

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

На правах рукописи

Лазаров Таймураз Константинович

**НАУЧНОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО
СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ
В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА**

06.01.04 – агрохимия

Диссертация на соискание ученой степени доктора
сельскохозяйственных наук

Научный консультант – доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
заслуженный работник высшей школы РФ,
заслуженный деятель науки и техники СОАССР
Дзанагов Созырко Хасанбекович

Владикавказ – 2022

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	5
1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)...	15
1.1. Влияние удобрений на плодородие почвы	16
1.2. Влияние удобрений на продуктивность севооборотов, урожайность и качество сельскохозяйственных культур	42
2. УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ	75
2.1. Природные условия лесостепной зоны Центральной части Северного Кавказа	75
2.2. Почвообразующие породы и почвы	89
2.3. Методика проведения исследований	93
3. ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ	105
3.1. Гумус	106
3.2. Физико-химические свойства почвы	114
3.3. Питательный режим почвы	125
3.3.1. Динамика аммонийного и нитратного азота.....	127
3.3.2. Динамика подвижного фосфора	140
3.3.3. Динамика обменного калия.....	148
4. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА КУЛЬТУР ПОЛЕВОГО СЕВООБОРОТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	157
4.1. Рост и формирование биомассы растений	158
4.1.1. Динамика линейного роста растений	158
4.1.2. Динамика площади листовой поверхности	168
4.1.3. Накопление сухой биомассы растениями	179
4.1.4. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза	188

4.2.	Потребление питательных веществ растениями	209
4.2.1.	<i>Потребление N, P₂O₅ и K₂O многолетними травами</i>	210
4.2.2.	<i>Потребление N, P₂O₅ и K₂O растениями озимой пшеницы ...</i>	218
4.2.3.	<i>Потребление N, P₂O₅ и K₂O растениями кукурузы</i>	226
4.2.4.	<i>Потребление N, P₂O₅ и K₂O суданской травой</i>	234
5.	УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВООБОРОТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	239
5.1.	Урожайность культур полевого севооборота	239
5.1.1.	<i>Урожайность многолетних трав</i>	240
5.1.2.	<i>Урожайность озимой пшеницы</i>	245
5.1.3.	<i>Урожайность кукурузы на зерно</i>	252
5.1.4.	<i>Урожайность кукурузы на силос</i>	257
5.1.5.	<i>Урожайность суданской травы</i>	260
5.2.	Структура урожая зерновых культур	263
5.3.	Продуктивность полевого севооборота.....	268
6.	КАЧЕСТВО УРОЖАЯ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ	276
6.1.	Химический и биохимический состав многолетних трав	276
6.2.	Химический состав и качество зерна озимой пшеницы	281
6.3.	Химический состав и качество зерна кукурузы	288
6.4.	Химический состав и качество кукурузы на силос	290
6.5.	Химический состав и качество суданской травы	292
7.	БАЛАНС ГУМУСА И ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В СЕВООБОРОТЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ	296
7.1.	Вынос питательных веществ с урожаем культур	297
7.2.	Баланс основных питательных элементов и коэффициенты их использования из почвы и удобрений	310
7.3.	Баланс гумуса	319

8.	ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБО-	
	РОТЕ	326
8.1.	Экономическая эффективность	327
8.2.	Агрономическая эффективность (окупаемость удобрений)	334
8.3.	Энергетическая эффективность	338
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	345
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	356
	ПРИЛОЖЕНИЯ	457

ВВЕДЕНИЕ

Сельское хозяйство - отрасль стратегического значения, развитие которой направлено не только на получение коммерческой прибыли, но и на обеспечение продовольственной, национальной безопасности страны. Можно констатировать, что сегодня сельское хозяйство России – это одна из наиболее инвестиционно-привлекательных отраслей реального сектора экономики. Оно вышло из системного кризиса, пройдя путь от полного упадка в середине 1990-х гг. до выхода к 2015 году по целому ряду показателей на первые позиции в мире. Все предыдущее десятилетие происходило импортозамещение ряда продовольственных товаров, а также усиление экспортного потенциала на рынке зерна, других культур и продуктов их переработки (Руднева Н.И., Белякова С.В., Колотова А.С., 2018).

Согласно Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации №20 от 21 января 2020 года, стратегической целью обеспечения продовольственной безопасности является обеспечение населения страны безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в объемах, обеспечивающих рациональные дозы потребления пищевой продукции. Среди основных задач Доктрины - повышение урожайности сельскохозяйственных культур, сохранение, восстановление, повышение плодородия и рациональное использование земель сельскохозяйственного назначения на основе принципов научно обоснованного планирования.

По долгосрочному прогнозу социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г., перед отраслью стоит задача довести производство зерна до 145-150 млн. т. Для этого потребуется не только увеличить количество вносимых удобрений и пестицидов, но и в целом повысить культуру земледелия (Сычев В.Г., Шафран С.А., 2017).

Производство минеральных удобрений в мире достигает около 280 млн. т д.в., в том числе азотных более 110 млн. т. В России выпуск минераль-

ных удобрений составляет около 5% от мирового их производства, однако применяется в отечественном земледелии чуть более 10% от производимого количества. В последние годы при производстве растениеводческой продукции в России в составе минеральных удобрений вносится около 1,5 млн. т азота, в составе органических - 0,27 млн. т, поступает 0,70 млн. т биологического азота, а вынос с продукцией сельского хозяйства составляет более 3 млн. т, то есть наблюдается явно отрицательный баланс этого элемента (Завалин А.А., 2018).

Академик А.Х. Шеуджен (2015) считает, что современная концепция ведения аграрного производства не базируется на основных агрохимических принципах. А недооценка изменчивости свойств почв при длительной интенсивной эксплуатации, по мнению профессора Л.М. Онищенко (2016), обостряет проблему их деградации и приводит к дисбалансу между потенциальным и эффективным плодородием. Поэтому заключения, сделанные академиком В.Г. Сычевым еще в 2006 году о том, что большая часть урожая в 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, а 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., актуальны и сегодня.

В связи с вышеизложенным становится очевидной важность длительных научных исследований по определению агрохимических показателей почв, выявлению негативных факторов, влияющих на плодородие и снижающих продуктивность сельскохозяйственных культур. Можно смело утверждать, что мониторинг почвенного плодородия – это важная часть мониторинга состояния национальной продовольственной безопасности страны.

Актуальность избранной темы. Интенсивные технологии возделывания полевых культур в сельскохозяйственном производстве лесостепной зо-

ны Центральной части Северного Кавказа должны быть основаны на зональных особенностях систем удобрения в типичных полевых севооборотах, обеспечивающих сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почвы, достижение устойчивого увеличения урожайности, улучшения качества продукции, роста продуктивности севооборота и экономической эффективности производства. В противном случае, несомненно, со временем это приведет к истощению почвы, и урожайность культур начнет стабильно снижаться, а качество продукции ухудшаться.

Многочисленные научные исследования в области агрохимии свидетельствуют, что увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности севооборотов напрямую связано с длительностью и систематичностью применения удобрений, а хорошая обеспеченность почвы общими и усвояемыми формами питательных веществ снижает эффективность удобрений. С учетом этого определение видов, доз, сроков и способов внесения удобрений должно быть научно обосновано. 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. Вопросы применения удобрений в севооборотах на почвах Северного Кавказа длительное время изучали ученые-агрохимики научно-исследовательских и высших учебных заведений, Кубани, Ставрополья, Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Чечни и Ингушетии. В лесостепной зоне РСО-Алания этими вопросами 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. На кафедре накопился значительный материал по результатам исследований агрохимической характеристики почв республики и эффективности применения минеральных и органических удобрений под важнейшие сельскохозяйственные культуры. Комплексные научные исследования по проблеме «Системы применения удобрений в полевых севооборотах на 4-х основных типах и подтипах почв Центрального Предкавказья в длительных полевых стационарных опытах по программе Географической сети опытов с удобрениями» провел в 1971-1992 гг. профессор С.Х. Дзанагов. На черноземе выщелоченном РСО-Алания краткосрочные опыты с удобрениями на отдельных культурах и в звеньях севооборота провели А.Е. Басиев, З.Т. Кануков, А.Ю. Хадиков, Б.Р. Ханикаев, Б.В. Гагиев и др. 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.

Цель исследований – выявить на основании мониторинга и комплексной оценки условий длительного систематического применения удобрений оптимальные уровни и комбинации насыщения полевого севооборота удобрениями для лесостепной зоны Центральной части Северного Кавказа на черноземах выщелоченных, характеризующиеся высокой урожайностью и продуктивностью севооборота, хорошим качеством продукции, сохранением и воспроизводством плодородия почвы и экономической эффективностью.

Задачи исследований:

1. Изучить влияние длительного систематического применения различных систем удобрения на содержание гумуса, физико-химические свойства и питательный режим чернозема выщелоченного в полевом севообороте.

2. Изучить процессы роста и развития растений, фотосинтетической деятельности посевов, накопления сухого вещества, потребления основных

питательных элементов растениями в зависимости от обеспеченности минеральным питанием.

3. Установить влияние длительного применения удобрений на урожайность культур, структуру урожая и продуктивность полевого севооборота.

4. Изучить изменение химического состава и качества основной продукции культур севооборота под влиянием длительного применения удобрений

5. Определить дифференцированный вынос основных питательных элементов с урожаем культур и на единицу основной продукции, рассчитать баланс гумуса и питательных веществ в почве севооборота и коэффициенты использования их из почвы и удобрений.

6. Рассчитать экономическую, агрономическую и энергетическую эффективность удобрений в полевом севообороте.

7. На основании 20-летних исследований предложить оптимальные дозы и комбинации удобрений для сельскохозяйственного производства лесостепной зоны Центральной части Северного Кавказа.

Научная новизна. В лесостепной зоне Центральной части Северного Кавказа проведен мониторинг плодородия чернозема выщелоченного, подстилаемого галечником, вовлеченного в полевой севооборот с длительной интенсивной химизацией земледелия, экспериментально выявлены и теоретически обоснованы изменения основных параметров плодородия почвы, процессов роста и развития растений полевых культур, урожайности культур и продуктивности севооборота, химического состава и качества продукции. Установлены доли участия влияния удобрений в формировании урожая, корреляционно-регрессионные зависимости показателей формирования урожая культур и качества продукции от обеспеченности почвы питательными элементами из вносимых удобрений. Получены новые данные о выносе питательных веществ с урожаем, коэффициентах использования их из почвы и удобрений, эффективность применения различных систем удобрения в севообороте.

Теоретическая и практическая значимость работы. Экспериментально полученные данные о физико-химических свойствах почвы, содержании гумуса и подвижных форм азота, фосфора, калия в черноземе выщелоченном, а также отзывчивости сельскохозяйственных культур на длительное систематическое применение удобрений являются теоретическими предпосылками для эффективного использования удобрений в полевых севооборотах лесостепной зоны Центральной части Северного Кавказа. Предложенный оптимальный вариант системы удобрения полевого севооборота обеспечит высокую его продуктивность с улучшенными качественными показателями получаемой продукции и показателями экономической эффективности удобрений при условии сохранения плодородия почвы. Полученные количественные показатели выноса 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 при проведении растительной диагностики устанавливать необходимость соответствующих подкормок. Полученные результаты могут быть использованы также в учебном процессе аграрных вузов при изучении дисциплин агрохимия, почвоведение, земледелие, растениеводство.

Методология и методы диссертационного исследования. Для планирования и проведения исследований в качестве источников информации использовали информационные издания, монографии, статьи и книги специализированной научной тематики и другие материалы. При проведении исследований применялся системный подход. Методологическую основу научно-экспериментальной работы составили методы исследований – полевые и лабораторные опыты в течение длительного (20 лет) времени (изучение показателей эффективного плодородия почвы, наблюдения за ростом и развитием растений, учет урожайности культур полевого севооборота, лабораторные анализы агрохимических показателей почвы и биохимических показателей

растительной продукции) с применением методик, входящих в базу ГОСТов Общероссийского классификатора стандартов Российской Федерации, и использованием современного приборного оборудования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Длительное систематическое применение удобрений в полевом севообороте оказывает существенное влияние на плодородие чернозема выщелоченного, его физико-химические свойства, гумусированность и показатели эффективного плодородия.

2. На формирование биомассы культур полевого севооборота, линейный рост растений, развитие листовой поверхности, фотосинтетическую деятельность посевов, накопление сухого вещества и потребление питательных элементов растениями существенно влияет обеспеченность почвы элементами минерального питания.

3. Плодородие почвы и системы удобрения с учетом длительности их применения определяют урожайность культур и продуктивность полевого севооборота

4. Интенсивная химизация земледелия в течение длительного времени приводит к изменениям химического состава и качества урожая культур полевого севооборота.

5. Рациональная система удобрения полевого севооборота способна обеспечить положительный баланс гумуса и питательных веществ, сохранение и воспроизводство плодородия почвы.

6. Применение удобрений в полевом севообороте экономически рентабельно, окупается полученной дополнительной продукцией, характеризуется высокой энергоотдачей.

Степень достоверности результатов. Достоверность результатов исследований подтверждается большим объемом экспериментальных данных, полученных в результате 20-летних опытов, применением методик, входящих в базу действующих Российских и межгосударственных стандартов, достаточным объемом расчетных материалов и полученных зависимостей,

статистической обработкой данных методом дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализов, периодической публикацией основных результатов в изданиях, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, их апробацией на различных научных форумах и положительными результатами проверки в производственных условиях.

Апробация результатов. Основные результаты исследований докладывались и обсуждались на кафедре агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Горский ГАУ в 1995-2022 гг.; отражены в годовых отчетах по научно-исследовательской работе кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Горского ГАУ в 1995-2021 гг.; ежегодных отчетах в Геосеть о результатах длительного опыта в 1995-2017 гг.; опубликованных тезисах докладов на Международных научных и научно-практических конференциях: «Растительные ресурсы и биотехнология в агропромышленном комплексе» (Владикавказ, 1998), «Экологически безопасные технологии в сельскохозяйственном производстве XXI века» (Владикавказ, 2000), «Агрохимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур» (Москва, 2002), «Обеспечение высокой экономической эффективности и экологической безопасности приемов использования удобрений и других средств» (Москва, 2003), «Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки» (Владикавказ, 2005-2017 ежегодно), «Перспективы развития АПК в современных условиях» (Владикавказ, 2011-2021 ежегодно), «Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия» (Москва-Суздаль, 2017), «Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве», посвященной 80-летию со дня рождения профессора С.Х. Дзанагова (Владикавказ, 2017), «Эволюция и деградация почвенного покрова» (Ставрополь, 2017), «Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах», приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ (Ставрополь, 2018), «Актуальные вопросы науки и образования» (Майкоп, 2020); Всероссийского форума

с международным участием, посвященного 75-летию со дня рождения Первого Президента Республики Дагестан М.Г. Алиева (Махачкала, 2015), 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); Всероссийских научно-практических конференциях: «Энтузиасты аграрной науки», посвященной 310-летию Й.Г. Валлериуса и 90-летию академика Ефимова В.Н. (Краснодар, 2019), «Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции», посвященной 90-летию факультета технологического менеджмента Горского ГАУ (Владикавказ, 2019) и др.

По материалам диссертации опубликовано 69 научных работ, в том числе: 28 – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 2 – в международных базах Web of Science и Scopus, имеется 2 патента на изобретения.

Структура диссертации. Диссертация изложена на 355 стр. Включает: введение, основную часть (8 глав), заключение (выводы и рекомендации производству). В тексте содержится 88 таблиц и 50 иллюстраций. Библиографический список изложен на 101 стр., включает 839 наименований. Имеется также 266 приложений на 266 страницах.

Автор выражает глубокую и искреннюю благодарность и признательность сотрудникам кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ, профессору Газданову А.В., доцентам Басиеву А.Е., Канукову З.Т., Хадикову А.Ю., Асаевой Т.Д., лаборанту Газзаевой А.В., сотрудникам учхоза и учебно-научно-производственного отдела Горского ГАУ, сотрудникам научно-исследовательских лабораторий «Агрэкологии» и «Биотехнологии», аспирантам Цуциеву Р.А., Сидакову Д.Х., Гагиеву Б.В., Ханикаеву Б.Р., преподавателям и студентам агрономического факультета Горского ГАУ за всемерную поддержку и неоценимую помощь при проведении исследований.

Мы искренне признательны ректорам вуза, профессору В.Х. Темираеву и профессору Т.Р. Тускаеву за моральную и материально-техническую поддержку научных исследований.

Особую благодарность и признательность автор выражает научному консультанту, руководителю научной школы агрохимии в Горском ГАУ, доктору сельскохозяйственных наук, профессору, заслуженному деятелю науки РФ, заслуженному работнику высшей школы РФ, заслуженному деятелю науки и техники СОАССР Созырко Хасанбековичу Дзанагову за большой наставнический труд, огромную повседневную помощь, методические советы, научные и педагогические наставления, щедро оказанные им в процессе работы.

1. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ПОЛЕВЫХ СЕВООБОРОТАХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В современных условиях интенсификации земледелия с повышенным насыщением севооборотов удобрениями большое значение имеет установление агрономически и экономически целесообразного уровня применения удобрений, обеспечивающего получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур при одновременном улучшении качества продукции и повышении плодородия почвы.

В настоящее время имеется много научных публикаций отечественных и зарубежных авторов, которые с разных позиций рассматривают вопросы влияния различных систем удобрения в севообороте на его продуктивность, урожайность отдельных культур, качество растениеводческой продукции, а также плодородие почв. Огромный 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.

Оценивая уровень урожайности сельскохозяйственных культур в динамике за ротацию севооборота, трудно установить четкую зависимость. Это связано с погодными условиями, сортовыми особенностями и уровнем агротехнологий выращивания культур. Поэтому необходимо постоянно изучать влияние длительного применения удобрений на питательный режим почвы и особенно на формирование урожая и качества продукции (Господаренко Г.Н., Любич В.В., Матвиенко Н.П., 2018).

В этой области необходимо отдать должное Географической сети полевых опытов с удобрениями – единой экспериментальной базе по изучению удобрений для всей территории страны.

Геосеть была основана официально как система полевых исследований по унифицированной программе и методологии с задачей широкого зонального охвата почвенно-климатических условий страны в 1941 г. по инициативе академика Д.Н. Прянишникова. Сегодня в рамках Геосети проводят более 150 полевых многолетних опытов с удобрениями, среди которых 15 - длительностью более 70 лет, а более половины из них перешагнули 35-летний рубеж. Принципы единых схем краткосрочных полевых опытов и программ исследований были использованы в системе агрохимической службы, начиная с середины 60-х гг. XX в. Учитывая, что в мире проводится около 620 длительных полевых опытов, существующая в настоящее время сеть опытов России является уникальной, не имеющей мировых аналогов системой длительных стационарных наблюдений, аккумулируя в себя информацию, получаемую десятилетиями. Длительные полевые опыты, способные распознать и предвидеть состояние экосистем и, следовательно, возможность улучшить условия жизни человека, являются национальным достоянием любого государства (Романенков В.А., Шевцова Л.К., 2014; Сычев В.Г., Романенков В.А., Беличенко М.В., 2016).

1.1. Влияние удобрений на плодородие почвы

Исследованиями, проведенными в различных зонах нашей страны в длительных опытах, установлено, что систематическое применение удобрений приводит к постепенному повышению эффективного и потенциального плодородия почвы. В наибольшей степени почвенное плодородие определяется содержанием в ней органического вещества. Гумус - важнейший интегральный показатель уровня плодородия почвы. (Sprengel С., 1837; Докучаев В.В., 1952; Костычев П.А., 1949; Рубилин Е.В., 1956; Трофименко К.И., 1964; Прянишников Д.Н., 1965; Тюрин И.В., Кононова М.М., 1966; Кук Д.У, 1975; Гришина Л.А, Ковда В.А., 1973; Александрова Л.Н., 1980; Кулаковская Т.Н., 1984; Лыков А.М., 1985; Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993 и др.).

Черноземы обладают высокими показателями потенциального и эффективного плодородия, однако длительное сельскохозяйственное их использование привело к значительному снижению плодородия. Потери гумуса в данном случае становятся неизбежными, так как почва переходит в другое агрономическое состояние вследствие его более активной минерализации, сдвигается динамическое равновесие между новообразованием гумуса и его минерализацией, причем особенно быстро это происходит в первые годы распашки (Гринченко А.М., Чесняк Г.Я., Чесняк О.А., 1964; Минеев В.Г., Шевцова Л.К., 1978; Агеев В.В., 1979; Кирюшин В.И., 1987 и др.).

Черноземы являются единственной почвой, в которой органическая и минеральная части находятся в оптимальном сочетании. При исследовании черноземов легче всего выявить и наглядно продемонстрировать роль и важнейшие функции почвы в биосфере и антропосфере. И несмотря на то, что чернозем представляет довольно устойчивую природную систему, его современное агроэкологическое состояние вызывает определенные опасения. Интенсивная эксплуатация плодородия черноземов в течение последних трех веков без соответствующих компенсационных мер привела к их некоторой антропогенной деградации (Щербакова А.П., Васнева И.И., 2000).

На основании результатов длительных опытов Н.И. Шарков (2005) приходит к выводу, что черноземные почвы даже за длительный период использования без удобрений сохранили свой статус почв, обеспеченных органическим веществом. Вместе с тем автор констатирует, что, к сожалению, качество органического вещества в них значительно ухудшилось, так как была утрачена наиболее активная, легко минерализуемая часть гумуса, остался «выпаханный» чернозем, требующий внесения органических и минеральных удобрений для обеспечения необходимого уровня продуктивности почвы.

Длительное использование черноземов в традиционной системе обработки приводит к потерям значительного количества гумуса и азота, оптимизация содержания которых достигается апробированным применением сево-

оборотов, внесением органических и минеральных удобрений (Завалин А.А., Дридигер В.К., Белобров В.П., Юдин С.А., 2018).

В своей обзорной статье И.Л. Тычинская, В.И. Панарина, Е.С. Михалева (2021), обобщая данные многолетних исследований российских и зарубежных ученых, 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.

Основными показателями изменений содержания (запасов) органического вещества в почвах являются исходное (или близкое к исходному) содержание гумуса и его изменение в вариантах опытов с разными системами удобрения по периодам наблюдений. Главные критерии оценки баланса гумуса - показатели его минимального и оптимального содержания в конкретном опыте в соответствующих вариантах. Важными следует считать показатели интенсивности изменений содержания (запасов) гумуса и скорость этих изменений за исследуемый период проведения опыта (Сычев В.Г., Шевцова Л.К., Мерзлая Г.Е., Беличенко М.В., 2017).

Для оценки экологического значения органических удобрений необходимо учитывать количество углерода, накапливаемого в почве, а также эффективность накопления $C_{орг}$. После того, как в почве достигнуто устойчивое равновесие, количество $C_{орг}$, ежегодно вносимого с органическими удобрениями, поддерживает устойчивый уровень органического вещества и соответствует количеству минерализованного углерода в год (Körschens M. et al., 2013).

Оценка запасов почвенного органического углерода в неудобренной почве и при внесении навоза в дозе ≈ 10 т/га в год и вклада органических удобрений в накопление $C_{орг}$ по сравнению с контролем, проведенная В.Г. Сычевым, А.Н. Налиухиным, Л.К. Шевцовой и др. (2020), показала, что различие в запасах углерода в пахотном слое почвы (0-20 см) между вариантами без удобрений и навозом в среднем для черноземов составляло 3% (с колеба-

ниями от –1 до 7%), а в накоплении $C_{\text{орг}}$ в слое 0-20 см – 1,9 т/га. Эти данные полностью согласуются с данными длительных полевых опытов в Европе. Такое увеличение запасов $C_{\text{орг}}$ при внесении навоза способствует поддержанию содержания углерода на уровне, близком к исходному, практически во всех анализируемых длительных опытах Геосети. При этом авторы отмечают наименьшее различие на черноземах по сравнению с другими почвами в накоплении углерода при внесении навоза, и объясняют этот факт исходно высокими запасами гумуса (до 600-700 т/га), большой устойчивостью почвенного органического вещества, а также несколько меньшими дозами внесения навоза. Кроме того, в черноземной зоне преобладают зернопаропропашные севообороты с сахарной свеклой и кукурузой, что наряду с наличием в них чистого пара способствует усилению минерализации органического вещества навоза по сравнению с опытами, проведенными в других почвенно-климатических условиях (Сычев В.Г., Налиухин А.Н., Шевцова Л.К. и др., 2020).

Содержание гумуса в почве снижается в том случае, если не применяют органические удобрения, а также когда вносят одни минеральные. В длительных опытах В. Debreczeni (1979) отмечено, что процессы минерализации гумуса в почве на фоне повышенных доз минеральных удобрений протекали более интенсивно по сравнению с контролем. Так, за 14 лет исследований в варианте без удобрений количество гумуса уменьшалось с 1,52 до 1,28%, а на фоне высоких доз минеральных удобрений - с 1,54 до 1,22% (Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993).

В.В. Агеев, В.И. Демкин (цит. по Минееву В.Г. и др., 1993) экспериментально установили, что положительный баланс гумуса на предкавказских черноземах под культурами зернопропашного севооборота может быть достигнут при системе удобрения, обеспечивающей насыщенность севооборота – 60 кг д.в./га NPK и 5 т/га навоза.

Двадцатилетнее возделывание полевых культур в севообороте на щелоченных черноземах Краснодарского края (Минеев В.Г. и др., 1993) без

применения удобрений приводило к снижению содержания гумуса в почве на 0,3%. Использование одних органических удобрений не обеспечило бездефицитный баланс гумуса так же, как и внесение одних минеральных. Совместное же их применение повысило содержание гумуса на 0,09%.

Применение одних минеральных удобрений в длительных (20 лет) опытах С.Х. Дзанагова (1999) снижало содержание гумуса в выщелоченном черноземе на 0,22%, а совместное применение органических и минеральных удобрений обеспечило повышение содержания гумуса в этих почвах в среднем за год на 0,5 т/га.

В длительном стационарном опыте Ставропольского ГАУ на черноземе выщелоченном выявлено, что длительное (38 лет) применение систем удобрения способствует ускоренной минерализации и большему расходу гумуса. На фоне обеспеченности 115-167 кг/га минеральными и 5-8 т/га органическими удобрениями отмечается стабилизация обеспеченности гумусом.

В исследованиях В.М. Бижоева, Т.П. Лифаненковой, С.Х. Дзанагова (2006) на выщелоченных черноземах Кабардино-Балкарии содержание гумуса с 1970 по 1996 гг. в неудобренной орошаемой почве стабилизировалось на уровне 2,61-2,76%. При рекомендуемой минеральной системе удобрения при орошении за этот период времени содержание гумуса сбалансировалось на более высоком уровне – 2,78-2,90%. Систематическое применение органо-минеральных удобрений в течение 48 лет способствовало стабилизации содержания гумуса на уровне 3,20-3,26%, а в случае введения в схему опыта расчетной органо-минеральной системы удобрения за 11 лет увеличило содержание гумуса на 0,34% и составило 3,58%.

В работах К.В. Дьяконовой (1988), Г.А. Сатарова (1988), Л.К. Шевцовой и Д.М. Сизовой (1974) в более поздних стационарных опытах, проведенных на черноземах ЦЧО, Ростовской области и Поволжья, было установлено, что бездефицитный баланс гумуса достигается внесением навоза 4-5 т/га в севообороте, а при внесении 7-8 т/га навоза совместно с минеральными удобрениями происходит расширенное воспроизводство органического ве-

щества. В вариантах с применением навоза без азотного удобрения повышенные содержания гумуса наблюдали больше, чем при тех же нормах навоза с ежегодным внесением азотного удобрения в пределах 0,06-0,11%.

Результаты исследований В.С. Сергеева, И.О. Чанышева, И.К. Хабирова и др. (2008) на выщелоченном черноземе показывают, что под влиянием органических удобрений повышается содержание гумуса и азота: соответственно при температуре 30°C на 0,23-0,40 и 197-372 мг/кг, а при 20°C на 0,33-0,54% и 246-413 мг/кг почвы.

Н.И. Зезюкова с соавторами (2000) придерживаются мнения, что количество органического вещества в почве зависит от размеров поступления негумифицированных растительных остатков.

Сельскохозяйственное использование чернозема выщелоченного Западного Предкавказья в течение трех ротаций 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота без применения удобрений привело к снижению содержания гумуса на 0,24%. Научно обоснованная система применения минеральных удобрений в севообороте ($N_{1740}P_{1740}K_{1160}$) обеспечивала стабилизацию содержания гумуса за счет большего поступления в почву нетоварной части урожая, корневых и пожнивных остатков (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Суетов В.П. и др., 2016).

На черноземе выщелоченном Центрального Черноземья в длительных стационарных опытах А.Ф. Стулина, Н.В. Верховцевой, Е.Ю. Милановского, О.А. Амелянчика (2019) в отсутствие растительных остатков как основного источника формирования гумусовых веществ (бессменный чистый пар) и при их незначительном поступлении в бессменных посевах кукурузы без удобрений, количество гумуса достоверно снизилось в пахотном слое более чем на 0,6%. Севооборот и полное минеральное удобрение усиливали процесс гумификации, коэффициент гумификации составил 1,36-1,78. В длительно палящей и неудобренной почве, по мнению Л.Д. Стахурловой, Д.И. Щеглова, А.Ф. Стулина (2018), развиваются процессы дегумификации, снижение скорости разложения клетчатки, развитие «почвоутомления» в результате по-

вышения токсичности почвы, возможно вызванного, по мнению Л.Д. Стахурловой, А.Ф. Стулина (2018), накоплением фенольных соединений при разложении гумусовых веществ или изменением структурного микробного комплекса в пользу фитопатогенов. Минеральные удобрения сдерживают потери гумуса, повышают степень обеспеченности почв доступными для растений элементами питания и дают значительную прибавку урожая кормовых культур. Однако способствуют повышению актуальной и гидролитической кислотности почв.

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 (Сатаров Г.А., 2014).

Для восполнения органики и повышения плодородия почв важным резервом является посев сидеральных культур (донника, клевера, рапса, эспарцета и др.) (Ляшко В.Ф., Зыбалов В.С., Добровольский И.П., 2015; Павликова Е.В., Ткачук О.А., 2015). Благодаря возделыванию в севооборотах сидеральных культур, многолетних бобовых трав, запашке их отавы, запасы гумуса в почве увеличились на 0,88-1,26 т/га в исследованиях Л.М. Козловой, Т.С. Макарова, Ф.А. Попова, А.В. Денисовой (2011). В результате исследований Р.С. Кираева, М.Г. Сираева, Р.А. Миндибаева (2011) на различных почвах зоны Башкортостана в севообороте с сидеральным паром отмечено увеличение запасов гумуса на 2,6 т/га за ротацию.

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.

Посевы многолетних трав (бобовых и злаково-бобовых) позволяют не только приостановить истощение почвенного плодородия, но и за короткий период обеспечить расширенное его воспроизводство. Учитывая их роль в пополнении энергетических запасов, улучшении гумусового и структурного состояния почв, следует помнить, что травы являются компонентом почво-защитной системы земледелия и гарантом экологического благополучия почв (Дробышев А.П., 2013; Чекалин С.Г., Фартушина М.М., 2014; Бельков Г.И., Максютов Н. А., 2014; Сабитов М.М., 2019 и др.).

Данные исследований Н.В. Шрамко, Г.В. Вихоревой, М.В. Пряхиной (2014) показывают, что травы, возделываемые в севооборотах, способны фиксировать до 150 кг азота, усвоение которого даже до 20% культурными растениями способно компенсировать недостающий уровень минерального питания по азоту. После их уборки в почве остается еще от 5,1 до 6,4 т/га и более корневых и пожнивных остатков в виде органического удобрения, в составе которого содержится 150-260 кг/га фиксированного биологически чистого азота и других элементов минерального питания.

В длительном опыте на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья в результате последствия высоких доз ($N_3P_3K_3$) минеральных удобрений относительно контроля в пахотном слое почвы повысилось накопление биологического азота растительными остатками люцерны (от 88,3 до 138,2 кг/га) и массы сухого органического вещества в поживно-корневых остатках (от 5,99 до 8,45 т/га). После выращивания люцерны третьего года жизни накопленный в почве биологический и общий азот позволяют получить дополнительно на естественном уровне плодородия 0,88 т/га зерна озимой пшеницы, при последствии удобрений в $N_2P_2K_2$ дозе – 1,16 и в $N_3P_3K_3$ – 1,38 т/га (Онищенко Л.М., Климякина Е.Н., 2018).

Интенсивность процесса минерализации органического вещества верхних слоев почвы зависит от его запасов, количества и вида вносимых удобрений, типа почвы. Так, по данным длительных опытов А.Д. Балаева, М.В. Гаврилук, В.Н. Недбаева (2015), на черноземных почвах минерализация гу-

муса в среднем за год составляет 0,4-0,5%. А.Х. Шеуджен, Н.Н. Нецадим, Л.М. Онищенко (2011) отмечают, что поступившие в почву пожнивные и корневые остатки культур минерализуются на 70-80% в течение двух лет и гумификации подвергаются только оставшиеся 20-30%. Гумус тоже минерализуется, но только значительно медленнее.

Без внесения азотных удобрений это приводит к длительному процессу минерализации, снижению в почве содержания минерального азота и как следствие – уменьшению урожайности сельскохозяйственных культур. Оптимальным для минерализации растительных остатков является соотношение С : N, равное 20 : 1. Для достижения такого результата, при варьировании С : N от 50 : 1 до 100 : 1, применяют минеральные азотсодержащие удобрения, что приводит к его быстрой минерализации без существенного уменьшения содержания усвояемого азота в почве (Завалин А.А., Дридигер В.К., Белобров В.П., Юдин С.А., 2018).

В исследованиях по влиянию возрастающих доз минеральных удобрений на качественный состав чернозема выщелоченного лесостепной зоны Зауралья Д.И. Еремин (2012) выявил, что внесение удобрений при планируемой урожайности зерновых 4,0 т/га с внесением дозы $N_{140}P_{40}$ не влияет на фракционно-групповой состав гумуса чернозема выщелоченного. Внесение дозы $N_{280}P_{100}$ для получения планируемой урожайности 6,0 т/га приводит к снижению содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием, и существенно возрастает доля «активных» фульвокислот, мигрирующих в подпахотный слой (30–50 см), где их содержание достигает 20% от общего углерода. На контроле и при внесении NP на 4,0 т/га зерна данная фракция составляет 16–17% от общего углерода.

Интенсивное земледелие, как считают А.М. Лыков, А.И. Еськов, М.Н. Новиков (2004), должно основываться на использовании минеральных удобрений, но еще долго сохранит свое предназначение органическое вещество почвы.

Систематическое внесение минеральных удобрений сопровождается изменением всех показателей плодородия почв, в том числе и их физико-химических свойств. Физико-химические свойства почвы оказывают влияние не только непосредственно на рост и развитие растений, но и на превращение в почве удобрений (Кирюшин В.И., 2010; Иванов А.Л., Сычев В.Г., Державин Л.М. и др., 2012; Гамзиков Г.П., 2012; Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Исупова Ю.А., 2012). Гумусовые вещества оказывают влияние на подвижность и состав поглощенных катионов, условия минерального питания растений, фиксацию почвами фосфора и аммония (Орлов Д.С., 1985).

Среди ученых утвердилось мнение, что длительное применение минеральных удобрений приводит к ухудшению кислотно-основных свойств почв. Л.М. Жукова (1980), В.Г. Минеев (2004) объясняют это поглощением почвой катионов, входящих в состав удобрений и подкислением почвенного раствора из-за вытеснения водорода и алюминия из ППК, с одной стороны, и физиологической кислотностью некоторых удобрений - с другой.

Минеральные удобрения в дозах $N_{2850}P_{2580}K_{2710}$ (в сумме за 25 лет), или $N_{114}P_{108}K_{118}$ на га севооборотной площади увеличили кислотность почвы. При этом в пахотном слое величина pH_{kcl} снижалась на 0,25 ед., а гидролитическая кислотность возрастала на 1,3 мг-экв./100 г. Рост кислотности отмечен по всему исследованному профилю чернозема, однако глубже 60 см это явление прослеживалось на уровне тенденции (Мерзлая Г.Е., Семин В.Ю., Надежкин С.М., 2007).

В исследованиях Л.Д. Стахурловой, А.Ф. Стулина (2018) на черноземе выщелоченном под влиянием высоких доз минеральных удобрений ($N_{190}P_{190}K_{190}$) наметилась тенденция в сторону уменьшения суммы кальция и магния в составе поглощающего комплекса, pH среды, а величина гидролитической кислотности, наоборот, увеличивалась. Аналогичные результаты получены в стационарном опыте Воронежского ГАУ, где внесение удобрений и мелиорантов на протяжении длительного времени приводило к повышению актуальной и потенциальной кислотности чернозема выщелоченного.

Исследователи К.Е. Стекольников, И.С. Горб, О.М. Кольцова (2013) объясняют это тем, что минеральные удобрения благоприятствуют росту урожая сельскохозяйственных культур, а с ним возрастает вынос кальция и магния из почвы.

К.К. Гедройц (1935) неоднократно указывал, что полное насыщение почвенного поглощающего комплекса черноземов кальцием и магнием, являющееся идеальным с точки зрения их физических свойств, «имеет свои отрицательные стороны, создавая малую подвижность почвенных соединений и обуславливая этим малое использование естественных производительных сил почвы. Небольшое количество в почве поглощенного водорода или щелочных элементов, не влияя еще отрицательно своими специфическими свойствами, должно парализовать это неблагоприятное свойство обменного кальция, вызвав значительно большую подвижность азотных и фосфорнокислых, а может быть и калийных соединений почвы».

В стационарном 5-польном севообороте на опытном поле ВНИИ сои при сравнительной оценке эффективности длительного применения минеральных и органических удобрений в системе севооборота установлено, что применение минеральной системы удобрения повысило величину гидролитической кислотности почвы с 4,30 до 5,29 мг-экв на 100 г почвы, показатель обменной кислотности снизился с 5,2 до 4,9 единиц рН (Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т., 2020).

По данным В.Н. Якименко (2012), некоторое подкисление почвы вызвало длительное использование азотных удобрений. При внесении калийных удобрений на фоне азота и фосфора отмечалось явное снижение уровня обменного кальция в почве. Причиной этого, как считает ученый, с одной стороны стал значительный рост урожайности культур благодаря улучшению минерального питания, а с другой – вытеснение калием при высоких дозах внесения удобрений части ионов кальция из почвенного поглощающего комплекса.

Как указывает Л.М. Жукова (1980), более тщательный анализ материалов исследований в длительных опытах показал, что систематическое приме-

нение удобрений не всегда сопровождается ухудшением свойств почвы, а характер действия на физико-химические свойства почв, как и на все другие показатели плодородия, зависят от почвенно-климатических условий, форм и доз вносимых удобрений и длительности их применения.

Л.М. Жукова (1980) считает, что при многолетнем внесении навоза физико-химические свойства почвы улучшаются: увеличивается емкость поглощения, степень насыщенности основаниями, снижаются обменная и гидролитическая кислотность. Внесение навоза способствует большему накоплению обменных оснований, большей степени насыщенности основаниями, чем внесение одних минеральных удобрений (Дзанагов С.Х., 1987). Гумусовые вещества оказывают влияние на подвижность и состав поглощенных катионов, условия минерального питания растений, фиксацию почвами фосфора и аммония (Д.С. Орлов, 1985).

В работах Л.С. Любарской (1960, 1968), К.А. Кострова, А.В. Маловой, А.К. Кострова (1980) и др. показано, что совместное внесение органических и минеральных удобрений способствует не только увеличению накопления гумуса, но и улучшению ряда физико-химических свойств почвы, а также возрастанию количества доступных растениям элементов питания в почве.

Г.Г. Джанаев (1970) указывает, что на выщелоченных черноземах, при внесении минеральных удобрений гидролитическая кислотность повысилась на 1,2 мг-экв/100 г почвы. Совместное же внесение органических и минеральных удобрений способствовало меньшему ее повышению. Под влиянием минеральных удобрений сумма поглощенных оснований заметно уменьшилась, а при совместном внесении – увеличилась на 1,9 мг-экв/100 г почвы.

В длительном стационарном опыте Ставропольского ГАУ на черноземе выщелоченном выявлено, что длительное (38 лет) применение рекомендованной и расчетной систем удобрения способствовало достоверному снижению рН на 0,6 и 0,7 ед. соответственно. Применение биологизированной с насыщенностью 120 кг д.в/га + 5,0 т/га (1978–1993 г.) и 62,5 кг д.в/га + 8,2 т/га (2000–2015 г.) системы удобрения способствует сохранению показателей

pH на уровне естественного агрохимического фона – 6,53 ед. (Сычев В.Г., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И., Голосной Е.В., 2021).

В исследованиях Г.Е. Мерзлой, В.Ю. Семина, С.М. Надежкина (2007) применение навоза несколько улучшило физико-химические свойства черноземных почв. В пахотном слое при внесении навоза в количестве 250 т/га (суммарно за 25 лет) отмечено повышение pH_{kcl} на 0,3 ед. и снижение гидролитической кислотности на 1,5 мг-экв./100 г.

Исследования в длительном (с 1936 г.) стационарном опыте на выщелоченном черноземе Воронежской области в 9-польном зерносвекловичном севообороте показали, что при внесении $N_{45}P_{60}K_{45}$ на фоне последействия 25 и 50 т/га навоза имело место снижение гидролитической кислотности до среднекислой реакции (4,52-4,05 мг-экв./100 г почвы), а внесение повышенных доз $N_{90-135}P_{120-180}K_{90-135}$ на фоне последействия 25 т/га навоза и НРК по 190 кг/га без навоза способствовало росту гидролитической кислотности до сильнокислой реакции (5,12-5,25 мг-экв./100 г почвы). Длительное внесение минеральных удобрений в дозе $N_{45}P_{60}K_{45}$ на фоне последействия 25 и 50 т/га навоза к существенным изменениям показателей кислотности не приводило (Османьян Р.Г., 2007).

В опытах А.В. Ткаченко, А.А. Кувшиновой (2016) на черноземе типичном отрицательного воздействия минеральных удобрений на уровень обменной кислотности выявлено не было. На контрольном варианте в слое почвы 0-30 см реакция в течение десяти лет изменялась от слабокислой до близкой к нейтральной, а на варианте, где применялись минеральные удобрения - с близкой к нейтральной до нейтральной.

Наличие катионов в поглощающем комплексе в сочетании с физиологической кислотностью некоторых удобрений может привести к очаговому и временному подкислению почв, что нередко и обнаруживается при анализе образцов, отобранных в этот период. Однако в условиях промывного режима кислоты, образованные вытесненным водородом и кислотными остатками физиологически кислых солей, вымываются в нижние горизонты. Поэтому в

ряде опытов с ростом насыщенности основаниями связано снижение величин различных видов кислотности в пахотном горизонте и существенное увеличение в нижних слоях почвенного профиля (Жукова Л.М., 1980).

В стационарном полевом опыте кафедры агрохимии Кубанского ГАУ в течение трех ротаций 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота на черноземе выщелоченном Северо-Западного Предкавказья в целом не отмечено значительных изменений физико-химических свойств почвы как в севообороте без удобрений, так и с их внесением, что указывает на высокую его буферность. Применение минеральных удобрений в научно обоснованных дозах не приводит к существенному изменению кислотности почвенного раствора, суммы поглощенных катионов, емкости катионного обмена, степени насыщенности почвы основаниями. Гипотеза об отрицательном их влиянии на эти показатели не подтвердилась (Шеуджен А.Х., Осипов М.А., Лебедевский И.А. Есипенко С.В., 2013; Шеуджен А.Х., 2015; Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Суетов В.П. и др., 2016). По мнению О.Б. Тереховой, Н.В. Родыгина, Г.И. Капитановой (2021), некоторое подкисление реакции почвенного раствора на черноземах даже полезно, так как при этом повышается возможность использования малоподвижной фосфорной кислоты.

Трудно не согласиться с мнением академика А.Х. Шеуджена, профессора Л.М. Онищенко и др. (2016), которые утверждают, что научно обоснованная система удобрения является неотъемлемым звеном высокой культуры земледелия и не служит (и не может служить!) фактором деградации почв. Последнее возможно лишь как следствие применения удобрений без учета условий природно-территориального комплекса в количестве, превышающем потребность культур севооборота.

Таким образом, анализ данных литературных источников показал, что роль минеральных удобрений в ухудшении физико-химических свойств почв несколько преувеличена. Степень и характер влияния удобрений на свойства почв зависят от многих факторов, учитывая которые можно разрабатывать оптимальные системы удобрения, в частности, с использованием нейтрали-

зующих кислотность материалов, и тем самым успешно регулировать плодородие почвы.

Гумус, определяя уровень плодородия почвы, является существенным источником минерального азота. Азот – биогенный элемент, в почве он накапливается именно в процессе гумусообразования. По данным многих авторов, азот почвы на 97-99% представлен органическими формами. Запасы его в почве тем выше, чем интенсивнее идут в ней процессы накопления гумуса, тем больше в почве труднорастворимых, малоподвижных соединений этого элемента, возрастает доля гетероциклического азота, азота гуминовых и фульвокислот (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., 2013).

К источникам поступления азота в почву относятся: атмосферные осадки, остатки растений и животных, минеральные и органические удобрения. Кроме того, наиболее важной статьей поступления азота в почву является азотфиксация микроорганизмами и клубеньковыми бактериями (Пигорев, И.Я., Тарасов С.А., 2014). Так, в результате грозовых разрядов в почву может поступать до 5–10 кг азота на гектар (Карпачевский Л.О., 2005).

З.Г. Джанаев (2004) утверждает, что черноземы Северного Кавказа недостаточно обеспечены усвояемым азотом, о чем свидетельствуют низкое содержание нитратной и аммонийной его форм в почве и данные многочисленных полевых опытов, показывающие высокую эффективность азотных удобрений в посевах основных сельскохозяйственных культур. Однако применение азотных удобрений в земледелии этого региона крайне ограничено.

Содержание легкогидролизуемого азота в пахотном слое чернозема выщелоченного без применения удобрений составляет 128 мг/кг почвы. 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).

В работе О.А. Минаковой, Л.В., Александровой и Л.В. Тамбовцевой (2009) 70-летнее применение удобрений на выщелоченных черноземах лесостепи ЦЧР уменьшило потери общего азота во времени, увеличило нитрификационную способность почвы, содействовало увеличению содержания нитратного азота при общем уменьшении его количества вследствие потерь гумуса. Азотное состояние почвы в удобренных вариантах значительно улучшилось, особенно в вариантах внесения $N_{45}P_{60}K_{45}$ + навоз 50т/га и $N_{135}P_{180}K_{135}$ + навоз 25 т/га.

Азотное питание растений осуществляется в основном за счет двух форм азота почвы: аммонийного (обменного и водорастворимого) и нитратного (Прянишников Д.Н., 1965; Ковда В.А., 1973; Петербургский А.В., 1979; Панников В.Д., Минеев В.Г., 1987; Куркаев В.Т., Шеуджен А.Х., 2000; Минеев В.Г., 2004; Агеев В.В., Подколзин А.И., 2001; Шеуджен А.Х., Куркаев В.Т., Котляров Н.С. и др., 2006; Едемская Н.Л., Лупина С.Н., Едемский Л.М., 2008).

Ю. Либих утверждал, что растения питаются аммиаком, Ж. Буссенго – аммиаком и нитратной формой азота, П.П. Косович – аммиаком, а Д.Н. Прянишников придерживался того, что вначале идет потребление растениями восстановленной формы азота – NH_4^+ и только затем окисленной – NO_3^- . Акцент на то, что для полноценного функционирования жизни в почве необходимы обе формы азота, сделан в работах Д.Н. Прянишникова (Цит. по Онищенко Л.М., 2016).

Надежным показателем обеспеченности почвы азотом является ее нитрификационная способность (Перескоков М.А. и др., 1930; Францессон В.А., 1934; Турчин Ф.В., 1936; Вернандер Н.В., 1949; Шмук А.А., 1950; Лазарев А.А., 1953; Мосолов И.В., 1964; Прянишников Д.Н., 1965; Челябинов Г.И., Куйдан А.П., 1966; Боярович Н.М., 1967 и др.).

Практически во всех климатических зонах страны систематическое применение удобрений под культуры полевого севооборота, как правило, повышает содержание нитратов в почве в сравнении с удобренным фоном (Джанаев Г.Г., Дзанагов С.Х., Гизоев В.С., 1977, 1978, 1979; Загорча К.Л. и др., 1980; Костров К.А., Малова А.В., Костров А.К., 1980; Чуян Г.А., 1987; Захаров В.Н., Коваленко А.А., 1987; Покудин Г.П., 1989; Амиров М.Б., 1991 и др.).

В исследованиях К.С. Гадаева (1973) на выщелоченных черноземах удобренные варианты в среднем за вегетацию превзошли контроль по содержанию нитратов на 8,6 мг/кг почвы, а при совместном внесении органических и минеральных удобрений - на 1,41 мг/кг почвы.

Валиев В.Е. (1975) в опытах на выщелоченных черноземах установил, что удобренные варианты превышали контроль по содержанию нитратов на 3-5 мг/кг почвы. Эти данные согласуются с исследованиями и других авторов (Гуревич С.М., Боронин Н.К., 1965; Льгов Г.К., 1967; Алиев М.С., 1972; Хекилаев А.Б., 1994 и др.)

В длительном стационарном опыте М.П. Чуб (2013) на черноземах южных внесение 30-40 кг/га азота под культуры зернопарового севооборота ежегодное поддерживало запасы нитратного азота в первой половине вегетации на уровне 16,4-18,0 мг/кг (80-87 кг/га), что было вполне способно обеспечить нормальный рост и развитие растений. Увеличение ежегодной дозы до N_{60-90} повышало содержание $N-NO_3^-$ на 9 кг/га.

Результаты исследований Л.Г. Смирновой (2006) в почвозащитном севообороте свидетельствуют, что на вариантах, где вносили $N_{120-180}$, содержание нитратного азота достоверно повышалось до 17,8-20,8 мг/кг почвы по отношению к контролю в период всходов. В процессе вегетации оно снижалось в контроле и на удобренных вариантах достигало 6,9-10,6 мг/кг почвы.

При резко снизившемся в последние годы уровне применения минеральных и органических удобрений в земледелии и сильно дефицитном балансе питательных веществ в агроэкосистемах неизбежно истощение черно-

земных почв Северного Кавказа, теряющих свое некогда высокое плодородие (Никитишен В.И., 2007).

В этом отношении, как полагает З.Г. Джанаев (2004), крайне важно оптимизировать в первую очередь фосфатный уровень почв, который в период интенсивной химизации был заметно повышен, а в последние годы наметилась тенденция к его падению. Решение проблемы фосфора, ключевого элемента питания растений, возможно исключительно благодаря применению фосфорсодержащих удобрений.

По убеждению Л.О. Карпачевского (2005), фосфор – один из наиболее дефицитных элементов с достаточно низким содержанием в обычных почвах. Достаточная обеспеченность растений этим элементом способствует нормальному протеканию процессов фотосинтеза, дыхания, аккумуляирования и переноса энергии, а также деления и роста клеток, поскольку входит в состав нуклеиновых кислот, фосфолипидов и ряда коферментов. Кроме того, фосфор ускоряет процесс созревания растений, что сказывается на эффективности использования воды. Для нормального развития растения должны получать оптимальное количество фосфора, внесенного с соблюдением сроков и форм внесения, чтобы растение смогло завершить свой продукционный цикл без снижения урожайности (Минеев В.Г., 2004).

Способность почвы обеспечивать растения фосфатами зависит в меньшей степени от содержания и в большей – от степени их подвижности (Носко Б.С., Христенко А.А., 1983). Малая его подвижность и трудная доступность высокоосновных солей фосфорных соединений почвы является существенным обстоятельством, затрудняющим питание растений этим элементом (Прянишников Д.Н., 1965; Простаков П.Е., Носов П.В., 1964; Возбуцкая А.Е., 1968; Адерихин П.Г., 1970; Симакин А.И., 1983; Столяров А.И., Сидоренко В.И., Бодня С.В., 1993; Чумаченко И.Н., Сушеница Б.А., Алиев Ш.А., 2001; Никитишен В.И., Личко В.И., 2007; Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е., 2012).

