kukuruzy/>).

274. <http://www.fao.org>).

275. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=37228&month>).

276. <https://eos.com/ru/blog/vlazhnost-pochvy>).

277. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/4a5/4a5e8900ca37701862e106b46d2f0abe.pdf>).

278. <https://www.ncdc.noaa.gov/gosic/gcos-essential-climate-variable-ecv-data-access-matrix>).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Динамика влажности 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений, %

Вариант	Сроки отбора образцов						Среднее за вегетацию
	21.10	31.03	17.04	18.05	13.06	05.07	
Контроль	20,4	21,6	23,0	18,3	16,4	18,5	19,7
N₁P₁K₁	21,5	22,2	21,0	17,5	16,0	18,0	19,4
N₂P₂K₂	21,8	22,1	20,7	17,3	15,6	17,7	19,2
N₃P₃K₃	21,4	21,6	20,4	17,0	15,3	17,2	18,8
Навоз+NPK	21,7	22,3	21,7	18,0	16,2	18,2	19,7
Расчетный	21,2	21,5	20,3	16,9	15,0	17,0	18,7

Приложение 2

Динамика влажности 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, %

Вариант	Сроки отбора образцов					Среднее за вегетацию
	17.05	07.06	17.07	18.08	15.09	
Контроль	21,6	23,0	18,3	16,4	18,5	19,6
N₁P₁K₁	22,2	21,0	17,5	16,0	18,0	18,9
N₂P₂K₂	22,1	20,7	17,3	15,6	17,7	18,7
N₃P₃K₃	21,6	20,4	17,0	15,3	17,2	18,3
Навоз+NPK	22,3	21,7	18,0	16,2	18,2	19,3
Расчетный	21,5	20,3	16,9	15,0	17,0	18,1

Приложение 3

Динамика влажности 0-40 см слоя чернозема выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений, %

Вариант	Сроки отбора образцов				Среднее за вегетацию
	20.05	16.06	27.07	29.08	
Контроль	22,1	19,4	18,7	20,1	20,1
N₁P₁K₁	21,7	19,0	18,1	19,5	19,6
N₂P₂K₂	21,2	18,6	17,7	19,1	19,2
N₃P₃K₃	20,6	18,2	17,2	18,6	18,7
Навоз+NPK	21,8	19,9	19,0	20,6	20,3
Расчетный	20,4	17,9	17,0	18,5	18,5

Приложение 4

Динамика поглощенного аммония в 0-40 см слое выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов						Среднее за вегетацию
	21.10	31.03	17.04	18.05	13.06	05.07	
Контроль	19,1	27,4	38,6	35,7	28,4	31,4	30,1
N₁P₁K₁	34,2	36,4	48,6	38,4	30,3	40,7	38,1
N₂P₂K₂	35,4	37,2	49,4	40,5	31,6	42,9	39,5
N₃P₃K₃	36,0	38,1	50,3	41,1	33,1	43,2	40,3
Навоз+NPK	33,7	36,2	47,9	39,7	32,5	44,6	39,1
Расчетный	37,1	39,0	51,2	42,4	34,0	44,7	41,4

Приложение 5

Динамика поглощенного аммония в 0-40 см слое выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов					Среднее за вегетацию
	17.05	07.06	17.07	18.08	15.09	
Контроль	30,9	32,6	36,2	32,7	26,3	31,7
N₁P₁K₁	34,5	36,7	38,3	36,2	30,7	35,3
N₂P₂K₂	35,7	37,3	39,8	38,2	31,7	36,5
N₃P₃K₃	37,0	38,6	40,4	39,3	32,8	37,6
Навоз+NPK	34,8	36,1	38,1	37,2	33,1	35,9
Расчетный	38,2	40,1	46,3	43,3	34,3	40,4

Приложение 6

Динамика поглощенного аммония в 0-40 см слое выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов				Среднее за вегетацию
	20.05	16.06	27.07	29.08	
Контроль	40,3	39,2	23,4	18,7	30,4
N₁P₁K₁	50,2	47,1	33,0	26,9	39,3
N₂P₂K₂	56,7	52,9	37,1	30,2	44,2
N₃P₃K₃	58,5	53,3	45,0	26,7	45,9
Навоз+NPK	55,9	50,8	38,5	31,6	44,2
Расчетный	59,1	54,0	44,3	27,4	46,2

Приложение 7

Динамика нитратов в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов						Среднее за вегетацию
	21.10	31.03	17.04	18.05	13.06	05.07	
Контроль	10,3	15,6	16,1	13,5	8,9	10,0	12,4
N₁P₁K₁	21,4	23,2	19,9	15,1	7,3	10,3	16,2
N₂P₂K₂	22,8	29,1	22,3	15,6	12,9	14,9	19,6
N₃P₃K₃	24,3	32,6	28,4	23,5	14,2	15,0	23,0
Навоз+NPK	21,7	27,8	24,2	13,6	10,2	11,7	18,2
Расчетный	27,8	32,4	26,7	20,2	13,9	16,4	22,9

Приложение 8

Динамика нитратов в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов					Среднее за вегетацию
	17.05	07.06	17.07	18.08	15.09	
Контроль	11,5	16,3	17	12,8	9,5	13,4
N₁P₁K₁	22,6	23,0	20,2	15,6	8,1	17,9
N₂P₂K₂	23,3	28,7	24,2	16,3	13,2	21,1
N₃P₃K₃	24,5	30,2	27,4	23,2	16,0	24,3
Навоз+NPK	23,1	27,0	24,4	14,0	11,0	19,9
Расчетный	28,1	33,0	27,6	21,0	15,3	24,0