Снижение содержания подвижного фосфора также отмечается и в почвах Республики Северная Осетия - Алания из-за значительного уменьшения

объемов применения фосфорсодержащих удобрений (Сокаев К.Е., Бестаев В.В., 2013).

О том, что вносимые удобрения способствуют увеличению содержания подвижного фосфора в пахотном слое почвы, указывают многие авторы (Шконде Э.И., 1955; Чириков Ф.В., 1956; Cantir G. и др., 1958; Ключковский В.М., Петербургский А.В., 1964; Простаков П.Е., 1964; Белов А.П., 1969; Фокеев П.М., Лопухов В.И., 1969; Ключников В.Т., 1971; Загорча К.Л. и др., 1975; Усанова З.И., Ширяева А.Д., 1980; Ляхов А.И., Петрова А.В., 1981; Стулин А.Ф. и др., 1982; Шамрай Л.А., 1991 и др.).

При длительном использовании удобрений повышается содержание в почве минеральных соединений фосфора, их доступность для растений и как следствие – продуктивность севооборота. Под их влиянием изменяется фракционный состав минеральных фосфатов. Внесение возрастающих доз фосфорных удобрений способствует увеличению количества фосфора в усвояемых для растений формах в пахотном и подпахотном слоях почвы, однако в результате взаимодействия удобрений с почвой доля доступных его форм со временем снижается и возрастает доля недоступных (Столяров А.И., Сидоренко В.И., Бодня С.В., 1993; Столяров А.И., Онищенко Л.М., 2004; Воронкова Н.А., 2010; Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н., 2011; Ахмегаев А.М., Азнауров Р.М., Мамедгусейнов Ф.К., Велиханов А.Г., 2013).

В длительном опыте А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, В.П. Суетова и др. (2016) на черноземе выщелоченном Северо-Западного Предкавказья выявлено, что сельскохозяйственное использование в течение трех ротаций 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота без применения минеральных удобрений или с внесением в недостаточном количестве ($N_{870}P_{870}K_{580}$) ведет к уменьшению содержания в почве подвижных форм соединений фосфора. При их внесении в оптимальных ($N_{1740}P_{1740}K_{1160}$) для питания культур севооборота дозах имело место постепенное его увеличение, начиная с первой же ротации. С повышением уровня удобренности севооборота ($N_{2610}P_{2610}K_{1740}$) содержание подвижного фосфора в почве возрастало,

что, по мнению авторов, объясняется накоплением здесь неиспользованного растениями фосфора, обусловленное декальцинированием чернозема выщелоченного и, как следствие, повышением кислотности почвы, и указывает на необходимость оптимизации доз фосфорных удобрений (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Бондарева Т.Н. и др., 2017).

Многолетними комплексными исследованиями И.А. Дегтяревой, Ш.А. Алиева, Р.Х. Гизатуллина (2012) на черноземах выщелоченных Татарстана установлено, что при внесении навоза (60 и 80 т/га) 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 с переходом почвы из группы с низкой обеспеченностью фосфором в группу со средней и повышенной обеспеченностью.

В результате исследований Е. В. Голосного, А. Н. Есаулко, М. С. Сигиды (2013) на черноземе выщелоченном Ставропольского края влияния 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 работе В.С. Анохина и Ю.А. Королева (2006) по результатам 1 цикла агрохимических обследований среднее содержание подвижных фосфатов в почвах расчлененной лесостепи составило 91 мг/кг, лесостепи Кузнецкой котловины – 92, степного ядра Кузнецкой котловины – 115, «островной» лесостепи – 66 мг/кг. В 4 цикле за счет внесения фосфорных удобрений эти показатели возросли соответственно до 110, 124, 136 и 78 мг/кг почвы.

В работе И.Н. Донских, А.М. Джумах и Н.Г. Мязина (2008) содержание углекислоторастворимых соединений фосфора (подвижной группы фосфатов) в целинном черноземе изменялось по профилю от 3,25 до 4,0 мг $P_2O_5/100$ г почвы. Содержание этих соединений фосфора в почвах контрольного и фонового вариантов было выше (5,0-6,75 мг $P_2O_5/100$ г почвы) в 20 см слое. Вниз по профилям этих вариантов обеспеченность подвижными соединениями была равна 2,75-4,5 мг $P_2O_5/100$ г. В почве варианта фон + $N_{60}P_{60}K_{60}$ верхний 20-см слой был обеднен углекислоторастворимыми соединениями фосфора (5,5 мг $P_2O_5/100$ г почвы). В слое 20-40 см происходило их максимальное накопление (7,25 мг $P_2O_5/100$ г почвы), вся остальная часть профиля этого варианта (40-100 см) была обеднена фосфатами этой группы (4,0-4,5 мг $P_2O_5/100$ г почвы). Систематическое длительное применение минеральных удобрений в дозах $N_{120}P_{120}K_{120}$ способствовало увеличению содержания углекислоторастворимых фосфатов в 40 см слое до 8,5-12,5 мг $P_2O_5/100$ г почвы.

Содержание наиболее подвижных соединений фосфора в почве целинного чернозема и в почвах контрольного и фонового вариантов колебалось от 3,25 до 7,0 мг $P_2O_5/100$ г. Применение минеральных удобрений на фоне органических способствовало увеличению количества фосфатов данной группы (Донских И.Н., Джумах А.М., Мязин Н.Г., 2008).

В работе Б.С. Носко, А.И. Шевченко, В.И. Бабынина и др. (2008) систематическое применение небольших доз фосфорных удобрений (в среднем от 25 до 40 кг/га ежегодно) при разных системах и использования способствовало увеличению концентрации P_2O_5 в почвенном растворе (степени подвижности) в 5-10 раз по сравнению с контрольным вариантом. Более чем в

1,5 раза в пахотном слое возрастало количество активных форм фосфатов. Величина фосфатов на фоне минеральной и органо-минеральной систем удобрения увеличилась более чем в 4 раза по сравнению с контролем, а сумма активных форм фосфора увеличилась в пахотном слое с 33 до 52-55 мг $P_2O_5/100$ г почвы.

В работе О.А. Минаковой, Л.В. Александровой и Л.В. Тамбовцевой (2009) в первых ротациях происходило быстрое увеличение содержания подвижного фосфора, а к 8-й ротации величина этого показателя стабилизировалась, почва (чернозем выщелоченный в лесостепи ЦЧР) при применении удобрений перешла в градацию высокообеспеченных этим элементом почв.

На черноземе типичном в юго-западной части ЦЧР в пятипольном зерносвекловичном севообороте использование пашни без применения удобрений не привело к статистически достоверному изменению содержания подвижного фосфора. С увеличением доз минеральных удобрений обеспеченность почвы подвижным фосфором повышалась как на фоне навоза, так и на безнавозном фоне главным образом до глубины 60 см. Подвижность почвенных фосфатов за десять лет в зерносвекловичном севообороте на вариантах без минеральных удобрений изменилась незначительно, значение этого параметра заметно увеличилось при внесении 96-120 кг/га НРК. При этом на безнавозном фоне изменения произошли лишь в пахотном и подпахотном горизонтах, а на фоне навоза – по всему метровому слою (Никитин В.В., Соловichenko В.Д., 2012).

В длительном стационарном опыте Ставропольского ГАУ на черноземе выщелоченном выявлено, что длительное (38 лет) применение расчетной системы удобрения с насыщенностью минеральными 167 кг/га и органическими 5,0 т/га способствует накоплению подвижного фосфора – 31,9 мг/кг, что выше исходных значений на 7,9 мг/кг. Расчетная система удобрения (с насыщенностью 180 кг д.в/га + 7,5 т/га (1978–1993 г.) и 167 кг д.в/га + 5,0 т/га (2000–2015 г.)) значительно увеличила содержание подвижного калия по

сравнению с исходным значением и естественным агрохимическим фоном (Сычев В.Г., Есаулко А.Н., Гречишкина Ю.И., Голосной Е.В., 2021).

Все подтипы черноземов богаты калием, общее содержание его составляет 2,5-3%, валовой запас 75-90 т/га. Черноземы имеют высокую емкость поглощения и степень насыщенности основаниями (Муравин Э.А., 2003).

Систематическое внесение калийных удобрений увеличивает содержание воднорастворимого и обменного калия в почве (Петербургский А.В., Янишевский Ф.В., 1989).

З.Г. Джанаев (2004), анализируя результаты полевых опытов, проведенных на черноземах Северного Кавказа, приходит к выводу, что они достаточно обеспечены усвояемым калием, что обуславливает слабую потребность выращиваемых культур в калийных удобрениях. Формирование высокой продуктивности сельскохозяйственных культур в этих условиях возможно при дефицитном балансе калия в агроэкосистемах, складывающемся при внесении пониженных доз калийных удобрений.

На черноземных почвах удобрения не оказывают такого существенного влияния на содержание обменного калия, как на содержание подвижного фосфора и минерального азота, поэтому концентрации этого элемента в почве большого внимания, как правило, не уделяется (Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И., 2002).

В условиях многолетнего стационарного полевого опыта Белгородского НИИСХ на черноземе типичном внесение минеральных удобрений и навоза повысило содержание подвижных форм калия в почве в 1,2-1,3 раза по отношению к контрольному варианту. Внесение минеральных удобрений совместно с органическими повышает содержание подвижных форм калия в 1,4-1,6 раза и незначительно неподвижных форм. Минеральные удобрения в дозе $N_{42-62}P_{62}K_{62}$ на фоне 16 т/га навоза увеличивают интенсивность баланса калия более 80%, тогда как навоз создает интенсивность баланса лишь на 39%, что в 2,6 раза меньше, чем минеральные удобрения. Увеличение кислотности и запасов влаги в почве приводит к повышению содержания под-

вижного калия за счет его мобилизации из недоступных форм (Тютюнов С.И. и др., 2014; Карабутов, А.П., Уваров Г.И., 2015).

В черноземе выщелоченном Северо-Западного Предкавказья без применения удобрений или с внесением в недостаточном количестве ($N_{870}P_{870}K_{580}$) в течение трех ротаций 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота содержание подвижного калия постепенно снижалось от ротации к ротации. Научно обоснованная система удобрения севооборота ($N_{1740}P_{1740}K_{1160}$) позволила поддерживать неизменным калийный режим почвы, т. е. содержание подвижного калия по ротациям севооборота практически не изменяется – находится в пределах 320-326 мг/кг. При повышении удобрённости севооборота путем увеличения доз вносимых удобрений ($N_{2610}P_{2610}K_{1740}$) количество подвижного калия в почве, начиная с первой же ротации, постепенно увеличивается, что особенно заметно по завершению третьей (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Суетов В.П. и др., 2016).

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.

Влияние удобрений на содержание обменного калия в почве разные авторы трактуют по-разному. Положительное влияние удобрений на накопление обменного калия в почвах отмечают в своих работах С.И. Власюк и др. (1977), А.С. Заришняк, П.Н. Шиян (1991), О.И. Громыко и др. (1991) и др.

Внесение удобрений не оказало существенного влияния на содержание в почве обменного калия в опытах Ю.Н. Нежнева (1970), В.Д. Голубева, В.В. Пронько (1978), Г.Г. Джанаева (1970, 1984), С.Х. Дзанагова (1987, 1994).

В опытах И.Г. Соборниковой, Т.Н. Колесниковой (1971) на черноземных почвах Ростовской области содержание калия в неудобренных вариантах колебалось в пределах 200–300 мг/кг почвы. В течение 4-х лет при ежегод-

ном внесении хлористого калия в количестве 1,5 ц/га содержание калия в почве повысилось до 450–600 мг/кг почвы.

Опыты С.Х. Дзанагова (1994) показывают, что при длительном применении удобрений в севооборотах потенциальное плодородие всех типов почв Центрального Предкавказья в отношении калия снижается, эффективное – повышается в дерново-глеевых и снижается во всех остальных почвах.

В работе О.А. Минаковой, Л.В. Александровой, Л.В. Тамбовцевой (2009) на черноземе выщелоченном в лесостепи ЦЧР совместное применение минеральных удобрений и навоза, вносимого в дозе 25 т/га в пару, содействовало довольно быстрому накоплению подвижного калия в почве, при внесении минеральных удобрений и навоза в дозе 50 т/га – более медленному накоплению этого элемента.

По результатам многолетних исследований Ю.И. Гречишкиной (2020) расчетная система удобрения значительно увеличила содержание подвижного калия по сравнению с исходным значением и естественным агрохимическим фоном. Применение систем удобрения не оказало существенного влияния на содержание в метровом профиле валового, гидролизуемого и негидролизуемого калия. Максимальные показатели содержания подвижного калия обеспечивала расчетная система удобрения.

В стационарном опыте на черноземе выщелоченном ЦЧР (ВНИИ сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова) от 8 к 9 ротации 8-польного севооборота в почве вариантов с удобрениями отмечалось значительное повышение содержания основных элементов питания в слое 0-40 см: азота на 14,8-97,1%, фосфора – на 8,19-46,1%, калия – 13,1-58,0%, бора – 6,7-24,6%, но отмечено снижение содержания молибдена на 16,0-39,3%, мышьяка 6,7-25,0% (в слое 0 -20 см), что, возможно, объяснялось подщелачиванием почвы на 0,19-0,34 единиц. Применяемые удобрения в большей мере повышали содержание подвижного P_2O_5 относительно контроля в девятой ротации севооборота, а K_2O , NO_3^- , Mo , As , B и pH_{KCl} – в восьмой ротации (О.А. Минакова, Л.В. Александрова, Д.А. Куницын, 2016)

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 М.А. Глухих, Т.С. Калгановой (2015) на тяжелосуглинистых выщелоченных черноземах Зауралья подсчитано, что за 35 лет неудобренная почва 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.

В стационарном полевом опыте кафедры агрохимии Кубанского ГАУ в течение трех ротаций 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота на черноземе выщелоченном Северо-Западного Предкавказья положительный баланс азота и калия имел место только при высокой насыщенности севооборота удобрениями, и то лишь в первой ротации. В последующие ротации он был отрицательным даже при внесении под культуры повышенных количеств ($N_{2610}P_{2610}K_{1740}$) удобрений. В отличие от азота и калия оптимальная доза применения удобрений ($N_{1740}P_{1740}K_{1160}$) обеспечивает положительный баланс фосфора. Превышение этой дозы сопровождается еще большим разрывом между его приходом и расходом (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Суевтов В.П. и др., 2016).

На основании обобщения длительных полевых опытов, проводимых на черноземе выщелоченном, В.Г. Сычев, В.А. Романенков, М.В. Беличенко (2018) сообщают, что содержание гумуса в выщелоченном черноземе не изменяется или повышается в наиболее удобренных вариантах, подвижного фосфора – растет, подвижного калия – немного снижается во всех вариантах.

Таким образом, анализ литературных источников с результатами в длительных полевых опытах с удобрениями показал, что игнорирование или нерациональное использование удобрений в севообороте может снизить потенциальное и эффективное плодородие почвы. Систематическое применение

одних минеральных удобрений в севообороте в некоторых случаях увеличивает кислотность почвы, сумму поглощенных оснований и емкость поглощения, снижая степень насыщенности основаниями. Имеющее место в ряде опытов негативное влияние минеральных удобрений на физико-химические свойства почвы ослабляется и улучшается при периодическом внесении навоза. Применение удобрений приводит к отчетливому улучшению азотного, фосфорного и калийного режимов чернозема выщелоченного.

1.2. Влияние удобрений на продуктивность севооборотов, урожайность и качество сельскохозяйственных культур

Результаты длительных исследований в области применения удобрений в севооборотах показывают, что продуктивность сельскохозяйственных культур существенно увеличивается с ростом длительности применения удобрений. Общим для всех исследований можно выделить факт: чем беднее почва подвижными формами питательных веществ, что тем больше эффект от удобрений при условии, что остальные факторы жизни растений находятся на оптимальном уровне.

За последние 30 лет урожайность сельскохозяйственных культур как в полевых опытах, так и на землях сельхозпредприятий страны увеличилась в 2 раза. Во многом это связано с применением средств защиты растений (фунгициды, инсектициды, гербициды и др.), регуляторов роста растений, а также с успехами селекционеров в создании высокоинтенсивных сортов, отзывчивых на применение удобрений. Многие длительные опыты демонстрируют положительную динамику продуктивности севооборотов, окупаемости удобрений урожайности культур и улучшение основных показателей плодородия почв. (Сычев В.Г., Налиухин А.Н., Шевцова Л.К. и др., 2020).

Огромное количество работ посвящено выявлению преимуществ той или иной систем удобрения в севообороте: органической, минеральной, ор-

гано-минеральной. Исследования по изучению систем удобрения в полевых севооборотах на черноземах отличаются разнообразием полученных данных.

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.

На основе анализа 21-го длительного стационарного эксперимента, проведенного В.Г. Сычевым, А.Н. Налиухиным, Л.К. Шевцовой и др. (2020) в рамках Географической сети полевых опытов с удобрениями в России, выявлены следующие географическая закономерность эффективности удобрений: по мере продвижения с севера на юг европейской части России увеличивается теплообеспеченность, что наряду с ростом гумусированности почв ведет к повышению урожайности сельскохозяйственных культур. Если на дерново-подзолистых почвах среднегодовая продуктивность севооборотов в неудобренных вариантах составляла 21,3 ц з. е./га, на серых лесных – 30,2, то на черноземах – 32,7 ц з. е./га.

Во всех опытах минеральная система удобрения имела преимущество перед органической. Наибольший эффект от NPK по сравнению с внесением навоза (+25%) отмечен в опытах, проведенных на почвах с большим содержанием почвенного органического углерода (черноземах), наименьший – на дерново-подзолистых и серых лесных (12–17%). Органо-минеральная система обеспечивала наибольшую продуктивность севооборотов: 55,4 ц з.е./га на черноземах выщелоченных, обыкновенных, южных, 41,4 – на серых лесных и 37,3 ц з.е./га на дерново-подзолистых почвах. При совместном внесении навоза и NPK урожайность по сравнению с контролем возрастала в среднем в 1,4-1,8 раза (Сычев В.Г., Налиухин А.Н., Шевцова Л.К. и др., 2020).

В стационарном полевом опыте кафедры агрохимии Кубанского ГАУ в течение трех ротаций 11-польного зерно-травяно-пропашного севооборота на черноземе выщелоченном Северо-Западного Предкавказья суммарная продуктивность севооборота без использования минеральных удобрений в пер-

вую ротацию составила 45,42 т/га з.е. основной продукции, а во вторую и третью – выход продукции снизился соответственно на 1,28 и 6,42 т/га з.е. Применение даже половины рекомендуемой для культур севооборота дозы удобрений позволило повысить продуктивность пашни в первую, вторую и третью ротации севооборота соответственно на 12,68, 16,17 и 15,85 т/га з.е. основной продукции. Максимальной продуктивности севооборот достигал при применении минеральных удобрений в оптимальном количестве, которая была выше, чем не удобряемый севооборот на 29,92, 34,29 и 34,79 т/га з.е. соответственно в первую, вторую и третью ротацию. Рост продуктивности от внесения повышенных количеств минеральных удобрений ($N_{2610}P_{2610}K_{1740}$) изначально ниже, чем при внесении научно-обоснованных доз, т.е. $N_{1740}P_{1740}K_{1160}$. Это, по-видимому, обусловлено нарушением соотношения элементов питания в почве в связи с накоплением остаточных количеств фосфатов при неизменном калийном статусе и обеднение ее азотом (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Бондарева Т.Н. и др., 2017).

На черноземе выщелоченном Центрального Черноземья в длительных стационарных опытах А.Ф. Стулина, Н.В. Верховцевой, Е.Ю. Милановского, О.А. Амелянчика (2019) при возделывании кукурузы в севообороте и монокультуре установлена высокая эффективность полного минерального удобрения ($N_{60}P_{60}K_{60}$). Урожайность зеленой массы и зерна в контрольном варианте без внесения удобрений в среднем за 5 ротаций десятипольного севооборота составила 26,2 и 3,42 т/га, в монокультуре 22,1 и 2,81 т/га. Прибавка от удобрений была 8,8 и 1,29 т/га в севообороте и 10,1–1,32 т/га в монокультуре. Приросты урожайности зеленой массы и зерна за счет севооборотного фактора по вариантам опыта были в пределах 2,3–5,4 т/га и 0,5–0,7 т/га.

В условиях Ставропольского края на черноземе выщелоченном в зависимости от уровня экономики наиболее перспективны биологизированная и расчетная системы удобрения. Наибольший эффект от применения систем удобрения был получен по расчетной системе ($N_{86}P_{74}K_{11}$ + навоз 5,0 т/га) в сочетании с отвальным способом обработки – 5,33 т/га з.е. Прибавки от био-

логизированной системы ($N_{43}P_{20}K_0 + 8,8$ т/га органических удобрений) по сравнению с контролем оказались существенными (1,0; 0,66; 0,86 и 0,48 т/га з.е.), а уровень продуктивности севооборота равен полученному от применения рекомендованной системы ($N_{50}P_{59}K_6 +$ навоз 5 т/га) (Гречишкина Ю.И., 2020).

В сухостепных условиях Забайкалья урожайность резко уменьшается, ее наибольшая величина достигается при раздельном внесении органических и минеральных удобрений. На юге Дальнего Востока более продуктивными являются лугобурые почвы по сравнению с лугово-черноземовидными. В условиях муссонного климата эффективность органо-минеральных систем удобрения равна минеральной (Сычев В.Г., Налиухин А.Н., Шевцова Л.К. и др., 2020).

На основании обобщения длительных полевых опытов, проводимых на черноземе выщелоченном, В.Г. Сычев, В.А. Романенков, М.В. Беличенко (2018) сообщают, что максимальная продуктивность севооборотов составляет 45 ц з.е./га, окупаемость удобрений изменяется от 4,6 при высоких дозах удобрений ($N_{183}P_{168}K_{164}$) до 25 кг/кг д.в. при $N_{60}P_{30}$.

В опыте И.В. Синявского, А.М. Плотникова, А.В. Созинова, Н.Д. Гущенской (2022) на черноземе выщелоченном использование в севообороте агрохимикатов привело к увеличению валового сбора зерна на 6,5-34,1% по вариантам опыта. Наибольшая отзывчивость культур отмечается при совместном применении азотных и фосфорных удобрений по 40 кг/га на фоне 1 т/га фосфогипса. Эффект взаимодействия, характеризующийся дополнительной прибавкой урожайности за счет совместного внесения основных видов удобрений, закономерно повышался с увеличением их доз.

60-летние исследования в длительном стационарном опыте Кабардино-Балкарского НИИСХ по изучению продуктивности севооборота, изменению показателей чернозема обыкновенного при длительном применении удобрений в богарных условиях и при орошении показали, что применение систем удобрения увеличивало продуктивность неорошаемого севооборота на 50-

100%, а на фоне орошения – на 165-185%. Применение удобрений при орошении позволило получать 7,3-7,6 т/га зерна кукурузы и 4,8-5,3 т/га озимой пшеницы. Окупаемость 1 кг питательных веществ удобрений без орошения за время опыта увеличилась незначительно: до 6-7 кг зерновых единиц, а при орошении – возросла до 17-18 кг зерновых единиц. За время проведения опыта обеспеченность орошаемой и неорошаемой почвы подвижным фосфором возросла от низкой до высокой, а калия – от средней до высокой. В настоящее время в республике на неорошаемой пашне обеспеченность фосфором в категории высокая и очень высокая имеют только 15% неорошаемых и 20% орошаемых земель, а калия – 20 и 40% соответственно (Бижоева Т.П., 2013; Лифаненкова Т.П., 2013).

В исследованиях В.И. Захаревского, В.П. Волынскова и М.М. Мухтарова (1976) даже в засушливых районах Волгоградской области при применении навоза 20 т/га + N₁₁₀P₁₂₀ продуктивность культур за ротацию севооборота возросла на 20,4 ц к.е./га, или 15% от контроля. Действие эквивалентной дозы минеральных удобрений в этих условиях оказалось на 10% больше.

Решающим фактором повышения продуктивности севооборотов за счет удобрений является влияние последних на урожайность отдельных культур севооборотов.

Литературные сведения о применении удобрений под *многолетние травы* весьма обширны и неоднозначны. Нецелесообразность внесения азотных удобрений под люцерну отмечают в своих работах Л.Н. Гнетиева, Л.М. Барышникова, 1987; Г.Д. Харьков, Б.В. Тукан (1989), И.А. Шильников, А.В. Ивойлов (1991) и др. Ряд ученых высказывает мнение о том, что бобовые культуры не нуждаются в азотном удобрении, поскольку для получения высокой урожайности культуры достаточно одного симбиотического азота (Демолон А., 1961; Clairon M., Rouchanko W., 1969). Это мнение подтверждают И.В. Козлов (1962); П.П. Поздухова (1977), мотивируя тем, что азот удобрений отрицательно влияет на образование клубеньков и жизнедеятельность азотфиксирующих бактерий, что в итоге снижает накопление азота в корнях,

а в результате снижается роль бобовых трав как накопителей азота, восстановителей плодородия и лучших предшественников. А такой прием как инокуляция активными штаммами клубеньковых бактерий, по мнению З.А. Лупашку (1980), С.М. Алисовой (1987), вполне обеспечивает бобовые растения азотом без дополнительного внесения азотных удобрений.

Однако следует иметь в виду, что не весь азот, содержащийся в урожае бобовых трав, заимствован ими из воздуха. Некоторая часть его – обычно 1/3 – поглощается корнями из почвы в виде минеральных солей. Поэтому, по мнению Н.А. Максимова (1959), минеральные соединения азота являются для растений очень важными источниками питания. Многие ученые убеждены, что при посеве все же необходимы небольшие (стартовые) дозы азота в 30-40 кг/га, которые требуются для первых этапов развития бобового растения и благоприятно влияют на рост корней и формирование на них клубеньков (Мильто Н.И., 1962; MacLeod L. V., 1965; Доросинский Л.М., 1970; Пустовойт И.В., Жидков В.П., 1971; Жаринов В.И., 1976; Gavlak R.C., 1987; Медведев Г.А., 1988; Tesar M.V., Marble V.L., 1988 и др.). Для начального периода развития бобовые растения нуждаются в наличии небольших количеств азота в почве, поскольку имеющихся запасов в семени не хватает растению до стадии образования клубеньков, когда оно может переключаться на питание биологическим азотом. Это «стартовая доза» азота, оказывающая явно благоприятное действие на рост растений, образование клубеньков и процесс азотоусвоения, несколько различается у разных видов растений (Максимов Н.А., 1958; Diener T., 1950; Hamatova E., Mareckova H., 1966; Masfield G.V., 1961).

Внесение весной азота до 60 кг/га необходимо и на посевах 2 и 3 годов жизни для интенсивного отрастания люцерны весной, чтобы внесенный азот, не подавляя процессы азотфиксации, восполнял его недостаток для растений в периоды отмирания клубеньков (Горковенко Л.Г., Ригер А.Н., 2012; Ригер А.Н., Горковенко Л.Г., Бедило Н.А., 2017).

М.М. Гукова (1963, 1974), В.Ф. Кормилицын (1981), В.И. Пожилов, М.И. Таранов (1983), А.И. Денисенко, В.В. Кульчихин, В.Ф. Малыхина (1990) считают, что максимальный урожай бобовых можно получить только за счет высоких доз азотных удобрений.

Повышение доз азота в вегетационных опытах свыше 0,6 нормы Гельригеля подавляло образование клубеньков. Растения в этом случае вполне хорошо развивались, но полностью переходили на питание связанным азотом (Асеева К.Б., Евстигнеева З.Г., Кретович В.Л., 1966). Вместе с тем внесение высоких доз минерального азота небольшими порциями (дробно, каждые два дня в течение двух – двух с половиной месяцев) не вызывает подавления образования клубеньков и благоприятно действует на симбиоз (Tuzimura K., Watanabe J., 1960).

Разноречивость приведенных сведений можно объяснить различиями в условиях проведения опытов, свойствах почв, складывающихся климатических условий и условиями произрастания, а также эффективностью образования клубеньковых бактерий и величиной применяемых доз азотных удобрений (Посыпанов Г.С., 1985; Трепачев Е.П., 1985).

М.И. Тарковский, А.М. Константинова, М.Ф. Гладкий (1974) считают, что как только люцерна окрепнет и на ее корнях разовьются клубеньки бактерий, снабжение ее минеральным азотом следует прекращать, чтобы не допустить необоснованного расхода удобрений и не подавлять развития на корнях клубеньковых бактерий. По этим же причинам нецелесообразно вносить азотные удобрения в том случае, когда под люцерну или ее предшественники вносили навоз, компост, а также на почвах со значительным содержанием гумуса (4-6% и более) в пахотном слое.

К основным факторам, влияющим на активность симбиотической фиксации азота воздуха, относится уровень обеспеченности подвижным фосфором и обменным калием (Каширин А., 1967; Гукова М.М., Арбузова И.Н., 1969; Петров Л.Н., 1981; Михеев Е.К., Шкрибтиенко А.П., 1982; Филиппев И.Д., Шкрибтиенко А.П., 1983).

Значению фосфора в активизации азотоусвоения бобовыми растениями большое внимание уделяли А. Sankaram, P. V. Rajn (1963), В.И. Букин, В.П. Иванов, М.И. Тарковский (1984). Высокая потребность люцерны в фосфоре проявляется уже в начальные фазы роста, в частности, в первые 20-25 дней после прорастания семян, до появления 6-7 листа. Достаточное снабжение люцерны фосфорными соединениями в этот период оказывает положительное влияние и на последующее ее развитие (Montemayor Trejo J.A. и др., 2012).

Фосфорные удобрения играют большую роль в формировании высоких урожаев люцерны на всех типах почв. Люцерна потребляет много фосфора в легкодоступной форме в течение всей жизни, но особенно чувствительна к его недостатку в начальные фазы роста. Достаточное снабжение фосфором в этот период усиливает образование листовой поверхности и способствует лучшему укоренению молодых корней (Возбуцкая А.Е., 1968).

По данным многолетних исследований Л.И. и Н.Н. Мартыновичей (1989, 1992), наибольшую продуктивность люцерны дает при использовании высоких доз фосфорных удобрений. Так, внесение $P_{120-150}$ улучшает ее зимостойкость на 15-17%, повышает высоту растений на 3-5 см, что в итоге увеличивает урожай сена до 70%, уменьшая себестоимость на 15-20%.

В исследованиях Т.Д. Фарниева, А.Т. Фарниева (1997) на выщелоченных черноземах Северной Осетии внесение минеральных удобрений в дозе $N_{30}P_{60}K_{60}$ повышало урожай зеленой массы люцерны на 110 ц/га, или 51,8%.

По данным Северо-Западного научно-исследовательского института сельского хозяйства, после внесения вслед за уборкой покровной культуры 2 ц/га суперфосфата урожай клеверного сена повысился на 14,5 ц с 1 га. (Мухина Н.А., Шестиперова З.И., 1978).

Некоторые исследователи отмечают, что люцерна нуждается в калийных удобрениях, так как она выносит из почвы большое количество калия, при недостатке которого желтеют листья и на них появляются некротические пятна. Люцерна в смеси с ежой без внесения удобрений дала 17 ц/га. При внесении 1 ц/га калийных удобрений урожай сена повысился до 23,9 ц/га; 2 ц

– до 25,2 ц/га; 3 ц – до 35,3 ц/га и 4 ц – до 36,6 ц/га. Нужно до посева люцерны вносить в почву по 3 ц и ежегодно в виде подкормок – не менее 3-4 ц/га калийных удобрений. (MacLeod L. B., 1965; Куляхтин М.Ф., 1985; Иванов А.И., 1980; Медведев Г.А., 1988; Migbgwa G.W., Krall J.M., Legg D.E., 2011).

В условиях Республики Татарстан растения люцерны испытывают недостаток калия, так как в последние годы сельхозтоваропроизводители не используют калийные удобрения в чистом виде. Для повышения уровня плодородия люцерны эффективно использовали корневую подкормку сульфатом калия, калимагнезией, монофосфатом калия из расчета 50 кг/га действующего вещества в фазе отрастания растений. При этом увеличивается завязывание бобов и количество нормально развивающихся семян в расчете на 1 боб (Ахметзянова Р.Р., 2016).

По мнению Е.В. Думачевой и соавт. (2010), внесение калия в дозе 90-120 кг/га эффективно для повышения сбора сухого вещества, значительного улучшения энергетического обмена люцерны, ее кормовой и биологической ценности.

Исследования, проведенные за рубежом, также показали положительное влияние калийных удобрений на семенную продуктивность люцерны (Joss D., 1977; Mayer R., 1979 и др.).

Однако, по многочисленным данным, внесение одних калийных удобрений под люцерну не дает положительного эффекта, что объясняется достаточным запасом усвояемого калия в большинстве типов почв. При орошении фосфорные и калийные удобрения применяют вместе. Эффективность этих удобрений значительно повышается, когда их вносят под глубокую вспашку. В качестве калийных удобрений используют 40% калийную соль и сильвинит (Аверкин П.М., Бутяйкин В.В., Аверкина М.П., 2017).

Более сбалансированный по питательной ценности корм у люцерны наблюдается при совместном внесении фосфорных и калийных удобрений, а также полного минерального удобрения, в травосмеси — полного минерального удобрения (Федюшкин А.В., Парамонов А.В., Медведева В.И., 2017).

К настоящему времени имеется недостаточная и относительно противоречивая информация об основах оптимизации минерального питания клевера лугового (Васильева Д.В., Куренкова И.К., 1968; Карякина В.Ф., Сметанникова А.И., 1970; Новоселова А.С. Турик И.Ф., 1971; Сергеев П.А., Харьков Г.Д., Новоселова А.С., 1973; Трепачев Е.П., 1976; Дука Л.В., Сенькив А.И., 1979; Синягин И.И., Кузнецов И.Я., 1979; Вавилов П.П., Посыпанов Г.С., 1983; Бугрий З.В. Вервайн О.Д., 1985; Заболоцкая Т.Г., 1985; Кожемяков А.П., 1989; Ивойлов А.В., Малова А.В. 1996).

Исследования А.В. Ивойлова, А.А. Моисеева, Л.Н. Прокиной и др. (2008) показали, что урожайность клевера лугового значительно различалась по годам исследований. В условиях засушливого 1991 г. сбор сухого вещества в среднем по опыту составил 3,64, в условиях умеренно засушливого 1992 г. – 4,20, а в условиях 1993 г. с достаточным увлажнением в первой половине вегетации – 7,49 т/га.

На почвах, бедных калием, клевер подкармливают калийными удобрениями в дозах, определяемых уровнем плодородия почвы и планируемого урожая. Подкормки фосфором бесполезны, так как удобрения останутся сверху почвы в течение вегетации и будут недоступны для корневой системы. Азотные удобрения приносят клеверу только вред, они угнетают симбиоз, снижают количество фиксированного азота воздуха, стимулируют неравномерный рост и развитие отдельных растений, приводят к изреживанию посевов и снижают их продуктивность (Посыпанов Г.С. и др., 1997).

Повышают урожай сена клевера фосфорно-калийные удобрения, вносимые под озимую покровную культуру (2,5-3 ц суперфосфата - P_2O_5 и 1-1,5 ц калийных удобрений - K_2O на 1 га) или под яровую покровную культуру (по 3-4 ц суперфосфата и 1,5-2 ц калийных удобрений на 1 га) (Мухина Н.А., Шестиперова З.И., 1978).

По мнению Ю.К. Новоселова и др. (1986), от внесения 1 т навоза в зависимости от плодородия почвы и климатических особенностей района можно получить прибавку урожая сена клевера лугового от 0,5 до 1,7 ц/га.

Большое значение в питании многолетних трав имеют и другие элементы (молибден, магний, бор, сера, железо, марганец, медь, цинк). Они играют важную роль в процессах цветения, плодообразования и жизнедеятельности клубеньковых бактерий (Прокина Л.Н., 2010). Эффективность магния, меди проявляется прежде всего на почвах с повышенной кислотностью (Манджиева А.Н., 1986). В исследованиях С.С. Самойленко, И.А. Булдыковой (2017) на черноземе выщелоченном Кубани установлено, что включение меди и молибдена в систему удобрения люцерны способствует увеличению урожайности на 1,1-2,7 т/га, а сырого белка на 0,1-1,1%.

Качество бобовых трав определяется содержанием в них белка, незаменимых аминокислот, а также витаминов, сахаров, ферментов и других соединений. Внесение удобрений под многолетние травы, по наблюдениям Всесоюзного института кормов и других опытных учреждений, способствует улучшению кормовых качеств трав, в частности, повышению содержания белков, минеральных веществ и витаминов (Тарковский М.И., 1952).

Питательность корма бобовых трав изменяется под действием обеспеченности элементами минерального питания, а также соотношения их в почве. Изменение химического состава надземной части растений происходит и при изменении облиственности растений, соотношения листьев и стеблей, имеющих разный биохимический состав (Комарова С.Д., 1970; Рафаэлян Р.К., 1970; Бова В.Н., 1973; Инькова М.А., 1973).

М.М. Абасов (1982), В.И. Остапов и др. (1990) считают, что азотные удобрения для увеличения протеина в люцерне не эффективны. В противоположность им В.Н. Чурзин (1982), В.И. Куля (1989) и др. придают азоту первостепенное значение в повышении содержания протеина в люцерне.

На содержание протеина в сене и зеленой массе люцерны первостепенное влияние оказывают фосфорные удобрения (Букин В.И. и др, 1984; Изотов В.И., 1984; Кулиев В.Ф., 1985).

О незначительном влиянии минеральных удобрений на содержание незаменимых аминокислот в сене люцерны указывает М.М. Абасов (1982).

С.А. Алиев и др. (1984), напротив, считают, что минеральные удобрения существенно повышают содержание незаменимых аминокислот в сене люцерны.

В опытах В.В. Дроздовой (2016) вносимые удобрения оказали положительное влияние на содержание основных элементов питания в растениях люцерны. Лучшие показатели получены при внесении N_{20} , $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$. В этих вариантах во втором укосе содержание азота в растениях повысилось на 0,40; 0,55 и 0,60% соответственно по сравнению с контролем. При внесении $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$ содержание фосфора повысилось на 0,17 и 0,20% соответственно по сравнению с неудобренным фоном. Наиболее высокое содержание калия в растениях получено во втором укосе при внесении полного удобрения в двойных и тройных дозах и составило 1,83 и 1,87% соответственно. Содержание сырого белка по вариантам опыта колебалась от 16,3 до 20,3. Максимальное содержание белка в растениях люцерны наблюдалась на вариантах $N_{20}P_{20}K_{20}$ и $N_{30}P_{30}K_{30}$, что на 3,6 и 4,0% выше, чем на контроле.

Многочисленные исследования в области применения удобрений в длительных стационарных опытах при систематическом применении в севооборотах показывают, что урожайность зерна *озимой пшеницы* существенно повышается с увеличением длительности применения удобрений, особенно на почвах, где подвижные формы питательных веществ находятся на меньшем уровне, чем остальные факторы жизни растений.

Современные сорта озимой пшеницы очень требовательны к плодородию почвы. Для формирования 4,0-4,5 т/га необходимо около 140 кг азота, 50 кг фосфора и 120 кг калия, поэтому без применения удобрений получить такой урожай с высоким качеством зерна невозможно. А при возделывании озимой пшеницы по интенсивным технологиям просто необходимо использование большого количества удобрений для компенсации выноса питательных веществ с урожаем. Особенно это важно при частичном или полном со-

кращении внесения органических удобрений (Камбулов С.И., Рыков В.Б., Камбулов И.А. и др., 2017).

Многолетние исследования, а также опыт хозяйств Крыма свидетельствуют, что на всех почвах определяющим фактором урожайности и качества зерна пшеницы является азот, который потребляется растением в течение всей вегетации (Николаев, Е.В., Изотов А.М., 2001).

А.В. Ивойлов (1995) в результате исследований на черноземе выщелоченном Мордовии приходит к выводу, что ведущая роль в повышении урожайности озимой пшеницы принадлежит азоту. В среднем на его долю приходится на фоне без навоза в сухие годы 48-51% прибавки урожая зерна, в нормальные по увлажнению и влажные годы - 72-84%. На фоне последствия навоза - соответственно - 56-57% и 77-100%. Фосфор находится во втором минимуме: на его долю приходится от 6 до 57% прибавки урожая пшеницы в нормальные по увлажнению и влажные годы и от 18 до 43% - в сухие. Калий находится в третьем минимуме.

Уровень урожайности определялся в основном применением азотных и фосфорных, в меньшей степени – калийных удобрений (Абашев В.Д., Попов Ф.А., Носкова Е.Н., Жук С.Н., 2017).

В.В. Окорков (2013) объясняет определяющую роль азотных удобрений в формировании урожая тем, что 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 подавляющем большинстве опытов Географической сети наиболее эффективная доза фосфора для различных сельскохозяйственных культур в разных зонах страны – 60 кг/га. Прибавки урожая озимой пшеницы от указанной дозы на дерново-подзолистых суглинистых почвах составляли 0,37-0,41 т/га, дерново-подзолистых супесчаных почвах – 0,10-0,23, серых лесных почвах Брянской и Рязанской областей – 0,06, Нижегородской области и Чувашии – 0,35, выщелоченных черноземах Воронежской области – 0,2 (от P_{40}), типичных и обыкновенных черноземах Белгородской, Воронежской и Тамбовской областей – 0,26, предкавказских карбонатных черноземах – 0,21, предкавказских черноземах – 0,29 т/га (Минеев В.Г., Ивлев М.М., 1975).

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 N_{120} , прибавка составила 7,2; 5,6; и 4,5 ц/га на черноземе выщелоченном, типичном и обыкновенном соответственно.

Иного мнения в отношении эффективности отдельных элементов придерживаются Г.Г. Джанаев, Я.В. Смольский (1964). Исследования на выщелоченных черноземах Северной Осетии показали, что наиболее высокие прибавки урожая озимой пшеницы получаются при внесении полного минерального удобрения, на втором месте по эффективности - фосфорно-калийные, на третьем - азотно-фосфорные.

На лугово-черноземных почвах Азербайджана наиболее эффективным оказалось полное минеральное удобрение под озимую пшеницу в дозах $N_{120}P_{120}K_{60}$ и $N_{150}P_{120}K_{60}$: в среднем за 2 года прибавка урожая была 8,9 и 12,0 ц/га. Из парных комбинаций лучшей оказалась комбинация азота и фосфора (Авазов А.Ш., 1997). В исследованиях В.А. Квасова (1997) на выщелоченных черноземах Липецкой области наибольший урожай зерна озимой пшеницы получен при внесении $N_{90}P_{90}K_{60}$ - 33,1 ц/га, прибавка при этом составила 25,8%.

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

В условиях Ростовской области выявлено, что трехкомпонентные комплексные удобрения имеют преимущество перед двухкомпонентными при осеннем внесении под озимую пшеницу, а весенняя азотная подкормка способствует существенному повышению их действия. Сочетание обоих сроков применения удобрений увеличивает урожайность культуры на 37,0-40,3%, что превышает суммарный эффект от действия каждого удобрения по отдельности (Агафонов Е.В., Максименко М.В., 2012).

Исследователи А.Х. Шеуджен, Л.М. Онищенко, В.П. Суетов (2017) утверждают, что оптимальной для центральной агроклиматической зоны Краснодарского края следует считать дозу удобрений $N_{80}P_{60}K_{40}$. Установлено, что удобрения ($N_{80}P_{60}K_{40}$) повышают урожайность зерна озимой пшеницы, выращиваемой после люцерны, на 2,5 т/га (48,5%) по сравнению с контролем.

На черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности при длительном применении удобрений изучаемые системы удобрения существенно повышали урожайность озимой пшеницы относительно контроля на 1,34–2,05 т/га. Наивысшую урожайность в опыте обеспечивало применение расчетной системы удобрения (167 т/га NPK, в т.ч. $N_{80}P_{78}K_9$ + 5 т/га органических удобрений), где разница составила 2,05 т/га относительно контроля и 0,70–0,71 т/га относительно вариантов с рекомендованной и биологизированной систем удобрения (Айсанов Т.С., Подколзин А.И., 2015).

В условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии получены различные результаты по влиянию удобрений на урожайность зерна изучаемых сортов озимой пшеницы. Х.А. Малкандуев, А.Х. Малкандуева, Р.А. Гажева (2015) считают оптимальной дозу $N_{90}P_{120}K_{60}$, при внесении которой прибавка урожая зерна составила 1,76-2,18 ц/га. В полевых опытах М.С. Сидаковой (2017) максимальная прибавка урожая зерна озимой пшеницы – 11,5 ц/га - достигнута при внесении удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{60}$. А в опытах М.Б. Багова, Р.А.

Гажевой (2017) наибольшая прибавка (11,7 ц/га) получена при внесении $N_{120}P_{60}K_{60}$, хотя с экономической точки зрения оптимальной оказалась доза $N_{90}P_{60}K_{60}$.

В исследованиях Т.П. Бижоевой и Р.В. Бижоева (2017) в длительном (с 1948 года) экспериментальном 10-польном зерно-травяно-пропашном севообороте выявлено, что в течение 6 ротаций севооборота (1970-2009 гг.) при применении удобрений урожай озимой пшеницы увеличивался от третьей к шестой ротации. Авторы объясняют это улучшением агрохимических и агрофизических свойств орошаемой почвы при длительном удобрении.

В стационарном опыте Горского ГАУ (выщелоченный чернозем) применение удобрений под озимую пшеницу в дозах $N_{40-80}P_{30-60}K_{30-60}$ обеспечивало прибавку урожая зерна от 11,6 до 29,8 ц/га (48,1-123,7%). Более высокие дозы удобрений себя не оправдали (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2016; Цуциев Р.А., Дзанагов С.Х., 2017).

Утвердилось мнение, что под озимую пшеницу не следует вносить органические удобрения непосредственно. Однако многие исследователи считают, что наличие органики в системе удобрения положительно сказывается на продуктивности этой культуры.

По данным А.И. Симакина (1970), на выщелоченных черноземах органические удобрения, внесенные под предшественник, увеличивают урожай зерна озимой пшеницы на 5,4-8,6 ц/га, а на обыкновенных черноземах - на 9,0-13,0 ц/га. В исследованиях М.М. Ильясова, Р. Х. Гизатуллина, Н. Ш. Хисамутдинова (2012) применение органо-минеральной системы удобрения дало максимальную прибавку урожайности озимой пшеницы - 4,49 т/га. В условиях лесостепи Поволжья прибавка урожайности от последействия различных видов органических удобрений составила 0,3-0,64 т/га, или 10,4-22,2% (Никитин С.Н., 2013).

На черноземе типичном ЦЧЗ отмечено некоторое преимущество минеральных удобрений на фоне последействия навоза по сравнению с использованием только минеральных удобрений и последействия навоза. Наибольшая

урожайность – 5,97 т/га - получена при внесении $N_{150}P_{120}K_{120}$ на фоне последствия 80 т/га навоза, где прибавка урожая относительного контрольного варианта составила 2,18 т/га (Морозова Т.С., Лицуков С.Д., 2018).

В исследованиях Т.П. Бижоевой и Р.В. Бижоева (2017) в длительном (с 1948 года) экспериментальном 10-польном зерно-травяно-пропашном севообороте применение органо-минеральной системы удобрения (80 т/га навоза + $N_{440}P_{420}K_{240}$ за ротацию, а под озимую пшеницу непосредственно $N_{60}P_{60}K_{30}$) способствовало получению 45,3 ц/га зерна при окупаемости 12,8-14,7 кг зерна на 1 кг NPK. По расчетной органо-минеральной системе удобрения (15 т/га навоза + $N_{87}P_{36}K_7$ за ротацию, а под озимую пшеницу непосредственно $N_{90}P_{40}$) получен наибольший средний урожай зерна озимой пшеницы в опыте – 51,0 ц/га, при этом окупаемость удобрений составила 10,6 кг зерна на 1 кг внесенного в севообороте NPK.

Многочисленные исследования посвящены изучению роли подкормок в удобрении озимой пшеницы. Большинство ученых отмечает положительное влияние на урожайность и качество зерна пшеницы весенних подкормок.

Исследователи А.И. Желязков (2015), М.М. Исмаилов, В.Г. Вердиева (2016), Г.Н. Ненайденко, Л.И. Ильин (2017), А.В. Парамонов, А.В. Федюшкин, В.И. Медведева (2017) считают, что для пшеницы в период вегетации необходимо не менее трех подкормок азотными удобрениями (N_{60-90}). По мнению В.П. Мурыгина, В.А. Попова, С.Л. Елисеева (2016), прикорневая подкормка азотным удобрением весной повышает урожайность зерна озимой пшеницы на 0,50-0,73 т/га за счет увеличения продуктивной кустистости на 0,20–0,40; за счет увеличения густоты продуктивного стеблестоя – на 21–29 шт./м² и массы зерна с колоса – на 0,02–0,05 г.

Однако встречаются, хотя и редко, данные, которые свидетельствуют об отсутствии какого-либо эффекта от внесения азотных подкормок (Николаев, Е.В., Изотов А.М., 2001; Абашев В.Д. и др., 2017).

В литературе имеются многочисленные данные о положительном действии минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы (Детков-

ская Л.П. и др., 1977; Пресняков Н.М. и др., 1983; Созинов А.А., Жемела Г.П., 1983; Лисовая А.П. и др., 1984). Однако эти данные относятся, как правило, к отдельным конкретным условиям проведения единичных опытов и не всегда согласуются между собой. Оценки действия минеральных удобрений на качество зерна озимой пшеницы по данным массовых опытов в различных почвенно-климатических условиях на основе единых методических подходов практически не проводилось.

По мнению Дзанагова С.Х. (1987), на всех почвах Центрального Предкавказья удобрения устойчиво повышают такие важные показатели как содержание протеина и сырой клейковины, при этом максимальное увеличение первого составило 1,6% в степной зоне, 2,6 в лесостепной и 2,9 в лесолуговой; второго – соответственно 3,7-2,9; 7,7 и 7,9%, т.е. по мере приближения к горам эффект от удобрений, особенно повышенных доз азота, значительно возрастает.

В условиях производства обычно наблюдается снижение белковости зерна озимой пшеницы по мере роста урожайности, о чем свидетельствуют результаты многих исследований. Одной из главных причин многие авторы видят в энергетике процессов биосинтеза белков и углеводов. Но, анализируя данные многочисленных исследований, А.А. Созинов и Г.П. Жемела (1983) приходят к выводу, что «конкуренция» за энергию может проявляться в районах, где энергетический уровень среды недостаточен и во время вегетации, а особенно в период налива зерна стоит пасмурная прохладная погода. Основным же фактором, лимитирующим уровень белковости зерна озимой пшеницы, авторы считают обеспеченность растений азотом в течение всей вегетации, особенно в период налива зерна. О решающей роли удобрений, прежде всего азотных, в повышении качества зерна озимой пшеницы единодушно отмечают в своих работах также и многие другие исследователи (Панников В.Д., Минеев В.Г., 1977; Кидин В.К., 1978; Hera C., Mihaila V., 1981; Павлов А.Н., Панников В.Д., 1982; Суднов П.Е., 1986; Горбачева А.Е., 1988 и др.).

Азотные удобрения улучшают качество зерна за счет большего накопления белка и сырой клейковины. Азот является эффективным средством управления качеством зерна яровой и озимой пшеницы. Для него характерно прямое включение в биосинтез азотсодержащих веществ (в первую очередь белков), под его действием изменяются активность ферментных систем, регулирующих биосинтез, и отложение веществ в запас, определяющих качество урожая. Сложность проблемы состоит в том, что действие азота тесно связано с факторами окружающей среды на протяжении всего периода вегетации растений. Однако механизм этой связи далеко не изучен, поскольку качество урожая является как комплексным, так и индивидуальным показателем для каждой культуры. Обеспеченность растений азотом в период вегетации служит основой формирования высокобелкового зерна пшеницы, азотная подкормка в период колошения-цветения повышает содержание белка и сырой клейковины в зерне пшеницы, при этом азот удобрения включается во все фракции белкового комплекса (Завалин А.А., Соколов О.А., 2018).

Многие исследователи отмечают, что качество зерна озимой пшеницы в большей степени зависит от соотношения азота и фосфора в удобрении. По их мнению, высокий урожай зерна с повышенным содержанием белка можно получать при преобладании азота над фосфором в удобрении (Созинов А.А., Жемела Г.П., 1983; Сдобникова О.В., 1985). Синтез белковой молекулы немислим, по мнению Ю.В. Алексеева (1978), без азота и фосфора. Он же отмечает отрицательное влияние одностороннего фосфорного питания на качество зерна.

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.

Снижение белковости зерна под влиянием фосфорных и калийных удобрений отметил А. Amberger (1969). Напротив, К. Mengel (1969) в своих

исследованиях получил увеличение содержания клейковины в зерне под влиянием калия с 25 до 31%.

Азотные удобрения, как правило, снижали массу зерна (Минеев В.Г., Тищенко А.Т., Семихова О.Д., 1975; Доспехов Б.А., Кирюшин Б.Д., 1978). Вместе с тем о положительном влиянии азотных подкормок на массу зерна указывают И.А. Зенюк (1970), Г.Ф. Никитенко, В.Е. Русков (1978).

Повышение доз азота отрицательно сказывалось на массе 1000 зерен (Иванова Т.И., Егорова Т.К., Кожемякова Р.И., 1982; Рыбак В.К., 1982; Плешакова С.В., Мясникова Л.К., Айрумов Л.П., 1983 и др.). Однако М.А. Казанина, А.П. Караульная (1973), Н.П. Кукреш (1985), Е.М. Лимантова, О.М. Лашукевич, А.А. Чаховский, Е.С. Малей (1986), Н.З. Милащенко и др. (1993) приводят в своих исследованиях положительные результаты влияния азотных удобрений на массу 1000 зерен.

Калийные удобрения не оказывают такого очевидного влияния на урожай и качество пшеницы, как азотные и фосфорные. На образование белков калий воздействует в зависимости от обеспеченности растений азотом. При высокой обеспеченности азотом и низких дозах калия растения не в состоянии переработать в белки весь поглощенный ими азот, вследствие чего отношение белкового азота к растворимому сравнительно невелико. Высокие дозы калия способствуют усилению ассимиляции, накоплению углеводов и синтезу белков, что увеличивает отношение белкового азота к небелковому (Толстоусов В.П., 1976). Значение калия возрастает на почвах, где этот элемент находится в минимуме. Это подтверждает значение сбалансированного, с учетом физиологических потребностей растений минерального питания. Поэтому лучших результатов можно добиться при внесении полного минерального удобрения (Алексеев Ю.В., 1978).

На черноземе выщелоченном в условиях Западного Предкавказья на основании проведенных исследований установлено, что для обеспечения высоких показателей качества зерна и получения устойчивого урожая озимой пшеницы следует применять повышенные дозы минеральных удобрений.

Повышение плодородия почвы и интенсификация приемов выращивания озимой пшеницы обеспечивали увеличение содержания белка в зерне с 12,1 до 14,3%, а сбор его с 0,52 до 1,11 т/га (Нешадим Н.Н., Скоробогатова А.С., Филипенко Н.Н., 2017; Кравцов А.М., Загорулько А.В., Кравцова Н.Н., 2017).

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%.

В опытах Ставропольского ГАУ (выщелоченный чернозем) изучаемые системы удобрения: расчетная ($N_{98}P_{78}K_0$), рекомендованная ($N_{70}P_{40}K_0$) и биологизированная (солома 2,4 т/га + $N_{60}P_{10}K_0$) увеличивали показатели качества зерна озимой пшеницы: белка – на 0,9–1,5%, натуры – на 7–24 г/л, количество сырой клейковины – на 1,3–3,6% (Голосной Е.В., Сигида М.С., Подколзин А.И. и др., 2016).

На опытном участке Горского ГАУ (выщелоченный чернозем) внесение удобрений в дозах $N_{150}P_{120}K_{40}$ и расчетной способствовало повышению содержания в зерне протеина на 3,0 и 3,1%, стекловидности – на 13 и 14% и содержания клейковины на 5,8 и 5,0% соответственно (Цуциев Р.А., Дзанагов С.Х., 2017); белковость зерна по удобренным вариантам по сравнению с контролем увеличилась на 0,7–2,1%; наибольшее содержание протеина в зерне (14,8–15,1%) отмечено на вариантах расчетном и с тройными дозами N в составе NPK (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2016).

Длительное применение удобрений в севообороте на почвах Северной Осетии по-разному сказалось на качестве зерна озимой пшеницы на разных почвах: на выщелоченном черноземе и дерново-глеевой почве они практически не влияли на этот показатель (масса 1000 зерен). Наиболее крупное зерно озимой пшеницы (39,5–39,7 г) в среднем за 6–7 лет получено на обыкновенном и выщелоченном черноземе. На всех типах длительное применение удобрений характеризуется тенденцией увеличения содержания протеина в зерне озимой пшеницы. Наибольшее накопление в зерне обеспечивают повышенные (двойные, тройные) дозы азота в составе NPK. Количество жира в

зерне изменяется по разным вариантам удобрения незакономерно, но при этом можно отметить следующую тенденцию: на большинстве почв больше жира накапливается при низком уровне питания (Дзанагов С.Х., 1999).

Общепризнано, что некорневая подкормка мочевиной в фазу колошения повышает содержание белка в зерне. По мнению Ю.В. Алексева (1978), она способствует лучшему перераспределению азота в зерне. Под действием этого удобрения азот, который в обычных условиях остается в листьях и стеблях, начинает перемещаться в зерно. О положительной роли азотных подкормок в повышении содержания белка в зерне пшеницы указывают в своих работах W. Selke (1959), H. Necht (1964), А.Н. Павлов (1967), A. Rodewyk, P. Schafer (1969), А.Я. Бука (1970), А.И. Симакин (1970), Н.А. Курмышева, В.Ф. Ефремов (1998) и др.

По утверждению Б.М. Азизова (2013), на орошаемых типичных сероземах Узбекистана лучшая форма азотных удобрений для некорневой подкормки пшеницы – мочевина. Она служит источником азота для растений, а также резервом для азотных соединений, которые служат биологически активными веществами и положительно влияют на синтез аминокислот и белков. По данным Чечено-Ингушской опытной станции (1990), в результате некорневых подкормок раствором мочевины в период налива зерна содержание протеина в зерне увеличивалось на 1,6-1,7%, клейковины - 2,2-2,6% (Шорин П.М. и др., 1991).

В исследованиях В.И. Бровкина и С.Ф. Соколенко (2010) в севообороте на типичном глубоковщелочном черноземе Тульской области внесение азотной подкормки (N_{60}) в фазу кущения увеличило содержания клейковины и белка в зерне озимой пшеницы на 3,0 и 2,4%, а комплекс удобрений и пестицидов увеличил их соответственно на 5,0% и 4,14%. 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 М.В. Розпутнего (2012) при одной подкормке азотом

содержание белка увеличивалось на 0,6%, а клейковины – на 2,3%, а при внесении двух подкормок – на 1,3 и 3,0% соответственно.

На качество зерна озимой пшеницы оказывают влияние не только минеральные, но и органические удобрения. По мнению В.П. Толстоусова (1976), при органо-минеральной системе удобрения минеральные удобрения вызывают хороший рост и развитие вегетативной массы, а органические как медленно разлагающиеся обеспечивают нужным питанием растения в период налива зерна.

В опытах Г.Н. Господаренко, В.В. Любич, Н.П. Матвиенко (2018) на черноземе оподзоленном при органической системе удобрения содержание белка в зерне было в пределах 12,6–13,3% (превышение контроля на 0,6–1,3%). В исследованиях М.М. Ильясова, Р.Х. Гизатуллина, Н.Ш. Хисамутдинова (2012) органо-минеральная система удобрения обеспечила максимальное содержание сырой клейковины - 33,1%. На черноземе типичном ЦЧЗ внесение $N_{150}P_{120}K_{120}$ и $N_{90}P_{60}K_{60}$ на фоне последствия 80 т/га навоза увеличивало содержание клейковины – на 8,7%, белка – на 1,6–2,2% (Морозова Т.С., Лицуков С.Д., 2018). В исследованиях Р.Ч. Ишмухамедовой, Д.И. Убайдуллаевой, Н.И. Ирназаровой (2011) 30 т/га перепревшего смешанного навоза с рекомендованной ($N_{180}P_{90}K_{60}$) и повышенной ($N_{210}P_{110}K_{70}$) дозой минеральных удобрений повысили содержание 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%.

Таким образом, обобщая опубликованные данные, можно сделать вывод о том, что высокая урожайность озимой пшеницы и лучшее качество зерна формируются при оптимальном соотношении внесенных в почву азотных, фосфорных и калийных удобрений.

Кукуруза - культура интенсивного типа и выделяется среди других культур большой потребностью в элементах питания (Витриховский П.И., 1977). Это связано с образованием большого объема вегетативной массы и потреблением значительного количества питательных элементов в относи-

тельно короткий период интенсивного роста растений. О большой эффективности умеренных доз минеральных и органических удобрений в различных почвенно-климатических условиях сообщают Н. Balla, 1960; J. Kandra, 1961; Н. Ansorge, 1963; М.М. Ивлев, 1970; А.Я. Мансуров, 1970; И.И. Синягин, 1971; Н.Н. Третьяков, И.А. Шкурпела, 1979; Г.А. Тиберькова, Н.Л. Плескова, Т.Н. Комиссарова, 1989; С.В. Лукин и др., 1996, И.Д. Филипьев и др., 1996; А.А. Максименко, В.П. Малаканова, 2002; Агафонов Е.В., Батаков А.А., 2002; Даниленко Ю.Л. Любименко Т.А., 2003; Слюдеев Ю.А., 2003; Семина С.А., 2009 и многие другие исследователи.

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). Существует мнение, что кукуруза требует повышенного минерального питания на протяжении всего вегетационного периода с максимальным потреблением в фазы выметывания и образования початков (Багринцева В.Н., Шмалько И.А., 2006; Комарь И.А., 2009). Будучи одной из высокоурожайных культур, она потребляет в 1,5-2 раза больше питательных веществ, чем другие зерновые культуры.

Кукуруза хорошо реагирует, прежде всего, на внесение азотных удобрений. При этом снижается относительный урожай стеблей и заметно увеличивается доля початков (Попова И.М., 1967; Стулин А.Ф., 1996; Хлопянников А.М., Кондрашов А.Л., Наумкин В.Н., 1999; Агладзе, Г., Джинчарадзе Д., Чабукиани М., 2003; Местешов Г.С., Соколов Ю.В., Сечин В.А., 2003 и др.).

По данным Всероссийского НИИ кукурузы, на черноземных почвах с повышенным содержанием подвижного фосфора внесение фосфорных удобрений не способствует росту урожайности кукурузы и что она способна использовать труднорастворимые фосфаты алюминия и железа, которые слабо используются другими культурами. На обыкновенных черноземах Ставро-

польского края урожайность зерна кукурузы повышается в среднем на 12% при внесении $N_{120}P_{90}K_{90}$ (Багринцева В.Н., Шмалько И.А., 2006; Багринцева В.Н., 2008).

По данным исследований Г.К. Льгова (1964), на предкавказском карбонатном черноземе лучшие результаты дают фосфорные и полное минеральное удобрения, а на выщелоченном черноземе - азотные и азотно-фосфорные. В исследованиях И.П. Стокозова (1971) на карбонатных черноземах Краснодарского края при внесении P_{45} и P_{90} прибавка урожая зерна кукурузы составила 2-3 ц/га, или 6-9%, а при внесении N_{60} - 2,7 ц/га, или 8,1%. Полное минеральное удобрение в дозе $N_{60}P_{90}K_{45}$ обеспечило прибавку 5,2 ц/га, или 15,5%. На обыкновенных черноземах Молдавии удобрения в дозе $N_{60}P_{90}K_{30}$ обеспечили прибавку зерна 10,6 ц/га, или 111,6% (Вайнберг Н.Л., 1977).

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

На черноземе типичном 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); в дозе $N_{70}P_{70}K_{70}$ - 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). 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.

Наибольший урожай зерна кукурузы на выщелоченных черноземах Северной Осетии, по данным А.З. Суменова и др. (1991), получен при внесении $N_{80}P_{80}K_{80}$ - прибавка составила 23,3 ц/га, или 100,9%. По данным А.М. Цурова

(1967), на черноземах слабовыщелоченных Ингушетии внесение полного минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличило урожай зерна на 2,3 ц/га по сравнению с $N_{30}P_{30}K_{30}$. На черноземах выщелоченных Адыгеи более высокие результаты по урожайности кукурузы на зерно (5,05; 5,83 и 6,33 т/га, по разным гибридам) наблюдались по $N_{90}P_{90}K_{30}$ (Мамсиров Н.И., 2012).

В условиях Центрального Черноземья продуктивность кукурузы, выращиваемой бессменно и в севообороте, 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; Стахурлова Л.Д., Стулин А.Ф., Громовик А.И., 2015).

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).

Многими авторами отмечена реакция кукурузы на органические удобрения. Высокое положительное действие навоза на урожай кукурузы отмечает Д.А. Кореньков (1990).

Преимущество органической системы удобрения отмечает Б.С. Носко (1986); по его данным, 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 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.

В опытах Белгородского НИИСХ в зернопаропропашном севообороте имела преимущество органо-минеральная система удобрения. 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). Также на черноземе типичном 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). Самая высокая урожайность зеленой массы кукурузы отмечена в опытах Новозыбковской ГСХОС при внесении $N_{156}P_{46}K_{72}$ в сочетании с 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). В опытах Ю.И. Слабко и С.А. Солонкова (2000) наилучшими показателями урожайности кукурузы на силос в севообороте (172-175 ц/га) отметились варианты двойной дозы NPK ($N_{200}P_{240}K_{120}$) и навоз (40 т) + известь + NPK ($N_{200}P_{240}K_{120}$).

Профессор А.Б. Саламов (1954) пришел к выводу, что на выщелоченных черноземах Северной Осетии полное минеральное удобрение повышает урожай кукурузы так же, как и 20 т/га навоза, на 6-10 ц/га.

Питательная ценность зерна кукурузы зависит от его химического состава. Из агротехнических приемов, влияющих на химический состав зерна кукурузы, наиболее эффективным является внесение удобрений (Буцерега М.М., Першак И.Т., 1964). Повышения его качества путем внесения удобрений должно быть направлено главным образом на увеличение содержания в нем белковых соединений.

Многочисленные исследования, проведенные в разных климатических зонах, показывают, что этого можно добиться, прежде всего, усилением азотного питания растений. Внесение возрастающих доз азотных удобрений, по авторитетному мнению А.А. Созинова, Г.П. Жемелы (1983), как правило, увеличивает содержание белка в зерне даже в тех случаях, когда прибавки

урожая за счет вносимых удобрений незначительны. По данным В.Т. Ключникова (1971), на вариантах, где вносили азотное удобрение, содержание протеина в зерне и валовой его выход с 1 га увеличивались на 25-66%.

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 протеина в растении на 2,2% при содержании на контроле 7,17%. Т.Р. Толорая с соавт. (2013) предлагает для повышения качества зерна 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.

Вместе с тем некоторые исследователи отмечают снижение содержания белка при внесении азотных удобрений. По мнению А.Я. Гетманца (1980), в условиях орошения, кроме «ростового разбавления» это явление в значительной мере обусловлено непроизводительными потерями азота удобрений из почвы из-за выщелачивания и улетучивания в газообразной форме в атмосферу. В богарных условиях одна из главных причин неэффективного использования азота - дефицит продуктивной влаги в почве, который снижает темпы поступления азота удобрений в кукурузное растение.

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).

Ряд исследователей считают, что повышение уровня минерального питания снижает содержание крахмала в зерне кукурузы, но за счет большей урожайности сбор крахмала с 1 га повышается (Буцорога М.М., Першак И.Т., 1964; Льгов Г.К., 1967; Ключников В.Т., 1971 и др.). Содержание жира на удобренных вариантах, по данным С.В. Андриеш (1971), увеличивалось на

0,26-0,67%. В то же время, по данным А.А. Землянухина (1987), содержание жира в зерне кукурузы существенно не изменялось.

Суданская трава обладает большим потенциалом продуктивности, поэтому для получения высоких урожаев нуждается в удобрениях. Высокую отзывчивость суданской травы на внесение удобрений отмечают в своих работах И.П. Кружилин, В.П. Часовских (1997), Т.Н. Дронова (2002), Н.Б. Мардваев (2008), Э.Б. Дедова, Г.Н. Кониева, Е.А. Кравченко, А.Ф. Дружкин (2012), И.В. Рахманов (2004), Н.А. Ковтунова, В.В. Ковтунов, Е.А. Шишова (2016), Т.Н. Дронова, Н.И. Бурцева (2019) и др.

Особенно отзывчива эта культура на внесение азотных удобрений, доза которых дифференцируется в зависимости от условий выращивания (Асланов И.Е., Бондарев В.А., Киреев В.Н., Новоселов Ю.К., 1981; Андреев Н.Г., 1984).

В опытах Куйбышевского НИИСХ на обыкновенных черноземах при внесении 60 кг/га д.в. азотного удобрения урожай суданской травы составил 52,3 ц/га воздушно-сухой массы, 120 кг/га азота – 65,8; 240 кг/га азота – 86,8; 360 кг/га азота – 97,4 ц/га. Фосфорные и калийные удобрения не оказывали влияния на урожай как при раздельном внесении, так и в сочетании (Тымицкая, Н.В., Ежов, Г.Ф., 1987).

Высокую эффективность дает полное минеральное удобрение. Так, внесение возрастающих доз азотных удобрений (N_{30-90}) $P_{45}K_{45}$ способствует увеличению зеленой массы на 12,8-19,7%, применение P_{45} увеличивало урожайность на 12,4%, что адекватно азотным удобрениям, внесенным из расчета 30 кг/га азота. В опытах Всесоюзного НИИ кормов $N_{50}P_{50}K_{50}$ увеличило урожай зеленой массы основного укоса с 18,18 до 29,43 т и отавы с 13,9 до 21,4 т с 1 га (Андреев Н.Г., 1984).

В опытах Ю.Г. Гречишкиной, А.Н. Есаулко (2003) в условиях неустойчивого увлажнения Ставропольского края максимальная урожайность зеленой массы получена на варианте с полным минеральным удобрением в дозе

$N_{60}P_{45}K_{45}$: в фазу выметывания урожайность зеленой массы превышала контрольный вариант на 31,2%.

На орошаемых землях Волгоградского Заволжья получение максимальной урожайности 70-72 т/га зеленой массы возможно при поддержании 70% и 80%-ной влажности почвы и внесении повышенной дозы удобрений - $N_{290}P_{110}K_{100}$. Улучшение водного и пищевого режимов почвы на посевах суданской травы положительно сказывается на питательности биомассы: увеличивается содержание кормовых единиц с 0,63 до 0,73, переваримого протеина с 60 до 102 г, обменной энергии - с 8,55 до 9,74 МДж (Дронова Т.Н., Бурцева Н.И., 2019).

В опытах Л.П. Икоевой, О.Э. Хаевой, Т.М. Бацазовой (2018) в предгорной зоне РСО–Алания в стационарном севообороте на черноземах выщелоченных лучшие показатели урожайности суданской травы были на фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$. Прибавки урожая зеленой массы составили по сравнению с контролем 15 т/га, или 50%, а по сравнению с вариантом $N_{30}P_{30}K_{30}$ – 10 т/га.

В опытах В.С. Епифанова и Н.Я. Одинцовой (1988), проведенных на Пензенской опытной станции, дробное внесение азота в варианте $N_{180}P_{60}K_{90}$ повысило урожайность суданской травы в среднем за 4 года (1979-1982 гг.) на 43-54% по сравнению с фосфорно-калийным фоном.

Г.В. Бадина, А.В. Королев, Р.О. Королева (1988) рекомендуют внесение азотных и фосфорных удобрений по 30-45 кг; калийных – 20-30 кг действующего вещества на 1 га.

По мнению Н.Г. Андреева (1984), в фазе до выхода в трубку и после скашивания посева следует подкормить минеральными удобрениями, особенно азотными (N_{25-30}). А результаты опытов Т.М. Камовской (2006) показывают, что применение высоких доз минеральных удобрений в подкормку не способствует существенному приросту урожайности.

Многочисленные исследования научных учреждений и результаты длительных опытов подтвердили высокую эффективность навоза на посевах суданской травы: при внесении на 1 га 15-20, 30-35 и 40 т урожайность по-

вышалась соответственно на 23-38, 30-32 и 45-49%. В то же время использовать в качестве удобрений свежий навоз не рекомендуется, так как при его применении возможно засорение полей (Шатилов И.С., Мовсисянц А.П., Драненко И.А. и др., 1981).

При посеве суданской травы по озимой ржи, удобренной 20 т навоза, урожайность сена составила 47,5 ц с 1 га, а на неунавоженном участке - лишь 19,0 ц, или на 60% меньше (Шатилов И.С., Мовсисянц А.П., Драненко И.А. и др., 1981).

На Украине, в Молдавии, Центрально-Черноземной зоне под суданскую траву рекомендуют вносить под зяблевую вспашку на 1 га 20-30 т навоза или NPK из расчета по 60-90 кг действующего вещества в качестве основного внесения (Асланов И.Е., Бондарев В.Н., Киреев В.Н. и др., 1981). На юге Украине внесение $N_{60}P_{60}$ увеличило сбор зеленой массы с 34,9 до 46,6 т/га, а трехкратная подкормка на этом фоне азотом по 30 кг/га обеспечила дополнительную прибавку 29,75 т/га (Воронин Н.Г. 1989).

Г.В. Корнев, П.И. Подгорный, С.Н. Щербак (2015) считают, что суданская трава хорошо использует последствие навоза, фосфорное рядковое удобрение и послеуборочные подкормки. По их мнению, примерные дозы удобрений: основное $N_{30-45}P_{30-45}K_{20-30}$, в рядки при посеве 50 кг/га гранулированного суперфосфата, в подкормку после укоса в фазе начала кущения $N_{20-30}P_{45}K_{20-30}$. Органическое удобрение целесообразно использовать под предшественники.

Суданская трава выгодно отличается от других кормовых трав тем, что при больших урожаях она дает сено высокого качества. По содержанию наиболее ценной части корма – белка сено суданской травы стоит на первом месте среди всех злаковых однолетних трав и уступает в этом отношении только бобовым. По содержанию безазотистых экстрактивных веществ и жира оно почти не отличается от однолетних кормовых трав, включая и бобовые (Соловьев Б.Ф., 1975).

Химический состав сена суданской травы по данным Всесоюзного научно–исследовательского института кормов представлен следующими показателями: в сене: воды – 7,83, белка – 9,3, золы – 6,74, клетчатки – 25,38, безазотистых экстрактивных веществ и жира - 51,02%; в абсолютно сухом веществе: золы - 7,31, клетчатки - 27,53, безазотистых экстрактивных веществ и жира - 55,35% (Соловьев Б.Ф., 1975). Сухая масса суданки в фазе 5 листьев содержит 4,5% протеина, 3,9% клетчатки и 5 мг/га каротина, в фазе стеблевания - соответственно 4,4;8,9 и 43, а в фазе выметывания – 4,3; 9,9 и 31 (Андреев Н.Г., 1984).

В опытах Ю.М. Мельниченко, В.И. Перегудова, А.А. Сысойкина (2003) в условиях Рязанской области в варианте без удобрений сбор переваримого протеина составил 2,59 ц/га, а обеспеченность 1 кормовой единицы протеином – 81 г. Внесение под суданскую траву удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовало увеличению сбора переваримого протеина до 3,62 ц/га и достижению обеспеченности 1 кормовой единицы протеином на уровне 89 г.

П.М. Шорин и др. (1991) считают, что внесение азотных удобрений в повышенных дозах (120-180 кг/га д.в.) нежелательно, так как может привести к избыточному накоплению нитратов в растениях, что является отрицательным фактором в кормлении животных.

К сожалению, в литературе имеется мало данных о применении удобрений под суданскую траву в длительных стационарных севооборотах, в основном представлены результаты краткосрочных опытов, причем вопросы удобрения суданской травы изучены в меньшей степени, чем другие вопросы ее агротехники.

Обобщая многочисленные научные исследования, связанные с изучением систем удобрения, можно заключить, 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 должно быть обосновано с учетом вышеуказанных факторов, а также климата, биологических особенностей культур, экологических ограничений.

Мнения ученых противоречивы по некоторым вопросам применения удобрений, как в севообороте, так и под отдельные культуры. Они, по всей видимости, зависят от различных почвенно-климатических условий проведения исследований, различных методологических подходов к изучаемым вопросам и других факторов. Существенные различия по одним и тем же вопросам имеют результаты длительных и краткосрочных опытов с удобрениями. Поэтому сегодня особенно важна роль Географической сети полевых опытов с удобрениями, важнейшими задачами которой в современных условиях становятся, по мнению В.Г. Сычева, М.В. Беличенко, В.А. Романенкова (2018): создание электронных баз опытных данных, позволяющих значительно увеличить востребованность опытной информации, повышающих рейтинг публикаций результатов опыта и уровень их цитирования; соблюдение унифицированной программы и методологии проведения исследований; совершенствование схем опытов (при снижении урожайности), использование современных сортов, средств химизации и методов исследования, а также агротехники с обязательным учетом показателей качества получаемой продукции.

2. УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Природные условия лесостепной зоны Центральной части Северного Кавказа

Центральным Кавказом называют часть Большого Кавказа между вершинами Эльбрус (на западе) и Казбек (на востоке). Протяженность Главного Кавказского хребта (ГКХ) на этом участке составляет 190 км, а с учетом извилин (от узловой вершины 3512 между перевалами Азау и Чипер-Азау до Крестового перевала) около 260 км.

Район ограничен с запада долинами реки Кубань и одного из ее истоков - реки Уллукам севернее Главного Кавказского хребта и долинами рек Ненскры и Ингури - южнее него. С юга - долиной реки Риони. Восточная граница района - Военно-Грузинская дорога. С севера он ограничен равнинами Северного Кавказа.

В орографическом плане в районе Центрального Кавказа четко выделяются 5 параллельных ориентированных в широтном направлении хребтов (с юга на север): Водораздельный (Главный Кавказский хребет), Боковой, Скалистый, Пастбищный и Лесистый.

Лесостепная зона простирается довольно широкой полосой, занимая среднюю часть Кабардино-Балкарии, Северной Осетии, Ингушетии и Чечни. К лесостепной зоне Северной Осетии с выщелоченными черноземами относятся Северо-Осетинская наклонная равнина и Силтанукская возвышенность.

Северо-Осетинская предгорная наклонная равнина простирается к северу от передней цепи гор Лесистого хребта, с запада и севера ограничена Кабардино-Сунженской возвышенностью и с востока отрогами горы Севейндук. Она представляет собой впадину, заполненную аллювиальными отложениями талых ледниковых вод (валуны, суглинки, пески). В рельефе равнины отчетливо выделяются террасированные долины Терека и его притоков, между которыми расположены слегка всхолмленные водоразделы (Серебряная

М.И., 1969). Основной материал, которым заполнена равнина, представляет собой валунно-галечниковые флювиогляциальные отложения, смешанные в верхней части с современными аллювиальными галечниками, прикрытыми аллювиальными и иногда делювиальными глинами и суглинками.

Силтанукская возвышенность расположена в западной части республики и занимает междуречье Дур-Дур – Чикола. Она сложена из мощного слоя вюрмских галечников, покрытых слоем делювия. Возвышенность расчленена вытянутыми с запада на восток широкими с плоскими днищами балками и логами, что создает здесь глубоко волнистый рельеф (Джанаев Г.Г., 1970).

Гидрография Центральной части Кавказа представлена бассейном реки Терек - главной водной артерии, протяженностью 623 км, берущей свое начало у ледника вершины Зилгахох на высоте 3856 м. В нее впадают реки: Урух, Ардон, Гизельдон, имеющие ледниковое питание, Урсдон, Камбилеевка, Сунжа, питающиеся осадками и подземными водами, а также ряд более мелких рек (Джанаев Г.Г., 1970; Дзанагов С.Х., 1999).

Территория Северной Осетии, за исключением северной части, относится к «водонасыщенным» районам Северного Кавказа. Речная сеть отличается густотой, что объясняется рельефом местности, выпадением в высокогорной части республики обилия осадков и наличием большого количества ледников. Большинство рек имеет смешанное питание – ледниковое, грунтово-е и дождевое. Наибольший уровень воды в них наблюдается в период обильного таяния ледников и снежников, то есть весной и в начале лета. 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 (Тимошкина Н.В., 2020; Тавасиев Г.В., Тавасиев В.Х., 2015).

Реки являются источником водоснабжения, орошения, обводнения. На территории лесостепной зоны построены и функционируют Алханчуртская оросительно-обводнительная система, Дигорский оросительный канал. Вода в реках имеет небольшую жесткость, слабоминерализована, степень минерализованности воды в реках увеличивается от верховьев к устью (Дзанагов С.Х., 1987).

Невысокий Терский хребет почти целиком покрыт степной растительностью. Она поднимается на более высокий Сунженский хребет до верхнего предела и там заканчивается. Леса Терского и Сунженского хребтов расположены как острова в окружении луговых степей. В них встречаются: дуб скальный, ясень, ильм полевой, груша, боярышник, мушмула, кизил, алыча и другие. Из лиан – калистегия, виноград лесной, жимолость, каприфоль, ежевика. В кустарниковых зарослях – терн, жестер Палласа, миндаль, шиповник, дуб черенчатый порослевого происхождения. Травяной ярус представляет смесь лесных и степных видов: ирис низкий, тимьян Маршалла, подмаренник весенний, лен южный, астра. По берегам рек ивняки, ольшаники, заросли ежевик и высоких трав (Попов К.П., 1991).

Об обширных дубовых лесах, росших в предгорьях Северной Осетии в конце XVIII – начале XIX веков, писал Н.И. Кузнецов (1890): «Владикавказская равнина представляет в настоящее время безлесное пространство, занятое пашнями и степной растительностью. Еще в не столь отдаленные времена почти вся она была занята лесом, а нынешняя растительность заселила эту равнину лишь недавно, после уничтожения лесов местным населением».

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).

Стационарный полевой опыт кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ, на котором выполнялись данные исследования, расположен в лесостепной зоне Республики Северная Осетия – Алания на черноземе выщелоченном, подстилаемом галечником. По геоморфологии он расположен на Терско-Камблилевской равнине, являющейся частью Северо-Осетинской наклонной равнины. Несмотря на равнинность, Терско-Камбилеевская территория имеет свой внутренний микрорельеф, состоящий из довольно небольших повышений и понижений, вытянутых на северо-восток.

Рельеф формирования почв опытного участка - выщелоченных черноземов - сглаженный, с общим понижением поверхности на северо-запад. С южной границы распространения черноземов выщелоченных на галечнике до северо-западной, на расстоянии 25 км, высотные отметки понижаются на 178 м. Кроме того, на рассматриваемой территории четко вырисовываются древние русла рек (Бясов К.Х. и др., 2000).

Климат зоны умеренно теплый, довольно влажный. Годовое количество осадков колеблется в пределах 930 мм. Среднегодовая температура воздуха – 8,0-9,7°C. Гидротермический коэффициент равен 1,2-1,5. Сумма положительных температур составляет 2800–3200°C, доходя и до 3450°C. Безморозный период – 185 дней. (Дзанагов С.Х., 1999).

По среднегодовым данным, первые осенние заморозки наступают во второй декаде октября. Однако в годы наблюдений осенние месяцы характеризовались в основном 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. 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.

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).

По среднемноголетним данным, самым холодным месяцем считается январь со среднемесячной температурой $-1,9^{\circ}\text{C}$. В морозные годы температура воздуха понижается до $-15-20^{\circ}\text{C}$.

Для Северной Осетии характерны феновые ветры южного и юго-западного направлений, спускающиеся по долинам рек и горным ущельям. В период действия фенов – 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).

Весна начинается в конце марта - начале апреля, в это время происходит превышение среднесуточной температуры воздуха через порог $+5^{\circ}\text{C}$. Это говорит о начале вегетации растений и возможности проведения весенне-полевых работ. По среднемноголетним данным, последние весенние заморозки наблюдаются в середине апреля. Однако в годы наблюдений апрельские заморозки в основном носили кратковременный характер, а устойчивый морозный период заканчивался в середине марта.

Лето в лесостепной зоне жаркое, умеренно увлажненное. Самый теплый месяц - июль со среднесуточной температурой $+20,6^{\circ}\text{C}$. Максимальная среднемесячная температура воздуха приходится на июль и август, а абсолютный максимум достигает $37-38^{\circ}\text{C}$. Количество дней с суховеями доходит до 57 в год. По среднемноголетним данным, за вегетационный период (апрель-октябрь) сумма положительных температур составляет 3300°C .

Лесостепная зона Северной Осетии характеризуется умеренным увлажнением. По среднемноголетним данным, в течение вегетационного периода (апрель-октябрь) здесь выпадает около 680 мм осадков, а за год - до 933 мм.

Коэффициент увлажнения равен 0,9-1,0, что свидетельствует об эквивалентности увлажнения почвы и испарения из нее влаги. Хотя осадков выпадает немало, в течение вегетационного периода растения временами могут испытывать недостаток влаги. Это происходит по той причине, что почвы на большей части территории на небольшой глубине подстилаются галечником, через который атмосферная вода легко проникает в глубокие слои и теряется для растений. На эту особенность указывает также Н.В. Тимошкина (2020).

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).

В целом метеорологические условия лесостепной зоны вполне благоприятны для возделывания большинства сельскохозяйственных культур.

В годы проведения исследований климатические условия несколько отличались от среднемноголетних показателей (табл. 1-10).

Вегетация многолетних трав в течение периода наблюдений (1994, 2001, 2006 и 2012 гг.) проходила в условиях благоприятного температурного режима, но с определенным дефицитом влаги (табл. 1, 2).

Для возделывания люцерны оба года (1994 и 2001) оказались засушливыми. Сумма осадков за вегетационный период была ниже нормы соответственно на 151 и 134 мм, а за год - 181 и 91 мм. Несмотря на это, 1994 год оказался более благоприятным для возделывания этой культуры. Хотя осадков выпало немного меньше, чем в 2001 г. (на 17 мм за вегетационный период), их распределение, как показал климатический монитор (<http://www.pogodaiklimat.ru>), было более или менее равномерно, в то время как в 2001 году наблюдались резкие скачки от 15 (апрель) до 183 мм (июнь).

Для растений клевера лугового влаги в почве также было недостаточно. В 2006 и 2012 годах осадков выпало ниже нормы на 53 и 65 мм за год, хотя за вегетационный период в 2012 году осадков выпало больше на 73 мм по сравнению с 2006 годом, причем их поступление в почву было более равномерно. В 2006 году осадки ливневого характера наблюдались в июле (248 мм) при остром недостатке влаги в июне (67 мм) и августе (21 мм).

Это отрицательно отразилось на урожайности многолетних трав, особенно люцерны (2001), а также на эффективности удобрений.

Для роста и развития растений озимой пшеницы (надземной части и корневой системы) осенне-зимний период имеет определяющее, жизненно-важное значение. В это время формируются листья, узел кущения, образуются новые побеги и узловые корни. Для этого наиболее благоприятна сухая ясная и теплая погода днем (до 10-12°C) с понижением до отрицательных температур ночью, что способствует большему накоплению углеводов, пластических веществ, прохождению закалки и лучшей перезимовке.

Пониженная температура воздуха (до 6-10°C) при достаточной влажности, а также повышенная облачность задерживают общее развитие растений, но способствуют более интенсивному кущению.

По среднемноголетним данным, первые осенние заморозки наступают во второй декаде октября. Однако в годы наблюдений октябрь и даже ноябрь месяцы характеризовались положительными среднесуточными температурами (табл. 3). Лишь в конце ноября, а в 2015 году - в начале декабря, появились первые кратковременные заморозки.

В основном благоприятно складывался режим увлажнения в период «всходы-кущение» (табл. 4). Избыток влаги наблюдался в ноябре 2006 года – 123 мм (на 77 мм выше нормы), а недостаток – в ноябре 1997 года – 7 мм (на 39 мм ниже нормы). В остальные годы количество выпавших осадков в осенне-зимний период было в пределах нормы, либо мало от нее отличалось.

Таблица 1 - Среднемесячные температуры воздуха в период вегетации многолетних трав
по данным метеостанции г. Владикавказа, °С

Годы, показатели	Месяцы												Сред- него- довая	Сумма за вег. период
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
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	9,2	2937
1994	0,1	-2,8	2,5	11,5	14,1	16,5	20,1	18,4	18,4	10,8	1,8	-3,5	9,0	2970
2001	-1,1	1,0	7,3	10,2	13,2	17,8	22,2	21,2	16,2	8,7	4,8	-1,0	10,0	3024
2006	-6,1	-1,6	5,7	10,0	13,8	20,7	19,5	24,8	16,7	11,2	3,3	-0,7	9,8	3165
2012	-3,7	-6,9	0,7	14,3	17,0	20,3	20,4	21,0	17,5	13,8	5,5	-0,6	9,9	3315

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

Годы, показатели	Месяцы												Сумма за год	Сумма за вег. период
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Средне- многолетнее	31	34	53	87	136	175	113	93	74	58	46	33	933	678
1994	25	17	37	76	89	153	24	173	12	55	70	21	752	527
2001	14	37	46	15	136	183	49	129	31	88	52	61	841	544
2006	19	14	56	99	101	67	248	21	56	29	123	47	880	592
2012	37	14	65	112	184	142	163	44	20	24	25	38	868	665

Таблица 3 - Среднемесячные температуры воздуха в период вегетации озимой пшеницы
по данным метеостанции г. Владикавказа, °С

Годы, показатели	Месяцы												Сред- него- довая	Сумма за вег. период
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII		
Средне- многолетнее	20,1	15,6	9,9	3,7	-0,6	-1,9	-1,7	2,9	9,5	14,1	18,0	20,6	9,2	2361
2-е поле														
1994-1995	18,4	18,4	10,8	1,8	-3,5	-1,2	2,6	6,1	10,4	15,8	19,7	19,8	9,9	2532
2001-2002	21,2	16,2	8,7	4,8	-1,0	-2,3	4,5	6,6	7,0	12,8	17,0	21,5	9,8	2352
2006-2007	24,8	16,7	11,2	3,3	-0,7	2,0	-1,5	2,5	6,7	18,2	19,1	22,1	10,4	2493
2012-2013	21,0	17,5	13,8	5,5	-0,6	0,1	2,6	5,9	11,1	17,2	19,2	20,2	11,1	2787
5-е поле														
1997-1998	19,5	11,9	11,4	4,0	-0,4	-3,0	-2,8	1,6	12,4	14,6	20,0	21,7	9,2	2571
2004-2005	20,6	16,2	10,3	5,1	-1,2	-0,1	-2,4	1,0	10,3	15,4	17,2	21,4	9,5	2421
2009-2010	18,2	14,8	13,0	4,5	1,0	-1,6	-0,3	3,7	8,8	15,2	21,4	23,3	10,2	2697
2015-2016	21,6	19,7	9,1	5,9	1,1	-1,7	3,7	5,8	12,3	14,4	18,9	20,8	11,0	2616

Таблица 4 - Среднемесячное количество осадков в период вегетации озимой пшеницы
по данным метеостанции г. Владикавказа, мм

Годы, показатели	Месяцы												Сумма за год	Сумма за вег. период
	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII		
Средне- многолетнее	93	74	58	46	33	31	34	53	87	136	175	113	933	668
2-е поле														
1994-1995	173	12	55	70	21	15	29	48	148	39	107	150	867	617
2001-2002	129	31	88	52	61	53	63	107	90	124	356	130	1284	947
2006-2007	21	56	29	123	47	38	19	54	122	41	223	73	846	665
2012-2013	44	20	24	25	38	11	15	88	104	291	209	147	1016	888
5-е поле														
1997-1998	105	116	39	7	42	58	103	106	41	94	143	40	894	470
2004-2005	66	126	62	78	46	48	15	72	105	219	168	79	1084	783
2009-2010	164	198	44	57	17	37	36	52	151	175	167	86	1184	732
2015-2016	100	23	76	50	49	57	45	71	117	111	289	159	1147	873

Таблица 5 - Среднемесячные температуры воздуха в период вегетации кукурузы на зерно
по данным метеостанции г. Владикавказа, °С

Годы, показатели	Месяцы												Сред- него- довая	Сумма за вег. период
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
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	9,2	2937
1996	-4,6	-1,9	-0,1	7,3	17,1	17	21,6	18,9	14,2	9,3	4,4	0,7	8,7	3162
2003	0,2	-3,2	-0,2	6,8	16,6	16,9	19,5	20,6	14,6	11,7	4,3	-0,4	9,0	3201
2008	-6,3	-2,1	9,2	12,4	12,9	17,5	21,3	22,3	15,8	10,5	5,7	-1,9	9,8	3381
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	10,0	3369

Таблица 6 - Среднемесячное количество осадков в период вегетации кукурузы на зерно
по данным метеостанции г. Владикавказа, мм

Годы, показатели	Месяцы												Сумма за год	Сумма за вег. период
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Средне- многолетнее	31	34	53	87	136	175	113	93	74	58	46	33	933	678
1996	17	30	29	34	40	152	76	88	41	79	24	25	635	510
2003	5	14	50	62	49	150	174	125	79	86	56	68	918	725
2008	25	45	31	93	151	170	67	28	113	27	18	29	797	649
2014	23	32	65	111	134	142	120	41	40	49	27	20	804	637

Таблица 7 - Среднемесячные температуры воздуха в период вегетации суданской травы (1997, 2004 гг.) и кукурузы на силос (2009 и 2015 гг.) по данным метеостанции г. Владикавказа, °С

Годы, показатели	Месяцы												Средне-годовая	Сумма за вег. период
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
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	9,2	2937
1997	-2,2	-1,9	0,9	9,0	16,2	17,9	19,5	19,5	11,9	11,4	4,0	-0,4	8,8	3162
2004	-0,2	1,3	5,2	9,2	13,9	17,5	19,4	20,6	16,2	10,3	5,1	-1,2	9,8	3213
2009	-1,2	2,1	4,5	7,1	13,5	19,6	21,4	18,2	14,8	13,0	4,5	1,0	9,9	3228
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	10,6	3456

Таблица 8 - Среднемесячное количество осадков в период вегетации суданской травы (1997, 2004 гг.) и кукурузы на силос (2009 и 2015 гг.) по данным метеостанции г. Владикавказа, °С

Годы, показатели	Месяцы												Сумма за год	Сумма за вег. период
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Средне-многолетнее	31	34	53	87	136	175	113	93	74	58	46	33	933	678
1997	37	18	72	124	147	336	126	105	116	39	7	42	1169	993
2004	29	24	90	130	178	234	192	66	126	62	78	46	1255	988
2009	22	32	67	82	238	167	85	164	198	44	57	17	1173	978
2015	8	16	52	62	102	62	65	100	23	76	50	49	665	490

При таких условиях влагообеспеченности и температурном режиме межфазный период «всходы-кущение» имел оптимальную продолжительность, и в условиях достаточной обеспеченности питательными веществами растения уходили в зиму в фазе кущения с хорошо сформированной биомассой, готовые к перезимовке. Таким образом, осенняя вегетация растений озимой пшеницы в годы исследований проходила достаточно активно.

В годы исследований весенняя вегетация озимой пшеницы наступала в основном раньше среднемноголетних сроков. Так, в 2013 году последние заморозки пришлись на 20 марта ($-2,6^{\circ}\text{C}$), в 2016 – 22 марта ($-3,7^{\circ}\text{C}$). Эти заморозки были кратковременными (не более суток), а устойчивый морозный период закончился в середине марта. Каждый апрель за все годы наблюдений был безморозным. Среднесуточная температура воздуха в апреле ниже среднемноголетней опускалась только в 2002 и 2007 гг. Во все остальные месяцы в годы весенне-летней вегетации озимой пшеницы этот показатель был в основном выше нормы, либо на уровне нормы. Раннее прогревание почвы увеличивает период активной жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, мобилизирующих питательные вещества для растений.

Таким образом, весенняя вегетация озимой пшеницы наступала раньше среднемноголетних сроков.

Наиболее интенсивно озимая пшеница потребляет влагу из почвы в фазе выхода в трубку. Недостаток влаги в этой фазе приводит к нарушению дифференциации генеративных органов, образованию большого количества бесплодных цветков, недобору урожая общей массы и зерна. В научной литературе с этой фазой нередко связывают критический период у пшеницы по отношению к влаге. В годы исследований наблюдался дефицит влаги в этот период в 1995 (-97 мм), 1997 (-95 мм) и 2016 (-25 мм) гг., а избыток – в 2013 г. (+155 мм). 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.

Влажная и холодная погода во время налива и созревания зерна отрицательно сказывается на интенсивности оттока пластических веществ из листьев к наливающемуся зерну. Однако недостаток влаги во время цветения и оплодотворения, налива тоже приводит к большому недобору зерна.

Июньских осадков наибольшее количество пришлось на 2002 г. – 356 мм (превышение нормы в 3,3 раза), а среднесуточная температура была ниже нормы на 1,0°C. Однако осадки выпадали в основном в виде ливней. Например, за одни сутки 6 июня выпало 68 мм (20%) осадков, а 21 июня – 83 мм (23%). В связи с промывным водным режимом черноземов, подстилаемых галечником, эти осадки теряются в короткие сроки и переувлажнение почв не происходит.

Первая половина июля, на которую приходился период созревания зерна, во все годы наблюдений была в основном засушливой.

Таким образом, гидротермические условия в годы наблюдений в основном можно считать благоприятными для возделывания озимой пшеницы. Менее благоприятным был сезон 2006-2007 гг., а наиболее благоприятными – 2012-2013 и 2015-2016 гг.

В годы возделывания кукурузы на зерно температурный режим мало отличался по годам и по месяцам, резких отклонений от среднемноголетних значений не наблюдалось (табл 5.). Сумма активных температур за 4 года отклонялась всего на 0-4%. Отклонения от нормы осадков были более существенными, в основном в сторону засушливости (табл. 6). Так, в 1996 году температурный режим воздуха от среднемноголетней нормы почти не отличался, однако осадков выпало на 226 мм (31%) меньше. Менее засушливым из 4-х лет был 2003 год.

В целом условия тепла и влаги были примерно одинаковыми, можно сказать, благоприятными для возделывания кукурузы на зерно.

Температурный режим в годы возделывания суданской травы (1997 и 2004) мало отличался по годам и имел несущественные отклонения от среднемноголетней нормы (1-2%) по сумме активных температур за вегетацион-

ный период. В годы возделывания кукурузы на силос (2009 и 2015) превышение этого показателя в 6% отмечено в 2015 году (табл. 7).

За время наблюдений явной засушливостью характеризовался 2015 год - осадков за вегетационный период выпало две трети от нормы. В остальные годы осадков выпадало больше нормы на 33-35% за вегетационный период (табл. 8). Благоприятные гидротермические условия позволили получить по 3 укоса суданской травы и высокие урожаи кукурузы на силос.

Таким образом, в целом погодные условия за годы исследований были типичными для лесостепной зоны, вполне пригодными и в основном благоприятными для возделывания полевых культур.

2.2. Почвообразующие породы и почвы

Черноземы выщелоченные, подстилаемые галечником, прошли гидрогенную стадию формирования. На террасах 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; Бясов К.Х., Дзанагов С.Х., Калоева Н.И. и др., 2000 и др.).

В лесостепной зоне Северной Осетии они формируются на древних террасах горных рек в наиболее дренированных участках.

По описанию К.Х. Бясова и др. (2000), это флювиогляциальные (водноледниковые) карбонатные мелкоземистые отложения, которые чехлом небольшой мощности прикрывают валунно-галечниковые отложения.

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.

В формировании подстилающих почвообразующих пород (галечники, пески, глины) большую роль сыграли реки, образовавшие сплошной поток по всему предгорью (Джанаев Г.Г., 1984).

Отличительным морфологическим признаком черноземов выщелоченных является распыление пахотного слоя и уплотнение подпахотного вследствие перемещения сюда тонкодисперсных частиц. 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 лессовидные суглинки и глины).

По гранулометрическому составу черноземы выщелоченные относятся к тяжелосуглинистым, легко-и среднеглинистым. По профилю он в основном однороден. Черноземы выщелоченные Терско-Камбилеевской равнины 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) также характеризуют гранулометрический состав верхних горизонтов данных почв как тяжелосуглинистый иловато-пылеватый (табл. 9).

Таблица 9 - Гранулометрический состав черноземов выщелоченных на галечнике (К.Х. Бясов, С.Х., Дзанагов, Н.И. Калоева и др., 2000)

Горизонт	Глубина взятия образца, см	Потеря от обработки HCl, %	Диаметр фракции, мм;							
			1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01	>1мм
			содержание, %							
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
B ₁	33-43	5,6	15,8	1,3	26,7	10,2	17,4	23,0	50,6	9,6
B ₂	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

Черноземы выщелоченные 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 черноземах выщелоченных 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.

По данным С.Х. Дзанагова (1999), черноземы выщелоченные имеют невысокую актуальную и обменную кислотность - рНводн. = 6,2-6,4, а рНсол. = 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.

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. Обеспеченность подвижными формами азота и фосфора слабая и средняя, а обменным калием – средняя и повышенная. 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.

По данным А.Л. Уртаева (1968), черноземы выщелоченные плоскостной части Северной Осетии - Алании имеют валовое содержание микроэлементов: бора – 26-70 мг/кг; марганца – 327-1030; меди – 34-65; цинка – 26-58; молибдена – 1,2-2,6; кобальта – 6,8-10,0 мг/кг почвы, содержание подвижных форм: бора – 0,20-1,07; марганца – 54,6-89,2; меди – 3,9-8,0; цинка – 0,07-0,21; молибдена – 0,07-0,15; кобальта – 0,70-2,12 мг/кг почвы. Для большинства изучавшихся микроэлементов, в частности, цинка, кобальта, бора, марганца и меди, выявлено вполне определенное убывание подвижных форм этих элементов с глубиной вместе с уменьшением содержания гумуса по профилю. Что касается молибдена, то содержание подвижных форм этого микроэлемента в почве не находится в определенной связи с наличием гумуса по профилю.

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.

2.3. 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 5-польного экспериментального полевого плодосменного севооборота с чередованием культур во времени: многолетние травы (люцерна / клевер луговой); озимая пшеница; кукуруза на зерно; суданская трава / кукуруза на силос; озимая пшеница.

Длительный стационарный опыт был заложен в 1971 году кафедрой агрохимии Горского сельскохозяйственного института (ныне Горский государственный аграрный университет). Схема опыта была разработана доцентом кафедры (ныне профессором) С.Х. Дзанаговым и одобрена профессором А.В. Петербургским, возглавлявшим в то время лабораторию баланса питательных веществ в земледелии в Институте агрохимии и почвоведения АН СССР. С 1970 г. в Геосети проблемы эффективности сочетания удобрений со средствами химической защиты растений, разными способами обработки почв и мелиорацией решали за счет максимального расширения географии исследований.

В настоящее время опыт «Изучить влияние различных комбинаций доз минеральных удобрений и сочетания их с навозом при длительном применении на урожайность, качество продукции, продуктивность полевого севооборота и плодородие почвы» включен в Реестр длительных опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами Российской Федерации (аттестат № 087 от 01.02.2006) и стал научной площадкой для совместных исследований профессорско-преподавательского коллектива кафедры агрохимии и почвоведения Горского ГАУ, а также студентов бакалавров, магистрантов, аспирантов и соискателей в соответствии с общевузовской темой «Мониторинг и разработка технологий восстановления плодородия почв и повышения

продуктивности сельскохозяйственных культур горных и предгорных территорий» (номер гос. рег. № 01.2.00708210).

Данная работа выполнялась с 1994 по 2016 годы и охватывала 4 ротации севооборота, с 5-й по 8-ю. В 5-й и 6-й ротациях севооборота использовались: в 1-м поле люцерна, в 4-м поле - суданская трава, а в 7-й и 8-й ротациях – соответственно клевер луговой и кукуруза на силос. Севооборот достаточно интенсивный, на долю зерновых культур приходится 60% севооборотной площади. В длительном опыте изучали разные дозы и комбинации NPK, три уровня полного минерального удобрения, сравнительное действие минеральных и органических удобрений, различные уровни насыщенности севооборота удобрениями. Принцип построения схемы позволяет одновременно оценивать взаимодействия элементов питания и действие возрастающих доз удобрений.

Схема распределения удобрений в севообороте и варианты опыта представлены в табл. 10-13.