Приложение 9

Динамика нитратов в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов				Среднее за вегетацию
	20.05	16.06	27.07	29.08	
Контроль	10,2	16,1	15,2	11,4	13,2
N₁P₁K₁	21,9	24,7	19,8	12,3	19,7
N₂P₂K₂	23,1	27,6	20,7	13,2	21,2
N₃P₃K₃	23,9	28,2	21,5	14,2	22,0
Навоз+NPK	22,4	26,1	19,4	12,5	20,1
Расчетный	22,4	27,0	20,7	15,0	21,3

Приложение 10

Динамика подвижного фосфора в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов						Среднее за вегетацию
	21.10	31.03	17.04	18.05	13.06	05.07	
Контроль	71	59	70	95	89	66	75
N₁P₁K₁	78	63	110	103	96	66	86
N₂P₂K₂	87	72	115	113	100	77	94
N₃P₃K₃	120	109	129	125	101	82	111
Навоз+NPK	100	92	114	104	91	75	96
Расчетный	112	97	127	120	93	81	105

Приложение 11

Динамика подвижного фосфора в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов					Среднее за вегетацию
	17.05	07.06	17.07	18.08	15.09	
Контроль	73	69	69	91	87	78
N₁P₁K₁	79	65	112	95	92	89
N₂P₂K₂	86	74	117	112	101	98
N₃P₃K₃	123	111	126	122	103	117
Навоз+NPK	98	92	115	100	94	100
Расчетный	114	96	124	130	98	112

Приложение 12

Динамика подвижного фосфора в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов				Среднее за вегетацию
	20.05	16.06	27.07	29.08	
Контроль	92	70	79	82	81
N₁P₁K₁	105	81	99	88	93
N₂P₂K₂	123	104	116	98	110
N₃P₃K₃	128	106	119	101	114
Навоз+NPK	119	99	110	94	106
Расчетный	126	107	117	100	113

Приложение 13

Динамика обменного калия в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов						Среднее за вегетацию
	21.10	31.03	17.04	18.05	13.06	05.07	
Контроль	138	144	154	140	133	131	140
N₁P₁K₁	151	159	163	152	144	137	151
N₂P₂K₂	170	168	170	155	148	143	159
N₃P₃K₃	174	169	175	152	147	149	161
Навоз+NPK	169	160	158	150	151	148	156
Расчетный	170	164	166	151	146	151	158

Приложение 14

Динамика обменного калия в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов					Среднее за вегетацию
	17.05	07.06	17.07	18.08	15.09	
Контроль	136	140	152	139	131	140
N₁P₁K₁	154	160	164	156	141	155
N₂P₂K₂	172	165	172	157	144	162
N₃P₃K₃	175	167	176	153	148	164
Навоз+NPK	168	161	166	152	153	160
Расчетный	173	166	169	154	149	162

Приложение 15

Динамика обменного калия в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на силос в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Сроки отбора образцов				Среднее за вегетацию
	20.05	16.06	27.07	29.08	
Контроль	158	161	145	139	151
N₁P₁K₁	182	186	170	158	174
N₂P₂K₂	186	189	173	159	177
N₃P₃K₃	190	192	177	166	181
Навоз+NPK	188	189	179	161	179
Расчетный	187	191	178	163	180

Приложение 16

Динамика роста растений озимой пшеницы в высоту в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение - цветение	Молочная спелость
Контроль	11,6	31,4	62,4	71,1
N ₁ P ₁ K ₁	12,7	35,0	68,9	79,3
N ₂ P ₂ K ₂	14,6	36,2	71,7	89,0
N ₃ P ₃ K ₃	17,2	39,7	76,4	93,1
Навоз+NPK	14,3	35,7	70,2	87,0
Расчетный	18,0	42,3	80,7	96,3

Приложение 17

Динамика роста растений кукурузы на зерно в высоту в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации			
	Всходы	5-6 листьев	Выметы- вание	Молочная спелость
Контроль	10,2	49,6	182	170
N ₁ P ₁ K ₁	12,2	71,2	193	191
N ₂ P ₂ K ₂	14,8	82,4	208	201
N ₃ P ₃ K ₃	17,8	109,0	211	207
Навоз+NPK	14,3	81,0	200	198
Расчетный	10,2	49,6	182	170

Приложение 18

Динамика роста растений кукурузы на силос в высоту в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации			
	Всходы	5-6 листьев	Выметы- вание	Молочная спелость
Контроль	17,2	40,1	168	170
N ₁ P ₁ K ₁	20,3	43,3	173	180
N ₂ P ₂ K ₂	21,2	45,4	183	186
N ₃ P ₃ K ₃	22,0	48,1	193	204
Навоз+NPK	20,8	44,2	182	191
Расчетный	17,2	40,1	168	170

Приложение 19

Динамика увеличения длины колоса озимой пшеницы в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации			
	Колошение - цветение	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость
Контроль	4,51	7,30	7,48	8,52
N₁P₁K₁	4,82	7,63	8,38	9,60
N₂P₂K₂	6,03	7,72	9,77	11,20
N₃P₃K₃	6,48	8,08	9,93	11,40
Навоз+NPK	5,56	7,37	9,37	10,71
Расчетный	6,77	8,81	10,63	11,54

Приложение 20

Динамика увеличения длины початка кукурузы на зерно в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации		
	Молочная спелость	Восковая спелость	Полная спелость
Контроль	7,30	7,48	8,52
N₁P₁K₁	7,63	8,38	9,60
N₂P₂K₂	7,72	9,77	11,20
N₃P₃K₃	8,08	9,93	11,40
Навоз+NPK	7,37	9,37	10,71
Расчетный	8,81	10,63	11,54

Приложение 21

Динамика увеличения площади листовой поверхности растений озимой пшеницы в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Фазы вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение - цветение	Молочная спелость
Контроль	17,8	20,2	29,1	27,0
N ₁ P ₁ K ₁	20,7	22,8	36,8	34,5
N ₂ P ₂ K ₂	27,4	29,6	40,3	38,0
N ₃ P ₃ K ₃	30,7	33,1	47,7	45,2
Навоз+NPK	28,1	32,6	42,5	40,1
Расчетный	32,0	34,2	48,7	46,2

Приложение 22

Динамика увеличения площади листовой поверхности растений кукурузы на зерно в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Фазы вегетации			
	Всходы	5-6 листьев	Выметывание	Молочная спелость
Контроль	1,87	3,13	27,8	30,5
N ₁ P ₁ K ₁	2,14	4,33	35,5	37,9
N ₂ P ₂ K ₂	2,81	6,06	38,4	41,4
N ₃ P ₃ K ₃	3,14	6,46	46,3	49,0
Навоз+NPK	2,94	6,32	41,5	43,0
Расчетный	3,29	6,56	47,2	49,3

Приложение 23

Динамика увеличения площади листовой поверхности растений кукурузы на силос в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Фазы вегетации			
	Всходы	5-6 листьев	Выметывание	Молочная спелость
Контроль	1,83	4,85	21,4	22,9
N ₁ P ₁ K ₁	2,11	5,22	26,7	28,2
N ₂ P ₂ K ₂	2,34	5,47	27,4	29,8
N ₃ P ₃ K ₃	2,49	5,74	30,7	32,6
Навоз+NPK	2,25	5,33	26,8	29,0
Расчетный	2,54	5,80	32,0	33,7

Приложение 24

Динамика накопления сухого вещества растениями озимой пшеницы
в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Фазы вегетации			
	Кущение	Выход в трубку	Колошение - цветение	Молочная спелость
Контроль	0,69	0,98	4,64	6,04
N ₁ P ₁ K ₁	0,75	1,11	5,61	7,41
N ₂ P ₂ K ₂	0,97	1,60	6,38	8,00
N ₃ P ₃ K ₃	1,04	1,67	6,55	8,34
Навоз+НРК	0,95	1,58	6,33	7,91
Расчетный	1,18	1,73	6,70	8,47

Приложение 25

Динамика накопления сухого вещества растениями кукурузы на зерно
в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Фазы вегетации			
	Всходы	5-6 листьев	Выметы- вание	Молочная спелость
Контроль	0,54	1,32	4,56	7,20
N ₁ P ₁ K ₁	0,62	1,94	5,23	8,30
N ₂ P ₂ K ₂	0,68	2,12	8,81	9,20
N ₃ P ₃ K ₃	0,80	2,63	10,13	11,80
Навоз+НРК	0,68	2,21	9,18	9,60
Расчетный	0,81	2,85	10,68	12,40

Приложение 26

Динамика накопления сухого вещества растениями кукурузы на силос
в зависимости от удобрений, м²/га

Вариант	Фазы вегетации			
	Всходы	5-6 листьев	Выметы- вание	Молочная спелость
Контроль	0,44	1,3	4,2	5,1
N ₁ P ₁ K ₁	0,56	1,7	5,8	6,9
N ₂ P ₂ K ₂	0,72	2,0	8,2	9,2
N ₃ P ₃ K ₃	0,98	2,6	10,3	11,5
Навоз+НРК	0,76	2,1	8,3	9,4
Расчетный	1,12	2,8	10,3	12,0

Приложение 27

Соотношение азота, фосфора и калия в растениях озимой пшеницы по вариантам и фазам вегетации

Вариант	Кущение			Выход в трубку			Колошение-цветение			Молочная спелость			Восковая 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			N : P ₂ O ₅ : K ₂ O		
Контроль	4,4	1	4,0	4,6	1	3,9	2,7	1	2,2	4,5	1	2,2	3,2	1	1,7
N ₁ P ₁ K ₁	4,5	1	4,2	4,6	1	3,4	2,9	1	2,1	3,8	1	2,1	3,1	1	1,6
N ₂ P ₂ K ₂	4,3	1	4,3	4,9	1	3,2	3,2	1	2,3	4,2	1	2,4	3,5	1	1,9
N ₃ P ₃ K ₃	4,0	1	3,9	4,5	1	3,2	3,3	1	2,2	4,2	1	2,4	3,1	1	1,7
Навоз+NPK	4,5	1	4,3	4,6	1	3,5	3,2	1	2,4	4,0	1	2,5	3,3	1	1,8
Расчетный	4,3	1	4,2	5,4	1	3,8	3,2	1	2,4	3,9	1	2,4	3,2	1	1,8

Приложение 28

Соотношение азота, фосфора и калия в растениях кукурузы на зерно по вариантам и фазам вегетации

Вариант	Кущение			Выход в трубку			Колошение-цветение			Молочная спелость			Восковая 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			N : P ₂ O ₅ : K ₂ O		
Контроль	4,0	1	6,2	3,7	1	4,6	2,7	1	3,2	2,8	1	2,6	2,8	1	2,6
N ₁ P ₁ K ₁	4,2	1	6,1	3,9	1	4,5	2,9	1	3,1	2,8	1	2,8	2,8	1	2,7
N ₂ P ₂ K ₂	4,2	1	5,9	4,0	1	4,6	2,9	1	2,8	2,8	1	2,7	3,0	1	2,9
N ₃ P ₃ K ₃	4,0	1	5,5	4,0	1	4,6	3,0	1	2,9	3,1	1	3,1	3,0	1	2,9
Навоз+NPK	4,3	1	5,8	4,1	1	4,7	3,0	1	3,0	2,9	1	3,0	3,0	1	2,8
Расчетный	4,0	1	5,6	4,1	1	4,6	3,1	1	3,0	3,2	1	3,1	3,0	1	2,9

Приложение 29

Таблица 9 - Соотношение азота, фосфора и калия в растениях кукурузы на силос по вариантам и фазам вегетации