Одинарная доза NPK по каждой культуре соответствовала рекомендованной в условиях лесостепной зоны по результатам краткосрочных опытов. В расчетном варианте использовались дозы удобрений, рассчитанные методом элементарного баланса. Варианты навоз+NPK и $N_2P_2K_2$ являются эквивалентными по NPK. Навоз вносили в дозе 30 т/га 1 раз за ротацию в 3-м поле (под кукурузу на зерно) в виде полуперепревшего навоза КРС. В остальные годы, когда внесение навоза не предусматривалось, в почву вносили минеральные удобрения в дозе, эквивалентной $N_2P_2K_2$.

В течение всего времени исследований на контрольном варианте удобрения не вносили, а на удобренных вариантах вносили ежегодно.

Удобрения в севообороте вносили дробно. Под яровые культуры: осенью под зяблевую вспашку – навоз (под кукурузу на зерно) и фосфорно-калийные удобрения, а весной, под предпосевную культивацию и в подкормки – азотные; под озимую пшеницу: осенью под вспашку - фосфорно-калийные удобрения и часть азотных, а весной, в подкормки – азотные.

Таблица 10 - Распределение удобрений в севообороте (5-я ротация), кг/га д.в.

Вариант	Люцерна (1994 г.)			Озимая пшеница (1995 г.)			Кукуруза на зерно (1996 г.)			Суданская трава (1997 г.)			Озимая пшеница (1998 г.)			За ротацию					
																всего			в ср. на 1 га		
	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	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N ₁ P ₁ K ₁	20	40	40	50	40	40	50	40	30	40	30	30	50	30	30	210	180	170	42	36	34
N ₂ P ₁ K ₁	40	40	40	100	40	40	100	40	30	80	30	30	100	30	30	420	180	170	84	36	34
N ₁ P ₂ K ₁	20	80	40	50	80	40	50	80	30	40	60	30	50	60	30	210	360	170	42	72	34
N ₂ P ₂ K ₁	40	80	40	100	80	40	100	80	30	80	60	30	100	60	30	420	360	170	84	72	34
N ₂ P ₂ K ₂	40	80	80	100	80	80	100	80	60	80	60	60	100	60	60	420	360	340	84	72	68
N ₃ P ₂ K ₁	60	80	40	150	80	40	150	80	30	120	60	30	150	60	30	630	360	170	126	72	34
N ₃ P ₂ K ₂	60	80	80	150	80	80	150	80	60	120	60	60	150	60	60	630	360	340	126	72	68
N ₂ P ₃ K ₁	40	120	40	100	120	40	100	120	30	80	90	30	100	90	30	420	540	170	84	108	34
N ₂ P ₃ K ₂	40	120	80	100	120	80	100	120	60	80	90	60	100	90	60	420	540	340	84	108	68
N ₃ P ₃ K ₁	60	120	40	150	120	40	150	120	30	120	90	30	150	90	30	630	540	170	126	108	34
N ₃ P ₃ K ₃	60	120	120	150	120	120	150	120	90	120	90	90	150	90	90	630	540	510	126	108	102
Навоз+NPK	40	80	80	100	80	80	100	80	60	80	60	60	100	60	60	420	360	340	84	72	68
Расчетный	70	120	120	110	95	75	140	90	110	140	60	95	150	100	110	610	465	510	122	93	102

Таблица 11 - Распределение удобрений в севообороте (6-я ротация), кг/га д.в.

Вариант	Люцерна (2001 г.)			Озимая пшеница (2002 г.)			Кукуруза на зерно (2003 г.)			Суданская трава (2004 г.)			Озимая пшеница (2005 г.)			За ротацию						
							всего			в ср. на 1 га												
	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	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N ₁ P ₁ K ₁	20	40	40	50	40	40	40	40	40	40	30	30	50	30	30	200	180	180	40	36	36	
N ₂ P ₁ K ₁	40	40	40	100	40	40	80	40	40	80	30	30	100	30	30	400	180	180	80	36	36	
N ₁ P ₂ K ₁	20	80	40	50	80	40	40	80	40	40	60	30	50	60	30	200	360	180	40	72	36	
N ₂ P ₂ K ₁	40	80	40	100	80	40	80	80	40	80	60	30	100	60	30	400	360	180	80	72	36	
N ₂ P ₂ K ₂	40	80	80	100	80	80	80	80	80	80	60	60	100	60	60	400	360	360	80	72	72	
N ₃ P ₂ K ₁	60	80	40	150	80	40	120	80	40	120	60	30	150	60	30	600	360	180	120	72	36	
N ₃ P ₂ K ₂	60	80	80	150	80	80	120	80	80	120	60	60	150	60	60	600	360	360	120	72	72	
N ₂ P ₃ K ₁	40	120	40	100	120	40	80	120	40	80	90	30	100	90	30	400	540	180	80	108	36	
N ₂ P ₃ K ₂	40	120	80	100	120	80	80	120	80	80	90	60	100	90	60	400	540	360	80	108	72	
N ₃ P ₃ K ₁	60	120	40	150	120	40	120	120	40	120	90	30	150	90	30	600	540	180	120	108	36	
N ₃ P ₃ K ₃	60	120	120	150	120	120	120	120	120	120	90	90	150	90	90	600	540	540	120	108	108	
Навоз+НРК	40	80	80	100	80	80	80	80	80	80	60	60	100	60	60	400	360	360	80	72	72	
Расчетный	60	130	80	110	90	70	150	100	130	150	60	100	150	90	100	620	470	480	124	94	96	

Таблица 12 - Распределение удобрений в севообороте (7-я ротация), кг/га д.в.

Вариант	Клевер луговой (2006)			Озимая пшеница (2007)			Кукуруза на зерно (2008)			Кукуруза на силос (2009)			Озимая пшеница (2010)			За ротацию					
																всего			в ср. на 1 га		
	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	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N ₁ P ₁ K ₁	30	30	30	50	40	40	40	40	40	40	40	40	50	30	30	210	180	180	42	36	36
N ₂ P ₁ K ₁	60	30	30	100	40	40	80	40	40	80	40	40	100	30	30	420	180	180	84	36	36
N ₁ P ₂ K ₁	30	60	30	50	80	40	40	80	40	40	80	40	50	60	30	210	360	180	42	72	36
N ₂ P ₂ K ₁	60	60	30	100	80	40	80	80	40	80	80	40	100	60	30	420	360	180	84	72	36
N ₂ P ₂ K ₂	60	60	60	100	80	80	80	80	80	80	80	80	100	60	60	420	360	360	84	72	72
N ₃ P ₂ K ₁	90	60	30	150	80	40	120	80	40	120	80	40	150	60	30	630	360	180	126	72	36
N ₃ P ₂ K ₂	90	60	60	150	80	80	120	80	80	120	80	80	150	60	60	630	360	360	126	72	72
N ₂ P ₃ K ₁	60	90	30	100	120	40	80	120	40	80	120	40	100	90	30	420	540	180	84	108	36
N ₂ P ₃ K ₂	60	90	60	100	120	80	80	120	80	80	120	80	100	90	60	420	540	360	84	108	72
N ₃ P ₃ K ₁	90	90	30	150	120	40	120	120	40	120	120	40	150	90	30	630	540	180	126	108	36
N ₃ P ₃ K ₃	90	90	90	150	120	120	120	120	120	120	120	120	150	90	90	630	540	540	126	108	108
Навоз+NPK	60	60	60	100	80	80	80	80	80	80	80	80	100	60	60	420	360	360	84	72	72
Расчетный	92	214	117	110	90	70	140	90	110	150	100	120	150	100	100	642	594	517	128	119	103

Таблица 13 - Распределение удобрений в севообороте (8-я ротация), кг/га д.в.

Вариант	Клевер луговой (2012 г.)			Озимая пшеница (2013 г.)			Кукуруза на зерно (2014 г.)			Кукуруза на силос (2015 г.)			Озимая пшеница (2016 г.)			За ротацию					
							всего			в ср. на 1 га											
	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	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Контроль	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N ₁ P ₁ K ₁	30	30	30	50	40	40	40	40	40	40	40	40	50	40	40	210	190	190	42	38	38
N ₂ P ₁ K ₁	60	30	30	100	40	40	80	40	40	80	40	40	100	40	40	420	190	190	84	38	38
N ₁ P ₂ K ₁	30	60	30	50	80	40	40	80	40	40	80	40	50	80	40	210	380	190	42	76	38
N ₂ P ₂ K ₁	60	60	30	100	80	40	80	80	40	80	80	40	100	80	40	420	380	190	84	76	38
N ₂ P ₂ K ₂	60	60	60	100	80	80	80	80	80	80	80	80	100	80	80	420	380	380	84	76	76
N ₃ P ₂ K ₁	90	60	30	150	80	40	120	80	40	120	80	40	150	80	40	630	380	190	126	76	38
N ₃ P ₂ K ₂	90	60	60	150	80	80	120	80	80	120	80	80	150	80	80	630	380	380	126	76	76
N ₂ P ₃ K ₁	60	90	30	100	120	40	80	120	40	80	120	40	100	120	40	420	570	190	84	114	38
N ₂ P ₃ K ₂	60	90	60	100	120	80	80	120	80	80	120	80	100	120	80	420	570	380	84	114	76
N ₃ P ₃ K ₁	90	90	30	150	120	40	120	120	40	120	120	40	150	120	40	630	570	190	126	114	38
N ₃ P ₃ K ₃	90	90	90	150	120	120	120	120	120	120	120	120	150	120	120	630	570	570	126	114	114
Навоз+НРК	60	60	60	100	80	80	80	80	80	80	80	80	100	80	80	420	380	380	84	76	76
Расчетный	60	110	80	110	90	70	140	90	110	140	90	110	150	100	100	600	480	470	120	96	94

При посеве всех культур вносили простой гранулированный суперфосфат в дозе 10 кг д.в./га.

В опытах использовали следующие минеральные удобрения (с содержанием действующего вещества): аммиачная селитра NH_4NO_3 (N – 34,5% д.в., карбамид (мочевина) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (N – 46%), аммофос $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (N – 12%, P_2O_5 – 50%), суперфосфат простой гранулированный $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ (P_2O_5 – 19,5%), хлористый калий KCl (K_2O – 60%).

Основное удобрение вносили вручную вразброс, припосевное – комбинированной сеялкой с туковысевающим аппаратом. Корневые подкормки производили вручную вразброс: на озимой пшенице - весной перед ранневесенним боронованием, а на кукурузе – перед культивацией междурядий в фазу 3-4 листьев; некорневые подкормки производили вручную опрыскиванием 15% раствором мочевины. Навоз вносили вручную вразброс.

В опыте использовались полевые культуры: люцерна сорта Надежда; клевер луговой сорта Владикавказский; озимая пшеница сортов: Безостая 1 (1994-2005 гг.), Донская юбилейная (2007 г.), Москвичка (2010 г.), Батько (2013 г.) и Гром (2016 г.); кукуруза на зерно сортов: Молдавская 297 (1996 г.), Анютка (2003 г.) и Краснодарский 382МВ (2008 г.), ИР-401 (2014 г.); суданская трава сорта Зерноградская 576; кукуруза на силос сортов: Анютка (2009 г.) и Краснодарский 291 (2015 г.).

Исследования проводили в богарных условиях. Площадь делянки – 100 м². Повторность четырехкратная. Размещение вариантов систематизированное. Агротехника в опыте была общепринятой для лесостепной зоны.

Фенологические наблюдения, уход за культурами в полевом опыте проводили в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1972) и Методикой полевого опыта (Доспехов Б.А., 1985).

Для изучения влажности и пищевого режима почвы по вариантам отбирали почвенные образцы по фазам вегетации растений буром Некрасова с 2-х слоев: 0-20 и 20-40 см. Образцы отбирали с двух несмежных повторно-

стей, в двух местах каждой делянки и составляли смешанный почвенный образец (ГОСТ 17.4.3.01–83). Анализы почв проводили в соответствии с общими требованиями к проведению анализов (ГОСТ 29269-91).

В отобранных образцах определяли:

- рН водной вытяжки – извлечением водорастворимых солей из почвы дистиллированной водой и определением рН с помощью рН-метра (ГОСТ 26423-85);

- рН солевой вытяжки – извлечением обменных катионов из почвы раствором хлористого калия и потенциометрическим определением рН с использованием стеклянного электрода (ГОСТ 26483-85);

- гидролитическую кислотность - методом Каппена в модификации ЦИНАО, основанном на обработке почвы раствором уксуснокислого натрия и последующем определении гидролитической кислотности по значению рН суспензий и переводом в ммоль (или мг.-экв.)/100 г почвы (ГОСТ 26212–91);

- сумму поглощенных оснований по методу Каппена, основанному на реакции поглощенных оснований почв с соляной кислотой и последующем титровании гидроокисью натрия остатка кислоты, не вступившей в реакцию (ГОСТ 27821–88);

- емкость поглощения и степень насыщенности основаниями – расчетным методом;

- содержание гумуса - по методу Тюрина в модификации ЦИНАО, основанному на окислении органического вещества раствором двуххромовокислого калия в серной кислоте и последующем определении трехвалентного хрома, эквивалентного содержанию органического вещества, на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26213–91);

- содержание поглощенного аммония - по методу Конева, извлечением обменного аммония из почвы раствором 0,05 н. хлористого натрия, раствора сегнетовой соли и реактива Несслера, с последующим определением оптической плотности раствора с помощью фотоколориметра;

- содержание нитратов – по Грандваль-Ляжу с дисульфифеноловой кислотой для $N-NO_3$ с последующим определением колориметрическим методом;

- содержание подвижного фосфора по методу Чирикова, извлечением подвижных соединений фосфора и калия из почвы раствором уксусной кислоты и последующем определении фосфора в виде синего фосфорномолибденового комплекса на фотоэлектроколориметре (ГОСТ 26204–91);

- содержание обменного калия – по методу Чирикова (из той же вытяжки) с последующим определением калия на пламенном фотометре (ГОСТ 26204–91).

Растительные образцы отбирали на контрастных вариантах (контроль, $N_1P_1K_1$, $N_2P_2K_2$, $N_3P_3K_3$, навоз+NPK, расчетный) по фазам вегетации. В образцах определяли: высоту растений путем промеров, площадь листовой поверхности методом высечек, сырую и сухую биомассу взвешиванием до и после высушивания.

Урожай учитывали методом сплошной уборки: зеленую массу люцерны, клевера лугового, суданской травы и кукурузы на силос – скашиванием по всей площади делянки с последующим взвешиванием; зерно озимой пшеницы – малогабаритным комбайном «Sampro-130» и методом пробного снопа; початки кукурузы – вручную.

Во время уборки урожая в двух несмежных повторностях опыта отбирали образцы основной и побочной продукции. Структуру урожая определяли в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (1972).

Анализы растительных образцов (растений по фазам вегетации и урожая основной и побочной продукции) проводили следующими методами:

- сухое вещество – методом высушивания;

- химический состав (N, P_2O_5 , K_2O) - из одной навески по Пиневиц в модификации Куркаева, основанном на озолении органического вещества концентрированной серной кислотой в присутствии концентрированной пе-

рекиси водорода, с дальнейшим определением: азота в присутствии реактива Несслера и фосфора в присутствии молибденового реактива на фотоэлектроколориметре; калия в растворе на пламенном фотометре.

- сырой протеин - умножением показателей содержания азота на соответствующие коэффициенты (сено, солома, силос, травы, зерно кукурузы, – 6,25; зерно пшеницы – 5,83);

- жир – методом обезжиренного остатка (экстрагированием по Сокслету), извлечением сырого жира из продукта растворителем, последующем удалении растворителя, высушивании и взвешивании извлеченного жира (ГОСТ 29033-91);

- клетчатку – методом Ганнеберга и Штомана, основанном на последовательной обработке навески испытуемой пробы растворами кислоты и щелочи, озолении и количественном определении органического остатка весовым методом (ГОСТ Р 52839-2007);

- крахмал – поляриметрическим методом по Эверсу, основанном на растворении крахмала в растворе соляной кислоты, осаждении и фильтровании растворенных белковых веществ и измерении оптического угла вращения раствора крахмала (ГОСТ 10845-98);

- золу – методом озоления, сжиганием испытываемой навески в присутствии кислорода воздуха при температуре $(900 \pm 10)^\circ\text{C}$ до полного сгорания органического вещества и последующем взвешивании полученного остатка (ГОСТ Р 51411-99);

- массу 1000 зерен – выделением из средней пробы зерна двух навесок по 500 зерен и взвешиванием их на лабораторных весах с точностью до второго десятичного знака (ГОСТ 10842-89),

- натуру - на литровой пурке после выделения из средней пробы крупных примесей просеиванием зерна на сите диаметром отверстий 6 мм (ГОСТ 10840-64);

- стекловидность - по результатам осмотра среза зерна просвечиванием направленным световым потоком с использованием диафаноскопа ДСЗ-2 (ГОСТ 10987-76);

- содержание сырой клейковины – методом отмывания ее вручную из теста, замешенного из размолотого зерна и питьевой воды (ГОСТ 13586.1-68; ГОСТ Р 54478-2011);

- качество клейковины – методом измерения упругоэластичных свойств клейковины с помощью прибора ИДК-2 (ГОСТ 13586.1-68; ГОСТ Р 54478-2011);

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа, корреляционного и регрессионного анализа зависимости показателей формирования урожайности и качества культур от доз удобрений и элементов плодородия почвы по Б.А. Доспехову (1985) с использованием компьютерных программ.

Баланс гумуса рассчитывали по методическим подходам, приводимым в работах В.Г. Минеева (1993), С.Х. Дзанагова (1999), В.Г. Сычева и др. (2000) и др. Расход гумуса определяли по выносу азота с урожаем культур, с учетом того, что половина его представлена азотом, высвободившимся в результате минерализации гумуса, с учетом поправочных коэффициентов и содержания азота в гумусе - 5%. Приход гумуса за счет пожнивных и корневых остатков рассчитывали, исходя из урожайности и нормативных коэффициентов выхода корневых и пожнивных остатков возделываемых культур и коэффициентов их гумификации.

Баланс элементов питания в почве определен разностным методом, путем сопоставления суммарного расхода из почвы и суммарного поступления в нее элементов питания растений в процессе сельскохозяйственного производства (Дзанагов С.Х., 1999). Интенсивность баланса, балансовые коэффициенты и коэффициенты использования питательных веществ из почвы и удобрений определяли расчетным путем. При проведении балансовых расчетов по азоту коэффициент азотфиксации люцерны принят за 0,75.

Экономическую эффективность рассчитывали по общепринятой методике (Баранов Н.Н., 1970), согласно которой учитывали стоимость прибавки урожая, из которой вычитали сумму затрат на получение этой прибавки за счет применения удобрений и определяли условно чистый доход.

Агрономическую эффективность удобрений определяли путем расчета оплаты единицы действующего вещества удобрений полученной прибавкой урожая культуры с одного гектара.

Расчет энергетической эффективности производили по методике, предложенной В.Г. Минеевым и др. (1993).

Математическую обработку данных по результатам почвенных анализов проводили на основе дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985). Данные обрабатывались методами корреляционного и регрессионного анализа с использованием компьютерных программ (Excel).

3. ПЛОДОРОДИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ СИСТЕМАТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

Академик В.Р. Вильямс подчеркивал, что плодородие - важнейшее качество почвы, отличающее от горной породы, - представляет собой способность почвы удовлетворять потребность растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла для нормальной деятельности и создания урожая (Кормилицын В.Ф., 1999).

В сельскохозяйственном производстве плодородие почвы имеет важнейшее значение. Сохранение и повышение его является главным способом увеличения продуктивности земледелия. По мнению ряда ученых (Гришина Л.А., Ковда В.А., 1973; Кауричев И.С., 1982; Дзанагов С.Х., 1999; Ганжара Н.Ф., 2001; Курбанов С.А., Магомедова Д.С., 2012 и др.), всякая почва помимо естественного плодородия, обусловленного ее природой и генезисом, обладает и искусственным, формирующимся под влиянием антропогенной деятельности, то есть применяемых человеком агротехнических приемов (обработка почвы, внесение удобрений, применение мелиоративных мероприятий и т.д.). Сочетание их проявляется как эффективное (экономическое) плодородие, измеряемое величиной урожая. Та его часть, которая реализуется в урожае культур данного года, называется эффективным плодородием; оно характеризуется наличием подвижных форм питательных элементов. Другая часть, которая остается для формирования урожайности последующих культур – потенциальное плодородие, характеризующееся количеством гумуса и валовых форм питательных элементов (Дзанагов С.Х., Басиев А.Е., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., 2015).

Эффективное плодородие почвы тесно связано с характером общественно-экономических отношений, уровнем развития производительных сил, достижениями науки и техники (Державин Л.М., 1992).

Удобрения, особенно при их длительном систематическом применении, не только пополняют запасы подвижных форм питательных веществ в почве, но и целенаправленно изменяют характер почвенных процессов, мобилизуя потенциальные запасы элементов питания для растений, существенно повышая тем самым эффективное плодородие почвы. Характер действия удобрений в этом направлении на исследуемой почве имеет свою специфику, которая до сего времени оставалась недостаточно исследованной (Загорча К.Л., 1990).

Для эффективного использования удобрений важно знать, какое влияние они оказывают на свойства почвы при систематическом и длительном применении на одном месте (Авдониин Н.С., 1972).

По данным К. Mcswency, I.J. Jansen (1984), при разработке оптимальной системы плодородия почв, прежде всего, следует учитывать требования объективного закона непрерывного, возрастающего плодородия почв, а также законов возврата питательных элементов в почву, взаимодействия факторов роста и развития растений, минимума и др. Только комплексный учет требований этих основных законов позволяет разработать оптимальную систему управления плодородием почв, направленную на воспроизводство их плодородия и постоянное повышение продуктивности земледелия.

Исследования, проведенные на черноземе выщелоченном в течение 45-лет кафедрой агрохимии и почвоведения Горского ГАУ, показали, что под влиянием длительного применения удобрений в почве произошли заметные изменения потенциального и эффективного плодородия.

3.1. Гумус

В современной земледелии важной проблемой является сохранение и расширенное воспроизводство плодородия почвы. Она возникла в связи с тем, что интенсификация земледелия сопровождается повышением урожайности сельскохозяйственных культур, при котором резко возрастает вынос

питательных элементов из почвы, усиливается разложение гумуса, происходит снижение содержания гумуса и плодородия почвы. К такому выводу пришли многие исследователи (Гришина Л.А., Ковда В.А., 1973; Кауричев И.С., 1982; Лыков А.М., 1985; Орлов Д.С., 1985; Кцоев Б.К., 1997; Дзанагов С.Х., 1999; Ганжара Н.Ф., 2001; Бижоев В.М., Лифаненкова Т.П., Дзанагов С.Х., 2006; Курбанов С.А., Магомедова Д.С., 2012 и др.).

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; Checkaev N.P., Semov I.N., Kuznetsov A.Yu., Arefyev A.N., Rylyakin E.G., 2019; Koryagin Y., Kulikova E., Efremova S., Sukhova N., 2020 и др.).

Между тем, гумус является важнейшим показателем плодородия почвы, что отмечается всеми учеными. Содержание и запасы его влияют на агрономически ценные свойства почвы. Он является источником питания растений, в первую очередь азотом, значительно повышает поглощательную способность почв, улучшает структуру и водно-воздушный режим, физико-механические свойства: при его разложении выделяются углекислый газ, необходимый для фотосинтеза растений, угольная и органические кислоты, ускоряющие растворение труднорастворимых минеральных солей и обогащающие почву питательными веществами, улучшает тепловые свойства, стимулирует развитие почвенной микрофлоры и повышает биологическую активность почвы, оказывает благоприятное воздействие на рост растений.

В гумусе сосредоточены огромные запасы питательных веществ, которые по мере минерализации при участии микроорганизмов переходят в почвенный раствор, откуда поглощаются корнями растений. Особенно велика роль гумуса в азотном питании растений, потому что в нем аккумулировано

80-90% всего азота почвы. При повышении почвенного плодородия и ее биологической активности роль почвенного азота в формировании урожайности относительно возрастает (Дзанагов С.Х., 1999). От содержания гумуса зависит интенсивность биологических и биохимических процессов, обуславливающих накопление питательных веществ, необходимых растениям. В хорошо гумусированных почвах формируется мощный гумусовый горизонт с высокой поглотительной способностью.

Мощность гумусового горизонта и запасы гумуса свидетельствуют о плодородии почвы. Почвы с высоким содержанием гумуса имеют лучшие физические свойства, легче обрабатываются, меньше подвержены уплотнению, обладают большей водоудерживающей способностью. Гумусовый горизонт имеет темную окраску, что способствует интенсивному поглощению солнечной энергии, поэтому такие почвы имеют более благоприятный тепловой режим (Курбанов С.А., Магомедова Д.С., 2012).

Потеря почвенного плодородия обычно связана с уменьшением запасов гумуса в почве. Это объясняется тем, что гумус не только накапливается в процессе гумусообразования, но и одновременно разлагается. Разложение его преобладает над процессами накопления при низкой культуре земледелия, при недостаточном поступлении в почву растительного материала (навоза, пожнивных и корневых остатков, соломы и т.д.). Кроме того, потери гумуса происходят при водной и ветровой эрозии, частом рыхлении почвы.

Ряд исследователей приводит данные по потерям гумуса из разных почв. Б.К. Кцоев (1997) отмечает, что «скорость падения содержания гумуса в пахотном горизонте за последние 20 лет достигла 0,05% в год». Он же указывает, ссылаясь на Н.Ф. Коробского (2005), что «со времени экспедиции В.В. Докучаева почвы потеряли до половины содержания гумуса в пахотном слое» (имеются в виду почвы Северного Кавказа). Ссылаясь на проф. Б.Х. Фиашева, пишет, что «в результате 25-летнего использования обыкновенного чернозема Кабардино-Балкарии содержание гумуса в метровом слое сократилось на 90 т/га, что составило 21% его общего первоначального запаса».

И. М. Шапошникова, А. И. Гармашев, В. И. Журба и др. (1990) приводят данные, согласно которым содержание гумуса в пахотном горизонте через 15 лет снизилось без применения удобрений на 0,22%, то есть на 0,015% в год.

Согласно данным А.С. Кононовой, Е.Н. Мишустина и Э.А. Шитина (1970), лишь 20-30% поступающей в почву органической массы превращаются в гумусовые вещества, остальная часть минерализуется до конечных продуктов. В процессе разложения этих остатков микроорганизмами в почве, в свою очередь, накапливаются гумусовые вещества. По мнению А.И. Жукова, П.Д. Попова (1988), содержание органического вещества и гумуса в почве зависит от урожайности сельскохозяйственных культур. В связи с этим остро встает вопрос изыскания новых способов воспроизводства гумуса почв субтропических зон с целью сохранения их плодородия и получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур (Оруджева Н.И., 2009).

Интенсивные технологии возделывания полевых культур, кроме высокой их затратности, оказали огромное отрицательное воздействие на плодородие Кубанских черноземов, выразившееся, прежде всего, в дегумификации и подкислении почв (Великанова Л.О. и др., 2018).

Как показал мониторинг за изменением плодородия почвы за 18 лет (Кирюшин В.И., 1993), потери гумуса без применения удобрений в севооборотах составляют 0,3-0,4 абсолютных процента. Применение удобрений, особенно органических, во всех севооборотах сохраняет его потери.

Таким образом, при длительном сельскохозяйственном использовании потенциальное плодородие почвы без применения удобрений постепенно снижается вследствие уменьшения количества гумуса. Систематическое внесение одних минеральных удобрений негативно сказывается на гумусированности почвы, тогда как в сочетании с периодическим внесением полупрепревшего навоза они способствуют его повышению.

В табл. 14 приведены полученные нами данные о влиянии длительного систематического применения удобрений на содержание гумуса по профилю почв.

Таблица 14 – Изменение содержания гумуса в черноземе выщелоченном при длительном применении удобрений в полевом севообороте, %
(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2014)

Вариант	Горизонт, см	Годы					Среднее
		1971	1976	1987	2003	2014	
Контроль	Ап, 0-30	5,57	5,44	5,30	5,25	5,42	5,39
	А1, 30-40	4,28	4,30	5,00	4,89	4,98	4,69
	В1, 40-59	1,72	1,73	3,59	3,48	3,11	2,73
	В2, 60-80	1,50	1,50	1,88	1,72	1,68	1,66
N ₁ P ₁ K ₁	Ап, 0-30	5,57	5,41	5,30	5,20	5,41	5,38
	А1, 30-40	4,28	4,37	4,41	4,36	5,09	4,50
	В1, 40-59	1,72	1,34	2,50	2,18	1,92	1,93
	В2, 60-80	1,50	1,58	1,88	1,61	1,54	1,62
N ₂ P ₂ K ₂	Ап, 0-30	5,57	5,33	5,38	5,15	5,52	5,42
	А1, 30-40	4,28	4,26	5,00	4,38	4,87	4,56
	В1, 40-59	1,72	1,60	3,41	2,78	2,38	2,38
	В2, 60-80	1,50	1,42	2,40	2,04	2,12	1,90
N ₃ P ₃ K ₃	Ап, 0-30	5,57	5,48	5,32	5,18	5,09	5,33
	А1, 30-40	4,28	4,06	3,88	3,46	3,22	3,78
	В1, 40-59	1,72	1,68	1,74	1,70	1,66	1,70
	В2, 60-80	1,50	1,46	1,49	1,43	1,42	1,46
Навоз+NPK	Ап, 0-30	5,57	5,40	5,50	5,74	5,85	5,61
	А1, 30-40	4,28	4,31	5,05	5,26	5,20	4,82
	В1, 40-59	1,72	1,71	2,67	1,98	1,82	1,98
	В2, 60-80	1,50	1,42	1,72	1,64	1,68	1,59
Расчетный	Ап, 0-30	5,57	5,45	5,35	5,28	5,31	5,39
	А1, 30-40	4,28	4,38	4,88	3,22	3,36	4,02
	В1, 40-59	1,72	1,73	1,67	1,82	1,80	1,75
	В2, 60-80	1,50	1,54	1,98	1,88	1,72	1,72

Из данных табл. 14 видно, что без применения удобрений за указанный период наблюдений содержание гумуса в пахотном горизонте до 2003 г. постепенно снижалось, а в последующие 10 лет несколько повысилось, хотя в среднем уменьшилось на 0,18% по сравнению с исходным, что составляет 3,2%. В подпахотном горизонте А1, слой 30-40 см, в начале наблюдений гумуса содержалось меньше, чем в пахотном на 1,29%, однако в дальнейшем его количество увеличивалось, по-видимому, за счет миграции растворимого гумуса из пахотного в подпахотный горизонт, и к концу наблюдений оно увеличилось по сравнению с исходным на 0,41%. Что касается нижележащих горизонтов В1 и В2, то в них тоже наблюдается отмеченная тенденция увеличения количества гумуса, особенно отчетливо выраженная в горизонте В1. Очевидно, высокая фильтрующая способность почвы, близко подстилаемой галечником, при выпадении довольно значительного количества атмосферных осадков способствует вымыванию легкорастворимых гумусовых веществ из пахотного горизонта в нижележащие слои.

В целом можно сказать, что за наблюдаемый период содержание гумуса в слое почвы 0-40 см мало изменилось. Этот факт можно объяснить лишь тем, что урожайность культур на неудобренном варианте была относительно невысокой, и гумификация пожнивных и корневых остатков растений в какой-то мере компенсировала потери гумуса за счет его разложения.

Наши данные не совпадают с результатами исследований И.М. Шапошниковой, А.И. Гармашева, В.И. Журбы и др. (1990), согласно которым содержание общего углерода за 15 лет наблюдений в обыкновенном легкоглинистом черноземе без применения удобрений плавно снижалось по всем горизонтам почвы. Аналогичное уменьшение количества гумуса в пахотном горизонте чернозема выщелоченного Северной Осетии от 7,10% в 1963 г. до 6,15% в 1983 г. и до 5,79% в 1993 г., констатирует Б.К. Кцоев (1997). Двадцатилетнее возделывание полевых культур в севообороте на выщелоченных черноземах Краснодарского края (Минеев В.Г. и др., 1993) без применения удобрений приводило к снижению содержания гумуса в почве на 0,3%.

В исследованиях В.М. Бижоева, Т.П. Лифаненковой, С.Х. Дзанагова (2006) при длительном применении удобрений и орошения на черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом в стационарном полевом опыте, заложенном в 1948 г., в богарных условиях в течение трех ротаций полевого севооборота содержание гумуса в слое почвы 0-20 см в неудобренном контроле резко снижалось, а затем изменялось незначительно и было самым низким в опыте. В другом длительном полевом опыте, заложенном в 1979 г. на той же почве с тем же чередованием культур в полевом севообороте, установлено, что основные изменения содержания гумуса в 0-20 см слое почвы происходили в течение первых 9-12 лет, после чего процесс изменений его замедлялся, содержание гумуса стабилизировалось на определенном уровне, характерном для каждой изучаемой агросистемы.

Возвращаясь к анализу данных табл. 14, отметим, что на удобренных вариантах содержание гумуса изменялось во времени по-разному. Так, по одинарной дозе NPK в пахотном слое 0-30 см оно происходило параллельно неудобренному контролю, а в слое 30-40 см наблюдалась тенденция уменьшения, которая характерна и нижележащим слоям. По двойной дозе NPK отмечено незначительное увеличение гумусированности в слое 0-30 см и более заметное уменьшение в слое 30-40 см по сравнению с контролем. По тройной дозе $N_3P_3K_3$ в слое 0-30 см количество гумуса плавно уменьшалось и за 43 года уменьшилось почти на 0,5%. То же самое произошло в слое 30-40 см - снижение составило 1,06%. На расчетном варианте в слое 0-30 см содержание гумуса за 16 лет снизилось на 0,22%, затем стабилизировалось на уровне 5,30%, то есть по сравнению с исходным уменьшилось на 0,26%. Из сказанного следует вывод о том, что при внесении в почву средних доз минеральных удобрений потери гумуса из слоя 0-40 см сравнительно невелики, а при внесении повышенных и высоких доз они значительно увеличиваются. По нашему, это связано с тем, что в последнем случае растения при хорошей влагообеспеченности формируют более высокую урожайность, которая обеспечивается потреблением питательных веществ не только минеральных

удобрений, но и почвенных запасов, особенно азота. Минеральные формы азота образуются в результате минерализации органического вещества почвы, в первую очередь, гумуса, поэтому его содержание заметно уменьшается.

Определенный интерес представляет вариант органо-минерального удобрения навоз + NPK, согласно которому в 5 лет один раз в почву вносили 30 т/га навоза, а в остальные годы - минеральные удобрения эквивалентно $N_2P_2K_2$ (Дзанагов С.Х., 1999). Полученные данные показывают, что в слое 0-30 см содержание гумуса в первые 5 лет несколько снижалось по сравнению с контролем, а в дальнейшем стало повышаться и к концу наблюдений превзошло контроль на 0,43%. Аналогичная динамика свойственна и слою 30-40 см, где этот показатель увеличился на 0,22%. Следовательно, периодическое унавоживание почвы способствовало обогащению пахотного и подпахотного слоев почвы гумусом в отличие от вариантов применения одних минеральных удобрений (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2014; Дзанагов С.Х., Басиев А.Е., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., 2015).

О стабилизации и улучшении гумусового состояния черноземных почв является путем использования органических удобрений свидетельствуют также исследования И.М. Шапошниковой, А.И. Гармашева, В.И. Журбы и др. (1990), Б.А. Ягодина, Ю.П. Жукова, В.И. Кобзаренко (2002), А. Салем Мохамеда, Н.Ш. Гиниятова, Т.В. Багаевой и др. (2005), В.М. Бижоева, Т.П. Лифаненковой, С.Х. Дзанагова (2006), 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.

Таким образом, при длительном сельскохозяйственном использовании 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.

Тем не менее, на черноземах выщелоченных, подстилаемых галечником, для бездефицитного баланса гумуса требуется ежегодно вносить в почву от 7 до 12 т/га навоза в 1-й ротации севооборота и 2-3 т/га после 3-й (Дзанагов С.Х., 1999).

3.2. Физико-химические свойства почвы

Длительное систематическое применение удобрений в севообороте оказывает значительное влияние на плодородие почвы, в частности, на ее физико-химические свойства.

Многими исследованиями установлено, что применение навоза улучшает их, то есть увеличивает сумму поглощенных оснований, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями, снижает обменную и гидролитическую кислотности (Городний Н.Г., 1960; Гомонова Н.Ф., 1980; Бугаев В.П., Осипова З.М., 1986; Жукова Л.М., 1980; Дзанагов С.Х., 1999 и др.).

Утвердилось мнение ученых о том, что минеральные удобрения, особенно в высоких дозах, ухудшают физико-химические свойства почвы, повышая ее кислотность и снижая сумму поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями (Метельский В.В., Жуков М.С., 1968; Столяров А.И., 1986; Столяров А.И., Фанина Л.А., 1989; Масло А.В., Гамаюнов А.Т., 1989; Хлыстовский А.Д., Касицкий Ю.И., Бахтин С.Л., 1989; Кулаковская Т.Н., 1990; Куваев П.Ю., 2002; Чекаев Н.П., 2002; Леплявченко Л.П., Суетов В.П., Громова Л.И. и др., 2009; Стахурлова Л.Д., Минакова О.А., 2011; и др.).

Заметное отрицательное действие оказывают при этом азотные удобрения, в первую очередь, физиологически кислые аммонийные, в том числе аммонийная селитра, которые подкисляют почву, снижают сумму поглощенных оснований и степень насыщенности основаниями (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т., 2019).

Вместе с тем А.Х. Шеуджен, М.А. Осипов, И.А. Лебедевский и С.В. Есипенко (2013) считают, что систематическое внесение минеральных удоб-

рений в севообороте не вызывает существенных изменений в физико-химических свойствах чернозема выщелоченного.

В исследованиях В.Т. Мальцева и В.Н. Мошкарёва (2000) длительное систематическое применение удобрений (26 лет, 4 ротации севооборота) не оказало заметного влияния на агрохимические свойства темно-серой лесной почвы. Однако в вариантах с внесением навоза гидролитическая кислотность несколько снизилась, а степень насыщенности почвы основаниями повысилась. В вариантах с внесением азотных удобрений отмечены тенденции увеличения гидролитической кислотности и уменьшения суммы и степени насыщенности основаниями.

Реакция почвы оказывает большое влияние на развитие растений и почвенных микроорганизмов, на скорость и направленность происходящих в ней химических и биохимических процессов. Она оказывает значительное влияние и на эффективность удобрений, которые, в свою очередь, могут изменять реакцию почвенного раствора, подкислять или подщелачивать ее (Газданов А.В. и др., 2000). От реакции почвы во многом зависят процессы поступления питательных веществ в растения. Она влияет на трансформацию и мобилизацию питательных элементов почвы и удобрений, скорость и направленность различных химических процессов почвы, а также на активность почвенных микроорганизмов. Кроме того, ввиду своих биологических особенностей, растения по-разному относятся к этому показателю. Так или иначе реакция почвы оказывает существенное влияние на формирование урожая сельскохозяйственных культур.

Проведенные нами исследования показали, что в слое 0-40 см даже без применения удобрений физико-химические свойства чернозема выщелоченного во времени заметно изменялись, причем не всегда закономерно (табл. 15-).

Из данных табл. 15 видно, что показатель $pH(H_2O)$ в течение первых 16 лет на контроле значительно опустился относительно исходного уровня (Дзанагов С.Х., 1987, 1999).

Таблица 15 – Изменение актуальной кислотности ($pH_{\text{водн.}}$) чернозема
выщелоченного в результате длительного применения удобрений
(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т. и др., 2019)

Вариант	Слой, см	Годы					Среднее
		1971	1987	1996	2006	2017	
Контроль	0-20			6,3	6,3	6,3	
	20-40			6,0	6,2	6,1	
	Ср.	6,4	5,3	6,1	6,3	6,2	6,2
$N_1P_1K_1$	0-20			5,9	6,1	6,2	
	20-40			5,8	6,0	6,1	
	Ср.	6,4	6,1	5,9	6,1	6,1	6,1
$N_2P_2K_2$	0-20			6,1	6,0	5,9	
	20-40			5,9	5,9	5,7	
	Ср.	6,4	6,2	6,0	6,0	5,8	6,0
$N_3P_3K_3$	0-20			6,1	5,8	5,9	
	20-40			5,7	5,6	5,7	
	Ср.	6,4	6,1	6,0	5,7	5,8	5,9
Навоз + NPK	0-20			6,2	6,2	6,2	
	20-40			6,1	6,1	6,0	
	Ср.	6,4	6,2	6,2	6,1	6,1	6,2
Расчетный	0-20			5,9	5,9	5,9	
	20-40			5,8	5,7	5,8	
	Ср.	6,4	6,1	5,8	5,8	5,8	5,9

Однако в дальнейшем актуальная кислотность снизилась. На удобренных вариантах наблюдалась общая тенденция снижения показателя pH водной вытяжки, но более существенно. Если на контроле за 45 лет показатель $pH(H_2O)$ снизился на 0,2 единицы, то на вариантах с удобрениями - 0,3-0,5 единиц.

Существенное значение для растений имеет обменная кислотность почвы, оказывающая наиболее вредное воздействие на их жизнедеятельность. Наличие в почве обменного алюминия – явление крайне нежелательное, так как алюминий оказывает токсическое действие на растения и усиливает переход растворимой фосфорной кислоты в нерастворимые формы (Газданов А.В. и др., 2000). По мнению многих ученых, токсичность алюминия приводит к ухудшению углеводного, белкового и фосфатного обмена у растений, вызванного снижением проницаемости протоплазмы корневых клеток. При этом нарушается процесс закладки генеративных органов, тормозится процесс оплодотворения, что, в конечном счете, приводит к массовой гибели многолетних бобовых трав, озимых и яровых зерновых культур (Небольсин А.Н. и др., 1997; Лапа В.В. и др., 2016).

В наших наблюдениях обменная кислотность по сравнению с актуальной изменялась заметнее (табл. 16).

Показатель рН(ксл) на варианте без удобрений в течение первых 16 лет периода исследований также снизился (Дзанагов С.Х., 1987, 1999), но в дальнейшем обменная кислотность, в отличие от актуальной, осталась на прежнем уровне. На вариантах с минеральными удобрениями эта тенденция сохранялась, но в целом обменная кислотность была выше, чем на контроле, особенно в пахотном слое почвы, а к 2017 году показатели рН(ксл) находились ниже уровня контроля на 0,1-0,3 единицы. За 45 лет наблюдений показатель рН(ксл) снизился на 1,1 единицы на контроле и на 1,2-1,3 единицы - на вариантах с минеральными удобрениями.

Внесение навоза позволило несколько смягчить подкисление почвы: за период наблюдений показатель рН(ксл) снизился на 0,3 единицы, и отличался от неудобренного контроля всего на 0,1 единицу.

Параллельно обменной кислотности на неудобренном контроле за тот же период (первые 16 лет) повысилась и гидролитическая кислотность (Дзанагов С.Х., 1987, 1999), зато к 2017 году она уменьшилась почти в 2 раза и приблизилась к исходному уровню (табл. 17).

Таблица 16 – Изменение обменной кислотности (pH_{KCl}) чернозема
выщелоченного в результате длительного применения удобрений
(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т. и др., 2019)

Вариант	Слой, см	Годы					Среднее
		1971	1987	1996	2006	2017	
Контроль	0-20			5,3	5,2	4,8	
	20-40			5,0	5,1	5,4	
	Ср.	6,2	5,2	5,1	5,2	5,1	5,3
$N_1P_1K_1$	0-20			4,9	5,1	4,6	
	20-40			4,9	5,0	5,5	
	Ср.	6,2	6,0	4,8	5,1	5,0	5,3
$N_2P_2K_2$	0-20			5,0	4,9	4,5	
	20-40			4,9	4,8	5,3	
	Ср.	6,2	5,8	4,9	4,9	4,9	5,2
$N_3P_3K_3$	0-20			5,0	4,7	4,8	
	20-40			4,8	4,6	5,8	
	Ср.	6,2	5,6	4,9	4,7	5,3	5,1
Навоз + NPK	0-20			5,2	5,0	5,4	
	20-40			5,0	4,9	6,3	
	Ср.	6,2	6,1	5,1	4,9	5,9	5,4
Расчетный	0-20			4,9	4,8	4,5	
	20-40			4,7	4,7	5,4	
	Ср.	6,2	5,7	4,8	4,8	4,9	5,1

В пахотном слое ее величина была выше, чем в подпахотном. Аналогичная закономерность прослеживается в исследованиях Г.Г. Джанаева (1970), Л.М. Жуковой (1980), А.А. Пелина, А. Доноса, С. Касьяна (1982), С.Х. Дзанагова (1987, 1994, 1999), Т.Н. Кулаковской (1990) и др.

Таблица 17 – Изменение гидролитической кислотности чернозема выщелоченного в результате длительного применения удобрений, мг-экв./100 г почвы (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т. и др., 2019)

Вариант	Слой, см	Годы					Среднее
		1971	1987	1996	2006	2017	
Контроль	0-20			2,7	2,7	2,6	
	20-40			2,4	2,6	2,5	
	Ср.	2,3	6,0	2,5	2,6	2,6	3,0
N ₁ P ₁ K ₁	0-20			2,8	2,7	2,7	
	20-40			2,5	2,7	2,5	
	Ср.	2,3	4,7	2,7	2,7	2,6	2,9
N ₂ P ₂ K ₂	0-20			3,2	3,1	3,6	
	20-40			2,9	3,0	3,4	
	Ср.	2,3	3,8	3,0	3,1	3,5	3,3
N ₃ P ₃ K ₃	0-20			3,8	3,9	4,1	
	20-40			3,6	3,8	3,9	
	Ср.	2,3	6,3	3,7	3,8	4,0	4,0
Навоз + NPK	0-20			2,2	2,3	2,3	
	20-40			1,9	2,2	2,0	
	Ср.	2,3	4,4	2,0	2,2	2,2	2,4
Расчетный	0-20			3,6	3,8	3,9	
	20-40			3,4	3,7	3,8	
	Ср.	2,3	6,3	3,5	3,7	3,8	3,9

На удобренных вариантах также наблюдалась аналогичная динамика, но к 2017 году подкисление почвы, где применялись удобрения, стало ощутимее. Если за 45 лет на контроле и на варианте с одинарной дозой NPK показатель Нг повысился на 0,3 мг-экв./100 г почвы, то при внесении двойной, тройной и расчетной доз он увеличился на 1,2; 1,7 и 1,5 мг-экв./100 г почвы по сравнению с исходным уровнем. Внесение навоза снизило гидролитическую кислот-

ность по сравнению с исходным уровнем на 0,1 мг-экв./100 г почвы, величина ее была также ниже, чем на контроле на 0,2 мг-экв. к 2017 г., и на 0,6 мг-экв. / 100 г почвы в среднем за период исследований.

Подкисление почвы удобренных вариантов объясняется, на наш взгляд, ежегодным применением физиологически кислых удобрений. На главенствующую роль физиологически кислых удобрений в подкислении почв указывают также И.А. Шильников, Л.А. Лебедева (1987), В.Т. Мальцев, В.Н. Мошкарёв (2000) и др. По мнению В.В. Окоркова, Л.А. Окорковой, О.А. Феновой (2005), повышение гидролитической кислотности от полного минерального удобрения связано с резко повышающимися урожаями возделываемых культур и выносом ими калия, поглощение которого корнями растений происходит преимущественно с выделением в почву ионов водорода. Увеличение показателя Нг от фосфорно-калийных удобрений обусловлено адсорбцией ионов H_2PO_4 почвенным поглощающим комплексом в качестве потенциалопределяющих с ориентацией ионов водорода второй кислотной группы в качестве противоионов (преимущественно на минеральной части почвы).

О.Б. Терехова, Н.В. Родыгина, Г.И. Капитанова (2021) утверждают, что минеральные удобрения хотя и 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, а некоторое подкисление реакции почвенного раствора на черноземах даже полезно, так как при этом повышается возможность использования труднорастворимых фосфатов почвы. Исследованиями Р. Трой-Смита (1978) установлено, что при рН ниже 5,8 растворимые фосфаты превращаются в менее доступные для растений формы. На снижении фиксации фосфора почвой при уменьшении кислотности указывают также Р. Schachtschabe (1967); П.Д. Барбалис (1970); Т.Н. Кулаковская (1990), Л. Рейнфельд (1978) и др. В то же время при слишком высоком значении рН и малом количестве свободного водорода фосфаты также будут превращаться в недоступные для растений формы. Для оптимальной их ус-

вояемости необходимо сохранить некоторое количество водородных ионов, поэтому значение рН должно поддерживаться на слабокислом уровне – 6,5. При снижении кислотности повышается необменное поглощение калия, увеличивается калийный потенциал и снижается содержание доступного для растения калия (Зиганьшина Ф.М., 1976; Whitear J., 1978; Magdoff F.R., Bartlett R.J., 1980; Кулаковская Т.Н., 1990 и др.).

Исходя из величины гидролитической кислотности, при внесении одних минеральных удобрений считаем целесообразным рекомендовать периодическое известкование почв (1 раз за ротацию) из расчета 4,0-4,5 т/га CaCO_3 .

На свойства почвы в значительной степени влияет состав и сумма поглощенных катионов. Величина суммы поглощенных катионов характеризует поглотительную способность почвы и служит для вычисления емкости поглощения и степени насыщенности почвы основаниями.

Наши наблюдения показали, что сумма поглощенных оснований и емкость поглощения в исследуемой почве по сравнению с исходным уровнем существенно повысились на контроле. За 45 лет эти показатели увеличились соответственно на 3,1 и 2,8 мг-экв./100 г почвы, что, на наш взгляд, является следствием разложения под действием минеральных (угольная, азотная) и органических (гумусовых кислот, фульвокислот, кислых корневых выделений растений и т.д.) кислот минералов и минеральных солей. В результате почвенный поглощающий комплекс обогащался катионами кальция, магния, железа, алюминия (табл. 18 и 19).

Удобренные варианты по сумме поглощенных катионов мало отличались от контроля, имея слабую тенденцию к повышению - на 0,1-0,4 мг-экв., лишь вариант с навозом имел более существенное превышение этого показателя – на 2,0 мг-экв./100 г почвы (2017 г.). В пахотном слое этот показатель был выше, чем в подпахотном. Аналогичные результаты приводят и другие авторы (Хлыстовский А.Д. и др., 1978; Гомонова Н.Ф., 1980; Жукова Л.М., 1980; Носко Б.С., Кучир Н.А., 1985; Дзанагов С.Х., 1987, 1999; Кулаковская Т.Н., 1990 и др.).

Таблица 18 – Изменение суммы поглощенных катионов чернозема выщелоченного в результате длительного применения удобрений, мг-экв./100 г почвы (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т. и др., 2019)

Вариант	Слой, см	Годы					Среднее
		1971	1987	1996	2006	2017	
Контроль	0-20			30,7	29,9	30,0	
	20-40			30,0	29,7	29,4	
	Ср.	26,6	31,6	30,4	29,8	29,7	30,0
N ₁ P ₁ K ₁	0-20			31,2	30,7	30,6	
	20-40			30,3	30,0	29,6	
	Ср.	26,6	31,6	30,7	30,4	30,1	30,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20			31,0	31,4	30,7	
	20-40			30,1	30,5	29,7	
	Ср.	26,6	29,1	30,5	31,0	30,2	30,1
N ₃ P ₃ K ₃	0-20			30,3	29,6	30,1	
	20-40			29,6	29,4	29,5	
	Ср.	26,6	29,5	29,9	29,5	29,8	29,4
Навоз + NPK	0-20			32,0	31,9	31,9	
	20-40			31,5	32,3	31,5	
	Ср.	26,6	28,6	31,7	32,1	31,7	31,0
Расчетный	0-20			30,4	29,5	30,3	
	20-40			29,7	29,9	29,5	
	Ср.	26,6	31,9	30,1	29,7	29,9	29,9

Отчетливее отличались удобренные варианты от контроля в сторону превышения по показателю емкости поглощения. При 32,3 мг-экв. на контроле за счет внесения удобрений она увеличилась на 0,4-1,6 мг-экв./100 г почвы, несомненно, за счет повышения гидролитической кислотности. При этом доля полезных катионов в ППК снижалась, о чем свидетельствуют результаты расчета степени насыщенности основаниями (табл. 20).