Вариант	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	3,2	1	3,5	3,6	1	3,8	2,9	1	4,2	2,8	1	4,0
N ₁ P ₁ K ₁	3,4	1	3,6	3,4	1	3,6	3,0	1	3,7	3,0	1	3,7
N ₂ P ₂ K ₂	3,1	1	3,3	3,3	1	3,3	3,0	1	3,5	3,0	1	3,5
N ₃ P ₃ K ₃	3,0	1	3,1	3,4	1	3,4	3,3	1	3,4	3,2	1	3,4
Навоз+NPK	2,8	1	3,2	3,3	1	3,4	3,1	1	3,7	3,1	1	3,6
Расчетный	3,1	1	3,1	3,3	1	3,1	3,3	1	3,5	3,4	1	3,6

Вынос питательных веществ озимой пшеницей в зависимости от удобрений

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение		
		кг/га			кг/1 т зерна					
		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	3,22	111	40	72	34,5	12,4	22,4	2,8	1	1,8
N ₁ P ₁ K ₁	4,81	182	65	106	37,8	13,5	22,0	2,8	1	1,6
N ₂ P ₁ K ₁	5,37	207	70	116	38,5	13,0	21,6	3,0	1	1,7
N ₁ P ₂ K ₁	5,12	195	68	111	38,1	13,3	21,7	2,9	1	1,6
N ₂ P ₂ K ₁	5,61	222	73	131	39,6	13,0	23,4	3,0	1	1,8
N ₂ P ₂ K ₂	6,43	258	83	151	40,1	12,9	23,5	3,1	1	1,8
N ₃ P ₂ K ₁	5,49	228	74	132	41,5	13,5	24,0	3,1	1	1,8
N ₃ P ₂ K ₂	5,62	230	74	133	40,9	13,2	23,7	3,1	1	1,8
N ₂ P ₃ K ₁	5,61	221	73	132	39,4	13,0	23,5	3,0	1	1,8
N ₂ P ₃ K ₂	5,54	217	73	133	39,2	13,2	24,0	3,0	1	1,8
N ₃ P ₃ K ₁	5,68	231	75	129	40,7	13,2	22,7	3,1	1	1,7
N ₃ P ₃ K ₃	5,93	244	78	138	41,1	13,2	23,3	3,1	1	1,8
Навоз+NPK	6,62	266	80	146	40,2	12,1	22,1	3,3	1	1,8
Расчетный	6,09	254	77	139	41,7	12,6	22,8	3,3	1	1,8

Вынос питательных веществ кукурузой на зерно в зависимости от удобрений

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение		
		кг/га			кг/1 т зерна					
		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	3,71	78	20	108	20,9	5,3	29,1	3,9	1	5,5
N₁P₁K₁	5,09	114	32	170	22,4	6,3	33,4	3,6	1	5,3
N₂P₁K₁	5,72	131	37	187	22,8	6,4	32,6	3,6	1	5,1
N₁P₂K₁	5,5	125	36	176	22,6	6,5	31,8	3,5	1	4,9
N₂P₂K₁	6,19	151	40	207	24,4	6,5	33,4	3,8	1	5,1
N₂P₂K₂	6,48	157	42	226	24,2	6,5	34,9	3,7	1	5,4
N₃P₂K₁	6,71	166	45	219	24,8	6,7	32,6	3,7	1	4,9
N₃P₂K₂	6,88	175	46	240	25,4	6,7	34,9	3,8	1	5,2
N₂P₃K₁	7,09	171	48	228	24,0	6,8	32,0	3,5	1	4,7
N₂P₃K₂	7,22	174	50	251	24,1	6,9	34,7	3,5	1	5,0
N₃P₃K₁	7,43	187	50	247	25,3	6,8	33,3	3,7	1	4,9
N₃P₃K₃	7,71	195	53	264	25,3	6,9	34,2	3,7	1	5,0
Навоз+НРК	7,02	164	45	235	23,6	6,5	33,9	3,6	1	5,2
Расчетный	3,71	208	59	294	25,1	7,1	35,4	3,5	1	5,0

Вынос питательных веществ кукурузой на силос в зависимости от удобрений

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение		
		кг/га			кг/1 т зеленой массы			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	19,6	63	24	73	3,2	1,2	3,7	2,6	1	3,1
N₁P₁K₁	25,9	97	35	100	3,7	1,4	3,9	2,7	1	2,8
N₂P₁K₁	28,8	111	40	111	3,8	1,4	3,9	2,7	1	2,8
N₁P₂K₁	28,0	106	43	114	3,8	1,5	4,0	2,5	1	2,7
N₂P₂K₁	32,3	141	52	129	4,4	1,6	4,0	2,7	1	2,5
N₂P₂K₂	34,1	148	54	148	4,3	1,6	4,3	2,7	1	2,8
N₃P₂K₁	37,5	156	58	151	4,2	1,6	4,0	2,7	1	2,6
N₃P₂K₂	38,9	161	59	166	4,1	1,5	4,3	2,7	1	2,8
N₂P₃K₁	36,5	134	61	150	3,7	1,7	4,1	2,2	1	2,5
N₂P₃K₂	38,1	138	54	164	3,6	1,4	4,3	2,6	1	3,0
N₃P₃K₁	37,4	162	52	155	4,3	1,4	4,1	3,1	1	3,0
N₃P₃K₃	42,8	189	70	188	4,4	1,6	4,4	2,7	1	2,7
Навоз+NPK	34,5	146	50	150	4,2	1,5	4,3	2,9	1	3,0
Расчетный	44,0	197	70	195	4,5	1,6	4,4	2,8	1	2,8

Приложение 33

Баланс питательных веществ в почве под озимой пшеницей в зависимости от удобрений

Вариант	Поступление, кг/га			Расход, 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	0	0	0	111	40	72	-111	-40	-72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	40	40	182	65	106	-132	-25	-66	27	61	38	142	62	85	364	163	265
N ₂ P ₁ K ₁	100	40	40	207	70	116	-107	-30	-76	48	58	35	96	73	110	207	174	290
N ₁ P ₂ K ₁	50	80	40	195	68	111	-145	12	-71	26	118	36	167	34	98	389	84	278
N ₂ P ₂ K ₁	100	80	40	222	73	131	-122	7	-91	45	110	31	110	40	148	222	91	328
N ₂ P ₂ K ₂	100	80	80	258	83	151	-158	-3	-71	39	97	53	147	53	98	258	103	188
N ₃ P ₂ K ₁	150	80	40	228	74	132	-78	6	-92	66	108	30	78	42	151	152	93	331
N ₃ P ₂ K ₂	150	80	80	230	74	133	-80	6	-53	65	108	60	79	42	77	153	93	167
N ₂ P ₃ K ₁	100	120	40	221	73	132	-121	47	-92	45	164	30	110	27	150	221	61	330
N ₂ P ₃ K ₂	100	120	80	217	73	133	-117	47	-53	46	164	60	106	27	76	217	61	166
N ₃ P ₃ K ₁	150	120	40	231	75	129	-81	45	-89	65	159	31	80	29	143	154	63	323
N ₃ P ₃ K ₃	150	120	120	244	78	138	-94	42	-18	61	154	87	89	31	55	163	65	115
Навоз+НРК	100	80	80	266	80	146	-166	0	-66	38	100	55	155	50	93	266	100	183
Расчетный	110	90	70	254	77	139	-144	13	-69	43	116	50	130	41	96	231	86	198

Приложение 34

Баланс питательных веществ в почве под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений

Вариант	Поступление, кг/га			Расход, 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	-	-	-	78	20	108	-78	-20	-108	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
N₁P₁K₁	40	40	40	114	32	170	-74	8	-130	35	125	24	90	30	155	285	80	425	
N₂P₁K₁	80	40	40	131	37	187	-51	3	-147	61	108	21	66	43	198	164	93	468	
N₁P₂K₁	40	80	40	125	36	176	-85	44	-136	32	222	23	118	20	170	313	45	440	
N₂P₂K₁	80	80	40	151	40	207	-71	40	-167	53	200	19	91	25	248	189	50	518	
N₂P₂K₂	80	80	80	157	42	226	-77	38	-146	51	190	35	99	28	148	196	53	283	
N₃P₂K₁	120	80	40	166	45	219	-46	35	-179	72	178	18	73	31	278	138	56	548	
N₃P₂K₂	120	80	80	175	46	240	-55	34	-160	69	174	33	81	33	165	146	58	300	
N₂P₃K₁	80	120	40	171	48	228	-91	72	-188	47	250	18	116	23	300	214	40	570	
N₂P₃K₂	80	120	80	174	50	251	-94	70	-171	46	240	32	120	25	179	218	42	314	
N₃P₃K₁	120	120	40	187	50	247	-67	70	-207	64	240	16	91	25	348	156	42	618	
N₃P₃K₃	120	120	120	195	53	264	-75	67	-144	62	226	45	98	28	130	163	44	220	
Навоз+НРК	80	80	80	164	45	235	-84	35	-155	49	178	34	108	31	159	205	56	294	
Расчетный	140	90	110	208	59	294	-68	31	-184	67	153	37	93	43	169	149	66	267	

Приложение 35

Баланс питательных веществ в почве кукурузой на силос в зависимости от удобрений

Вариант	Поступление, кг/га			Расход, 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	-	-	-	63	24	73	-63	-24	-73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N₁P₁K₁	40	40	40	97	35	100	-57	5	-60	41	114	40	85	28	68	243	88	250	
N₂P₁K₁	80	40	40	111	40	111	-31	0	-71	72	100	36	60	40	95	139	100	278	
N₁P₂K₁	40	80	40	106	43	114	-66	37	-74	38	186	35	108	24	103	265	54	285	
N₂P₂K₁	80	80	40	141	52	129	-61	28	-89	57	154	31	98	35	140	176	65	323	
N₂P₂K₂	80	80	80	148	54	148	-68	26	-68	54	148	54	106	38	94	185	68	185	
N₃P₂K₁	120	80	40	156	58	151	-36	22	-111	77	138	26	78	43	195	130	73	378	
N₃P₂K₂	120	80	80	161	59	166	-41	21	-86	75	136	48	82	44	116	134	74	208	
N₂P₃K₁	80	120	40	134	61	150	-54	59	-110	60	197	27	89	31	193	168	51	375	
N₂P₃K₂	80	120	80	138	54	164	-58	66	-84	58	222	49	94	25	114	173	45	205	
N₃P₃K₁	120	120	40	162	52	155	-42	68	-115	74	231	26	83	23	205	135	43	388	
N₃P₃K₃	120	120	120	189	70	188	-69	50	-68	63	171	64	105	38	96	158	58	157	
Навоз+НРК	80	80	80	146	50	150	-66	30	-70	55	160	53	104	33	96	183	63	188	
Расчетный	140	90	110	197	70	195	-57	20	-85	71	129	56	96	51	111	141	78	177	

Экономическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу

Вариант	Внесено удобрений, т/га				Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Заплаты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Заплаты на уборку и дора- ботку дополнительной продукции, тыс. руб./га	Всего затрат на применение удобрений, тыс. руб./га	Прибавка урожая от удобрений, т/га	Стоимость прибавки, тыс. руб./га	Условно чистый доход, тыс. руб.		Рентабельность, %
	нитроаммофоска	аммофос	аммиачная селитра	мочевина							с 1 га	на руб. затрат	
N ₁ P ₁ K ₁	0,25	-	0,03	-	4,1	0,4	1,45	6,0	1,61	14,5	8,5	1,42	142
N ₂ P ₁ K ₁	0,25	-	0,17	-	5,9	0,6	1,96	8,4	2,18	19,6	11,2	1,33	133
N ₁ P ₂ K ₁	0,25	0,08	0,001	-	5,3	0,5	1,72	7,6	1,91	17,2	9,6	1,27	127
N ₂ P ₂ K ₁	0,25	0,08	0,14	-	7,0	0,7	2,13	9,9	2,37	21,3	11,5	1,16	116
N ₂ P ₂ K ₂	0,50	-	0,06	-	8,3	0,8	2,88	12,0	3,2	28,8	16,8	1,40	140
N ₃ P ₂ K ₁	0,25	0,08	0,02	0,07	6,6	0,7	2,10	9,3	2,33	21,0	11,6	1,25	125
N ₃ P ₂ K ₂	0,50	-	0,01	0,07	8,7	0,9	2,18	11,7	2,42	21,8	10,1	0,86	86
N ₂ P ₃ K ₁	0,25	0,16	0,01	-	7,0	0,7	2,14	9,8	2,38	21,4	11,6	1,18	118
N ₂ P ₃ K ₂	0,50	0,08	0,03	-	9,4	0,9	2,09	12,5	2,32	20,9	8,4	0,67	67
N ₃ P ₃ K ₁	0,25	0,16	0,17	0,07	10,0	1,0	2,21	13,2	2,46	22,1	9,0	0,68	68
N ₃ P ₃ K ₃	0,75	-	-	0,07	12,3	1,2	2,44	16,0	2,71	24,4	8,4	0,53	53
Навоз+NPK	0,50	-	0,06	-	8,3	0,8	3,07	12,2	3,41	30,7	18,5	1,52	152
Расчетный	0,44	0,04	0,02	0,07	8,7	0,9	2,64	12,2	2,93	26,4	14,2	1,17	117

Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на зерно

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Заграты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Заграты на уборку и перевозку дополнительной продукции, тыс. руб./га	Всего затрат на применение удобрений, тыс. руб./га	Прибавка урожая от удобрений, т/га	Стоимость прибавки, тыс. руб./га	Условно чистый доход		Рентабельность, %
	аммиачная селитра	суперфосфат простой	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
N₁P₁K₁	0,11	0,2	0,07	7,3	0,7	1,4	9,4	1,38	13,7	4,3	0,46	46
N₂P₁K₁	0,23	0,2	0,07	9,0	0,9	2,0	11,9	2,01	19,9	8,0	0,67	67
N₁P₂K₁	0,11	0,4	0,07	11,5	1,1	1,8	14,4	1,79	17,7	3,3	0,23	23
N₂P₂K₁	0,23	0,4	0,07	13,2	1,3	2,5	17,0	2,48	24,6	7,6	0,44	44
N₂P₂K₂	0,23	0,4	0,13	14,6	1,5	2,7	18,8	2,77	27,4	8,6	0,46	46
N₃P₂K₁	0,34	0,4	0,07	15,0	1,5	3,0	19,4	3,00	29,7	10,3	0,53	53
N₃P₂K₂	0,34	0,4	0,13	16,3	1,6	3,1	21,1	3,17	31,4	10,3	0,49	49
N₂P₃K₁	0,23	0,6	0,07	17,4	1,7	3,3	22,5	3,38	33,5	11,0	0,49	49
N₂P₃K₂	0,23	0,6	0,13	18,8	1,9	3,5	24,1	3,51	34,7	10,6	0,44	44
N₃P₃K₁	0,34	0,6	0,07	19,1	1,9	3,7	24,7	3,72	36,8	12,1	0,49	49
N₃P₃K₃	0,34	0,6	0,20	21,9	2,2	4,0	28,0	4,00	39,6	11,6	0,41	41
Навоз+NPK	0,23	0,4	0,13	14,6	1,5	3,3	19,3	3,31	32,8	13,5	0,70	70
Расчетный	0,40	0,5	0,18	19,3	1,9	4,5	25,7	4,59	45,4	19,7	0,77	77

Экономическая эффективность применения удобрений под кукурузу на силос

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Заграты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Заграты на уборку и перевозку дополнительной продукции, тыс. руб./га	Всего затрат на применение удобрений, тыс. руб./га	Прибавка урожая от удобрений, т/га	Стоимость прибавки, тыс. руб./га	Условно чистый доход		Рентабельность, %
	аммиачная селитра	суперфосфат простой	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
N₁P₁K₁	0,11	0,2	0,07	7,3	0,7	2,2	10,2	6,3	22,1	11,8	1,16	116
N₂P₁K₁	0,23	0,2	0,07	9,0	0,9	3,2	13,2	9,2	32,2	19,0	1,45	145
N₁P₂K₁	0,11	0,4	0,07	11,5	1,1	2,9	15,6	8,4	29,4	13,8	0,89	89
N₂P₂K₁	0,23	0,4	0,07	13,2	1,3	4,4	19,0	12,7	44,5	25,5	1,34	134
N₂P₂K₂	0,23	0,4	0,13	14,6	1,5	5,1	21,1	14,5	50,8	29,6	1,40	140
N₃P₂K₁	0,34	0,4	0,07	15,0	1,5	6,3	22,7	17,9	62,7	39,9	1,76	176
N₃P₂K₂	0,34	0,4	0,13	16,3	1,6	6,8	24,7	19,3	67,6	42,8	1,73	173
N₂P₃K₁	0,23	0,6	0,07	17,4	1,7	5,9	25,1	16,9	59,2	34,1	1,36	136
N₂P₃K₂	0,23	0,6	0,13	18,8	1,9	6,5	27,1	18,5	64,8	37,6	1,39	139
N₃P₃K₁	0,34	0,6	0,07	19,1	1,9	6,2	27,3	17,8	62,3	35,0	1,28	128
N₃P₃K₃	0,34	0,6	0,20	21,9	2,2	8,1	32,2	23,2	81,2	49,0	1,52	152
Навоз+NPK	0,23	0,4	0,13	14,6	1,5	5,2	21,2	14,9	52,2	30,9	1,45	145
Расчетный	0,40	0,5	0,18	19,3	1,9	8,5	29,7	24,4	85,4	55,7	1,87	187