Таблица 19 – Изменение емкости поглощения чернозема выщелоченного в результате длительного применения удобрений, мг-экв./100 г почвы (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т. и др., 2019)

Вариант	Слой, см	Годы					Среднее
		1971	1987	1996	2006	2017	
Контроль	0-20			33,4	32,6	32,7	
	20-40			32,4	32,3	31,9	
	Ср.	29,5	37,6	32,9	32,5	32,3	33,0
N ₁ P ₁ K ₁	0-20			34,0	33,4	33,3	
	20-40			32,8	32,7	32,1	
	Ср.	29,5	36,3	33,4	33,1	32,7	33,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20			34,2	34,5	34,3	
	20-40			33,0	33,6	33,1	
	Ср.	29,5	31,4	33,5	34,0	33,7	33,2
N ₃ P ₃ K ₃	0-20			34,1	33,5	34,2	
	20-40			33,2	33,2	33,3	
	Ср.	29,5	35,4	33,6	33,4	33,8	33,5
Навоз + NPK	0-20			34,2	34,2	34,2	
	20-40			33,4	34,4	33,5	
	Ср.	29,5	33,0	33,7	34,3	33,9	33,5
Расчетный	0-20			34,0	33,3	34,2	
	20-40			33,1	33,6	33,3	
	Ср.	29,5	38,2	33,6	33,5	33,7	33,9

В соответствии с указанными изменениями изменялась и степень насыщенности почвы основаниями – в первые 16 лет она снижалась из-за повышения гидролитической кислотности, но в дальнейшем возросла по сравнению с исходным уровнем.

Таблица 20 – Изменение степени насыщенности основаниями чернозема
выщелоченного в результате длительного применения удобрений, %
(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т. и др., 2019)

Вариант	Слой, см	Годы					Среднее
		1971	1987	1996	2006	2017	
Контроль	0-20			92,1	91,8	91,9	
	20-40			92,6	92,0	92,2	
	Ср.	91,5	84,0	92,3	91,9	92,0	91,1
N ₁ P ₁ K ₁	0-20			91,7	91,9	91,8	
	20-40			92,3	91,7	92,1	
	Ср.	91,5	87,1	92,0	91,8	92,0	91,2
N ₂ P ₂ K ₂	0-20			90,8	91,1	89,5	
	20-40			91,2	90,9	89,8	
	Ср.	91,5	92,7	91,0	91,0	89,6	90,7
N ₃ P ₃ K ₃	0-20			88,9	88,5	88,2	
	20-40			89,1	88,5	88,4	
	Ср.	91,5	82,2	89,0	88,5	88,3	88,2
Навоз + NPK	0-20			93,6	93,4	93,3	
	20-40			94,4	93,7	93,9	
	Ср.	91,5	86,7	94,1	93,5	93,6	92,6
Расчетный	0-20			89,5	88,7	88,6	
	20-40			89,7	88,9	88,7	
	Ср.	91,5	83,5	89,6	88,8	88,7	88,5

Очевидно, катионы водорода и алюминия занимают значительную долю среди катионов ППК. Аналогичного мнения придерживаются Г.Г. Джанаев (1970), Л.М. Жукова (1980), С.Х. Дзанагов (1987), Т.Н. Кулаковская (1990) и др.

Внесение навоза способствовало большему накоплению обменных оснований, чем внесение одних минеральных удобрений. Так, в варианте на-

воз+NPK степень насыщенности основаниями превышала контроль и вариант N₂P₂K₂ соответственно на 1,6 и 4,0% (2017 г.).

При обобщении данного подраздела можно отметить, что при применении одних минеральных удобрений наблюдается общая тенденция увеличения всех форм кислотности, суммы поглощенных оснований и емкости поглощения по сравнению с исходным уровнем. Сочетание навоза с NPK в некоторой степени снижает подкисляющее действие минеральных удобрений и повышает степень насыщенности основаниями, то есть улучшает физико-химические свойства почвы, что отмечали и другие исследователи (Леплявченко Л.П., Суетов В.П., Громова Л.И. и др., 2009; Шакало А.Н., 2009; Шедужен А.Х., Онищенко Л.М., Лебедевский И.А. и др., 2017).

Таким образом, систематическое применение одних минеральных удобрений в севообороте в течение длительного периода времени увеличивает кислотность почвы, сумму поглощенных оснований и емкость поглощения, снижая степень насыщенности основаниями. Периодическое внесение навоза отчетливо ослабляет негативное действие минеральных удобрений, способствуя улучшению физико-химических свойств почвы (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Кануков З.Т., 2019).

3.3 Питательный режим почвы

Значительный интерес для науки и сельскохозяйственного производства представляет вопрос об изменении питательного режима почвы в течение длительного использования удобрений при их систематическом внесении в почву, что особенно актуально для чернозема выщелоченного, подстилаемого галечником на глубине 20-80 см (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2014).

Питательный режим почвы под действием вносимых удобрений изменяется благодаря пополнению запасов питательных веществ. Однако при

этом растения поглощают их в процессе роста и развития для формирования вегетативной массы и конечного урожая. Естественно, происходит изменение содержания питательных веществ в почве, то есть их динамика. Для рационального и эффективного применения удобрений в земледелии необходимо знать закономерности этой динамики, которые позволяют своевременно использовать те удобрения, в которых нуждается растение в конкретный период вегетации. Сведения по динамике питательных веществ характеризуют интенсивность биохимических процессов, происходящих в почве, и дают ценные указания по вопросам практического применения удобрений, в частности, внесению тех или других удобрений в те или иные сроки (Дзанагов С.Х., Езеев А.А, 2015).

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.

Динамику питательного режима чернозема выщелоченного Северной Осетии–Алании в разное время и в разной степени изучали Простаков П.Е., Мина В.Н., Чаликова Т.И., Черевик В.П., Яковлева В.В., Лепнев Д.А., однако наиболее полно по всем основным типам почв республики она была изучена Дзанаговым С.Х. и Газдановым А.В. в посевах озимой пшеницы и кукурузы в 1961-1965 гг. (Джанаев Г.Г., Дзанагов С.Х., Газданов А.В., 1970).

Минеральный азот, состоящий из аммонийной и нитратной формы, является основным источником питания растений. Как известно, аммонийный азот в виде катиона аммония хорошо поглощается почвенными коллоидами при обменных реакциях в почвенном растворе и предохраняется от вымывания в глубокие слои почвы. Нитратный азот в виде аниона NO_3^- не поглощается ими и может легко вымываться вглубь по профилю почвы и, доходя до галечникового слоя, теряться для растений. В этой связи его накопление в почве маловероятно, однако из-за происходящей нитрификации его количе-

ство всегда обнаруживается в черноземе выщелоченном. Азот нитратный в сумме с аммонийным может характеризовать азотный режим почв. Что касается подвижного фосфора и обменного калия, то они слабо мигрируют по профилю почвы, поэтому вполне возможно их накопление в почве (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2014).

Исходя из этих соображений, мы поставили задачу проследить за динамикой этих питательных веществ в течение всего периода наблюдений в полевом севообороте.

3.3.1. Динамика аммонийного и нитратного азота

В общем выносе азота растениями преобладает, как правило, азот почвы, доля которого составляет от 60 до 80% (Соколов О.А., 1992). При наличии благоприятных условий, в частности, при внесении удобрений, использование азота почвы увеличивается.

Преобладающая часть азота почвы содержится в растительных остатках и гумусе. Под воздействием микроорганизмов в почве происходит разложение азотсодержащих органических веществ до аммиака и нитратов. Растения хорошо усваивают эти формы азота, причем при нейтральной и щелочной реакции почвенного раствора обе эти формы примерно равноценны, при кислой – нитраты усваиваются лучше, чем аммонийные соли. Ион аммония в значительной мере поглощается почвой и меньше подвержен вымыванию (Прянишников Д.Н., 1965).

Наряду с аммонийным азотом большое значение в питании растений имеет нитратный азот. Нитраты усваиваются растениями лучше, чем аммоний в начальный период их развития, а также на кислых почвах. По мнению многих ученых, содержание нитратов в почве в существенной мере характеризует ее плодородие (Перескоков М.Ф. и др. 1930; Францессон В.А., 1934; Турчин Ф.В., 1936; Вернандер Н.В., 1949; Шмук А.А., 1950; Лазарев А.А.,

1953; Прянишников Д.Н., 1965; Челядинов Г.И., Куйдан А.П., 1966; Боярович Н.М., 1967; Мосолов И.В., 1964 и др.).

В отличие от аммония нитрат-ион не поглощается почвой, а находится в почвенном растворе, вследствие чего может вымываться вглубь (Петербургский А.В., 1981). В связи с такой повышенной подвижностью нитратов их содержание в почве может значительно колебаться, о чем свидетельствуют и наши исследования.

Исследователи А.Я. Ачканов, Ю.В. Хомутов, Э.К. Эйсерт (1984) утверждают, что выщелоченные черноземы имеют низкую нитрификационную способность. Очевидно, с этим и связано преимущество аммонийного азота перед нитратным, кроме того, подстилаяющий галечник способствует повышенному промыванию почв осадками и миграции нитрат-ионов вглубь.

Наши наблюдения показали, что в почве под многолетними травами (люцерна и клевер луговой) на неудобренном контроле в начале вегетации (начало апреля) содержание поглощенного аммония и нитратов было ниже, чем в последующем (рис. 1, 2 и прил. 1-4, 21-24).

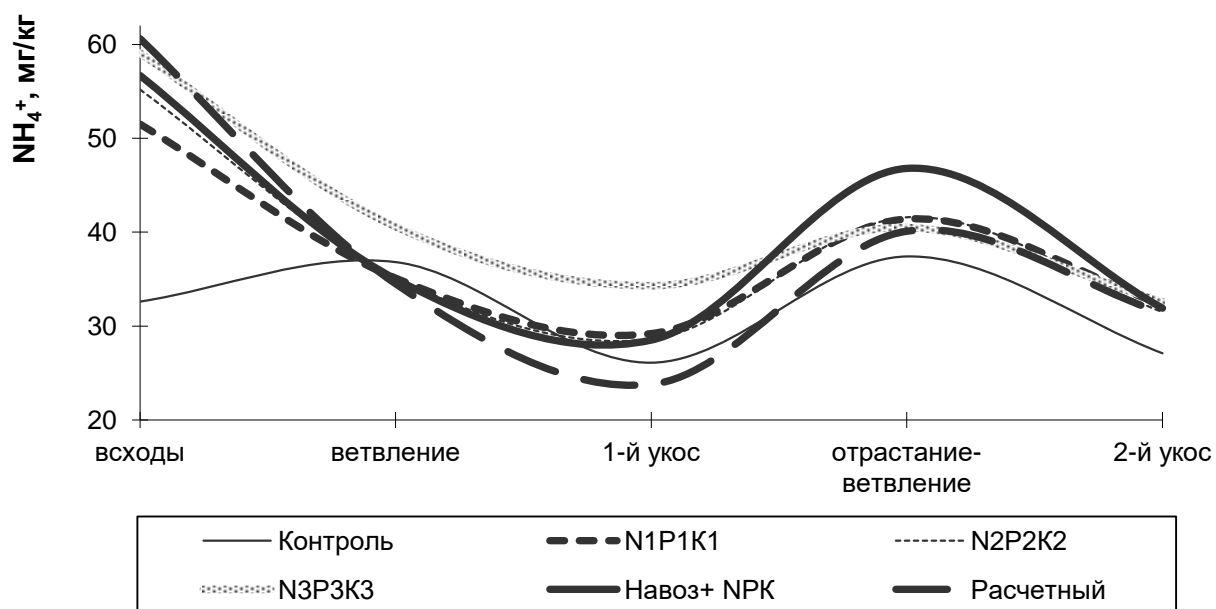


Рис. 1. Динамика поглощенного аммония в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под многолетними травами в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

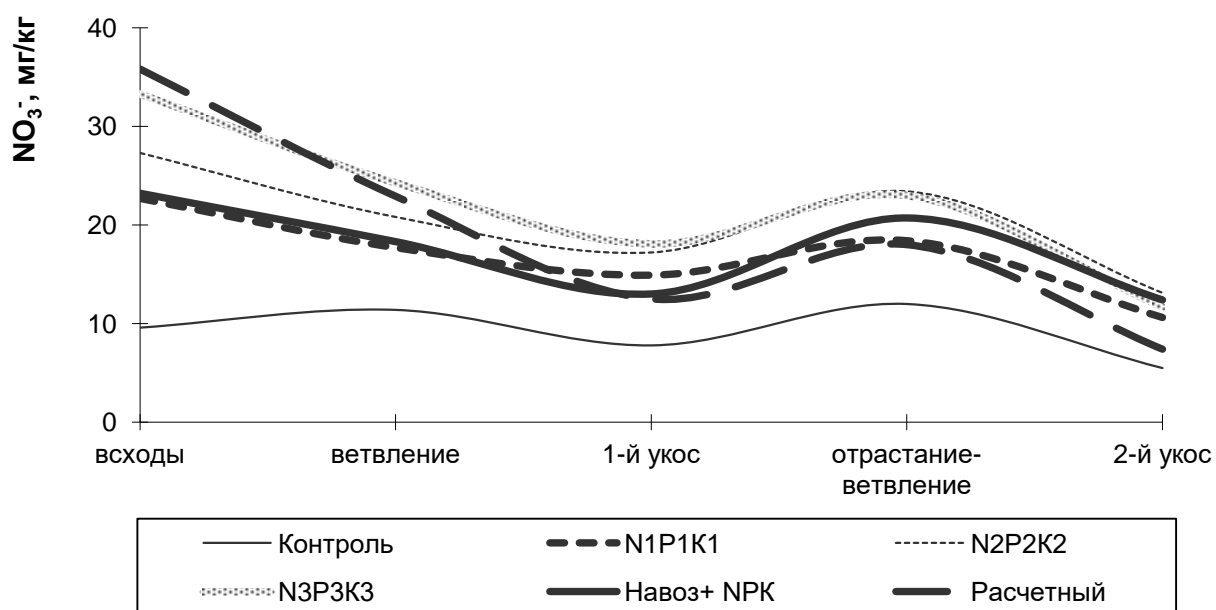


Рис. 2. Динамика нитратов в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под многолетними травами в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

По мере прогревания почвы и активизации жизнедеятельности аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий до середины мая содержание аммония и нитратов в почве увеличивалось. И хотя после этого активность аммонификаторов и нитрификаторов возрастала, содержание обеих рассматриваемых форм азота в почве стало убывать, поскольку началось активное потребление азота растениями. Возможны и значительные потери нитратов в этот период с осадками и в результате денитрификации. По мере усиления потребления растениями азота количество аммония и нитратов в почве стало убывать и достигло своего минимума к 1-му укосу.

В начале отрастания отавы наблюдалось интенсивное накопление аммония и нитратов в почве. Вероятно, к дальнейшей мобилизации почвенного азота помимо почвенных микроорганизмов подключились клубеньковые бактерии, поскольку растения люцерны и клевера уже имели более мощную корневую систему, чем до 1-го укоса, и началась более активная фиксация атмосферного азота клубеньковыми бактериями.

В связи с нарастанием вегетативной массы потребление азота растениями увеличивалось, а содержание аммония и нитратов в почве постепенно уменьшалось до 2-го укоса.

Такая же динамика наблюдалась и на удобренных вариантах, с той разницей, что максимум содержания аммония и нитратов в почве приходился на начало вегетации в связи с внесением азотных удобрений. Кроме того, почва удобренных вариантов была заметно насыщеннее аммонийным и нитратным азотом. При содержании поглощенного аммония и нитратов на контроле в среднем за вегетацию 32,0 и 9,2 мг/кг почвы одинарная доза NPK повысила этот показатель соответственно на 5,9 и 7,7 мг/кг (18 и 84%), двойная на 6,4 и 11,1 мг/кг (20 и 121%), тройная - на 9,4 и 12,9 мг/кг (29 и 140%). Наибольшим содержанием аммония и нитратов в почве отличался вариант N₃P₃K₃.

Обращает внимание тот факт, что амплитуда колебаний содержания нитратов по вариантам гораздо существеннее, чем аммония. Это четко проявлялось и на остальных культурах. Очевидно, что вносимые удобрения больше способствуют накоплению нитратного азота. Кроме того, по мнению А.Я. Ачканова, Ю.В. Хомутова, Э.К. Эйсерта (1984), летом по мере просыхания почвы процессы аммонификации сменяются нитрификационными.

Аналогичная динамика аммония и нитратов, обусловленная усилением активности аммонифицирующих и нитрифицирующих бактерий по мере прогревания почвы и различной интенсивностью потребления аммонийного и нитратного азота растениями в разные периоды вегетации, наблюдалась и на посевах остальных культур севооборота.

С начала вегетации озимой пшеницы, размещаемой во 2-м поле севооборота, до фазы выхода в трубку (конец апреля) накопление аммонийного и нитратного азота почвы доминировало над его потреблением растениями. К этой фазе содержание обеих рассматриваемых форм азота в почве достигло максимального значения. Затем эти показатели снижались до фазы молочной спелости (середина июня), а к концу вегетации повышались вновь (рис. 3, 4 и прил. 5-8, 25-28).

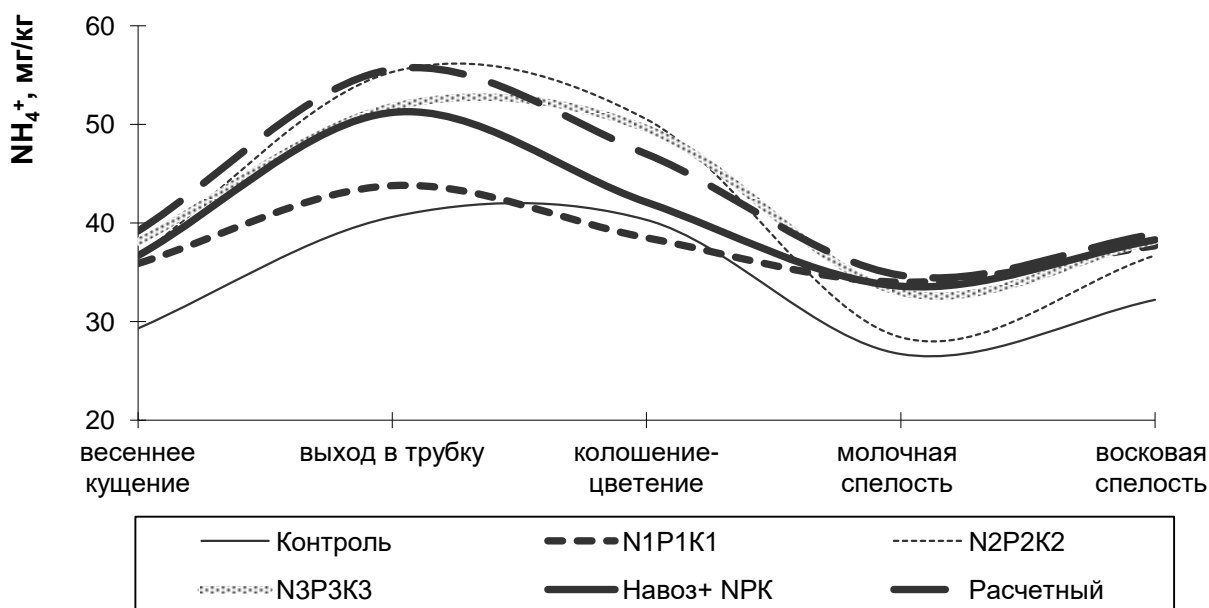


Рис. 3. Динамика поглощенного аммония в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей (2-е поле) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

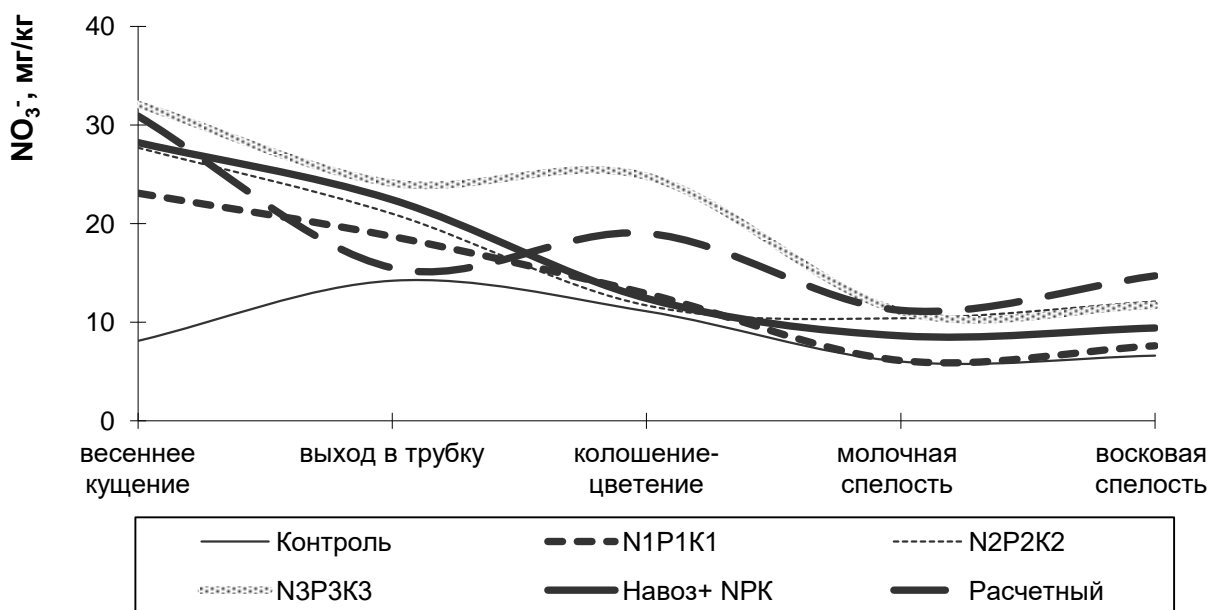


Рис. 4. Динамика нитратов в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей (2-е поле) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

Удобрённые варианты имели существенное преимущество по накоплению аммония и нитратов в почве перед контролем. Если в среднем за весен-

не-летнюю вегетацию озимой пшеницы в почве неудобренного варианта аммонийного и нитратного азота содержалось соответственно 33,8 и 9,2 мг/кг почвы, то при внесении одинарной дозы NPK оно повысилось на 4,2 и 4,5 мг/кг (12 и 49%), двойной - на 7,7 и 7,4 мг/кг (23 и 80%), тройной - на 8,3 и 11,5 мг/кг (25 и 125%); этот вариант отличался наибольшей насыщенностью легкоусвояемым азотом.

В почве под озимой пшеницей, размещаемой в 5-м поле севооборота, закономерности в отношении хода динамики почвенных аммония и нитратов, а также влияния удобрений на их содержание сохранялись с некоторой разницей абсолютных показателей (прил. 9-12, 29-32).

В почве под кукурузой на зерно разница между минимальными и максимальными значениями содержания аммония и нитратов была значительно выше, чем под озимой пшеницей и многолетними травами (рис. 5, 6 и прил. 13-16, 33-36). Это связано с более высокими дозами азота под кукурузу и большим выносом его с урожаем.

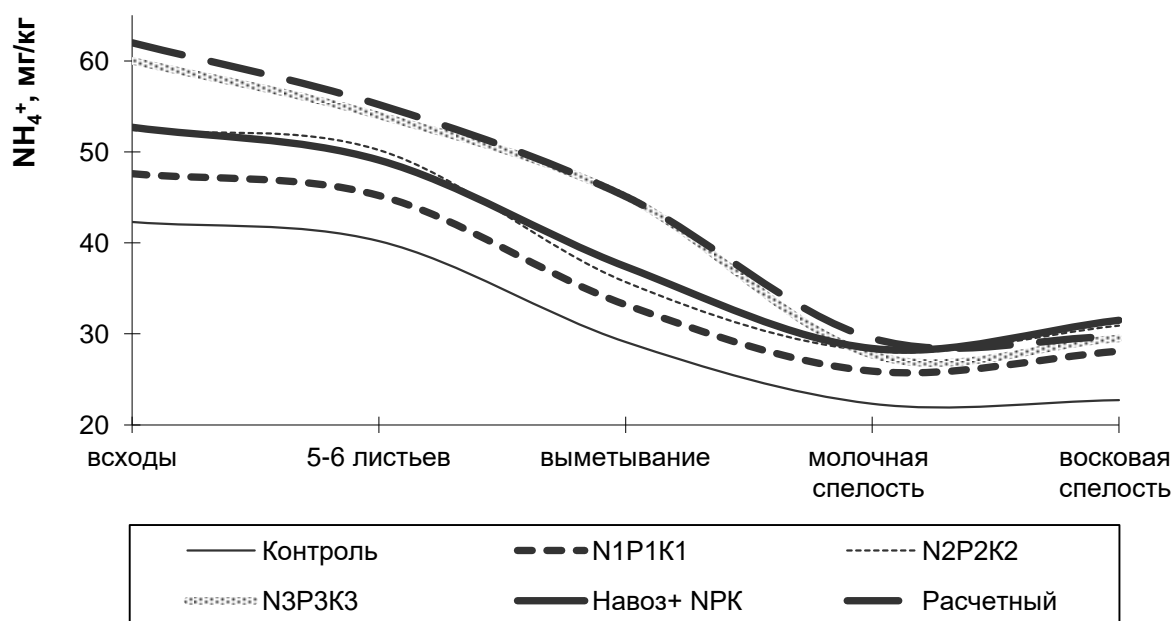


Рис. 5. Динамика поглощенного аммония в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

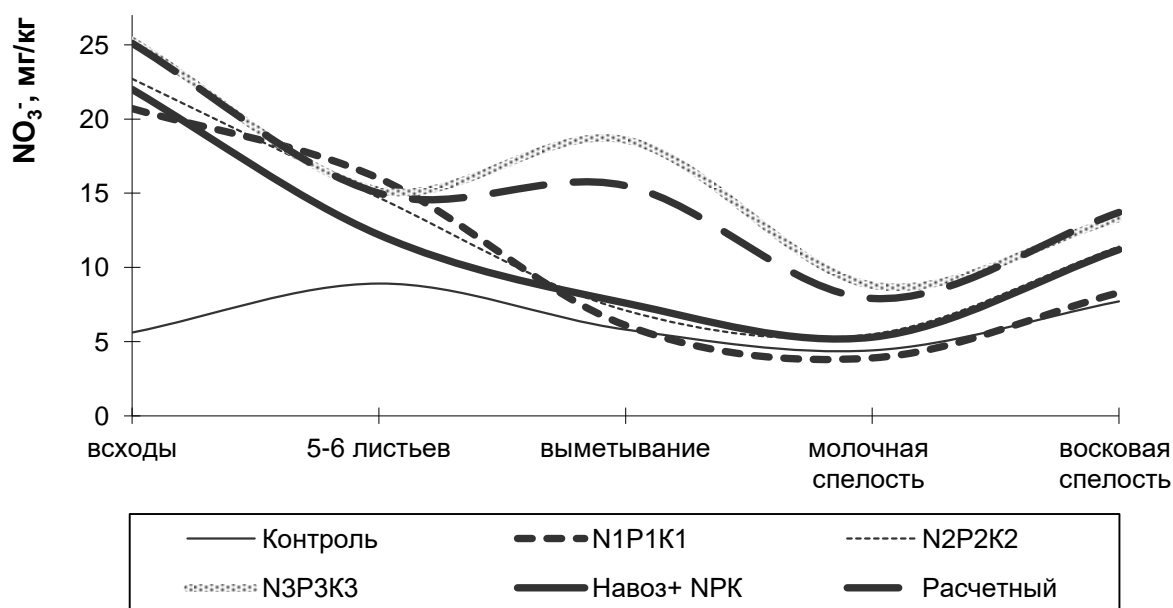


Рис. 6. Динамика нитратов в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

Удобрения оказывали существенное влияние на содержание аммония и нитратов в почве. При содержании этих показателей на контроле 22,7 и 7,7 мг/кг почвы соответственно внесение одинарной доз NPK увеличило их значения на 4,7 и 4,5 мг/кг (15 и 69%), двойной – на 8,02 и 53,8 мг/кг (26 и 89%), тройной – на 12,0 и 9,7 мг/кг (38 и 149%) в среднем за вегетацию. Наибольшим содержанием нитратов выделялся вариант с тройной дозой NPK, а поглощенного аммония - расчетный вариант, превысивший контроль на 13,0 мг/кг, или 42%.

В почве под кукурузой на силос, размещаемой в 4-м поле севооборота в 2009 и 2015 годы, наблюдались такие же закономерности в отношении хода динамики аммония и нитратов, а также влияния удобрений на их содержание с некоторой разницей в значениях этих показателей (прил. 17, 18, 37, 38).

Стоит отметить, что кукуруза на зерно и кукуруза на силос поглощали больше аммонийного и нитратного азота, оставляя их в почве меньше, чем озимая пшеница и многолетние травы.

В 1997 и 2004 годах в 4-м опытном поле севооборота размещалась суданская трава. В почве под этой культурой проявлялись описанные выше закономерности динамики поглощенного аммония и нитратов в течение вегетации растений (рис. 7, 8 и прил. 19, 20, 39, 40).

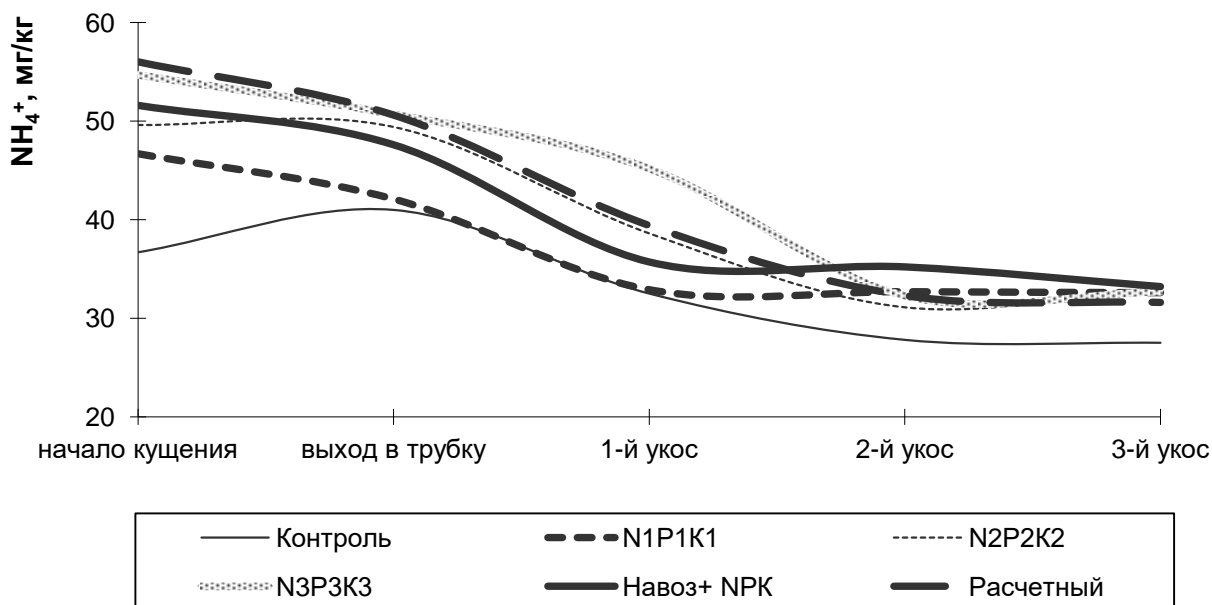


Рис. 7. Динамика поглощенного аммония в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под суданской травой в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 1997 и 2004 гг.)

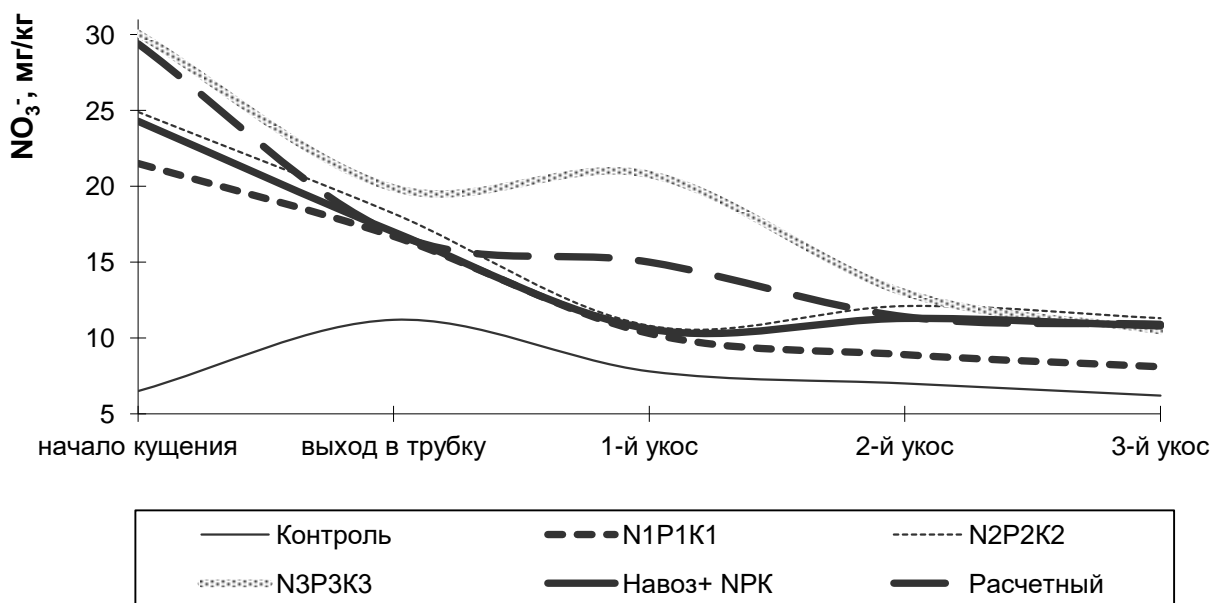


Рис. 8. Динамика нитратов в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под суданской травой в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 1997 и 2004 гг.)

На контрольном варианте содержание обеих рассматриваемых форм азота повышалось с начала вегетации (начало мая) до начала активного роста (середина июня). Затем оно стало убывать вследствие активизации потребления азота растениями, и достигло своего минимума к укосу (первая декада июля). Та же динамика наблюдалась и на удобренных вариантах, хотя максимальное содержание аммония и нитратов в почве приходилось на начало вегетации растений благодаря внесенным азотным удобрениям.

Удобрения обогащали почву аммонийным и нитратным азотом. При содержании в среднем за вегетацию поглощенного аммония и нитратов на контроле соответственно 33,1 и 8,5 мг/кг почвы одинарная, двойная и тройная дозы NPK повысили эти показатели на 4,3 и 5,2; 7,3 и 7,2; 10,0 и 10,1 мг/кг (13 и 61, 22 и 85, 30 и 119%). В варианте N₃P₃K₃ эти значения были максимальными.

В отдельные годы удавалось проследить за состоянием аммонийного и нитратного режимов почв под влиянием изменения доз отдельных питательных элементов в составе удобрения (результаты приведены в приложениях 1-3, 5-7, 13-15, 21-23, 25-27, 33-35). Отмечены общие закономерности для всех культур севооборота.

Так, одностороннее увеличение доз азота на фоне одинарных доз фосфора и калия повышало содержание обеих рассматриваемых форм азота в почве. Повышались эти показатели и при одновременном увеличении доз азота и фосфора. Одностороннее увеличение доз фосфора, а также калия либо не влияло, либо снижало содержание аммония и нитратов. По всей видимости, недостаток азота в составе удобрения возмещался за счет большего потребления его из почвы.

Рассматривая влияние разных систем удобрения (органо-минеральной и минеральной), особых различий по культурам мы не отметили. Некоторое увеличение по варианту навоз+NPK содержания поглощенного аммония наблюдалось в почве под многолетними травами (на 1,4 мг/кг, или 3,6%). При этом содержание нитратов, наоборот, снижалось (на 2,8 мг/кг, или 13,8%). Во

всех остальных случаях имели место тенденции увеличения содержания аммония. Содержание же нитратов снижалось по озимой пшенице 2-го поля, кукурузе на зерно и на силос и суданской траве на 0,4-0,9 мг/кг (2,4-5,6%), а по озимой пшенице 5-го поля – повышалось на 1,0 мг/кг (11,6%).

В пахотном слое почвы под всеми культурами аммония содержалось больше, чем в подпахотном, что связано с малой его подвижностью. В то же время разница между содержанием нитратов по слоям была незакономерной. В одних случаях нитратов было больше в пахотном, в других – в подпахотном слое. Это связано с повышенной подвижностью нитратов и постоянной миграцией их по профилю, а также усвоением растениями. О существенных потерях нитратов вследствие миграции их за пределы почвенного профиля даже при умеренных дозах удобрений указывают и другие авторы (Загорча К.Л. и др., 1980; Костров К.А., Малова А.В., Костров А.К., 1980; Кудеяров В.Н. и др., 1987; Захаров В.Н., Коваленко А.А., 1987; Амиров М.Б., 1991; Ступаков А.Г. и др., 2020 и др.).

В течение 4-х ротаций полевого севооборота (с 5-й по 8-ю) произошли некоторые изменения аммонийного и нитратного режимов почвы.

Исследования, проведенные С.Х. Дзанаговым (1994, 1999) в течение первых четырех ротаций данного севооборота, показали, что на неудобренном контроле от начала к концу 1-й ротации происходило повышение, а к концу 3-й – снижение содержания аммония по всему почвенному профилю, но в целом, эти изменения были незначительными. При систематическом внесении удобрений эта закономерность сохранилась, причем удобренные варианты отличались от неудобренного устойчивым преимуществом в накоплении аммиачного азота.

В наших наблюдениях в течение последующих четырех ротаций отмечено некоторое снижение содержания аммонийного и повышение содержания нитратного азота (табл. 21, 22).

Таблица 21 – Динамика содержания поглощенного аммония в черноземе

выщелоченном в результате длительного систематического применения
удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Слой, см	Среднее по ротациям (1994-2016 гг.)				Изменение (8 к 5)	
		5-я	6-я	7-я	8-я	мг/кг	%
Конт- роль	0-20	38,1	35,6	34,8	34,5		
	20-40	30,7	28,7	28,4	27,6		
	Ср.	34,4	32,1	31,6	31,0	-3,3	9,7
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	41,1	41,3	42,0	42,0		
	20-40	33,9	33,5	33,2	32,5		
	Ср.	37,5	37,4	37,6	37,2	-0,3	0,8
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	44,1	42,9	43,7	43,2		
	20-40	37,9	36,7	36,8	35,9		
	Ср.	41,0	39,8	40,3	39,5	-1,5	3,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	45,7	46,0	47,3	44,4		
	20-40	40,6	39,4	39,4	37,2		
	Ср.	43,2	42,7	43,3	40,8	-2,3	5,4
Навоз + NPK	0-20	43,9	43,8	44,5	42,9		
	20-40	37,3	36,8	37,3	35,0		
	Ср.	40,6	40,3	40,9	39,0	-1,6	4,0
Расчет- ный	0-20	46,3	45,4	47,2	46,6		
	20-40	39,7	37,2	38,7	37,7		
	Ср.	43,0	41,3	43,0	42,1	-0,9	2,0

На неудобренном контроле, содержание поглощенного аммония за 20-летний период снизилось более существенно - на 3,3 мг/кг почвы (9,7%), а на удобренных вариантах менее – на 0,3-2,3 мг/кг (0,8-5,4%). Вариант с одинарной дозой отличался наименьшим по сравнению с контролем и остальными вариантами снижением этого показателя, а наибольшим – вариант с тройной дозой NPK.

Таблица 22 – Динамика содержания нитратов в черноземе выщелоченном

в результате длительного (45 лет) систематического применения удобрений,
 мг/кг почвы

Вариант	Слой, см	Среднее по ротациям (1994-2016 гг.)				Изменение (8 к 5)	
		5-я	6-я	7-я	8-я	мг/кг	%
Конт- роль	0-20	8,1	7,9	7,6	11,1		
	20-40	8,0	7,5	7,5	11,0		
	Ср.	8,1	7,7	7,5	11,1	3,0	37,3
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	14,3	14,9	14,7	17,5		
	20-40	11,5	12,5	12,5	14,4		
	Ср.	12,9	13,7	13,6	16,0	3,1	23,7
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	14,8	17,9	16,7	19,3		
	20-40	14,2	16,1	15,5	17,9		
	Ср.	14,5	17,0	16,1	18,6	4,1	28,1
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	19,7	21,3	20,6	23,0		
	20-40	17,1	18,8	18,3	20,2		
	Ср.	18,4	20,0	19,4	21,6	3,2	17,4
Навоз + NPK	0-20	14,8	17,8	15,8	19,6		
	20-40	13,0	14,9	13,8	16,9		
	Ср.	13,9	16,4	14,8	18,3	4,4	31,3
Расчет- ный	0-20	17,8	19,5	19,4	21,6		
	20-40	14,4	16,2	16,1	17,6		
	Ср.	16,1	17,8	17,7	19,6	3,6	22,1

В отличие от аммония содержание нитратов за 20-летний период, на-оборот, несколько увеличилось: на неудобренном контроле - на 3,0 мг/кг почвы (37,3%), а на удобренных вариантах – на 3,1-4,4 мг/кг (24-31%).

Представляет интерес изменение этих показателей за 40-летний период (табл. 23).

Таблица 23 - Изменение содержания минерального азота в 0-20 см слое

чернозема выщелоченного в зависимости от системы удобрения,
 мг/100 г почвы, среднее за 1972-2012 гг.

(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2014)

Вариант	N-NH ₄ + N-NO ₃ (сумма)				
	1971 г.	1976 г.	1987 г.	2003 г.	2012 г.
Без удобрений	2,9	2,9	2,3	3,4	3,3
N ₂ P ₂ K ₂	2,9	2,9	4,1	4,3	4,4
Навоз+NPK	2,9	3,9	3,3	4,4	4,6

Примечание: N-NH₄ - аммонийный азот, N-NO₃ - нитратный азот,

Из данных табл. 23 видно, что без применения удобрений содержание минерального азота в слое 0-20 см за 40 лет наблюдений изменялось незначительно, однако прослеживается тенденция его уменьшения к середине периода наблюдений и дальнейшей стабилизации на уровне 3,3 мг/100 г почвы. При систематическом применении двойной дозы NPK указанный показатель заметно превосходил контроль во все периоды наблюдения, особенно в последние 10 лет - преимущество составило 1,1 мг/100 г почвы. Сочетание навоза с NPK не уступало двойной дозе NPK, превосходя контроль во все периоды наблюдения.

Обобщая данные по содержанию поглощенного аммония и нитратов в почве, мы приходим к выводу, что применение удобрений приводит к отчетливому улучшению азотного режима чернозема выщелоченного, обогащая его подвижными формами азота, повышая тем самым эффективное плодородие почвы, что подчеркивают и другие авторы (Бураков Г.Н., 1966; Агафонов Г.А., 1968; Фокеев П.М., Лопухов В.И., 1969; Голикова И.В., 1969; Джанаев Г.Г., 1970, 1984; Кудзин Ю.К. и др., 1970; Ключников В.Т., 1971; Андриеш С.В., 1971; Вязникова Н.И., 1971; Гадаев К.С., 1973; Валиев В.Е., 1975; Гизов В.С., 1980; Дзанагов С.Х., 1982, 1985, 1987, 1994, 1999; Соколов О.А., Семенов В.М., Агиев В.А., 1990; Хекилаев А.Б., 1994; Джанаев З.Г., 2004; Басиев А.Е., 2005; Бижоев В.М., Лифаненкова Т.П., Дзанагов С.Х., 2006; Кануков З.Т., 2009; Хадиков А.Ю., 2012; Ступаков, А.Г., Куликова М.А., Ореховская А.А., 2020; Ханикаев Б.Р., 2020; Гагиев Б.В., 2021 и др.).

3.3.2. Динамика подвижного фосфора

Наряду с азотом исключительно важную роль в жизни растений играет фосфор. Достаточно сказать, что фосфор входит в состав нуклеопротеидов, являющихся составной частью протоплазмы, а также участвующих в обмене веществ и превращении энергии (Петербургский А.В., Никитишен В.И., 1981; Ягодин Б.А., 1982 и др.).

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). Обеспеченность растений фосфором зависит от степени подвижности фосфатов, наличия устойчивого равновесия в почвенном растворе при достаточно высоком уровне концентрации фосфат-ионов (Петербургский А.В., Никитишен В.И., 1981; Смирнов П.М., Муравин Э.А., 1984; Ягодин Б.А., 1989 и др.).

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.).

При внесении в почву легкорастворимых соединений фосфора происходит значительная их ретроградация, образуются осадки фосфатов, и вслед-

ствии этого передвижение фосфора в почве происходит крайне слабо (Носко Б.С., Христенко А.А., 1983).

В наших наблюдениях в течение 4-х ротаций севооборота на неудобренном контроле под многолетними травами (рис. 9 и прил. 41-44) в течение вегетации содержание подвижного фосфора в почве колебалось волнообразно.

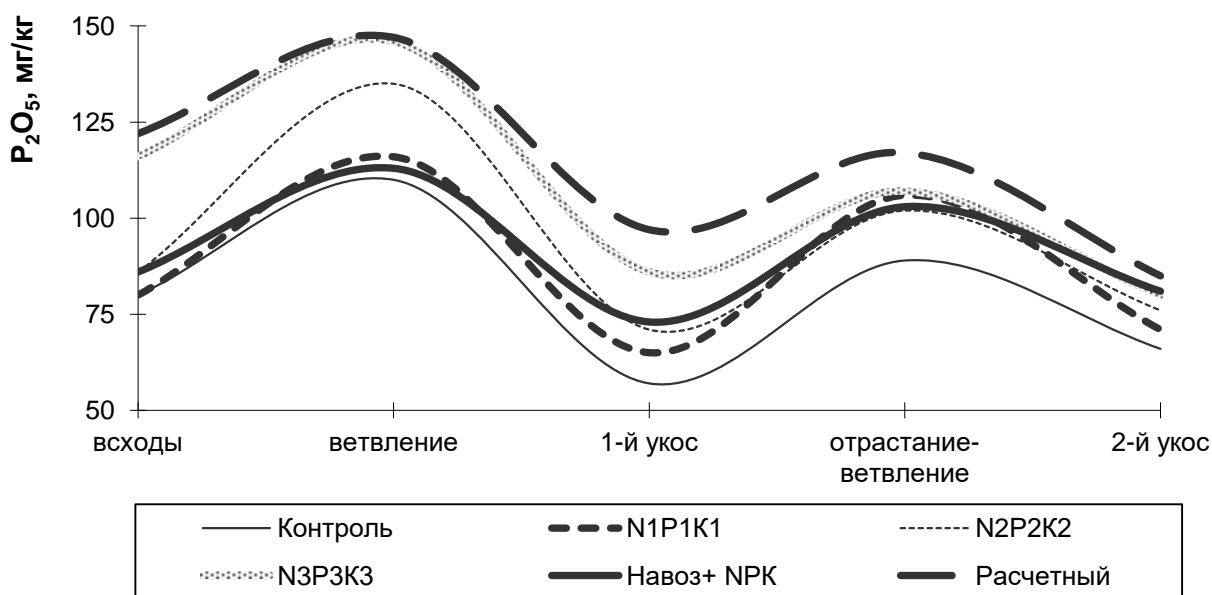


Рис. 9. Динамика подвижного фосфора в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под многолетними травами в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

К середине мая оно увеличивалось и достигало своего максимума. После 1-го укоса в почве вновь стал накапливаться подвижный фосфор, а ко 2-му укосу его содержание опять стало убывать. Волнообразные колебания подвижного фосфора в почве также связаны с потреблением его растениями и активизацией микроорганизмов, мобилизующих фосфор.

В начале вегетации на удобренных вариантах фосфора содержалось не намного больше, чем на контроле, несмотря на высокие дозы фосфора. Это объясняется химическим связыванием фосфора удобрений и превращением его в неподвижные фосфаты (Носко Б.С., Христенко А.А., 1983). Однако в течение вегетации мобилизация фосфора удобренных вариантов шла значи-

тельно интенсивнее, чем на контроле, и количество подвижного фосфора существенно превышало вариант без удобрений.

При содержании подвижного фосфора на контроле в среднем за вегетацию 81 мг/кг почвы по одинарной дозе NPK оно повысилось на 7 мг/кг (9%), двойной - на 13 мг/кг (16%), тройной – на 26 мг/кг (32%). Наибольшим содержанием подвижного фосфора отличался расчетный вариант – 114 мг/кг, это значение превышало контроль на 33 мг/кг, или 41%.

Фосфорный режим почвы под озимой пшеницей также характеризовался волнообразными колебаниями подвижного фосфора в течение вегетации (рис. 10 и прил. 45-48).

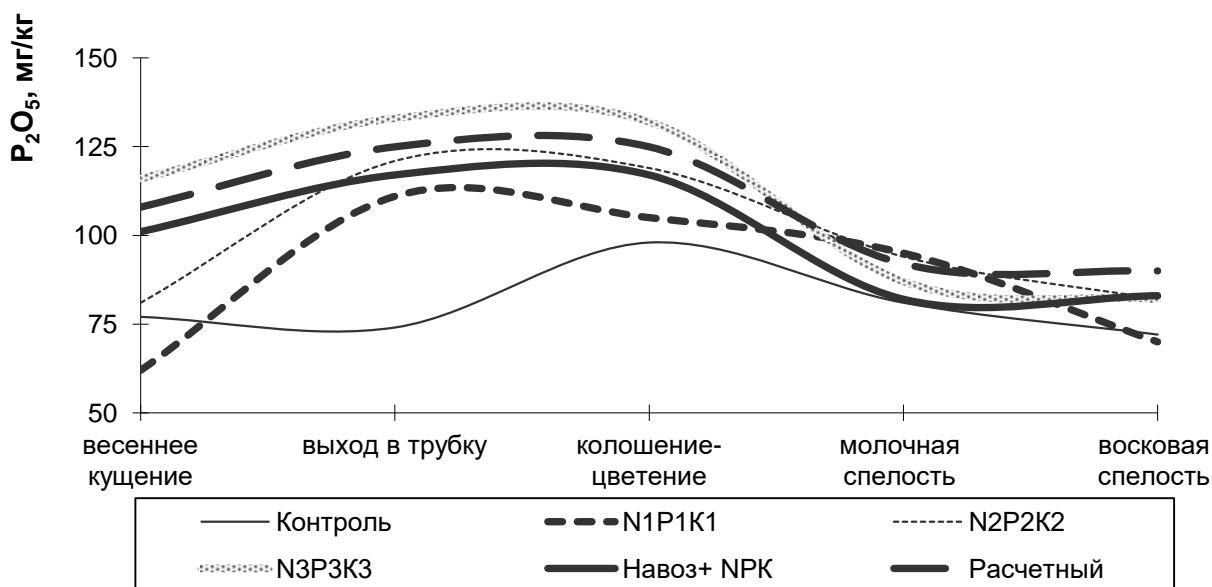


Рис. 10. Динамика подвижного фосфора в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей (2-е поле) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

Осенью и рано весной подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей было сравнительно мало. Это вполне естественно, так как связано с пассивностью в этот период микроорганизмов, мобилизующих фосфор. По мере прогревания почвы они активизировались, и к концу весны наблюдалось постепенное накопление подвижного фосфора в почве и достижение максимума к концу мая. Постепенно к началу созревания содержание его вновь снижалось.

Все удобренные варианты превышали контроль по содержанию подвижного фосфора. Если на контроле оно в среднем за вегетацию составляло 80 мг/кг почвы, то по одинарной дозе NPK повысилось на 8 мг/кг (10%), двойной - 19 мг/кг (24%), тройной – 30 мг/кг (38%) – максимальное содержание. Расчетный вариант незначительно уступал варианту с тройной дозой.

В почве под озимой пшеницей, размещаемой в 5-м поле севооборота, закономерности в отношении хода динамики подвижного фосфора почвы, а также влияния удобрений на его содержание, сохранялись с некоторой разницей в значениях этого показателя (прил. 49-52).

Несколько иной оказалась динамика содержания подвижного фосфора в почве под кукурузой на зерно (рис. 11 и прил. 53-56).