Энергетическая эффективность удобрений под озимую пшеницу

Вариант	Прибавка урожая зерна, т/га	Энергетическая ценность прибавки, МДж/га	Энергетические затраты на применение удобрений, МДж/га				Энергетическая эффективность (КПД), ед
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего	
N ₁ P ₁ K ₁	1,61	26485	4330	504	332	5166	5,1
N ₂ P ₁ K ₁	2,18	35861	8660	504	332	9496	3,8
N ₁ P ₂ K ₁	1,91	31420	4330	1008	332	5670	5,5
N ₂ P ₂ K ₁	2,37	38987	8660	1008	332	10000	3,9
N ₂ P ₂ K ₂	3,2	52640	8660	1008	664	10332	5,1
N ₃ P ₂ K ₁	2,33	38329	12990	1008	332	14330	2,7
N ₃ P ₂ K ₂	2,42	39809	12990	1008	664	14662	2,7
N ₂ P ₃ K ₁	2,38	39151	8660	1512	332	10504	3,7
N ₂ P ₃ K ₂	2,32	38164	8660	1512	664	10836	3,5
N ₃ P ₃ K ₁	2,46	40467	12990	1512	332	14834	2,7
N ₃ P ₃ K ₃	2,71	44580	12990	1512	996	15498	2,9
Навоз+NPK	3,41	56095	8660	1008	664	10332	5,4
Расчетный	2,93	48199	9526	1134	581	11241	4,3

Энергетическая эффективность удобрений под кукурузу на зерно

Вариант	Прибавка урожая зерна, т/га	Энергетическая ценность прибавки, МДж/га	Энергетические затраты на применение удобрений, МДж/га				Энергетическая эффективность (КПД), ед
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего	
N ₁ P ₁ K ₁	1,38	20893	3464	504	332	4300	4,9
N ₂ P ₁ K ₁	2,01	30431	6928	504	332	7764	3,9
N ₁ P ₂ K ₁	1,79	27101	3464	1008	332	4804	5,6
N ₂ P ₂ K ₁	2,48	37547	6928	1008	332	8268	4,5
N ₂ P ₂ K ₂	2,77	41938	6928	1008	664	8600	4,9
N ₃ P ₂ K ₁	3,00	45420	10392	1008	332	11732	3,9
N ₃ P ₂ K ₂	3,17	47994	10392	1008	664	12064	4,0
N ₂ P ₃ K ₁	3,38	51173	6928	1512	332	8772	5,8
N ₂ P ₃ K ₂	3,51	53141	6928	1512	664	9104	5,8
N ₃ P ₃ K ₁	3,72	56321	10392	1512	332	12236	4,6
N ₃ P ₃ K ₃	4,00	60560	10392	1512	996	12900	4,7
Навоз+NPK	3,31	50113	6928	1008	664	8600	5,8
Расчетный	4,59	69493	12124	1134	913	14171	4,9

Энергетическая эффективность применения систем удобрения под кукурузу на силос

Вариант	Прибавка урожая зерна, т/га	Энергетическая ценность прибавки, МДж/га	Энергетические затраты на применение удобрений, МДж/га				Энергетическая эффективность (КПД), ед
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего	
N ₁ P ₁ K ₁	6,3	30555	3464	504	332	4300	7,1
N ₂ P ₁ K ₁	9,2	44620	6928	504	332	7764	5,7
N ₁ P ₂ K ₁	8,4	40740	3464	1008	332	4804	8,5
N ₂ P ₂ K ₁	12,7	61595	6928	1008	332	8268	7,4
N ₂ P ₂ K ₂	14,5	70325	6928	1008	664	8600	8,2
N ₃ P ₂ K ₁	17,9	86815	10392	1008	332	11732	7,4
N ₃ P ₂ K ₂	19,3	93605	10392	1008	664	12064	7,8
N ₂ P ₃ K ₁	16,9	81965	6928	1512	332	8772	9,3
N ₂ P ₃ K ₂	18,5	89725	6928	1512	664	9104	9,9
N ₃ P ₃ K ₁	17,8	86330	10392	1512	332	12236	7,1
N ₃ P ₃ K ₃	23,2	112520	10392	1512	996	12900	8,7
Навоз+NPK	14,9	72265	6928	1008	664	8600	8,4
Расчетный	24,4	118340	12124	1134	913	14171	8,4

**Окупаемость удобрений дополнительной продукцией
зерна озимой пшеницы по разным системам**

Вариант	Прибавка, кг/га	Доза удобрений, кг д.в./га				Окупаемость удобрений до- полнительной продукцией (прибавкой), кг/кг д.в.
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего	
N ₁ P ₁ K ₁	1610	50	40	40	130	12,4
N ₂ P ₁ K ₁	2180	100	40	40	180	12,1
N ₁ P ₂ K ₁	1910	50	80	40	170	11,2
N ₂ P ₂ K ₁	2370	100	80	40	220	10,8
N ₂ P ₂ K ₂	3200	100	80	80	260	12,3
N ₃ P ₂ K ₁	2330	150	80	40	270	8,6
N ₃ P ₂ K ₂	2420	150	80	80	310	7,8
N ₂ P ₃ K ₁	2380	100	120	40	260	9,2
N ₂ P ₃ K ₂	2320	100	120	80	300	7,7
N ₃ P ₃ K ₁	2460	150	120	40	310	7,9
N ₃ P ₃ K ₃	2710	150	120	120	390	6,9
Навоз+NPK	3410	100	80	80	260	13,1
Расчетный	2930	110	90	70	270	10,9