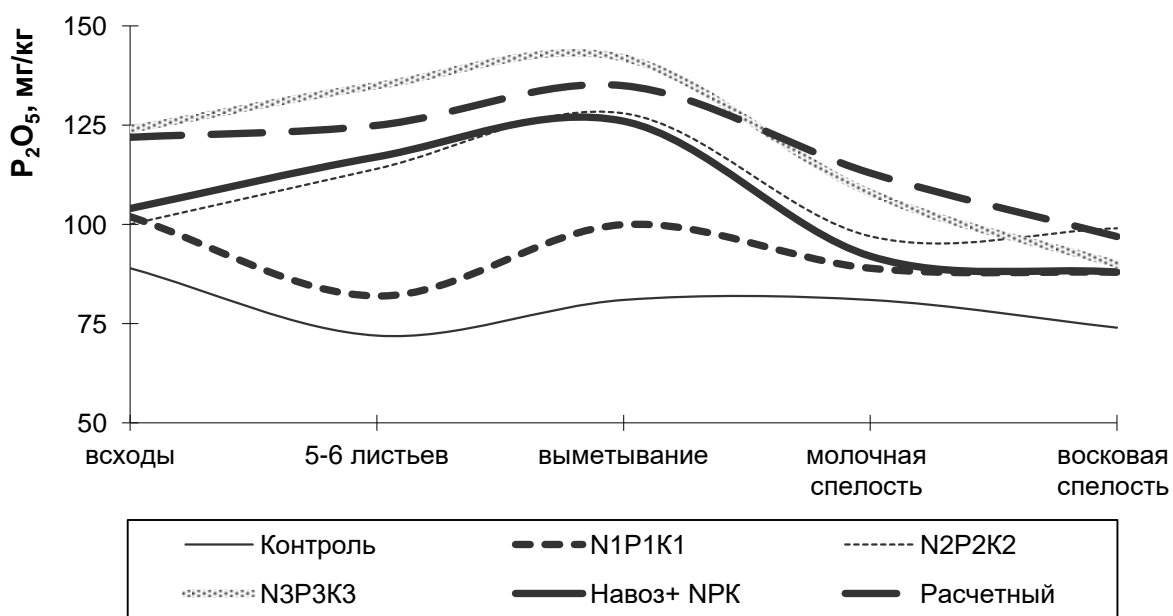


Рис. 11. Динамика подвижного фосфора в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

На неудобренном контроле максимальное его количество отмечалось в начале вегетации (середина мая), затем оно постепенно снижалось, достигнув минимума к уборке. Некоторое снижение этого показателя в первый межфазный период было характерно и для варианта с одинарной дозой NPK.

Удобренные варианты несколько отличались от контроля по характеру динамики. Здесь наибольшее содержание подвижного фосфора в почве наблюдалось в середине июля; видимо, в первый период вегетации фосфаты интенсивно потреблялись растениями. К уборке оно снижалось.

Все удобренные варианты по обеспеченности подвижным фосфором значительно превосходили контроль. При содержании его на контроле в среднем за 4 ротации 79 мг/кг почвы внесение одинарной дозы NPK повысило этот показатель на 13 мг/кг (16%), двойной - 29 мг/кг (37%), тройной и расчетной – 41 и 39 мг/кг (52 и 49%).

В почве под кукурузой на силос, размещаемой в 4-м поле севооборота в 2009 и 2015 годы, сохранялись такие же закономерности в отношении хода динамики фосфатного режима почвы, а также влияния удобрений на содержание подвижного фосфора с некоторой разницей в значениях этого показателя (прил. 57, 58).

Закономерности динамики подвижного фосфора в течение вегетации растений проявлялись и в почве под суданской травой (рис. 12 и прил. 59, 60).

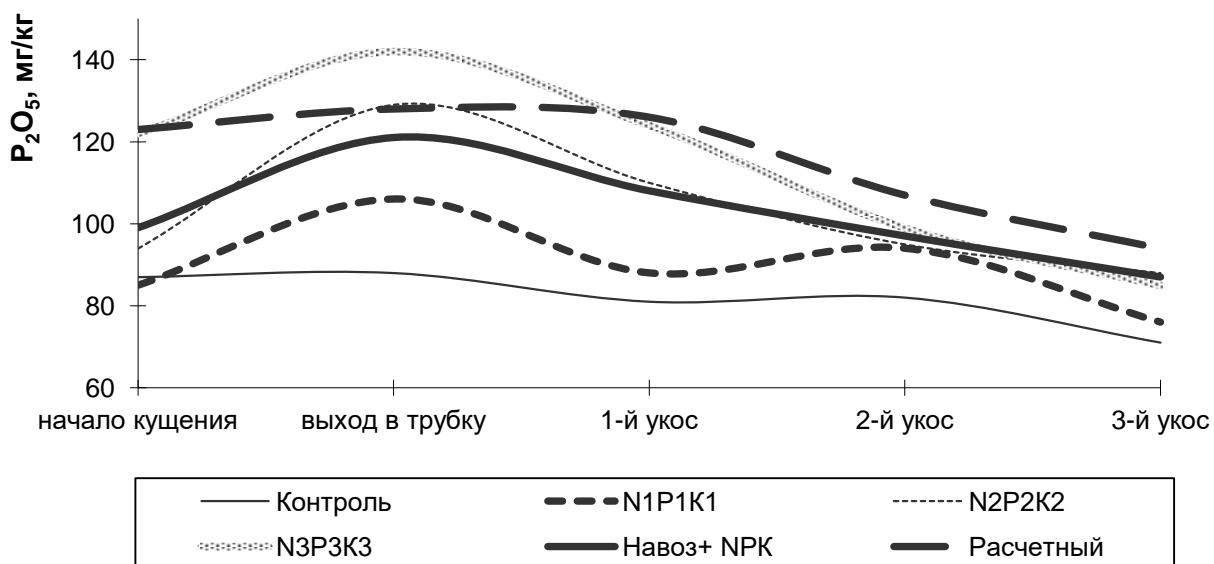


Рис. 12. Динамика подвижного фосфора в 0-40 см слое чернозема, выщелоченного под суданской травой в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 1997 и 2004 гг.)

На контрольном варианте содержание подвижного фосфора повышалось с начала вегетации (начало мая) до начала активного роста (середина июня). Затем оно стало постепенно убывать и достигло своего минимума к укосу (первая декада июля). Аналогичная динамика наблюдалась и на удобренных вариантах, хотя содержание подвижного фосфора на них было существенно выше, чем на контроле. При содержании его на контроле за исследуемый период 82 мг/кг почвы одинарная, двойная и тройная дозы NPK повысили этот показатель на 8, 21 и 32 мг/кг (10, 26 и 39%), а наибольшим выделялся расчетный вариант с содержанием фосфора в почве 116 мг/кг и превышением контроля на 34 мг/кг, или 41%.

Рассматривая влияние отдельных питательных элементов в составе удобрения, мы можем отметить следующее. На всех культурах одностороннее увеличение доз фосфора в составе удобрения несколько увеличивало содержание его подвижной формы. В почве под кукурузой на зерно этот показатель повышало и одновременное увеличение доз азота и фосфора в составе удобрения. На остальных культурах эта закономерность не проявлялась. Одностороннее увеличение доз азота и калия либо не влияло, либо несколько снижало содержание подвижного фосфора. При недостатке фосфора в составе удобрения, видимо, усиливалось использование его растениями из почвы.

В отношении данного показателя совместное внесение органических и минеральных удобрений не имело преимущества перед внесением одних минеральных.

Подвижным фосфором больше был обогащен пахотный слой, в который вносились удобрения, меньше - подпахотный. Это связано также с деятельностью растений, поглощающих корнями соединения фосфорной кислоты из глубоких слоев почвы и частично оставляющих фосфаты при отмирании в верхнем слое, где сосредоточена основная масса корней. В.Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур (1993) также считают, что под действием возрастающих доз фосфорных удобрений происходит значительное накопление легкорастворимых форм фосфора в пахотном слое почвы.

Однако отмечены случаи, когда преимущество имел подпахотный слой. Это является следствием либо некоторой миграции подвижных фосфатов по профилю почвы, либо большего усвоения их растениями из пахотного слоя.

Если проследить за изменением содержания подвижного фосфора в течение 4-х ротаций полевого севооборота, то можно констатировать некоторое его снижение по всем изучаемым вариантам (табл. 24).

Таблица 24 – Динамика содержания подвижного фосфора в черноземе выщелоченном в результате длительного систематического применения удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Слой, см	Среднее по ротациям (1994-2016 гг.)				Изменение	
		5-я	6-я	7-я	8-я	мг/кг	%
Конт- роль	0-20	91	88	82	81		
	20-40	76	75	76	71		
	Ср.	83	81	79	76	-7,3	-8,7
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	97	97	98	93		
	20-40	82	84	85	81		
	Ср.	89	91	91	87	-2,4	-2,7
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	119	107	111	107		
	20-40	95	89	91	87		
	Ср.	107	98	101	97	-10,0	-9,3
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	128	124	127	120		
	20-40	107	94	101	96		
	Ср.	118	109	114	108	-9,5	-8,1
Навоз + NPK	0-20	114	113	112	106		
	20-40	97	85	86	84		
	Ср.	106	99	99	95	-10,7	-10,1
Расчет- ный	0-20	131	122	122	116		
	20-40	111	102	100	97		
	Ср.	121	112	111	107	-14,4	-11,9

Если брать средние за ротацию значения этого показателя, то на неудобренном контроле содержание подвижного фосфора за 20-летний период снизилось на 7,3 мг/кг почвы (8,7%), а на удобренных вариантах – на 2,4-14,4 мг/кг (2,7-11,9%). Вариант с одинарной дозой отличался меньшим по сравнению с контролем и остальными вариантами снижением этого показателя.

Таблица 25 - Изменение содержания подвижного фосфора в 0-20 см слое чернозема выщелоченного в зависимости от системы удобрения, мг/100 г почвы, среднее за 1972-2012 гг.

(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2014)

Вариант	1971 г.	1976 г.	1987 г.	2003 г.	2012 г.
Без удобрений	15,6	15,3	14,8	8,1	7,5
N ₂ P ₂ K ₂	15,6	12,9	15,9	10,0	9,4
Навоз+NPK	15,6	13,5	16,1	11,5	9,6

Таблица 25 показывает, что в течение 40 лет содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы по сравнению с исходным на варианте без удобрений в начале снижалось незначительно, но в дальнейшем более резко, в 2 раза. Причин может быть несколько. Это закрепление подвижных фосфатов в виде труднорастворимых солей кальция, магния, алюминия и железа, потребление фосфора растениями, частичной миграцией его вниз по профилю почвы и т.д. Аналогичная динамика наблюдается и на удобренных вариантах, однако она проявляется в меньшей степени благодаря вносимому фосфорному удобрению. Так или иначе происходил процесс накопления подвижного фосфора в пахотном слое по сравнению с контролем, хотя исходный уровень не был достигнут.

Таким образом, полученные 20-летние данные свидетельствуют о положительном влиянии удобрений на фосфатный режим чернозема выщелоченного. Вносимые удобрения значительно обогащали почву подвижным фосфором. По мнению В.Г. Минеева, Б. Дебрецени, Т. Мазур (1993), применение физиологически кислых азотных и калийных удобрений существенно

мобилизует фосфор почвы. Аналогичные результаты приводят и многие другие авторы (Шконде Э.И., 1955; Чириков Ф.В., 1956; Cantir G., 1958; Клечковский В.М., Петербургский А.В., 1964; Простаков П.Е., 1964; Белов А.П., 1969; Фокеев П.М., Лопухов В.И., 1969; Yruber P., 1970; Джанаев Г.Г., Дзанагов С.Х., Газданов А.В., 1970; Ключников В.Т., 1971; Саришвили И.Ф. и др., 1971; Гадаев К.С., 1973; Загорча К.Л., Стратулат М.Ф., Тома С.И., 1975; Валиев В.Е., 1975; Усанова З.И., Ширяева А.Д., 1980; Гизоев В.С., 1980; Ляхов А.И., Петрова А.В., 1981; Стулин А.Ф., Кузьмина А.П., Саввина М.С., Стулина Н.В., 1982; Прудников В.А., Шкель М.П., Ращенья Н.С., 1982; Дзанагов С.Х., 1982, 1985, 1987, 1994, 1999; Шамрай Л.А., 1991; Debrezeni V., 1994; Соколов О.А., Семенов В.М., Агиев В.А., 1990; Хекилаев А.Б., 1994; Джанаев З.Г., 2004; Басиев А.Е., 2005; Бижоев В.М., Лифаненкова Т.П., Дзанагов С.Х., 2006; Кануков З.Т., 2009; Хадилов А.Ю., 2012; Ханикаев Б.Р., 2020; Гагиев Б.В., 2021 и др.).

3.3.3. Динамика обменного калия

Значение калия в жизни растений многообразно. Он способствует нормальному течению фотосинтеза, активизирует работу многих ферментов, увеличивает гидрофильность коллоидов протоплазмы, оказывает большое влияние на образование и превращение углеводов, а также аминокислот и белков (Петербургский А.В., Никитишен В.И., 1981).

Общее содержание калия в почвах высокое. Доступные же для растений формы калия составляют лишь около 1% от общего его запаса. Калий входит в состав почвенных минералов (силикатов и алюмосиликатов), а также находится в поглощенном состоянии. Растениям доступен воднорастворимый и обменный калий (Минеев В.Г., 1983).

Под влиянием химических и биологических процессов в почве происходит медленный переход калия из труднорастворимых соединений в усвояемые растениями формы, но объем этих превращений невелик. Наблюдается и об-

ратный процесс, особенно на почвах, содержащих много илестых частиц минералов – иллита, монтмориллонита и др. (Газданов А.В. и др., 2000).

Калий хорошо поглощается почвой, но на почвах, имеющих мало мелких илестых частиц, он способен частично вымываться осадками и при орошении в грунтовые воды (Смирнов П.М., Муравин Э.А., 1984).

Влияние удобрений на содержание обменного калия в почве разные авторы трактуют по-разному. Положительное влияние удобрений на накопление обменного калия в почвах отмечают в своих работах И.Г. Соборникова, Т.Н. Колесникова (1971), С.И. Власюк и др. (1977), А.С. Заришняк, П.Н. Шиян (1991), О.И. Громыко и др. (1991) и др.

Внесение удобрений не оказало существенного влияния на содержание в почве обменного калия в опытах Ю.Н. Нежнева (1970), В.Д. Голубева, В.В. Пронько (1978), Г.Г. Джанаева (1970, 1984), П.М. Фокеева, Н.А. Колчина (1984), С.Х. Дзанагова (1987, 1994) и др.

Все черноземы, особенно обыкновенные, хорошо обеспечены обменным калием, но на черноземе выщелоченном 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).

Динамика обменного калия в наших исследованиях также имела определенные закономерности (рис. 13 и прил. 61-64).

В почве под многолетними травами в среднем за 4 ротации севооборота на неудобренном контроле максимальное количество обменного калия сохранилось в начале вегетации, затем оно стало постепенно уменьшаться к 1-му укосу. После некоторого повышения оно вновь стало убывать и ко 2-му укосу достигло своего минимума. Очевидно, здесь сказывались химическая фиксация калия и потребление его растениями. По мнению А.Я. Ачканова, Ю.В. Хомутова, Э.К. Эйсерта (1984), сезонные изменения содержания обменного калия в почве невелики, так как микробиологические процессы играют здесь меньшую роль, чем в случае с азотом.

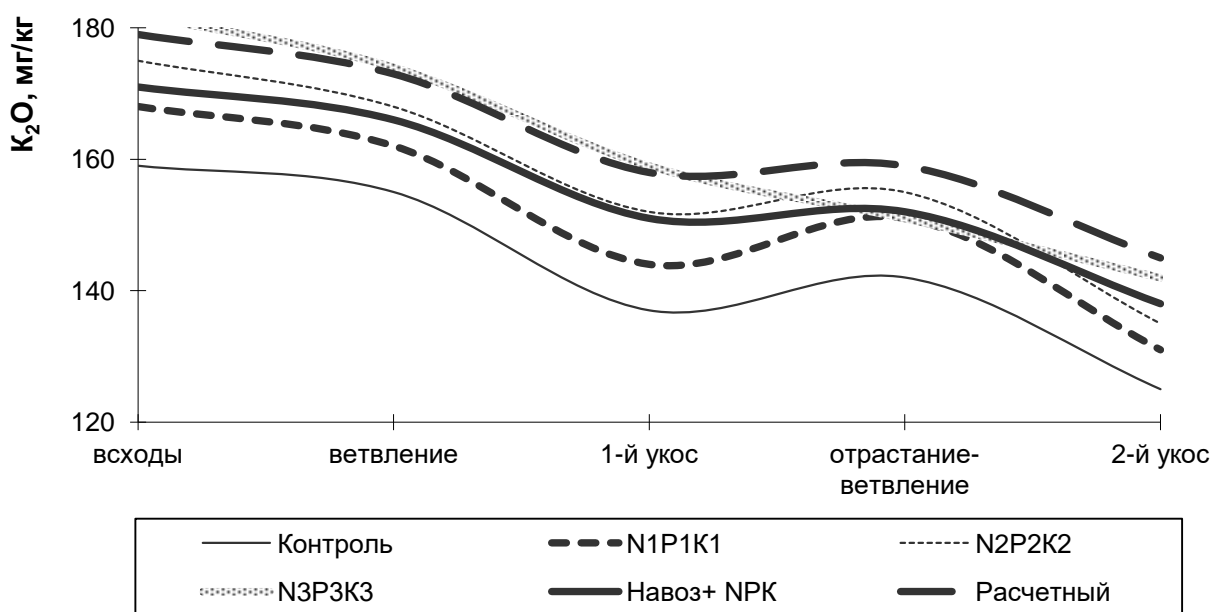


Рис. 13. Динамика обменного калия в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под многолетними травами в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

На удобренных вариантах в общем наблюдалась аналогичная картина. Несмотря на высокие дозы удобрения, содержание обменного калия на удобренных вариантах несильно превышало контроль. При содержании обменного калия на контроле 144 мг/кг почвы внесение одинарной дозы NPK повысило его всего на 7 мг/кг (5%), двойной, тройной и расчетной - на 13, 18 и 19 мг/кг (9, 13 и 13%). Такая небольшая разница между вариантами наблюдалась и по всем остальным культурам. По мнению А.М. Артюшина, В.П. Толстоусова, А.Х. Халитова (1967), при частой смене увлажнения и высыхания почвы калий, вносимый с удобрениями, особенно на черноземах, может переходить в необменное состояние, снижая свою доступность растениям.

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей была несколько иной. На неудобренном контроле максимальное количество обменного калия накапливалось в конце апреля к началу цветения, затем шло медленное убывание его содержания, а с начала созревания к моменту уборки – резкое снижение (рис. 14 и прил. 65-68).

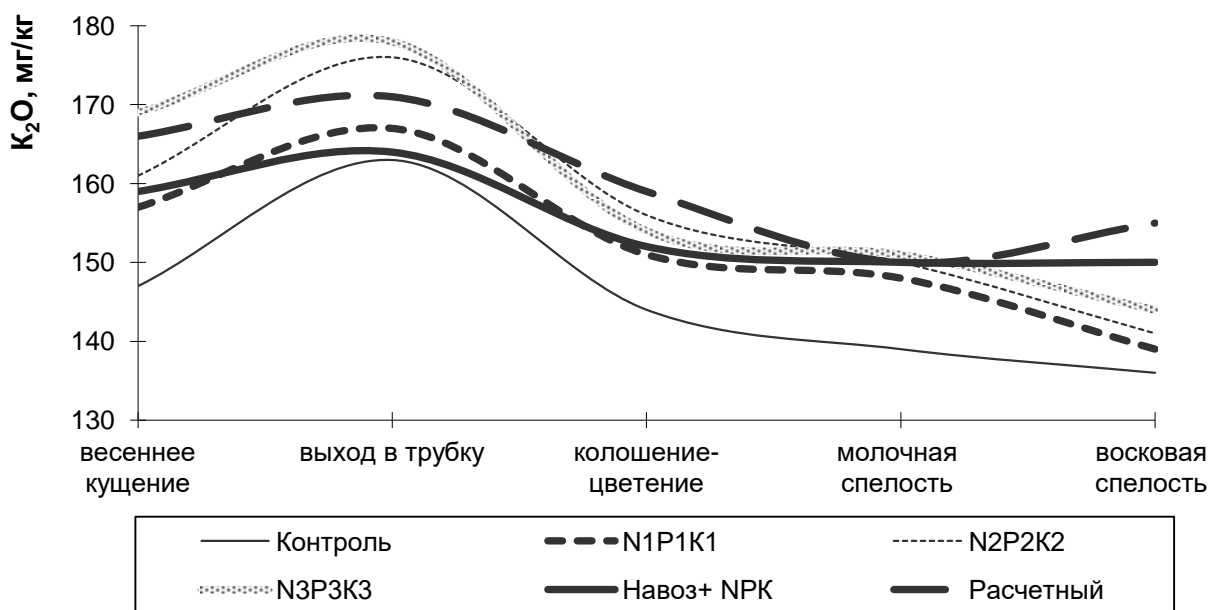


Рис. 14. Динамика обменного калия в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под озимой пшеницей (2-е поле) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 4 ротации)

На удобренных вариантах в весенне-летний период наблюдалась такая же динамика, но эти варианты превосходили контроль по содержанию обменного калия. В почве под озимой пшеницей, размещенной во 2-м поле, на варианте без удобрений содержалось обменного калия в среднем за 4 ротации 146 мг/кг почвы. Внесение NPK в одинарной, двойной, тройной дозах повысило этот показатель соответственно на 6, 11 и 13 мг/кг (4, 8 и 9%), а наибольшим значением этого показателя, превысившим контроль на 14 мг/кг почвы (10%), отличался расчетный вариант.

В почве под озимой пшеницей, размещаемой в 5-м поле севооборота, закономерности в отношении хода динамики обменного калия в почве, а также влияния удобрений на его содержание сохранялись лишь с некоторой разницей в значениях этого показателя (прил. 69-72).

В почве под кукурузой на зерно (прил. 22) на неудобренном контроле максимум в содержании калия наблюдался в начале вегетации (середина мая). Затем оно постепенно убывало и достигло минимума к уборке (рис. 15 и прил. 73-76).

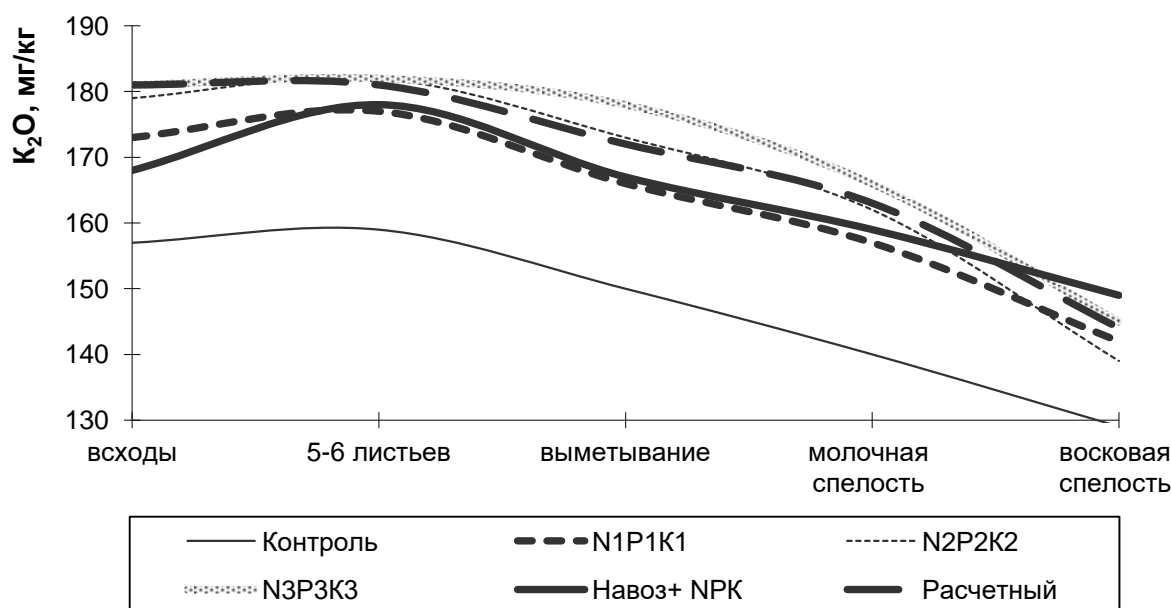


Рис. 15. Динамика обменного калия в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под кукурузой на зерно в зависимости от удобрений, мг/кг почвы

Удобрённые варианты имели аналогичную динамику, однако превосходили контроль по содержанию обменного калия в почве. Так, при содержании на контроле обменного калия 147 мг/кг почвы по одинарной, двойной и тройной дозам NPK оно повысилось соответственно на 16, 20 и 23 мг/кг (11, 14 и 16%). Последнее значение было максимальным в среднем за 4 ротации севооборота. Незначительно меньшим оно было в расчетном варианте.

В почве под кукурузой на силос, размещаемой в 4-м поле севооборота в 2009 и 2015 годы, сохранялись такие же закономерности в отношении хода динамики обменного калия, а также влияния удобрений на его содержание в почве с некоторой разницей в значениях этого показателя (прил. 77, 78).

В течение вегетации растений суданской травы проявлялись аналогичные закономерности динамики обменного калия в почве (рис. 16 и прил. 79, 80).

На всех вариантах содержание обменного калия несколько повышалось с начала вегетации (начало мая) до начала активного роста (середина июня). Затем, по мере активизации роста и развития растений, оно стало постепенно убывать, и достигло своего минимума к укосу (первая декада июля).

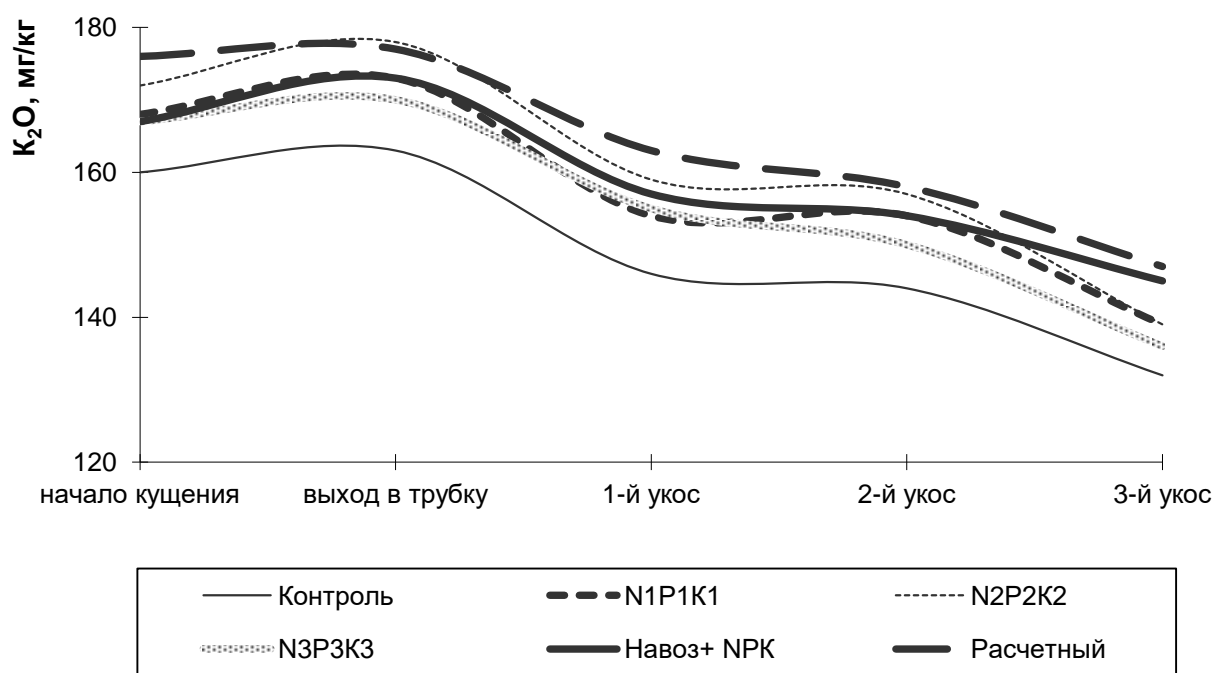


Рис. 16. Динамика обменного калия в 0-40 см слое чернозема выщелоченного под суданской травой в зависимости от удобрений, мг/кг почвы (ср. за 1997 и 2004 гг.)

Удобрения обогащали почву обменным калием. При содержании его в почве неудобренного варианта в среднем за вегетацию 149 мг/кг почвы одинарная, двойная и тройная дозы NPK повысили этот показатель на 9, 12 и 16 мг/кг (6, 8 и 11%). Наибольшее содержание обменного калия отмечено в варианте с тройной дозой NPK, немногим меньшее - в расчетном варианте.

На всех культурах одностороннее увеличение доз каждого элемента в отдельности практически не влияло на содержание обменного калия в почве.

С глубиной содержание калия убывало, что связано с большей активностью биологических процессов и внесением удобрений в пахотный слой.

В течение 4-х ротаций полевого севооборота произошло некоторое снижение содержания обменного калия в почве под культурами полевого севооборота по всем изучаемым вариантам (табл. 26).

Таблица 26 – Динамика содержания обменного калия в черноземе выщелоченном в результате длительного (20 лет) систематического применения удобрений, мг/кг почвы

Вариант	Слой, см	Среднее по ротациям (1994-2016 гг.)				Изменение (8 к 5)	
		5-я	6-я	7-я	8-я	мг/кг	%
Конт-роль	0-20	159	157	155	147		
	20-40	141	138	139	130		
	Ср.	150	148	147	138	-11,4	-7,6
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	167	167	166	162		
	20-40	149	147	151	144		
	Ср.	158	157	158	153	-5,2	-3,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	171	166	165	166		
	20-40	154	155	157	153		
	Ср.	162	160	161	160	-2,6	-1,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	173	172	170	167		
	20-40	159	170	159	159		
	Ср.	166	171	164	163	-3,1	-1,8
Навоз + NPK	0-20	168	167	169	166		
	20-40	150	153	152	150		
	Ср.	159	160	160	158	-1,3	-0,8
Расчет-ный	0-20	174	172	172	171		
	20-40	159	153	160	156		
	Ср.	167	163	166	164	-2,9	-1,7

На неудобренном контроле содержание обменного калия за 20-летний период снизилось более существенно - на 11,4 мг/кг почвы (7,6%), а на удобренных вариантах менее – на 1,3-5,2 мг/кг (0,8-3,3%). Вариант с одинарной дозой отличался большим по сравнению с контролем и остальными вариантами снижением этого показателя.

Таблица 27 - Изменение содержания обменного калия в 0-20 см слое чернозема выщелоченного в зависимости от системы удобрения, мг/100 г почвы, среднее за 1971-2012 гг.

(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2014)

Вариант	1971 г.	1976 г.	1987 г.	2003 г.	2012 г.
Без удобрений	19,1	17,4	13,4	15,8	12,8
N ₂ P ₂ K ₂	19,1	11,8	15,5	16,8	15,9
Навоз+NPK	19,1	10,5	14,7	16,9	15,6

Таблица 27 показывает, что без применения удобрений содержание обменного калия в пахотном слое чернозема выщелоченного со временем убывало и за 40 лет оно снизилось на 6,3 мг/100 г почвы за счет ежегодного выноса калия урожаем выращиваемых культур и, возможно, некоторой миграцией его катионов по профилю почвы. На удобренных вариантах происходила идентичная динамика с той лишь разницей, что они превосходили контроль на 2,8-3,1 мг /100 г почвы. При этом следует отметить, что эквивалентные варианты двойной дозы NPK и навоз + NPK практически не отличались друг от друга. Аналогичные результаты на данном типе почв получили и другие исследователи (Джанаев Г.Г., Дзанагов С.Х., Газданов А.В., 1970; Гадаев К.С., 1973; Валиев В.Е., 1975; Гизоев В.С., 1980; Дзанагов С.Х., 1982, 1985, 1987, 1994, 1999; Хекилаев А.Б., 1994; Джанаев З.Г., 2004; Басиев А.Е., 2005; Бижоев В.М., Лифаненкова Т.П., Дзанагов С.Х., 2006; Кануков З.Т., 2009; Хадиков А.Ю., 2012; Ханикаев Б.Р., 2020; Гагиев Б.В., 2021 и др.).

Таким образом, полученные 20-летние данные свидетельствуют о положительном влиянии удобрений на калийный режим чернозема выщелоченного. Вносимые удобрения значительно обогащали почву обменным калием.

Обобщая полученные экспериментальные данные показателей плодородия чернозема выщелоченного Центральной части Северного Кавказа, мы пришли к выводу о том, что игнорирование использования удобрений в сево-

обороте может снизить потенциальное и эффективное плодородие почвы. При применении минеральных и органических удобрений негативная тенденция сглаживается, особенно в отношении гумуса, содержание которого не только не снижается, но, наоборот, повышается.

Систематическое применение одних минеральных удобрений в севообороте в течение длительного периода времени увеличивает кислотность почвы, сумму поглощенных оснований и емкость поглощения, снижая степень насыщенности основаниями. Периодическое внесение навоза отчетливо ослабляет негативное действие минеральных удобрений, способствуя улучшению физико-химических свойств почвы.

Применение удобрений приводит к отчетливому улучшению азотного, фосфорного и калийного режимов чернозема выщелоченного, обогащая его подвижными формами азота, фосфора и калия, повышая тем самым эффективное плодородие почвы.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА КУЛЬТУР ПОЛЕВОГО СЕВОБОРОТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Урожайность сельскохозяйственной культуры определяется интенсивностью ростовых процессов, в частности, ростом растений в высоту, величиной ассимилирующей поверхности листьев, накоплением сухой биомассы. Высокая продуктивность сельскохозяйственных культур определяется динамически оптимальным соотношением отдельных элементов фотосинтеза. К основным из них относят: размер ассимиляционного аппарата, фотосинтетический потенциал, интенсивность и продуктивность фотосинтеза (Русакова Т.М., 1974; Anderson J.M., Melis A., 1983; Важов В.М., 2012).

Результаты многочисленных исследований показывают, что на все эти показатели существенно влияют удобрения (Газданов А.В., 1969; Сокаев К.Е., 1980; Лагада П.П., 1980; Гизоев В.С., 1980; Дзанагов С.Х., 1987, 1999; Хадикова Т.Б., 1997, 2009; Лазаров Т.К., 2001; Иваненко Т.А., 2003; Басиев А.Е., 2005; Раманова Т.Д., 2005; Шанталий И.В., 2006; Хвостиков Ю.А., 2007; Герасименко П.С., 2008; Кануков З.Т., 2009; Татрова М.Т., 2009; Хадиков А.Ю., 2012; Севостьянова А.А., 2019; Ханикаев Б.Р., 2020; Гагиев Б.В., 2021 и мн. др.).

Минеральное питание – один из основных регулируемых факторов, используемых для целенаправленного управления ростом и развитием растений с целью создания высокого урожая хорошего качества (Ягодин Б.А., 1989). 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. Рост и формирование биомассы растений

4.1.1. Динамика линейного роста растений

Рост и развитие – процессы, тесно связанные между собой, но не тождественные. Под ростом следует понимать увеличение массы и размеров тех или иных органов растений, под развитием же – качественные изменения, происходящие в их точках роста, которые ведут к образованию половых органов, цветению и плодоношению (Третьяков Н.Н. и др., 1998).

Рост растений можно рассматривать как процесс дифференцирования организма за счет образования новых и увеличения старых элементов его структуры (молекул, клеток, тканей и органов), оказывающий решающее влияние на распределение, перераспределение и использование образовавшихся при фотосинтезе и метаболизме органических веществ, поглощение минеральных солей и воды, идущих на образование поверхности органов и тканей, их регенерацию и на запасные отложения, а также многие другие процессы жизнедеятельности растения, выражая в известной мере баланс процессов синтеза и распада веществ в организме при его взаимодействии с условиями внешней среды (Мокронос А.Т., 1988; Шевелуха В.С., 1980; Никитин С.Н., 2017 и др.).

Умелое изменение соотношений питательных элементов во время вегетации при помощи минерального питания помогает управлять ростом и развитием растений (Журбицкий З.И., 1961).

В наших наблюдениях растения изучаемых культур на удобренных вариантах росли более энергично, чем на контроле.

В начале вегетации рост растений люцерны в высоту проходил менее энергично, с повышением доз удобрений, в условиях хорошей обеспеченности подвижными формами питательных элементов, этот процесс усиливался (рис. 17 и прил. 81).

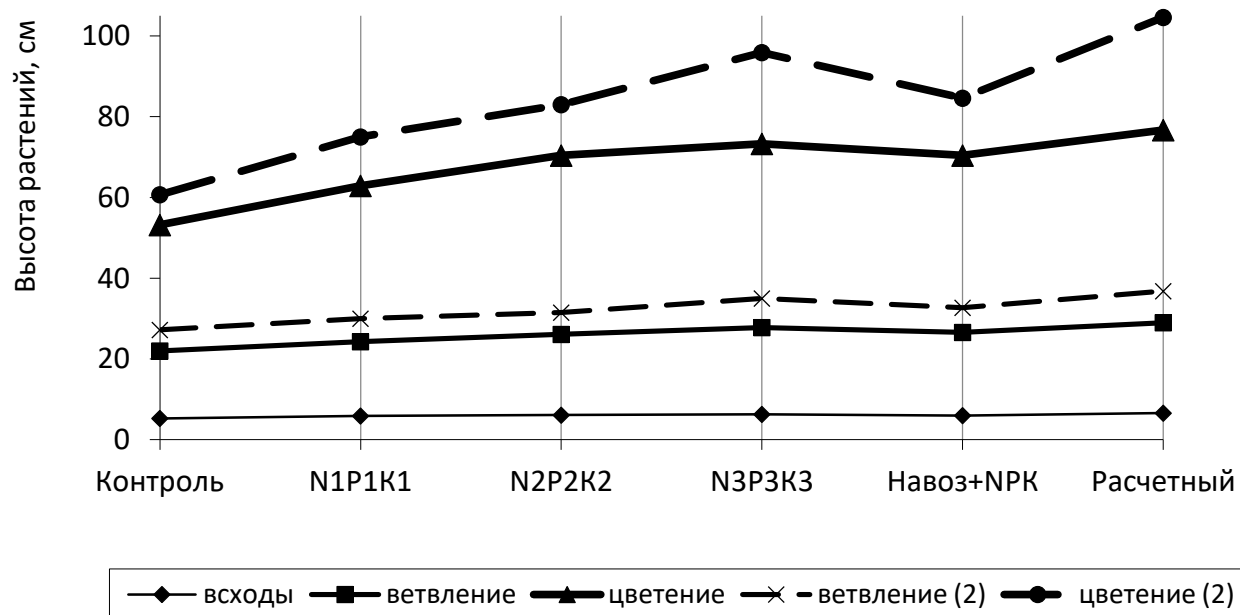


Рис. 17. Высота растений люцерны по фазам вегетации в зависимости от удобрений, см (ср. за 1994 и 2001 гг.)

В годы исследований удавалось получать по 2 укоса зеленой массы люцерны. При формировании биомассы первого укоса высота растений на контроле (в ср. за 1994 и 2001 гг.) составляла 5,3; 22,0 и 53,2 см соответственно в фазы всходов (начало апреля), ветвления (середина мая) и цветения (конец июня). На удобренных вариантах эти показатели были выше на 0,6-1,3; 2,3-7,0 и 9,7-23,5 см (11-25, 10-32 и 18-44%) соответственно в указанные фазы.

Среднесуточный прирост высоты растений в начале вегетации, на варианте без удобрений, на отрезке «начало апреля – середина мая» составлял 0,42 см/сут., а в дальнейшем, на отрезке «середина мая - конец июня» (к 1-му укосу) этот показатель увеличился более чем в 2 раза и составил 0,89 см/сут. На удобренных вариантах темпы роста были несколько выше – среднесуточный прирост составил 0,46-0,56 и 1,10-1,36 см/сут. соответственно в вышеуказанные периоды (рис. 18).

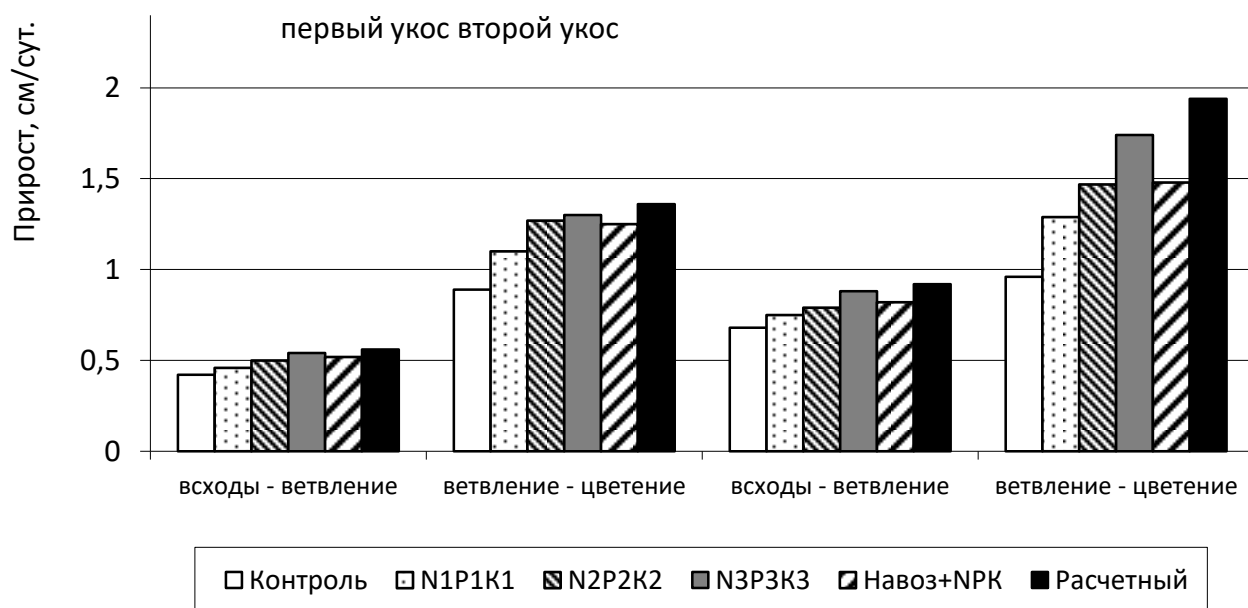


Рис. 18. Среднесуточный прирост высоты растений люцерны в межфазные периоды в зависимости от удобрений, см/сут. (ср. за 1994 и 2001 гг.)

Формирование биомассы второго укоса люцерны проходило более интенсивно, растения отличались большей на 7,5 см (14%) высотой на контроле и 12,1-27,9 см (19-36%) на удобренных вариантах, а среднесуточный прирост в межфазные периоды «отрастание - ветвление» и «ветвление - цветение» составил соответственно: на контроле - 0,68 и 0,96 см/сут., а на удобренных вариантах – 0,75-0,92 и 1,29-1,94 см/сут.

Под влиянием удобрений линейный рост люцерны усиливался. Так, высота растений увеличилась: при внесении одинарной дозы NPK на 9,7 и 14,3 см (18 и 24%), соответственно во время 1-го и 2-го укосов; двойной – на 17,2 и 22,3 см (32 и 37%); тройной – на 20,1 и 35,2 см (38 и 58%) по сравнению с контролем, где она составляла 53,2 и 60,7 см. Наибольшая высота отмечена в расчетном варианте – 76,7 см перед первым и 104,6 см - вторым укосами, что превосходило контроль на 23,5 и 43,9 см (44 и 72%).

В 2006 и 2012 годы в первом поле севооборота размещался клевер луговой. Урожай этой культуры, как и люцерны, формировался из 2 укосов. Рост клевера лугового проходил более интенсивно в период «отрастание – 2-й укос». По сравнению с 1-м укосом растения 2-го укоса отличались большей

высотой – на 9,2 см (16%) на контроле и 10,1-27,1 см (16-36%) на удобренных вариантах, а среднесуточный прирост составил 1,26 см/сут. на контроле и 1,36-1,90 см/сут. на удобренных вариантах. В остальном сохранялись аналогичные с люцерной закономерности с некоторой лишь разницей в величинах этих показателей (прил. 81).

В опытах А.А. Чухиль (2017) на черноземе выщелоченном Кубани при внесении одинарной дозы полного удобрения высота растений люцерны превышала контроль на 15-20%; двойных и тройных - на 22-33% и 29-39% соответственно (на контроле в 1-м, 2-м и 3-м укосах соответственно 52, 40 и 37 см). Аналогичные результаты приводят и другие авторы: В.Н. Бова (1973), Т.И. Иванова и др. (1982), А.Б. Хекилаев (1994), С.Х. Дзанагов (1999), Т.К. Лазаров (2001), А.Е. Басиев (2005), З.Т. Кануков (2009), М.Ю. Козырева, Л.Ж. Басиева (2020) и др.

Озимая пшеница в изучаемом севообороте размещена во 2-м поле (предшественник - многолетние травы) и в 5-м поле (предшественники: в 1999 и 2005 годах - суданская трава, в 2010 и 2016 - кукуруза на силос).

По данным многочисленных исследований, в условиях лесостепной зоны Северного Кавказа энергичный рост растений озимой пшеницы начинается с начала апреля (фаза весеннего кущения) и сохраняет темпы до конца мая (колошение-цветение) (Дзанагов С.Х., Цуциев Р.А., 2019).

Эти закономерности проявились и в наших исследованиях (рис. 19 и прил. 82). В среднем за 4 ротации севооборота растения озимой пшеницы 2-го поля в фазы: кущения, выхода в трубку, колошения-цветения и молочной спелости имели высоту на варианте без удобрений соответственно: 12,2; 32,1; 75,5 и 79,6 см, а при внесении одинарной дозы NPK она увеличилась соответственно в указанные фазы на 2,1; 5,9; 7,4 и 10,9 см (17, 18,10 и 14%); двойной - на 4,6; 10,5; 16,6 и 20,7 см (38, 33, 22 и 26%); тройной - на 7,1; 14,7; 20,9 и 23,4 см (58, 46, 28 и 29%), а наибольшей высотой отличались растения расчетного варианта, высота которых превышала аналогичный показатель контроля на 7,4; 14,8; 22,8 и 24,8 см (61, 46, 30, и 31%).

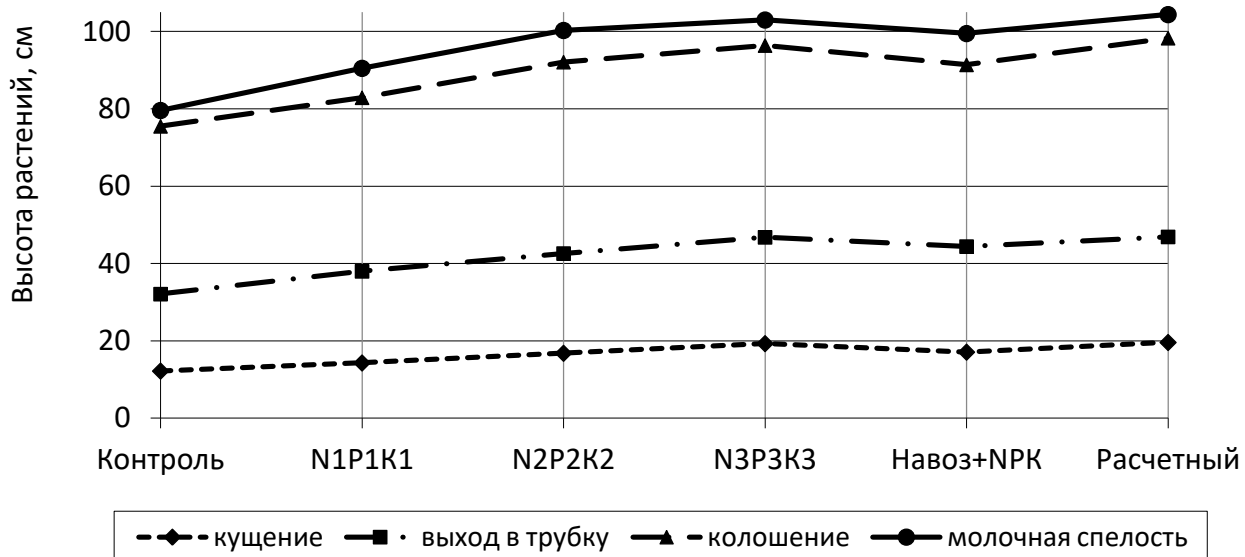


Рис. 19. Высота растений озимой пшеницы (2-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, см (ср. за 4 ротации)

Среднесуточный прирост на контроле в начале вегетации, на отрезке «начало апреля – конец апреля» (весеннее кущение – выход в трубку) составил 0,80 см/сут., а к фазе колошения, на отрезке «конец апреля - конец мая» этот показатель увеличился в 2,2 раза и достиг 1,74 см/сут. (рис. 20).

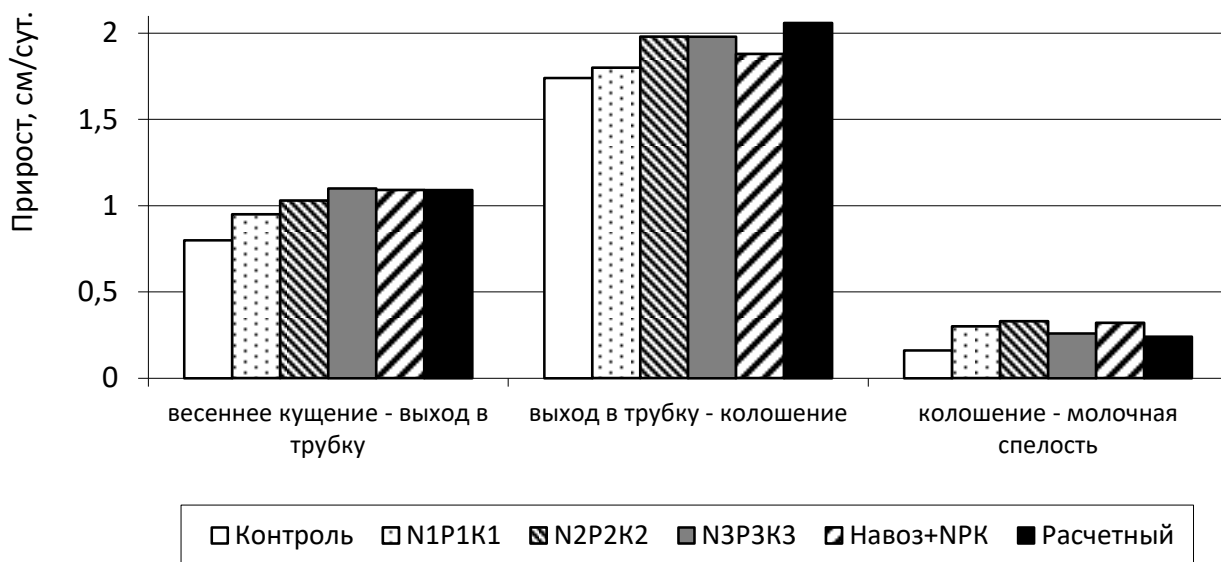


Рис. 20. Среднесуточный прирост растений озимой пшеницы (2-е поле) в межфазные периоды в зависимости от удобрений, см/сут. (ср. за 4 ротации)

На удобренных вариантах темпы роста были существеннее – среднесуточный прирост составил в указанные выше межфазные периоды соответственно 0,95-1,10 и 1,80-2,06 см/сут. К фазе молочной спелости (2-я декада июня) растения озимой пшеницы продолжали расти, но темпы роста резко замедлялись, а среднесуточный прирост составил 0,16 см/сут. на контроле и 0,24-0,33 см/сут. – на удобренных вариантах. На всех вариантах растения озимой пшеницы достигали максимальной высоты в фазу молочной спелости. Среди вариантов лидировал расчетный.

На эквивалентных по содержанию NPK вариантах разных систем удобрений растения озимой пшеницы по высоте практически не различались.

В отношении показателей роста растений озимой пшеницы, размещаемой в 5-м поле севооборота, сохранялись аналогичные закономерности с некоторой разницей в их значениях (прил. 85).

Аналогичные результаты приводят в своих работах Л.И. Мазуркевич (1972), А.Д. Хлыстовский и др. (1978), А.Б. Хекилаев (1994), Т.К. Лазаров (2001), А.Е. Басиев (2005), З.Т. Кануков (2009), А.В. Коваль (2019), Б.Р. Ханикаев (2020), Б.В. Гагиев (2021) и мн. др.

Рост растений кукурузы на зерно в начале вегетации был менее энергичен, с фазы 5-6 листьев (начало июня) до фазы выметывания (середина июля) темпы роста резко усиливались, после чего так же резко замедлялись и к фазе молочной спелости (середина августа) прекращались вовсе (рис. 21 и прил. 83).

Динамика ростовых процессов на неудобренном контроле и удобренных вариантах была идентичной, однако по количественным показателям роста удобренные варианты имели явное преимущество. Так, в среднем за 4 ротации севооборота, в фазы всходов и 5-6 листьев соответственно высота растений кукурузы на зерно на варианте без удобрений составляла 17,9 и 38,4 см, а на варианте с одинарной дозой NPK растения оказались выше: на 2,6 и 6,5 см (15 и 38%); двойной - на 3,6 и 12,5 см (20 и 35%); тройной - на 3,6 и 15,9 см (20 и 35%) соответственно в указанные фазы.

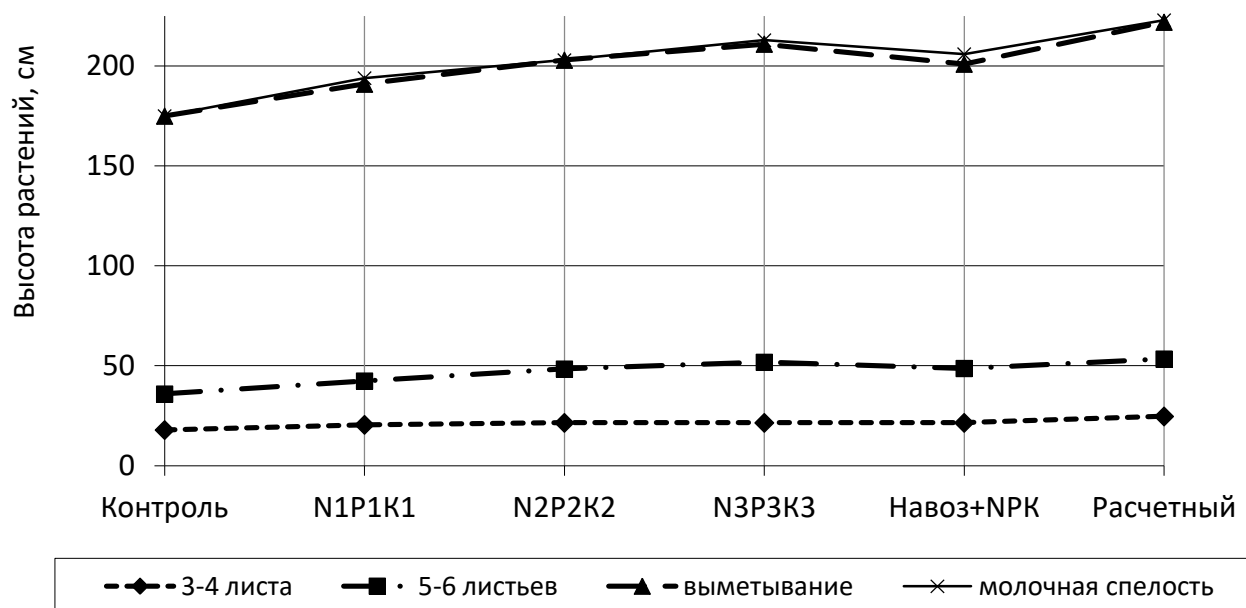


Рис. 21. Высота растений кукурузы на зерно по фазам вегетации в зависимости от удобрений, см (ср. за 4 ротации)

Растения кукурузы достигали максимальной высоты в фазу выметывания и молочной спелости. На контроле она составляла 175 и 175 см, а на вариантах с одинарной, двойной и тройной дозами NPK этот показатель был выше, чем на контроле на 16,0 и 19,0 (9 и 11%); 28,0 и 28,0 (16 и 16%); 36,0 и 38,0 (21 и 22%) соответственно в указанные фазы. Наибольшей высотой в течение всей вегетации кукурузы на зерно отличались растения расчетного варианта. В указанные 4 фазы онтогенеза их высота составляла 24,7; 53,4; 222 и 223 см соответственно, а преимущество над контролем - 6,8; 17,5; 47,0 и 48,0 см (38, 49, 27 и 27%) соответственно.

Динамика роста растений кукурузы на силос имела аналогичные с кукурузой на зерно закономерности (прил. 84).

Среднесуточный прирост растений кукурузы на неудобренном контроле в начале вегетации, на отрезке «середина мая – начало июня» (посев - 5-6 листьев) составил 0,90 и 0,99 см/сут. (на зерно и на силос соответственно), а к фазе выметывания (середина июля) этот показатель увеличился почти в 3,9 и 3,4 раза и составил 3,48 и 3,41 см/сут. (рис. 22).

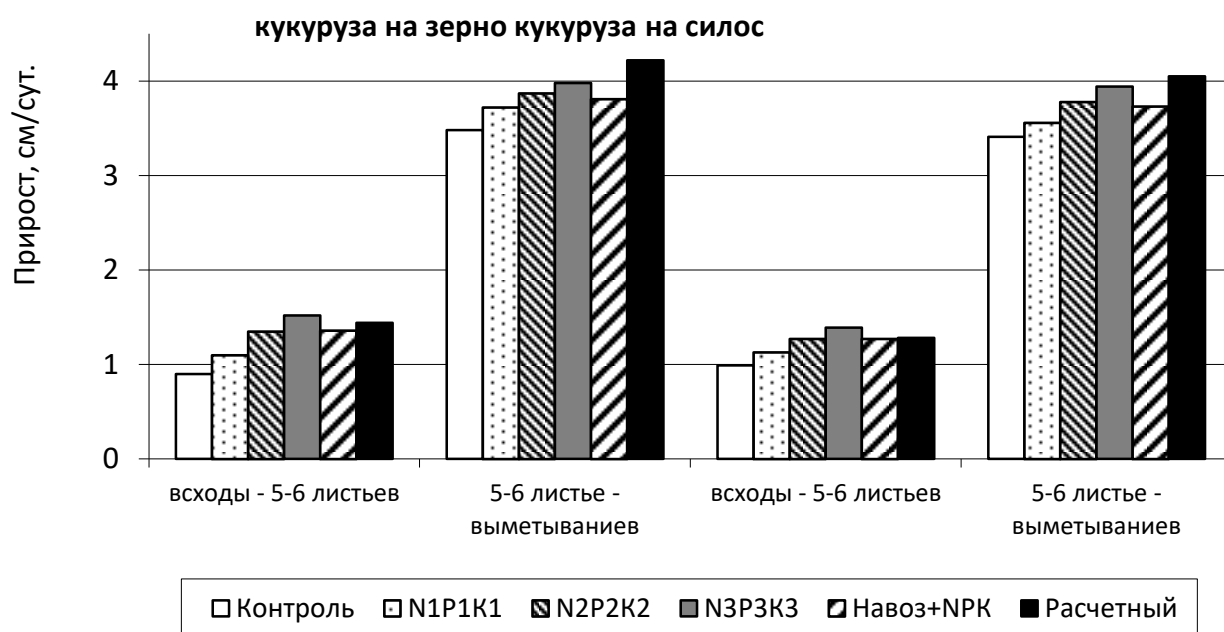


Рис. 22. Среднесуточный прирост высоты растений кукурузы в межфазные периоды в зависимости от удобрений, см/сут. (ср. за 4 ротации)

На удобренных вариантах среднесуточный прирост в указанные выше межфазные периоды находился в пределах: 1,10-1,52 и 3,72-4,22 см/сут. (кукуруза на зерно) и 1,13-1,39 см и 3,56-4,05 см/сут. (кукуруза на силос). К фазе молочной спелости (середина августа) рост растений кукурузы резко замедлялся, а среднесуточный прирост был незначительным.

Положительное влияние вносимых удобрений на рост кукурузы отмечают в своих работах многие авторы (Артюхов И.К. и др., 1970; Володарский Н.И., 1975; Сыкало Н.Г., 1976; Хинчагов Т.С. и др., 1999 и др.; Адаев Н.Л., 2016; Гегкиев А.Б., Дзанагов Т.С., Цуциев Р.А. и др., 2019 и др.)

Рост растений суданской травы в разные периоды происходил с разной интенсивностью. Это обуславливается многими факторами, среди которых особое место занимает питательный режим почв.

Наши наблюдения в различные фенологические фазы показали, что на первом этапе развития рост суданской травы был менее интенсивный, в дальнейшем этот процесс усиливался (рис. 23 и прил. 84).

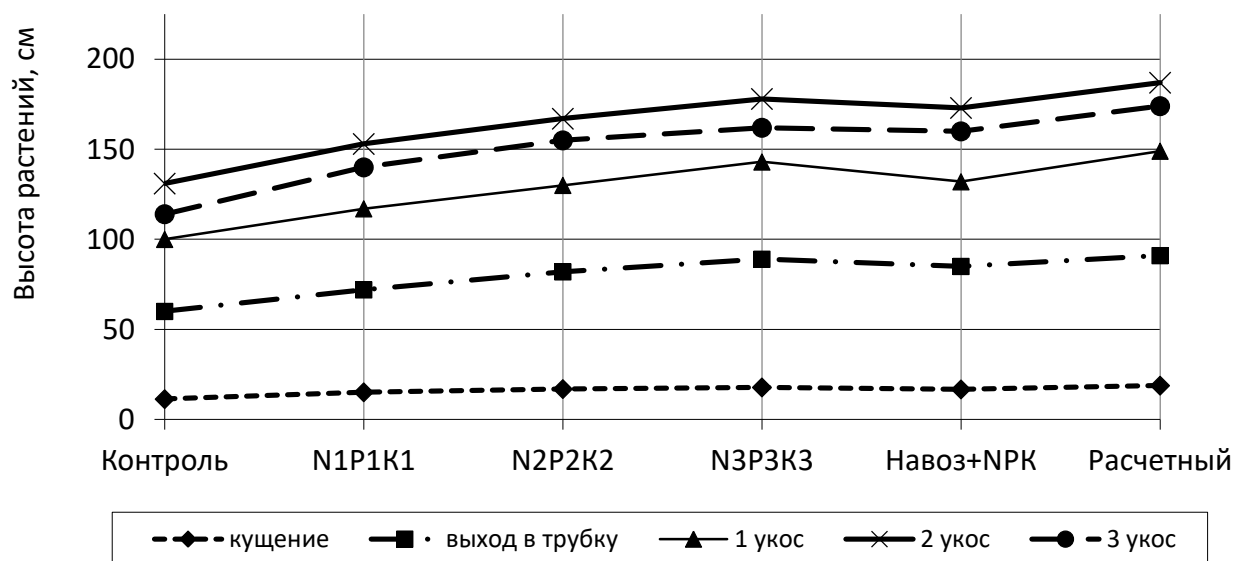


Рис. 23. Высота растений суданской травы по фазам вегетации в зависимости от удобрений, см (ср. за 1997 и 2004 гг.)

В годы исследований на суданской траве удавалось получать по 3 укоса. В период вегетации растений до 1-го укоса их высота (в среднем за 1997 и 2004 гг.) на варианте без удобрений составляла в фазы начала кущения (начало мая), выхода в трубку (середина июня) и выметывания (начало июля) - 11,3; 60 и 100 см соответственно. На удобренных вариантах эти показатели были выше: по одинарной дозе NPK - на 3,8; 12 и 17 см (34, 20 и 17%), двойной - на 5,6; 22 и 30 см (50, 37 и 30%), тройной - на 6,5; 29 и 43 см (58, 49 и 43%) соответственно в указанные фазы.

В начале вегетации на контрольном варианте в межфазный период «начало кущения - выход в трубку» среднесуточный прирост составил 1,61 см, а в дальнейшем, до фазы бутонизации (к 1-му укосу) этот показатель увеличился до 2,03 см (рис. 24). На удобренных вариантах среднесуточный прирост в указанные периоды находился в пределах 1,88-2,41 и 2,28-2,90 см/сут. соответственно. Согласно данным ряда исследователей, чем выше температура в период «всходы – кущение», тем выше интенсивность роста (Шатилов И.С., Мовсисянц А.П., Драненко И.А. и др., 1984; Ващенко Т.Г., 2004; Биктимиров Р.А., 2012. и др.).

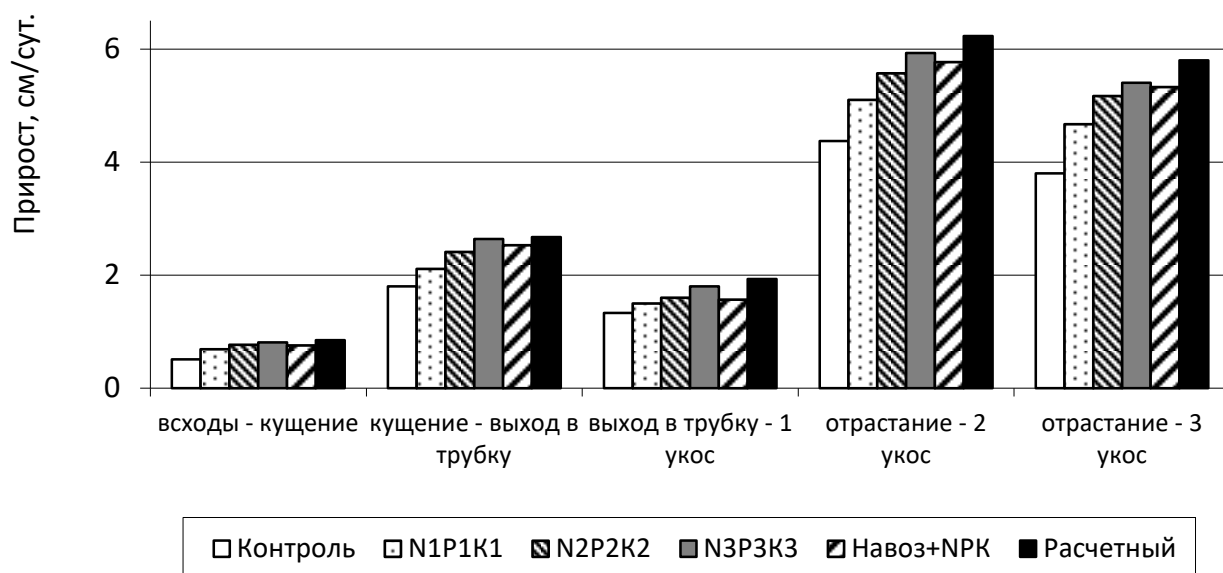


Рис. 24. Среднесуточный прирост высоты растений суданской травы в меж-фазные периоды в зависимости от удобрений, см/сут. (ср. за 1997 и 2004 гг.)

В периоды 2-го и 3-го укосов растения суданской травы на варианте без удобрений имели высоту соответственно 131 и 114 см. При внесении одинарной дозы NPK высота растений увеличилась соответственно на 22 и 26 см (17 и 23%); двойной - на 36 и 41 см (27 и 36%), тройной - на 47 и 48 см (36 и 42%). Наибольшей высотой в течение всей вегетации отличались растения расчетного варианта - в фазы всходов и выхода в трубку они были выше, чем на контроле, на 7,5 и 32 см (66 и 53%), а в периоды 1-го, 2-го и 3-го укосов - на 49, 56 и 60 см (49, 43 и 53%) соответственно.

По периодам укосов суданской травы на первом месте по высоте оказались растения 2-го укоса, на втором - 3-го, затем - 1-го. По отношению к 1-му укосу растения 2-го укоса были выше на 31 см (31%) на контроле и 36-41 см на удобренных вариантах, а растения 3-го укоса - 14 см (14%) на контроле и 19-25 см (13-21%) на удобренных вариантах.

Среднесуточный прирост первой, второй и третьей вегетаций суданской травы составил соответственно 1,77; 3,74 и 3,26 см/сут. - на контроле и 2,04-2,60; 4,37-5,34 и 4,00-4,97 см/сут. - на вариантах с удобрениями.

Аналогичные результаты получены И.С. Шатиловым, А.П. Мовсисянц, И.А. Драненко и др. (1984), В.Н. Неверовым (2003), И.В. Рахмановым (2004) Т.Г. Ващенко (2004), Р.А. Биктимировым (2012) и др.

Таким образом, удобрения способствовали существенному увеличению высоты растений всех культур изучаемого севооборота. По мере увеличения уровня минерального питания рост растений усиливался. Максимальной высота растений всех культур отмечена в фазу цветения - начала созревания. Среди вариантов в течение всей вегетации преимущество имели растения расчетного варианта. Совместное внесение органических и минеральных удобрений практически не имело преимущества перед внесением одних минеральных.

4.1.2. Динамика площади листовой поверхности

Основным условием высокой продуктивности растений является хорошо развитый фотосинтетический аппарат, способный создавать большое количество ассимилятов. Создание большой листовой поверхности, ассимилирующей солнечный свет и действующей долгое время, является одним из важнейших факторов, влияющих на формирование биологического урожая. Как величина, так и динамика этого фотосинтетического показателя находится в тесной зависимости от условий выращивания: минерального питания, влагообеспеченности, температурного режима, почвенного плодородия и т.д. Желаемую площадь листовой поверхности можно получить при достаточном обеспечении растений питательными веществами, в чем огромная роль принадлежит вносимым удобрениям (Журбицкий З.И., 1961, Кумаков В.А., 1972; Гукова М.М., 1974; Кормилицын В.Ф., 1981; Вавилов П.П., Скоблина В.И., 1981; Ничипорович А.А., 1982; Пожилов В.И., Таранов М.И., 1983; Сабанова А.А., Фарниев А.Т., 1996; Третьяков Н.Н. и др., 1998, Колчанов А.В., Щедрин В.Н., Бурдун А.А., 1999; Silva E.I.L.et. al., 2002; VanWijk M. T., Williams M., 2005; Ерошенко А.А., 2014; Чурзин В.Н., Дубовченко Д.О., 2020 и др.).

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).

В наших наблюдениях формирование листового аппарата у люцерны происходило по мере роста - менее энергично в начале вегетации и интенсивно к фазе бутонизации (рис. 25 и прил. 86).

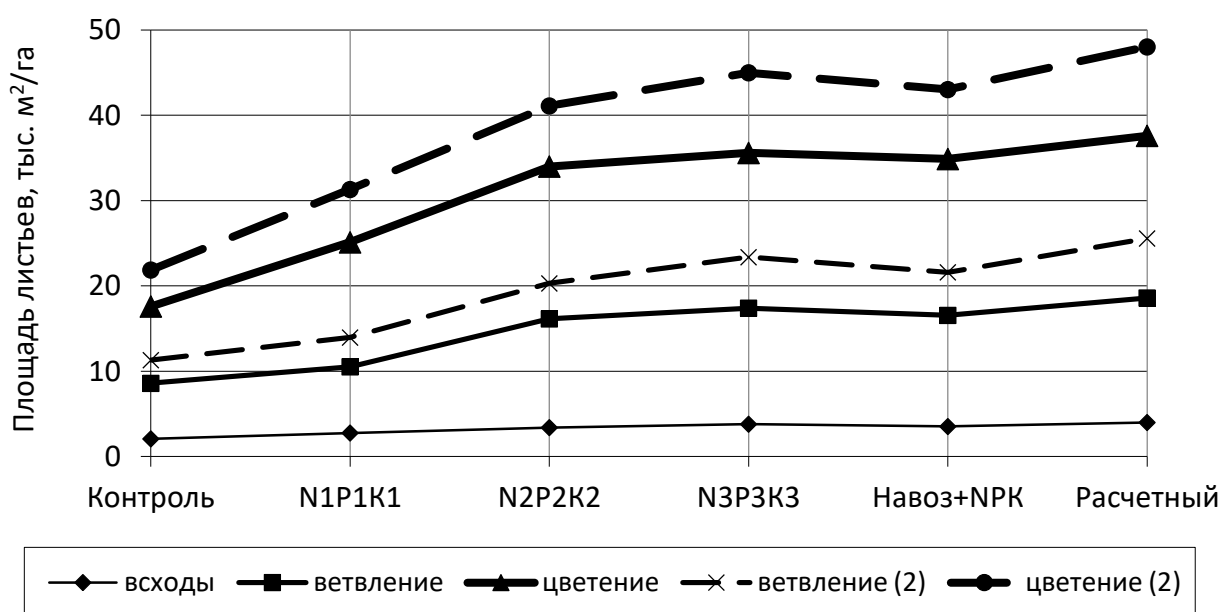


Рис. 25. Площадь листьев люцерны по фазам вегетации в зависимости от удобрений, тыс. м²/га (ср. за 1994 и 2001 гг.)

В период вегетации до 1-го укоса (в среднем за 1994 и 2001 гг.) площадь листовой поверхности растений люцерны на неудобренном контроле составляла 2,1; 8,6 и 17,6 тыс. м²/га соответственно в фазы всходов (начало апреля), ветвления (середина мая) и цветения (конец июня). На удобренных вариантах эти показатели были значительно выше: по одинарной дозе NPK - на 0,7; 1,9 и 7,5 тыс. м²/га (33, 22 и 43%); двойной - на 1,3; 7,5 и 16,4 тыс. м²/га (62, 87 и 93%), тройной - на 1,7; 8,8 и 18,0 тыс. м²/га (81, 10 и 102%) соответственно в указанные фазы.

Если в начале вегетации, на варианте без удобрений, на отрезке «начало апреля – середина мая» (всходы - ветвление) среднесуточный прирост составил $163 \text{ м}^2/\text{га}/\text{сут.}$, то в дальнейшем, на отрезке «середина мая - конец июня» (к 1-му укосу) этот показатель увеличился в 1,6 раза и составил $258 \text{ м}^2/\text{га}/\text{сут.}$ (рис. 26).

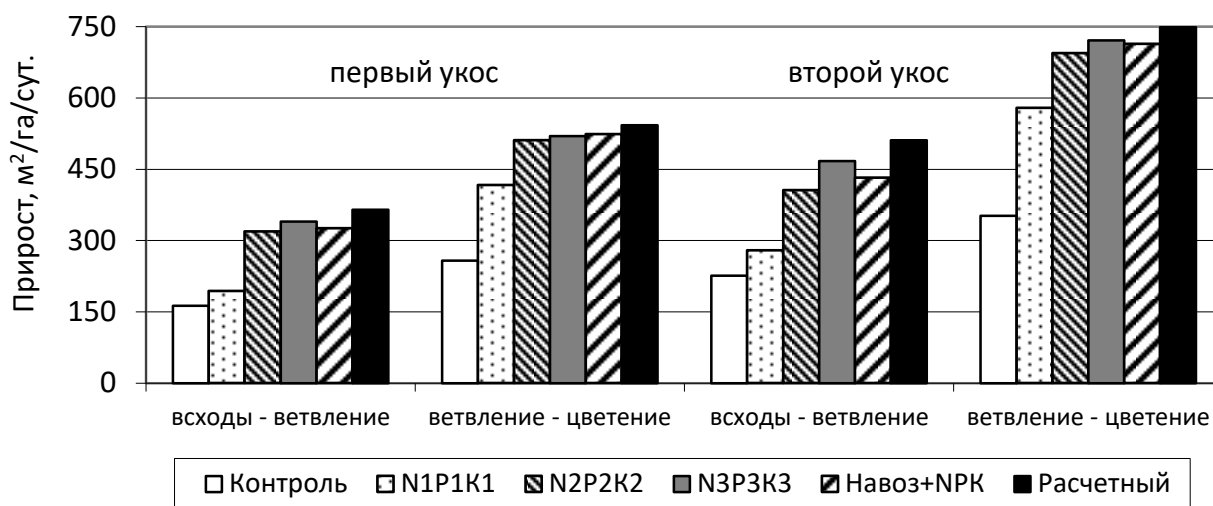


Рис. 26. Среднесуточный прирост площади листьев растений люцерны в межфазные периоды в зависимости от удобрений, $\text{м}^2/\text{га}/\text{сут.}$ (ср. за 1994 и 2001 гг.)

На удобренных вариантах темпы прироста были значительно выше – среднесуточный прирост составил $194-365$ и $417-543 \text{ м}^2/\text{га}$ соответственно за указанные периоды.

После 1-го укоса формирование листостебельной массы люцерны проходило более интенсивно, растения 2-го укоса отличались большей по сравнению с растениями 1-го укоса площадью листовой поверхности на $4,3$ тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ (24%) на контроле и $6,2-10,4$ тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ (23-28%) на удобренных вариантах, а среднесуточный прирост листовой поверхности за период второй вегетации составил $350 \text{ м}^2/\text{га}$ на контроле и $580-750 \text{ м}^2/\text{га}$ на удобренных вариантах. В период 2-го укоса растения люцерны на варианте без удобрений сформировали листья площадью $21,9$ тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. При внесении одинарной, двойной и тройной доз NPK этот показатель увеличился соответственно на $9,4$; $19,2$ и $23,1$ тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ (43, 88 и 105%).

Наибольшей ассимиляционной поверхностью характеризовался расчетный вариант. На этом варианте площадь листьев во время 1-го и 2-го укосов составляла 37,6 и 48,0 тыс. м²/га, что превышало аналогичный показатель контрольного варианта на 20,0 и 26,1 тыс. м²/га (114 и 119%) соответственно, а среднесуточный прирост (в течение 35 дней до укосов) - 543 и 642 м²/га/сут.

Аналогичные закономерности динамики ассимиляционной поверхности прослеживались и на клевере луговом с той разницей, что увеличение листовой поверхности растений клевера лугового проходило несколько интенсивнее в период второй вегетации. (прил. 86). По сравнению с 1-м укосом растения 2-го укоса отличались большей площадью листьев – на 4,4 тыс. м²/га (12%) на контроле и 5,2-11,2 тыс. м²/га (12-20%) на удобренных вариантах.

Аналогичный эффект от применения удобрений под многолетние травы наблюдали В.И. Бова (1973), Е.И. Тукалова и др. (1982), М.Ф. Лупашку и др. (1985), А.Б. Хекилаев (1994), А.А. Сабанова, А.Т. Фарниев (1996), С.Х. Дзанагов (1999), А.В. Колчанов и др. (1999), Т.К. Лазаров (2001), А.Е. Басиев (2006), З.Т. Кануков (2009), О.С. Михайлова (2021) и др.

По данным А.А. Ничипоровича (1963), М.К. Каюмова (1984), величина урожая зерна находится в тесной зависимости от размеров и продуктивности листовой поверхности. Они считают, что для формирования высоких урожаев зерновых культур листовая поверхность должна довольно быстро достигнуть максимума, сохраниться какое-то время на этой высоте, а затем отмереть с одновременной передачей пластических веществ в репродуктивные органы.

Увеличение листовой поверхности озимой пшеницы, размещаемой в изучаемом севообороте во 2-м поле (предшественник - многолетние травы) и в 5-м поле (предшественники: в 1999 и 2005 годах - суданская трава, в 2010 и 2016 - кукуруза на силос) более энергично проходило от весеннего кущения до фазы колошения, причем на удобренных вариантах – более интенсивно (рис. 27, прил. 87).

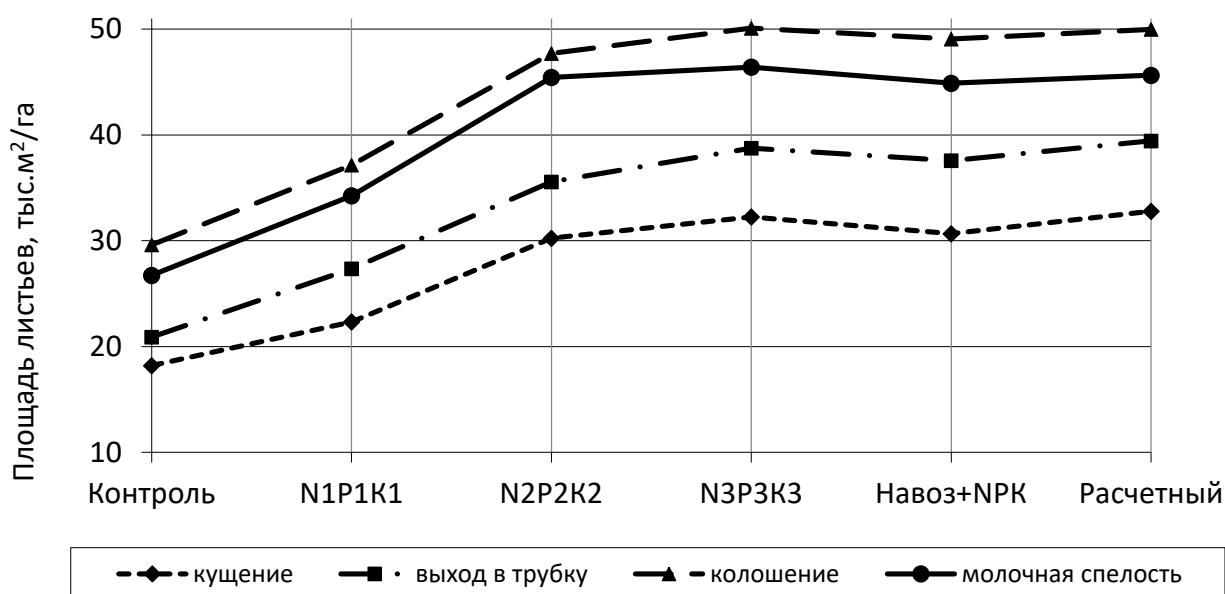


Рис. 27. Площадь листьев озимой пшеницы (2-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, тыс. м²/га (ср. за 4 ротации)

В среднем за 4 ротации севооборота растения озимой пшеницы 2-го поля на варианте без удобрений формировали листовую поверхность в фазы кущения, выхода в трубку и колошения-цветения соответственно 18,2; 20,9 и 29,6 тыс. м²/га. При внесении одинарной дозы NPK этот показатель увеличился соответственно в указанные фазы на 4,1; 6,5 и 7,6 тыс. м²/га (23, 31 и 26%); двойной - на 12,0; 14,7 и 18,1 тыс. м²/га (66, 70 и 61%); тройной - на 14,1; 17,8 и 20,5 тыс. м²/га (77, 85 и 69%), а лидировали по этому показателю растения расчетного варианта, площадь листьев которых превышала контроль на 14,6; 18,5 и 20,5 тыс. м²/га (80, 59 и 69%).

Для озимой пшеницы А.А. Ничипорович (1982) считает оптимальной площадь листьев 40-50 тыс. м²/га. Если площадь выше этой величины, то листья затеняются, и снижается интенсивность фотосинтеза.

К фазе молочной спелости (середина июня) часть листьев озимой пшеницы начинала опадать, поэтому общая площадь листовой поверхности снижалась. В наблюдениях Н.В. Подлесных (2016), Е.В. Ионовой, В. Л. Газе, В.А. Лиховидовой (2020) это снижение объясняется началом процесса реутилизации накопленных в растениях питательных веществ и естественным отмиранием листового аппарата.

На эквивалентных по содержанию NPK вариантах разных систем удобрения площадь листьев озимой пшеницы была практически на одном уровне.

При сравнении площади листьев озимой пшеницы 2-го и 5-го полей севооборота выявлены аналогичные закономерности по влиянию удобрений на этот показатель, с некоторой разницей по его значениям (прил. 90).

Среднесуточный прирост на варианте без удобрений в начале вегетации на отрезке «начало апреля – конец апреля» (весеннее кущение – выход в трубку) во втором и пятом полях севооборота составил соответственно 108 и 100 м²/га/сут., а к фазе колошения, на отрезке «конец апреля - конец мая», этот показатель увеличился в 3,2 и 2,8 раза и составил 349 и 280 м²/га/сут. соответственно (рис. 28).

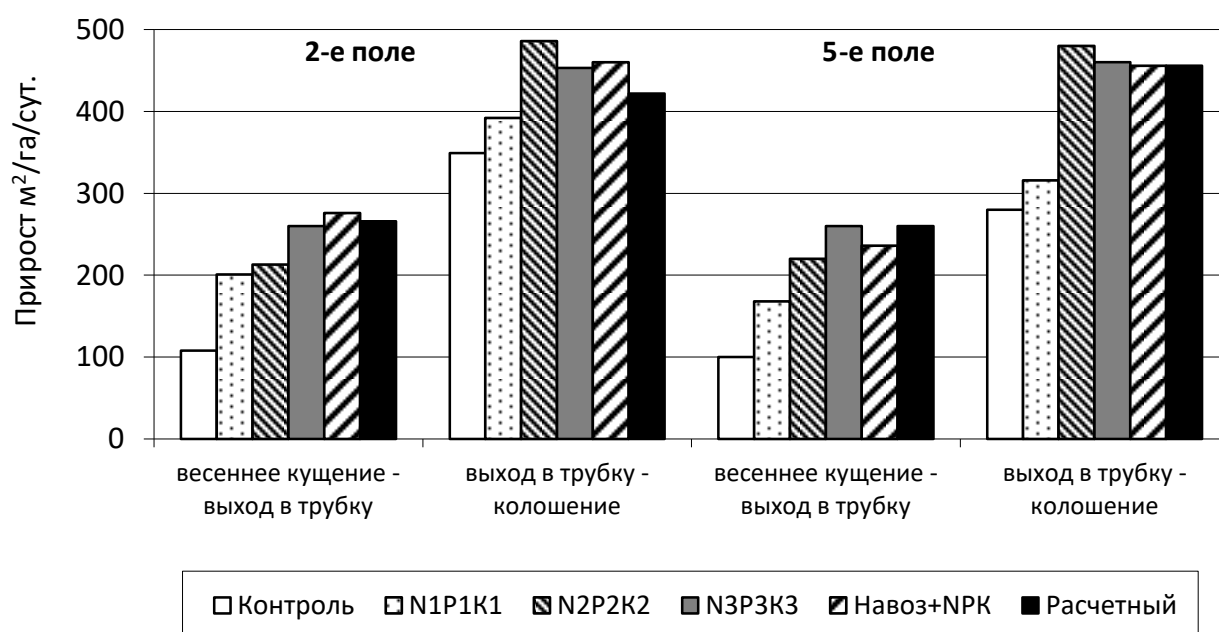


Рис. 28. Среднесуточный прирост площади листьев растений озимой пшеницы (2-е и 5-е поле) в межфазные периоды в зависимости от удобрений, м²/га/сут. (ср. за 4 ротации)

На удобренных вариантах темпы прироста были существенно – среднесуточный прирост составил в указанные периоды соответственно: 201-276 и 392-486 м²/га/сут. во 2-м поле и 168-260 и 316-460 м²/га/сут. в 5-м поле.

Результаты наших наблюдений в той или иной мере согласуются с данными других исследователей. В опытах В.И. Никитишена (2012) максимальная площадь листьев формировалась посевами в фазу выхода в трубку. На вариантах с внесением возрастающих доз удобрений она достигала 45,2-49,5 тыс. м²/га против 31,4 тыс. м²/га на неудобренном контроле. В исследованиях Г.А. Медведева и Е.А. Шевяковой (2007) размер листовой поверхности при применении удобрений был на 6,8–14,5 тыс. м²/га выше, чем на варианте без удобрений.

О положительном влиянии удобрений на формирование листового аппарата озимой пшеницы отмечают в своих работах А.И. Сулимова, Л.Г. Бабыкина (1982), А.Б. Хекилаев (1994), Е.И. Ломако (1998), Н.В. Лисовой (1998), С.Х. Дзанагов (1999), В.А. Демин, Д.А. Свиридов (2000); Т.К. Лазаров (2001), А.Е. Басиев (2006), З.Т. Кануков (2009), Б.Р. Ханикаев (2020), Б.В. Гагиев (2021) и др.

На посевах кукурузы увеличение площади листовой поверхности в течение вегетационного периода происходило неодинаково. За каждые 10 дней она увеличивалась в 2-3 раза до фазы выметывания метелок, а во вторую половину вегетации (от появления метелок до конца вегетации) отмечалось замедление роста листовой поверхности. Внесение минеральных удобрений способствует интенсивному росту листовой поверхности (Иванова З.А., Нагудова Ф.Х., 2016).

В наших наблюдениях кукуруза на зерно формировала листовой аппарат также по мере роста растений. Удобрения существенно влияли на этот процесс (рис. 29 и прил. 88).

Динамика площади листовой поверхности на варианте без удобрений и удобренных вариантах была идентичной, с количественными показателями в пользу удобренных вариантов.

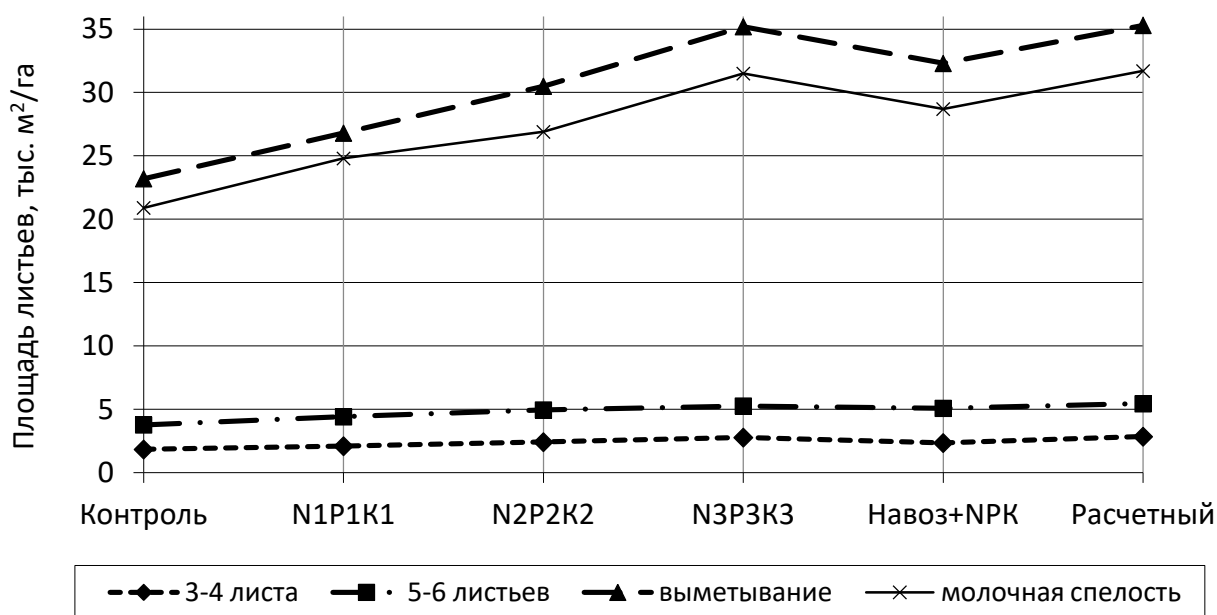


Рис. 29. Площадь листьев кукурузы на зерно по фазам вегетации в зависимости от удобрений, тыс. м²/га (ср. за 4 ротации)

В среднем за 4 ротации севооборота в фазы всходов, 5-6 листьев и выметывания площадь листьев кукурузы на зерно на контроле составляла соответственно 1,83; 3,77 и 23,2 тыс. м²/га, а на удобренных вариантах этот показатель был выше: по одинарной дозе NPK - на 0,26; 0,64 и 3,6 тыс. м²/га (14, 17 и 16%); двойной - на 0,58; 1,18 и 7,3 тыс. м²/га (20 и 35%); тройной - на 0,94; 1,49 и 12,0 тыс. м²/га (51, 40, 52%). Наибольшей площадью листьев в течение всей вегетации кукурузы на зерно отличался расчетный вариант, превысивший по этому показателю контроль на 1,01; 1,67 и 12,1 тыс. м²/га (55, 44 и 52%) соответственно в указанные фазы.

Динамика площади листьев кукурузы на силос была аналогичной кукурузе на зерно (прил. 89).

Среднесуточный прирост на удобренном контроле в начале вегетации на отрезке «середина мая – начало июня» (всходы - 5-6 листьев) составлял 97 м²/га - у кукурузы на зерно и 151 м²/га/сут. - кукурузы на силос, а к фазе выметывания (середина июля) увеличился соответственно по этим культурам в 5 и 3 раза и составил 486 и 439 м²/га/сут. (рис. 30).

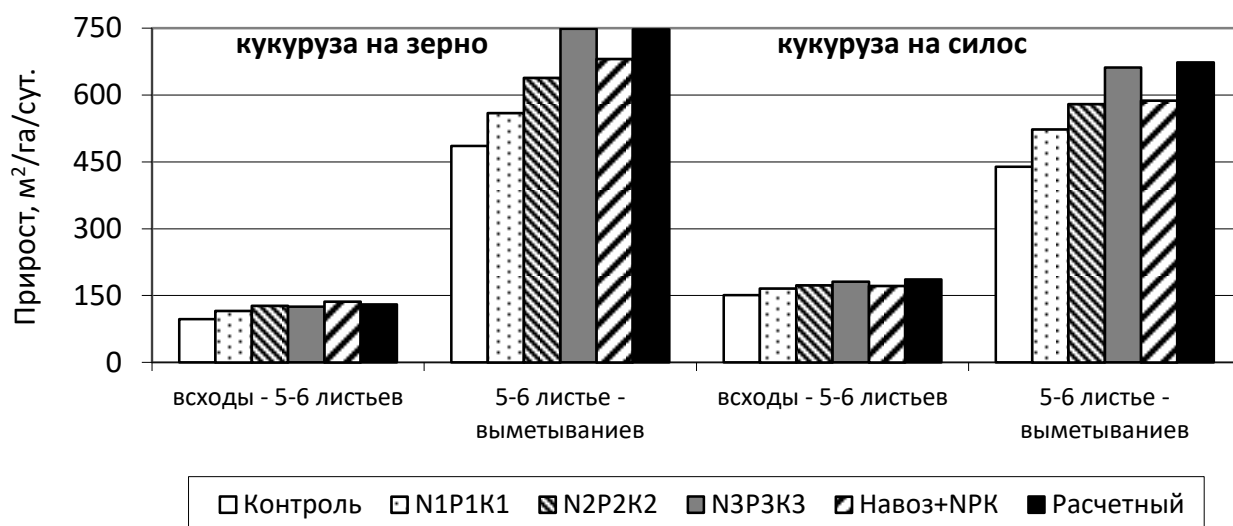


Рис. 30. Среднесуточный прирост площади листьев кукурузы в межфазные периоды в зависимости от удобрений, м²/га/сут. (ср. за 4 ротации)

На удобренных вариантах соответственно этот показатель находился в указанные межфазные периоды в пределах 116-137 и 560-749 м²/га/сут. по кукурузе на зерно и 166-186 и 523-673 м²/га/сут. - кукурузе на силос.

К фазе молочной спелости (середина августа) часть листьев кукурузы, как и в случае с озимой пшеницей, стала опадать, общая их площадь снижалась по всем вариантам. Данное положение согласуется с результатами наблюдений А.М. Цурова (1967), Г.К. Льгова (1964), И.П. Стокозова (1971), А.З. Суменова и др. (1991), С.Х. Дзанагова (1999), Т.К. Лазарова (2001), А.Е. Басиева (2006), З.Т. Канукова (2009), А.Б. Гегкиева, Т.С. Дзанагова, Р.А. Цуциева и др. (2019), Б.В. Гагиева (2021) и многих других исследователей.

Листовой аппарат суданской травы также формировался по мере ее роста и развития, в разные периоды с разной интенсивностью. Вносимые удобрения положительно влияли на этот процесс (рис. 31 и прил. 89).

Как было указано выше, в годы исследований на суданской траве удавалось получать по 3 укоса. Площадь листьев в период вегетации растений до 1-го укоса (в среднем за 1997 и 2004 гг.) на варианте без удобрений составляла в фазы начала кущения (начало мая), выхода в трубку (середина июня) и выметывания (начало июля) - 2,9; 8,1 и 24,4 тыс. м²/га соответственно.

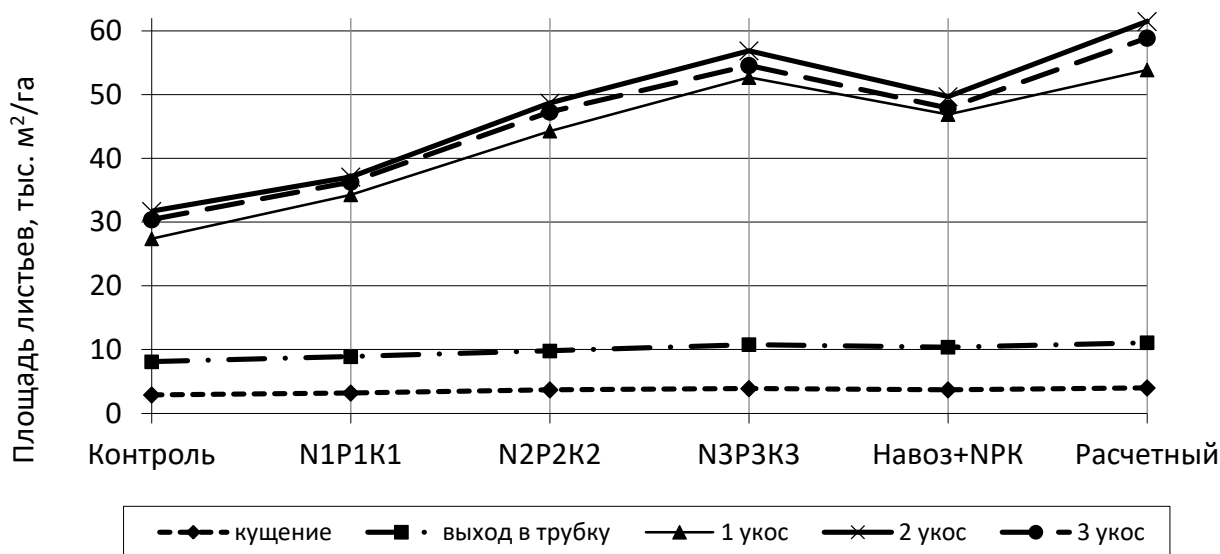


Рис. 31. Площадь листьев суданской травы по фазам вегетации в зависимости от удобрений, тыс. м²/га (ср. за 1997 и 2004 гг.)

На удобренных вариантах эти показатели были выше: по одинарной дозе NPK - на 0,3; 0,8 и 6,9 тыс. м²/га (10, 10 и 25%), двойной - на 0,8; 1,7 и 16,9 тыс. м²/га (28, 21 и 62%), тройной - на 1,0; 2,7 и 25,3 тыс. м²/га (34, 33 и 92%) соответственно в указанные фазы.

Среднесуточное увеличение листовой поверхности на контрольном варианте в начале вегетации в межфазный период «начало кущения - выход в трубку» составило 193 м²/га/сут., а в дальнейшем, до фазы бутонизации (к 1-му укос) этот показатель увеличился до 643 м²/га/сут. (рис. 32).

На удобренных вариантах среднесуточный прирост был значительно выше и в указанные периоды находился в пределах 211-263 и 847-1427 м²/га соответственно.

В периоды 2-го и 3-го укосов растения суданской травы на варианте без удобрений имели площадь листьев соответственно 31,7 и 30,4 тыс. м²/га. При внесении удобрений площадь листьев этой культуры увеличивалась: по одинарной дозе NPK - на 5,4 и 5,9 тыс. м²/га (17 и 19%); двойной - на 17,0 и 16,9 тыс. м²/га (54 и 56%), тройной - на 25,2 и 24,2 тыс. м²/га (79 и 80%) соответственно.

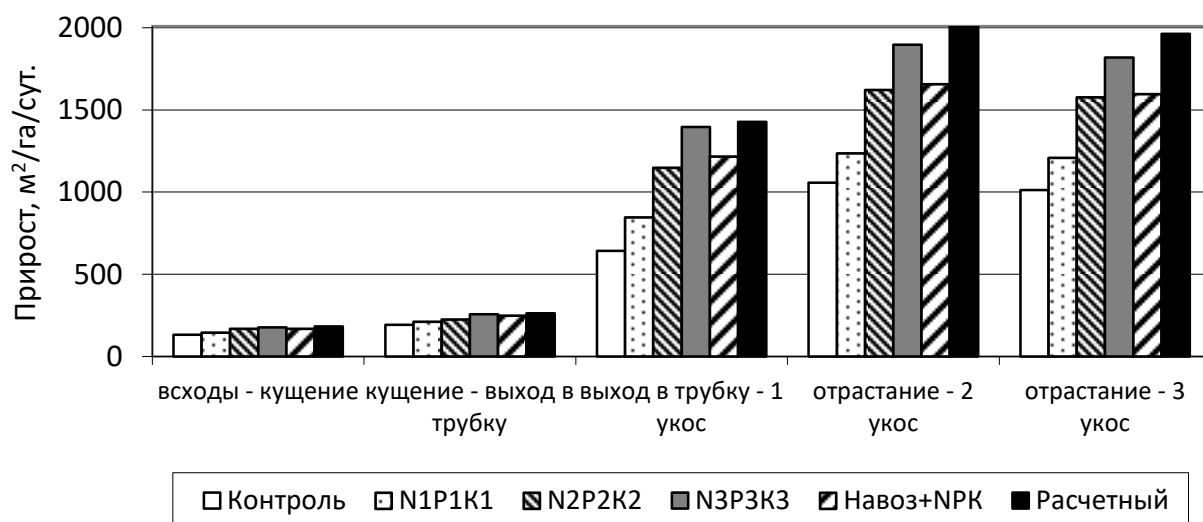


Рис. 32. Среднесуточный прирост площади листьев суданской травы в отдельные межфазные периоды в зависимости от удобрений, м²/сут./га (ср. за 1997 и 2004 гг.)

Наибольшей площадью листьев в течение всей вегетации отличались растения расчетного варианта - в фазы всходов и выхода в трубку она была больше, чем на контроле на 1,1 и 3,0 тыс. м²/га (38 и 37%), а в периоды 1-го, 2-го и 3-го укосов - на 26,5; 29,8 и 28,5 (97, 94 и 94%) соответственно.

Сравнивая данный показатель по каждому из укосов суданской травы, выявлено, что на первом месте оказались растения 2-го укоса, на втором - 3-го, затем - 1-го. По отношению к 1-му укосу площадь листьев растений 2-го укоса была больше на 4,3 тыс. м²/га (16%) на контроле и 2,8-7,6 тыс. м²/га (8-14%) на удобренных вариантах, а площадь листьев растений 3-го укоса - на 3,0 тыс. м²/га (11%) на контроле и 1,9-5,0 тыс. м²/га (2-9%) на удобренных вариантах. Результаты наших наблюдений согласуются с данными И.С. Шатилова, А.П. Мовсисянц, И.А. Драненко и др. (1984), В.Н. Неверова (2003), И.В. Рахманова (2004), Т.Г. Ващенко (2004), Р.А. Биктимирова (2012) и др.

Таким образом, систематически вносимые удобрения существенно повлияли на увеличение ассимиляционной поверхности растений, что усиливало ход накопления их сухой биомассы и повышало, в конечном итоге, урожайность культур и продуктивность севооборота.

4.1.3. Накопление сухой биомассы растениями

Накопление сырой и сухой биомассы растением с агрономической точки зрения означает образование урожая. На этот процесс значительное влияние оказывают вносимые удобрения. Причем большинство авторов утверждает, что чем выше уровень насыщенности удобрениями, тем больше формируется биомассы (Белоус Г.М., Чумак В.С., 1975; Хлыстовский А.Д. и др., 1978; Тукалова Е.И. и др., 1982; Дзанагов С.Х., 1999 и др.).

Наращение сухой массы считается одним из главных показателей фотосинтетической деятельности растений. Суточный прирост сухого вещества значительно изменяется и может достигать 300 кг/га в период интенсивного роста растений (Ничипорович А.А. и др., 1961).

Наблюдения за формированием биомассы культур полевого севооборота показали, что этот процесс проходил одновременно и в прямой зависимости от роста растений и формирования листового аппарата. Относительное содержание сухого вещества в растениях при внесении удобрений снижалось, однако за счет формирования большей биомассы сбор его с единицы площади значительно превышал контроль. Здесь очевидно явление «ростового разбавления», о котором указывают почти все авторы, изучающие эти процессы.