**Окупаемость удобрений дополнительной продукцией
зерна кукурузы по разным системам**

Вариант	Прибавка, кг/га	Доза удобрений, кг д.в./га				Окупаемость удобрений до- полнительной продукцией (прибавкой), кг/кг д.в.
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего	
N ₁ P ₁ K ₁	1380	40	40	40	120	11,5
N ₂ P ₁ K ₁	2180	80	40	40	160	13,6
N ₁ P ₂ K ₁	1910	40	80	40	160	11,9
N ₂ P ₂ K ₁	2370	80	80	40	200	11,9
N ₂ P ₂ K ₂	3200	80	80	80	240	13,3
N ₃ P ₂ K ₁	2330	120	80	40	240	9,7
N ₃ P ₂ K ₂	2420	120	80	80	280	8,6
N ₂ P ₃ K ₁	2380	80	120	40	240	9,9
N ₂ P ₃ K ₂	2320	80	120	80	280	8,3
N ₃ P ₃ K ₁	2460	120	120	40	280	8,8
N ₃ P ₃ K ₃	2710	120	120	120	360	7,5
Навоз+NPK	3410	80	80	80	240	14,2
Расчетный	2930	140	90	110	340	8,6

**Окупаемость удобрений дополнительной продукцией
листочкостебельной массы кукурузы на силос по разным системам**

Вариант	Прибавка урожая, кг/га	Норма удобрений, кг д.в./га				Окупаемость удобрений дополнительной продукцией (прибавкой), кг/кг д.в.
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	всего	
N₁P₁K₁	6300	40	40	40	120	52,5
N₂P₁K₁	9200	80	40	40	160	57,5
N₁P₂K₁	8400	40	80	40	160	52,5
N₂P₂K₁	12700	80	80	40	200	63,5
N₂P₂K₂	14500	80	80	80	240	60,4
N₃P₂K₁	17900	120	80	40	240	74,6
N₃P₂K₂	19300	120	80	80	280	68,9
N₂P₃K₁	16900	80	120	40	240	70,4
N₂P₃K₂	18500	80	120	80	280	66,1
N₃P₃K₁	17800	120	120	40	280	63,6
N₃P₃K₃	23200	120	120	120	360	64,4
Навоз+NPK	14900	80	80	80	240	62,1
Расчетный	24400	140	90	110	340	71,8

**Результаты статистической обработки данных
урожайности озимой пшеницы**

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
1	3,26	3,31	3,07	3,24	12,9	3,2
2	4,85	4,75	4,67	4,96	19,2	4,8
3	5,32	5,24	5,45	5,48	21,5	5,4
4	5,08	5,01	5,14	5,25	20,5	5,1
5	5,57	5,52	5,72	5,63	22,4	5,6
6	6,34	6,49	6,2	6,68	25,7	6,4
7	5,44	5,56	5,37	5,59	22,0	5,5
8	5,62	5,65	5,7	5,5	22,5	5,6
9	5,64	5,55	5,52	5,73	22,4	5,6
10	5,49	5,53	5,73	5,41	22,2	5,5
11	5,83	5,55	5,66	5,69	22,7	5,7
12	5,8	5,9	6,02	5,99	23,7	5,9
13	6,26	6,81	6,63	6,69	26,4	6,6
14	6,28	5,94	6,01	6,13	24,4	6,1
Сумма по P	76,8	76,8	76,9	78,0	308,5	5,5

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{ср}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	34,8	55,0			
Повторений	0,1	3,0			
Вариантов	34,0	13,0	2,6		
Остаток	0,7	39,0	0,0	152,8	2,0

$$Sd = 0,09$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,19$$

**Результаты статистической обработки данных
урожайности кукурузы на зерно**

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
1	3,85	3,93	3,55	3,49	14,8	3,71
2	4,95	5,18	5,20	4,99	20,3	5,08
3	5,68	5,69	5,61	5,93	22,9	5,73
4	5,88	5,33	5,41	5,44	22,1	5,52
5	5,96	6,26	6,12	6,40	24,7	6,19
6	7,00	6,16	6,54	6,22	25,9	6,48
7	6,76	6,62	6,77	6,69	26,8	6,71
8	7,05	6,72	6,95	6,78	27,5	6,88
9	7,16	7,17	7,19	6,96	28,5	7,12
10	7,69	7,28	7,06	6,91	28,9	7,24
11	7,35	7,33	7,52	7,42	29,6	7,41
12	7,76	7,74	7,66	7,73	30,9	7,72
13	6,87	6,98	7,18	6,72	27,8	6,94
14	8,18	7,95	8,49	8,56	33,2	8,30
Сумма по P	92,1	90,3	91,3	90,2	364,0	6,50

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	75,2	55,0			
Повторений	0,2	3,0			
Вариантов	73,3	13,0	5,6		
Остаток	1,7	39,0	0,0	132,6	2,0

$$Sd = 0,15$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,29$$

**Результаты статистической обработки данных
урожайности кукурузы на силос**

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
1	20,42	20,83	18,79	18,48	78,5	19,63
2	25,29	24,25	27,55	26,34	103,4	25,86
3	27,7	30,18	27,06	30,39	115,3	28,83
4	31,16	26,14	28,67	26,49	112,5	28,12
5	31,58	33,19	30,64	33,94	129,4	32,34
6	37,1	32,4	34,64	32,42	136,6	34,14
7	40,26	37,2	36,39	35,97	149,8	37,46
8	38,06	40,74	38,23	38,56	155,6	38,90
9	35,75	38,51	37,6	34,04	145,9	36,48
10	40,76	38,6	36,23	36,63	152,2	38,06
11	36,29	38,83	39,32	35	149,4	37,36
12	41,38	41,53	43,76	44,7	171,4	42,84
13	33,76	34,89	35,94	33,48	138,1	34,52
14	43,35	41,61	45	46,64	176,6	44,15
Сумма по P	482,9	478,9	479,8	473,1	1914,7	34,19

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	2486,8	55,0			
Повторений	3,6	3,0			
Вариантов	2350,7	13,0	180,8		
Остаток	132,5	39,0	3,4	53,2	2,0

$$Sd = 1,30$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,61$$