Наши наблюдения показали, что в начале вегетации многолетние травы накапливали 15-16% сухого вещества, затем этот процесс начинал идти более интенсивно. Люцерна на неудобренном контроле накапливала сухого вещества 1,15 т/га перед 1-м укосом и 1,12 т/га - перед вторым (в ср. за 1994 и 2001 годы). По мере увеличения уровня минерального питания сбор сухого вещества увеличивался: на 0,54-1,60 т/га (46-131%) перед первым укосом и на 0,65-1,88 т/га (58-168%) - перед вторым. Больше остальных вариантов сухого вещества накапливалось в расчетном и $N_3P_3K_3$ (рис. 33, прил. 91).

В начале вегетации на варианте без удобрений на отрезке «начало апреля – середина мая» (всходы - ветвление) среднесуточный прирост сухого вещества составил 8,3 кг/га/сут., а в дальнейшем, до 1-го укоса этот показатель увеличился более чем в 2 раза и составил 18 кг/га/сут. (рис. 34).

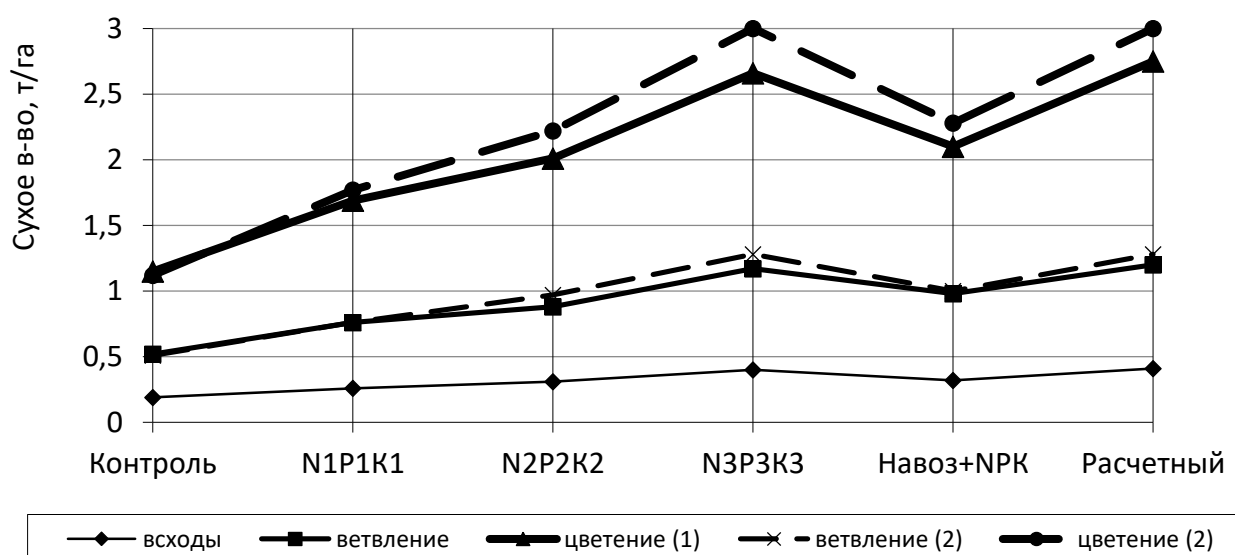


Рис. 33. Накопление сухого вещества люцерной по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га (ср. за 1994 и 2001 гг.)

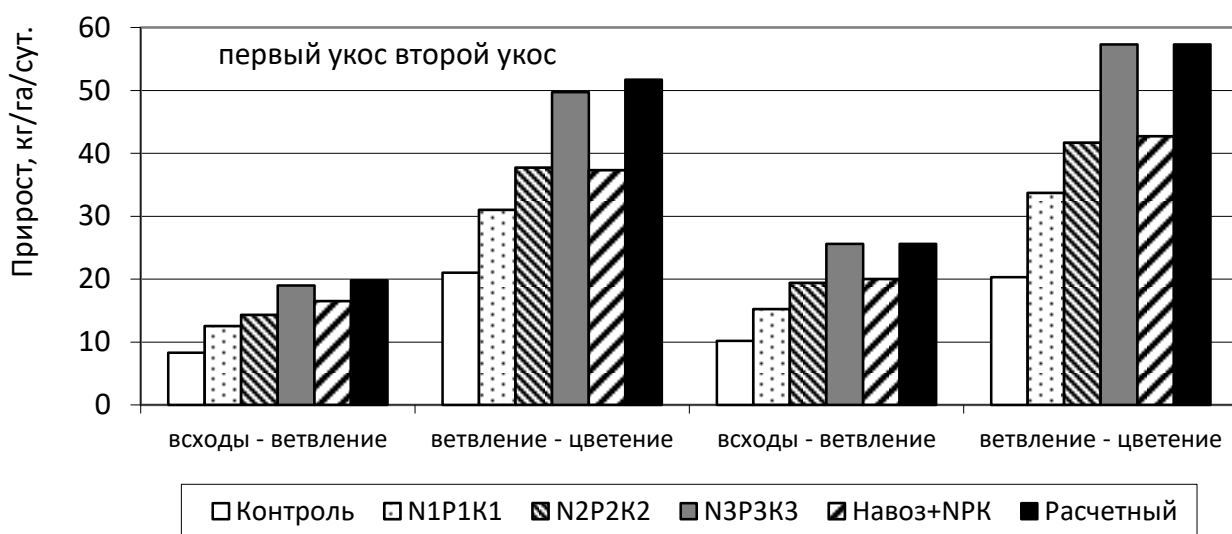


Рис. 34. Среднесуточный прирост сухого вещества в растениях люцерны в межфазные периоды в зависимости от удобрений, кг/га/сут. (ср. за 1994 и 2001 гг.)

На удобренных вариантах ежедневное накопление сухого вещества происходило значительно интенсивнее – на 49-146% больше, чем на контроле.

Закономерности процесса накопления сухого вещества и участия в нем удобрений наблюдались в течение вегетации и на клевере луговом (прил. 95).

Данные результаты согласуются с данными и других авторов. В опытах А.А. Чухиль (2017) на черноземе выщелоченном Кубани максимальный эффект отмечен в вариантах с двойной и тройной дозой полного удобрения, за счет внесения которых прирост сухого вещества превышал контроль во время первого укоса на 4,16 и 6,57 ц/га, второго – 2,65 и 4,20 ц/га, третьего – 1,75 и 2,77 ц/га соответственно. Аналогичный эффект от применения удобрений под многолетние травы наблюдали В.И. Бова (1973), Е.И. Тукалова и др. (1982), М.Ф. Лупашку и др. (1985), А.Б. Хекилаев (1994), А.А. Сабанова, А.Т. Фарниев (1996), С.Х. Дзанагов (1999), А.В. Колчанов и др. (1999), Т.К. Лазаров (2001), А.Е. Басиев (2006), З.Т. Кануков (2009) и др.

Растения озимой пшеницы формировали сухую биомассу аналогично многолетним травам (рис. 35 и прил. 92, 95).

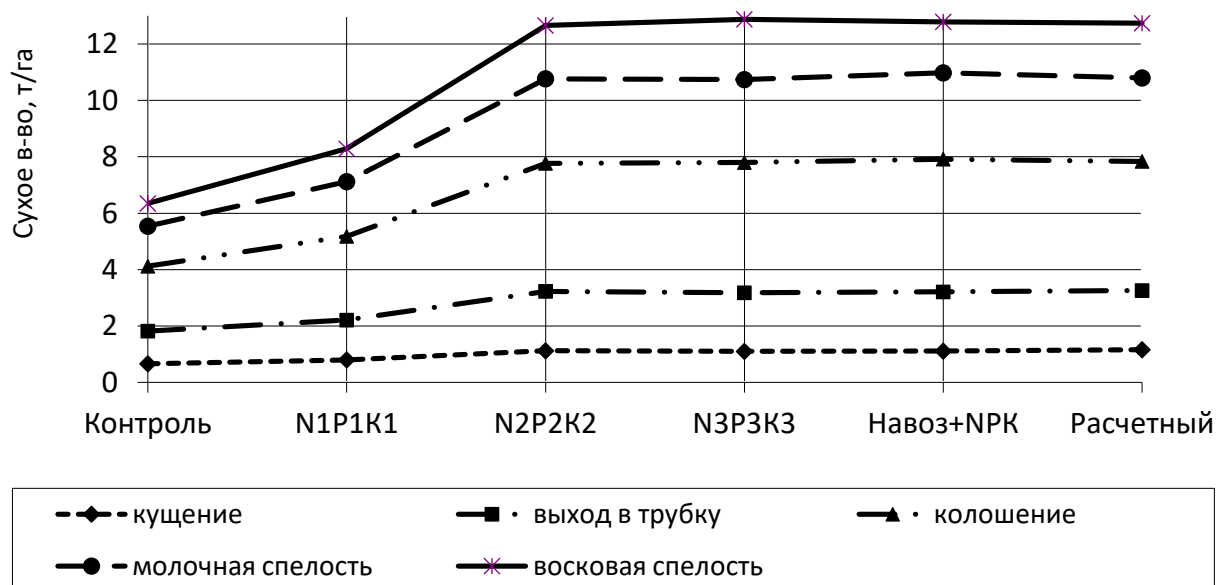


Рис. 35. Накопление сухого вещества растениями озимой пшеницы (2-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га (ср. за 4 ротации)

Осенью процесс накопления сухого вещества происходил крайне слабо, в этот период озимая пшеница накапливала его всего около 9-11% от своего максимума. Весной, с фазы выхода в трубку (3-я декада апреля), начиналось

усиленное его накопление и продолжалось до фазы колошения-цветения (3-я декада мая). К этому моменту растения накопили 62-65% сухого вещества.

К фазе молочной спелости (середина июня) запас сухого вещества пополнился на 85-88%, а к фазе восковой спелости (конец июня) достиг своего максимума.

В среднем за 4 ротации севооборота на варианте без удобрений растения озимой пшеницы 2-го поля накапливали сухого вещества в фазу восковой спелости (максимум) 6,35 т/га. При внесении одинарной дозы NPK этот показатель увеличился на 1,94 т/га (31%); двойной - на 6,31 т/га (99%) – по минеральной системе и 6,44 т/га (101%) – по органо-минеральной. Наибольший прирост сухого вещества в растениях озимой пшеницы обеспечил вариант с тройной дозой NPK – 6,53 т/га (103%). Этот вариант хотя и лидировал по этому показателю, но, в конечном итоге, уступал вариантам с двойной дозой NPK по урожайности зерна. Очевидно, преимущество в сухом веществе было достигнуто за счет накопления его в побочной продукции.

Среднесуточный прирост сухого вещества в растениях озимой пшеницы на неудобренном контроле в начале вегетации, в межфазный период «весеннее кущение – выход в трубку» (начало - конец апреля), составил 58 кг/га/сут., а к фазе колошения (конец апреля – конец мая) этот показатель возрос в 1,3 раза до 77 кг/га/сут. (рис. 36). На удобренных вариантах сухое вещество накапливалось с большими темпами – среднесуточное накопление составило в указанные межфазные периоды соответственно 71-105 и 99-157 кг/га/сут. К фазе молочной спелости (середина июня) этот процесс продолжался, а к восковой - резко замедлился.

О положительном влиянии удобрений на формирование сухой биомассы озимой пшеницы также указывают в своих работах Л.И. Мазуркевич (1972), А.Д. Хлыстовский и др. (1978), А.И. Сулимова, Л.Г. Бабыкина (1982), Е.И. Ломако (1998), Н.В. Лисовой (1998), С.Х. Дзанагов (1999), В.А. Демин, Д.А. Свиридов (2000), Т.К. Лазаров (2001), А.Е. Басиев (2006), З.Т. Кануков (2009), Б.Р. Ханикаев (2020), Б.В. Гагиев (2021) и др.

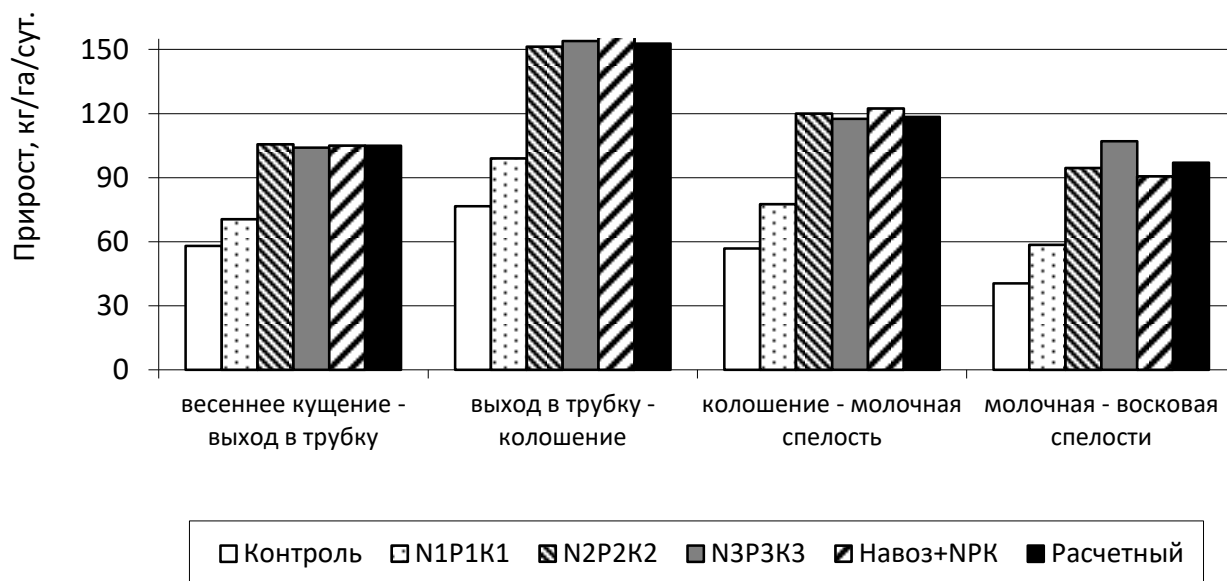


Рис. 36. Среднесуточный прирост сухого вещества в растениях озимой пшеницы (2-е поле) в отдельные межфазные периоды в зависимости от удобрений, кг/га/сут. (ср. за 4 ротации)

В прямой зависимости от роста и увеличения количества и площади листьев накапливала биомассу также кукуруза (рис. 37 и прил. 93).

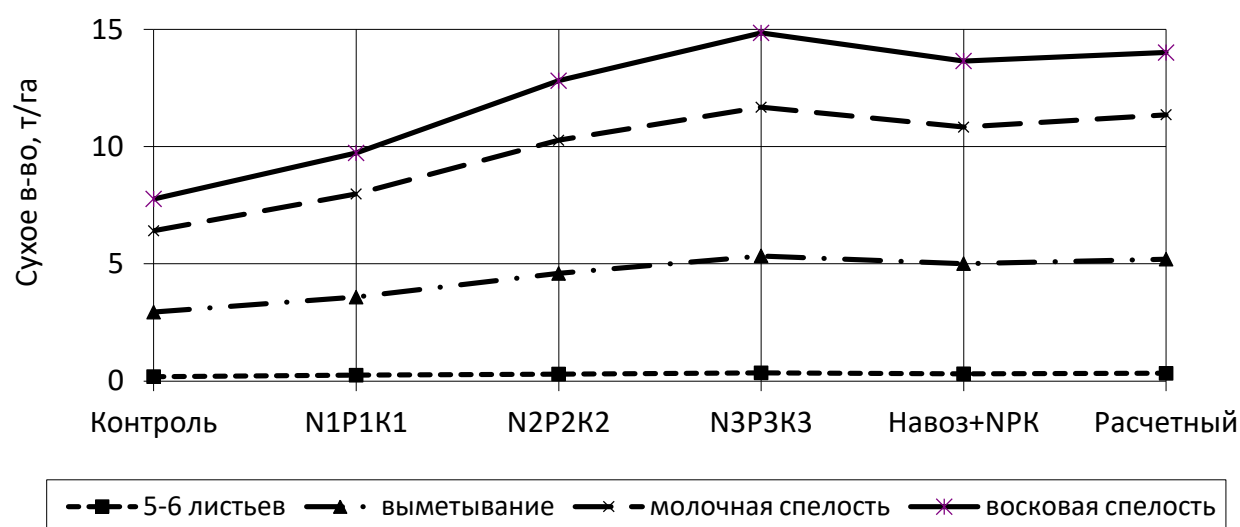


Рис. 37. Накопление сухого вещества растениями кукурузы на зерно по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га (ср. за 4 ротации)

Аналогично накоплению сухого вещества выше описываемых культур, в начальный период роста и развития кукурузы на зерно этот процесс проходил крайне слабо, до фазы 5-6 листьев растения накапливали сухого вещества всего 2,2-2,4%. С начала июня этот процесс резко усиливался и продолжался до фазы начала созревания (середина августа), затем замедлялся, достигнув к фазе восковой спелости максимума. По мнению В.Г. Минеева, Б. Дебрецени, Т. Мазур (1993), наиболее интенсивно кукуруза накапливает сухое вещество перед цветением.

Все удобренные варианты значительно превосходили контроль по этому показателю. При сборе сухого вещества в фазу восковой спелости на неудобренном контроле в 7,77 т/га в среднем за период исследований внесение одинарной дозы NPK обеспечило прибавку - 1,96 т/га (25%). По мере повышения доз удобрений накопление сухого вещества увеличивалось. Наилучшими оказались варианты N₃P₃K₃ и расчетный, превысившие по этому показателю контроль соответственно на 7,08 и 6,24 т/га (91 и 80%).

Среднесуточный прирост сухого вещества наибольшим был в межфазный период «выметывание – молочная спелость», на неудобренном контроле он составлял 116 кг/га/сут. (рис. 38).

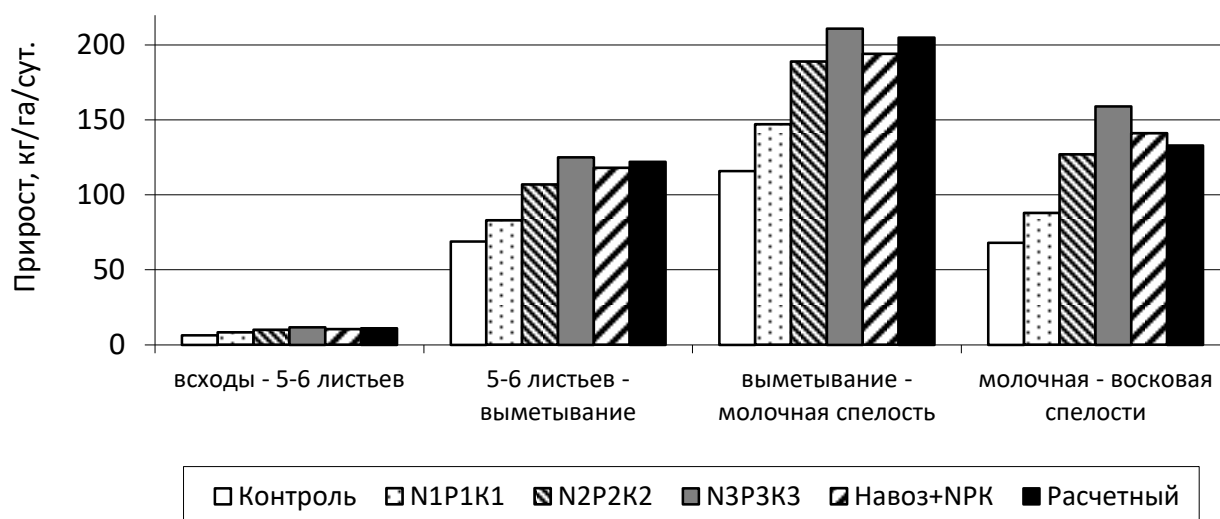


Рис. 38. Среднесуточный прирост сухого вещества в растениях кукурузы на зерно в отдельные межфазные периоды в зависимости от удобрений, кг/га/сут. (ср. за 4 ротации)

На удобренных вариантах соответственно этот показатель находился в указанный межфазный период в пределах 147-211 кг/га/сут.

Динамика накопления сухого вещества в растениях кукурузы на силос была аналогичной кукурузе на зерно, за исключением количественных значений данного показателя (прил. 4.9). Кроме того, в отличие от кукурузы на зерно, наибольшим накоплением сухого вещества отличался вариант навоз+NPK, превзошедший по этому показателю контроль на 7,28 т/га (108%). Ему немного уступали варианты $N_2P_2K_2$ и расчетный, показатели накопления сухого вещества на которых превысили контроль одинаково на 7,08 т/га (106%) в среднем за период исследований. В варианте с тройной дозой NPK растения кукурузы на силос накапливали сухого вещества меньше.

Аналогичные результаты получены Н.Л. Адаевым (2016), И.К. Кошелевой (2018); С.Х. Дзанаговым, А.А. Езеевым, А.Т. Фарниевым, 2013; А.Б. Гегкиевым, Т.С. Дзанаговым, Р.А. Цуциевым и др., 2019; Б.В. Гагиевым, 2021). В опытах З.А. Ивановой, Ф.Х. Нагудовой (2016) наиболее резкое увеличение накопления сухого вещества в растениях кукурузы отмечено при внесении $N_{120}P_{120}K_{40}$. Прирост сухого вещества одного растения в фазе появления метелок на этом варианте по сравнению с неудобренным вариантом был выше на 61,4 г, а в фазе восковой спелости на 173,9 г.

Суданская трава также накапливала сухое вещество по мере ее роста и развития, в разные периоды с разной интенсивностью (рис. 39 и прил. 89).

В начале вегетации сухого вещества в растениях суданской травы накапливалось 10-12%, а к фазе выхода в трубку - 32-34%. Количество сухой биомассы до 1-го укоса (в среднем за 1997 и 2004 гг.) на варианте без удобрений составляло в фазы начала кущения (начало мая), выхода в трубку (середина июня) и бутонизации (начало июля) - 0,15; 0,42 и 1,25 т/га соответственно. На удобренных вариантах эти показатели были выше: по одинарной дозе NPK - на 0,03; 0,11 и 0,36 т/га (20, 26 и 29%), двойной - на 0,05; 0,17 и 0,57 т/га (33, 40 и 46%), тройной - на 0,11; 1,18 т/га (73, 86 и 94%), расчетной - 0,13; 0,40 и 1,32 (87, 95 и 106%) соответственно в указанные фазы.

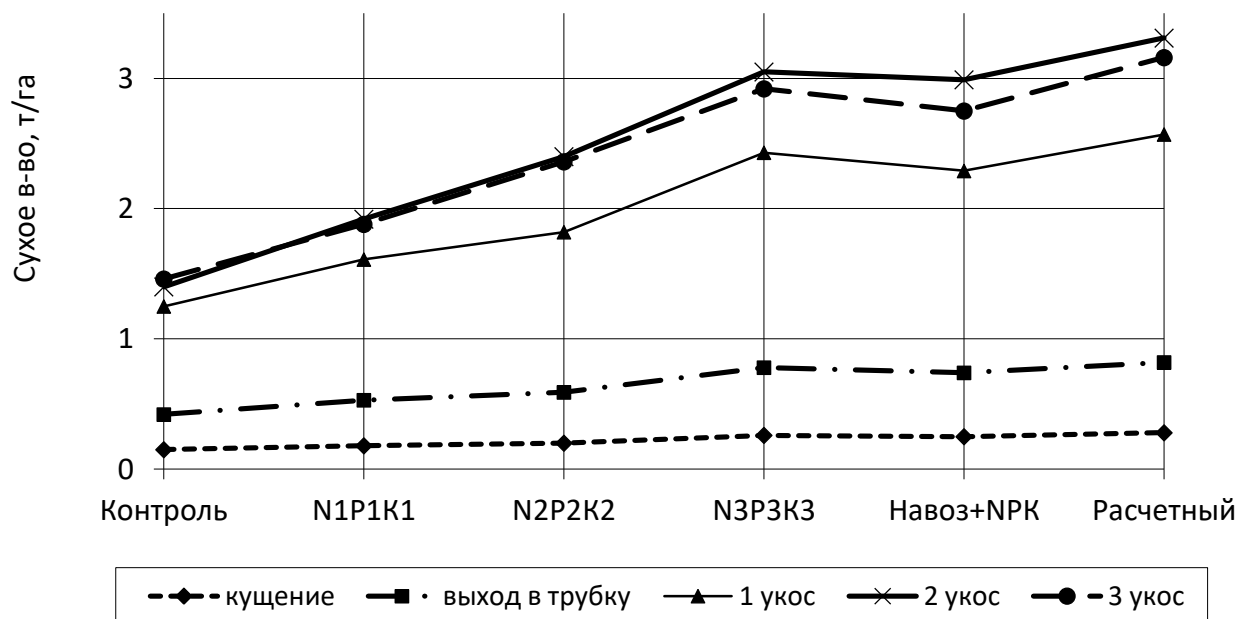


Рис. 39. Накопление сухого вещества растениями суданской травы по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га (ср. за 1997 и 2004 гг.)

Среднесуточный прирост сухого вещества на контрольном варианте в начале вегетации в межфазный период «начало кущения - выход в трубку» составил 10,0 т/га, а в дальнейшем, к 1-му укосу увеличился до 27 кг/га/сут. На удобренных вариантах этот показатель находился в пределах 13,0-20,0 и 36,0-58,3 кг/га/сут. соответственно в указанные периоды (рис. 40).

В периоды 2-го и 3-го укосов растения суданской травы на варианте без удобрений накапливали сухого вещества соответственно 1,40 и 1,46 т/га. При внесении удобрений эти показатели увеличились соответственно на 0,52-1,91 и 0,42-1,70 т/га, или 37-137 и 29-116%.

Сравнивая данный показатель по каждому из укосов суданской травы, выявлено, что на первом месте оказались растения 2-го укоса, на втором - 3-го, затем - 1-го. По отношению к 1-му укосу сухого вещества в растениях 2-го укоса накапливалось больше на 0,15 т/га (12%) на контроле и 0,31-0,74 т/га (19-32%) на удобренных вариантах, а в растениях 3-го укоса - на 0,21 т/га (17%) на контроле и 0,27-0,59 т/га (17-30%) на удобренных вариантах.

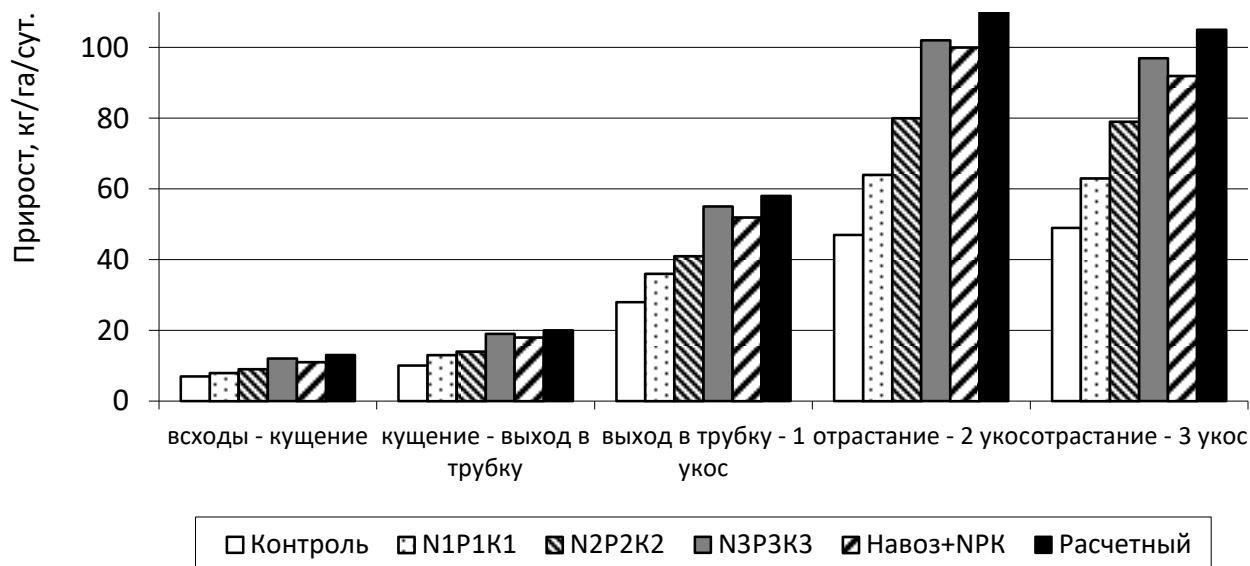


Рис. 40. Среднесуточный прирост сухого вещества в растениях суданской травы в межфазные периоды в зависимости от удобрений, кг/га/сут. (ср. за 1997 и 2004 гг.)

В сумме за 3 укоса на варианте без удобрений в растениях суданской травы накапливалось 4,10 т/га сухой биомассы. Внесение одинарной, двойной и тройной доз NPK увеличило ее сбор соответственно на 1,30; 2,47 и 4,30 т/га (32, 60 и 105%). Наибольший сбор сухого вещества обеспечил расчетный вариант - 9,03 т/га, что выше, чем на контроле на 4,93 т/га (120%).

Аналогичные результаты получены И.С. Шатиловым, А.П. Мовсисянц, И.А. Драненко и др. (1984), В.Н. Неверовым (2003), И.В. Рахмановым (2004) Т.Г. Ващенко (2004), Р.А. Биктимировым (2012) и др.

Таким образом, на черноземах выщелоченных все культуры на удобренных вариантах создавали больше сухой биомассы. 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. Наибольшее накопление сухого вещества в растениях отмечено на расчетном варианте.

4.1.4. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза

Общеизвестно, что формирование урожая сельскохозяйственных культур, или прирост сухой биомассы, создаваемой за определенный период, зависят не только от площади листьев, но и от продолжительности их функционирования. Большая площадь листьев не всегда прямо влияет на повышение урожайности, имеет значение также и продуктивность фотосинтеза на единицу площади листьев как в течение всего периода вегетации, так и в отдельные межфазные периоды (Ничипорович А.А., 1956, 1976, 1981; Власюк П.А., 1965; Алиев, Д.А., 1974; Каюмов М.К., Шаров А.Ф., 1984; Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.В. и др., 1997; Пигорев, И.Я., 2008 и др.).

Выдающийся организатор исследований фотосинтеза, автор теории фотосинтетической продуктивности растений А.А. Ничипорович наиболее полно осветил в своих работах вопросы фотосинтетической деятельности растений в посевах, связанной с образованием хозяйственного урожая (используемого человеком), его доли в биологическом урожае (т. е. суммарной массе всех органов растения). Он указал, что «наивысшие урожаи могут быть обеспечены созданием следующих оптимальных условий: 1) увеличением листовой поверхности в посевах; 2) удлинением времени активной работы фотосинтетического аппарата в течение каждых суток и вегетационного периода (поддержка агротехникой и минеральными удобрениями); 3) высокой интенсивностью и продуктивностью фотосинтеза, максимальными суточными приростами сухого вещества; 4) максимальным притоком продуктов фотосинтеза из всех фотосинтезирующих органов в хозяйственно важные органы и высоким уровнем использования ассимилятов в ходе биосинтетических процессов».

Фотосинтетический потенциал (ФП) посевов (по А.А. Ничипоровичу) служит интегральным показателем изменений величины ассимиляционной поверхности и продолжительности ее работы. Он характеризует производительную способность растений как за разные периоды вегетации, так и в це-

лом за вегетацию. Величина листовой поверхности играет большую роль в продуктивности фотосинтеза посевов, но прямой зависимости между индексом листовой поверхности и урожаем не существует.

Многочисленными исследованиями выявлена сильная прямая корреляция фотосинтетического потенциала посевов с биологической и хозяйственной урожайностью растений (Гуляев Б. И., 1979; Усанова З.И., 1985, 1989; Хлыстовский А.Д. и др., 1989; Каюмов М.К., 1989; Шатилов И.С., Шаров А.С., 1994; Третьяков и др., 2005 и др.).

Еще одним важным показателем, характеризующим продукционный процесс в посевах, является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), которая отражает способность единицы листовой поверхности синтезировать определенное количество органического вещества. Этот показатель может сильно изменяться под влиянием факторов внешней среды и обеспеченности растений элементами минерального питания.

В посевах с одинаковой величиной фотосинтетического потенциала урожайность зерна изменяется в прямой зависимости от средней за вегетацию чистой продуктивности фотосинтеза (Шевелуха В.С., Морозова А.В., 1986; Кумаков В.А., 1988; Воскресенская Н.П., 1988; Исайчев В.А., Мударисов Ф.А., 2003). Хорошими считаются посевы, фотосинтетический потенциал которых соответствует 2-2,5 млн. м²×дней/га в расчете на каждые 100 дней фактической вегетации (Каюмов М.К., 1989; Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Коренев Г.В. и др., 1997).

По подсчетам А.А. Ничипоровича (1959, 1966), посевы культурных растений в процессе фотосинтеза способны образовывать до 8–10 г сухой биомассы на 1 м² листовой поверхности, а потенциальная продуктивность может достигать 20-40 г/м² в сутки. Этот показатель зависит от освещенности солнцем, притока питательных веществ и воды.

Фотосинтетическая активность растений в значительной мере зависит от их обеспеченности элементами питания, и, в первую очередь, азотом (Кожухарь Т.В., Кириченко Е.В., Кохан С.С., 2010). Дефицит азота вызывает

уменьшение количества хлорофилла и ферментов, участвующих в ассимиляции, и, как следствие, снижает урожайность (Шадчина Т.М., Гуляев Б.И., Кірізій Д.А. и др., 2010). Удобрённые же растения лучше усваивают световую энергию, необходимую для синтеза органических веществ, поскольку их хлоропласты содержат больше хлорофилла (Пронько В.В., Корсаков К.В., 2011).

Т.М. Русакова (1974), В.М. Важов (2012) объясняют положительное влияние удобрений на величину чистой продуктивности фотосинтеза активацией фотосинтеза деятельных, хорошо освещённых листьев верхних и средних ярусов, которые в сильной степени поддерживают активную жизнедеятельность листьев нижних ярусов. Последние в условиях ослабленного света и затруднённого минерального питания обычно быстро стареют и отмирают. Поэтому, очевидно, на высоких фонах минерального питания образуются растения с большой площадью листьев и с высокими показателями чистой продуктивности фотосинтеза.

В наших наблюдениях фотосинтетический потенциал посева каждой культуры севооборота изменялся аналогично формированию листовой поверхности. Удобрения изменяли этот показатель.

На посевах многолетних трав наибольшим фотосинтетическим потенциалом характеризовались межфазные периоды «начало ветвления – цветение» (табл. 28, 29).

На посевах люцерны суммарная за этот период площадь листьев превосходила аналогичный показатель предыдущего периода («всходы - начало ветвления») в 2,5-2,7 раз по всем вариантам. Формирование биомассы 2-го укоса характеризовалось большими по сравнению с 1-м укосом величинами этого показателя: на 27-31% в течение 35 дней до укосов. Удобрения повышали этот показатель. По мере повышения уровней питания суммарный годовой фотосинтетический потенциал увеличивался на 0,48-1,73 млн. м²×дней/га (33-119%). Наибольшей величиной этого показателя отличался расчетный вариант - 3,18 млн. м²×дней/га.

Таблица 28 – Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза посева люцерны в отдельные межфазные периоды в зависимости от удобрений (среднее за 1994 и 2001 гг.)

Вариант	Межфазный период				За год
	всходы – начало ветвления	ветвление – цветение (1-й укос)	отрастание – начало ветвления	ветвление – цветение (2-й укос)	
Фотосинтетический потенциал, млн. м ² ×дней/га					
Контроль	0,21	0,39	0,28	0,50	1,45
N ₁ P ₁ K ₁	0,27	0,53	0,35	0,68	1,93
N ₂ P ₂ K ₂	0,39	0,75	0,51	0,92	2,70
N ₃ P ₃ K ₃	0,42	0,79	0,58	1,03	2,96
Навоз+NPK	0,40	0,77	0,54	0,97	2,81
Расчетный	0,45	0,84	0,64	1,10	3,18
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут.					
Контроль	1,81	1,36	2,27	1,04	1,43
N ₁ P ₁ K ₁	2,15	1,50	2,71	1,28	1,66
N ₂ P ₂ K ₂	1,69	1,28	2,39	1,16	1,45
N ₃ P ₃ K ₃	2,07	1,60	2,74	1,44	1,77
Навоз+NPK	1,87	1,25	2,33	1,13	1,44
Расчетный	2,01	1,57	2,49	1,34	1,68

Чистая продуктивность фотосинтеза посева люцерны имела большие значения в межфазный период «всходы - начало ветвления». Они превышали аналогичный показатель последующего периода («ветвление - цветение») в 1,3-1,5 раз при формировании биомассы первого укоса и 1,9-2,2 раза - второго.

Удобрения по-разному влияли на этот показатель. В среднем за год он практически не отличался от контроля на вариантах с двойной дозой удобрений (по обеим системам удобрения), и увеличился на остальных вариантах на 0,23-0,34 г/м²/сут. (16-24%). Подтверждается мнение многих исследователей о пластичности этого показателя.

Таблица 29 – Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза посева клевера лугового в отдельные межфазные периоды в зависимости от удобрений (среднее за 2006 и 2009 гг.)

Вариант	Межфазный период				За год
	всходы – начало ветвления	ветвление – цветение (1-й укос)	отрастание - начало ветвления	ветвление – цветение (2-й укос)	
Фотосинтетический потенциал, млн. м ² ×дней/га					
Контроль	0,33	0,89	0,26	0,93	2,41
N ₁ P ₁ K ₁	0,36	1,03	0,30	1,11	2,80
N ₂ P ₂ K ₂	0,46	1,24	0,37	1,30	3,36
N ₃ P ₃ K ₃	0,49	1,31	0,42	1,43	3,66
Навоз+NPK	0,46	1,25	0,40	1,36	3,48
Расчетный	0,52	1,37	0,46	1,55	3,90
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут.					
Контроль	0,96	0,60	1,55	0,58	0,75
N ₁ P ₁ K ₁	1,49	0,85	1,90	0,86	1,05
N ₂ P ₂ K ₂	1,41	0,86	2,05	0,81	1,05
N ₃ P ₃ K ₃	1,79	1,11	2,33	0,91	1,26
Навоз+NPK	1,55	0,93	1,92	0,73	1,05
Расчетный	1,66	1,02	2,13	0,84	1,16

Аналогичные закономерности изменения показателей фотосинтетической деятельности посевов под влиянием удобрений прослеживались и на клевере луговом, с некоторой разницей в значениях этих показателей.

По мнению М.Ю. Козыревой, Л.Ж. Басиевой (2020), активность фотосинтетической деятельности растений люцерны во многом определяется обеспеченностью растений биологически связанным азотом. Фиксированный симбиотической системой азот воздуха, участвуя в синтезе белка, входит в состав хлоропластов, в которых, собственно, и осуществляется процесс фотосинтеза. В то же время энергия, аккумулированная в процессе фотосинтеза,

активно используется бобово-ризобиальной системой для процессов азот-фиксации. На это могут оказывать лимитирующее действие, в частности, минеральные формы азота. Нитраты, потребляемые растениями, требуют дополнительного расхода энергии на переход в аммонийную форму, тогда как фиксированный азот доставляется растениям уже в «нужном» состоянии.

Проведенный нами корреляционно-регрессионный анализ зависимости ФП и ЧПФ многолетних трав от обеспеченности почвы аммонийной и нитратной формами азота, а также подвижным фосфором и обменным калием, показал высокий уровень корреляции с каждым из этих агрохимических показателей (рис. 41).

Выявлена очень сильная линейная зависимость ФП многолетних бобовых трав от обеспеченности почвы обменным калием ($r=0,96$); весьма сильная - от обеспеченности почвы поглощенным аммонием ($r=0,80$), нитратным азотом ($r=0,85$) и подвижным фосфором ($r=0,88$).

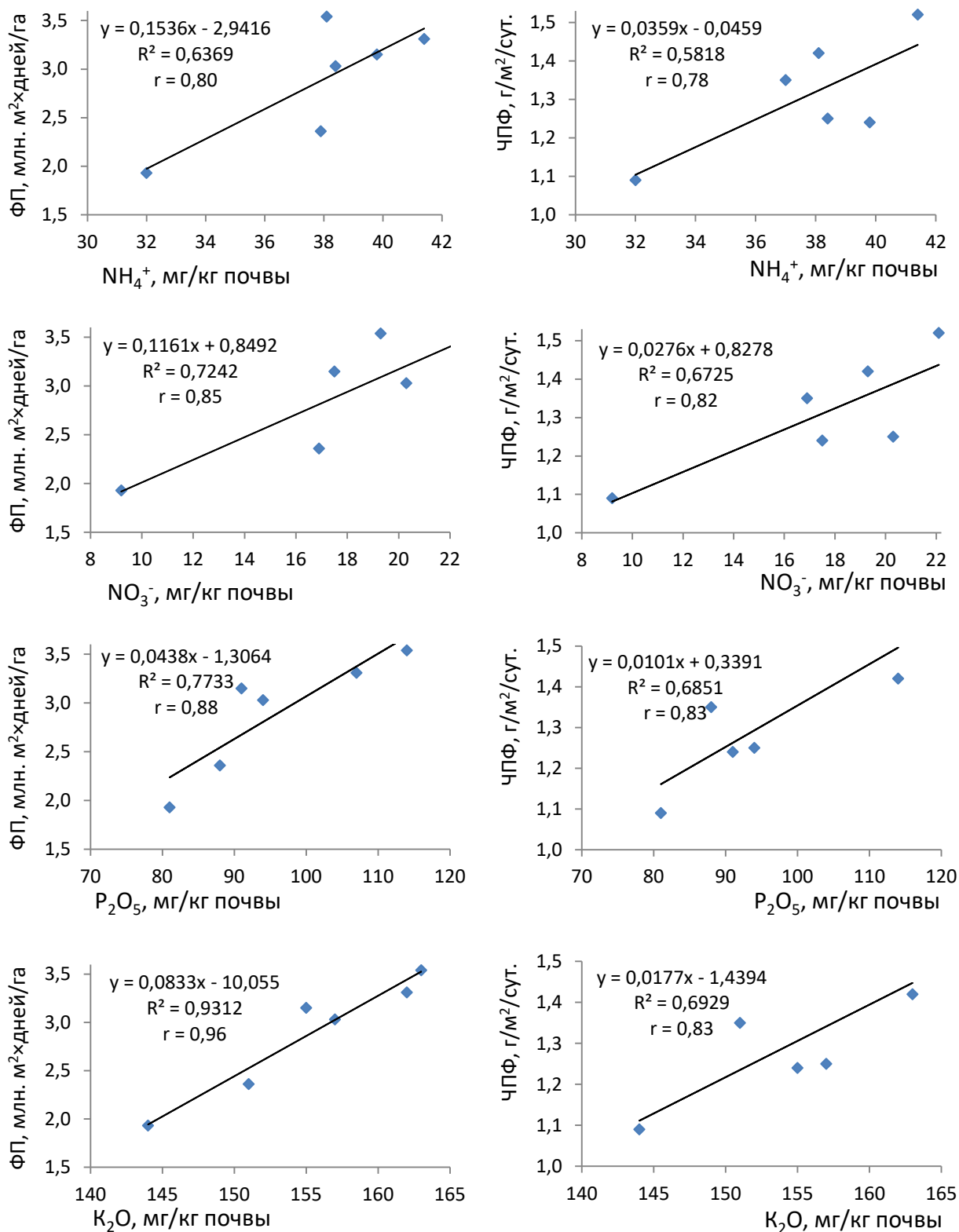
Эти данные согласуются с утверждением А.Х. Шеуджена (2010) о том, что калий - наиболее дефицитный элемент, в котором нуждаются растения, он нужен для образования и передвижения сахаров, положительно влияет на азотный обмен в растениях, влияет на биосинтез хлорофилла, увеличивает площадь листовой пластины и интенсивность фотосинтеза.

Коэффициенты корреляции между указанными влияющими факторами и чистой продуктивностью фотосинтеза имели немного меньшие значения. Сильная зависимость ЧПФ выявлена от содержания в почве аммонийного азота ($r=0,78$), весьма сильная - от содержания нитратов, подвижного фосфора и обменного калия ($r=0,82$; $0,83$ и $0,83$).

Уравнения регрессии, выражающие зависимость ФП и ЧПФ люцерны от содержания изучаемых форм почвенных питательных элементов, принимают вид:

$$Y(\text{фп}) = 0,02 (\text{NH}_4^+) - 0,151 (\text{NO}_3^-) - 0,06 (\text{P}_2\text{O}_5) + 0,26 (\text{K}_2\text{O}) - 29,84;$$

$$Y(\text{чпф}) = 8,21 + 0,04 (\text{NH}_4^+) + 0,04 (\text{NO}_3^-) + 0,04 (\text{P}_2\text{O}_5) - 0,08 (\text{K}_2\text{O}).$$



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 41. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза посева многолетних трав от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов (ср. за 4 ротации)

По утверждению А.А. Ничипоровича (1965), И.А. Тарчевского (1977), В.С. Шевелухи (1992), В.И. Никитишена (2012) и др., прирост биомассы растений более тесно коррелирует с площадью листьев, чем с интенсивностью их работы.

Фотосинтетический потенциал посева озимой пшеницы в наших наблюдениях в среднем за 4 ротации севооборота изменялся аналогично динамике формирования ее листовой поверхности (табл. 30).

Таблица 30 – Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза посева озимой пшеницы (2-е поле) в межфазные периоды в зависимости от удобрений (среднее за 4 ротации)

Вариант	Межфазный период			
	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение- молочная спелость	кущение – молочная спелость
Фотосинтетический потенциал, млн. м ² *дней/га				
Контроль	0,49	0,63	0,70	1,82
N ₁ P ₁ K ₁	0,62	0,81	0,89	2,32
N ₂ P ₂ K ₂	0,82	1,04	1,16	3,03
N ₃ P ₃ K ₃	0,89	1,11	1,21	3,21
Навоз+НРК	0,85	1,08	1,17	3,11
Расчетный	0,90	1,12	1,20	3,22
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут.				
Контроль	2,37	3,64	2,02	2,67
N ₁ P ₁ K ₁	2,27	3,69	2,17	2,73
N ₂ P ₂ K ₂	2,57	4,36	2,57	3,19
N ₃ P ₃ K ₃	2,34	4,16	2,44	3,01
Навоз+НРК	2,47	4,34	2,61	3,17
Расчетный	2,32	4,10	2,48	3,00

На всех вариантах опыта максимальной величины этот показатель достигал в межфазный период «колошение – молочная спелость», хотя в предыдущий период («выход в трубку – колошение») его величина была несущественно ниже.

За период «весеннее кущение - молочная спелость» суммарная площадь листьев на неудобренном контроле достигала 1,82 млн. м²×дней/га. Внесение удобрений в одинарной, двойной, тройной и расчетной дозах повышало этот показатель соответственно на 0,50; 1,20; 1,38 и 1,39 млн. м²×дней/га (27, 66, 76 и 76%). Наибольший фотосинтетический потенциал сформировался при внесении тройной и расчетной доз удобрений.

Из приводимых в табл. 30 межфазных периодов наиболее продуктивно листья озимой пшеницы функционировали в период «выход в трубку – колошение», менее - «колошение-молочная спелость». Чистая продуктивность фотосинтеза в этот периода превышала аналогичный показатель предыдущего периода («начало кущения – выход в трубку») в 1,5-1,8 раз, а последующего («колошение – молочная спелость») - 1,7-1,8 раз.

В целом за период весенне-летней вегетации ЧПФ на фоне естественного плодородия почвы составляла 2,67 г/м²/сут., при внесении удобрений в одинарной дозе она осталась на том же уровне. На остальных вариантах этот показатель повышался: под влиянием высоких доз удобрений – на 0,32-0,33 г/м²/сут. (12,0-12,5%), средних - 0,50-0,51 г/м²/сут. (18,6-19,1%).

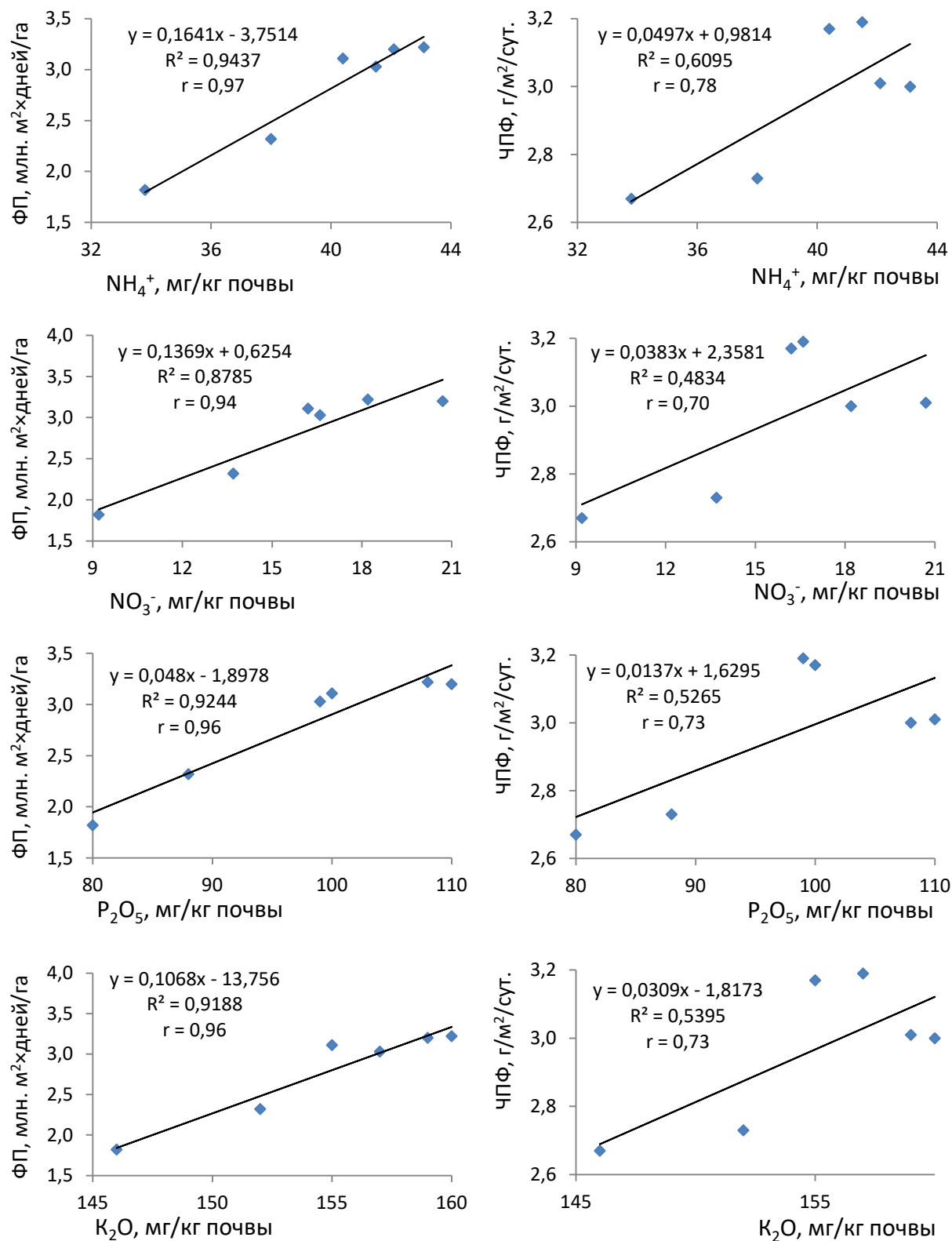
В отдельные межфазные периоды влияние удобрений на продуктивность листьев складывалось по-разному. В период «начало кущения – выход в трубку» ЧПФ была выше, чем на контроле только на вариантах с двойной дозой удобрений (по обеим системам удобрения), на остальных – ниже. В период «колошение-молочная спелость» преимущество перед контролем проявилось при внесении тройной и расчетной доз удобрений, остальные варианты от контроля практически не отличались.

Предполагается, что ослабляющее действие возрастающих доз удобрений связано с параллельным проявлением таких нежелательных факторов

как чрезмерное кушение злаков, затенение, полегание, нарушение газообмена и др. (Ничипорович А.А., 1963, 1977; Шатилов И.С., 1991; Никитишен В.И., 2012). В исследованиях В.И. Никитишена, Л.М. Тереховой, В.И. Личко (2007), К.Н. Невониной, С.И. Поповой, Е.М. Киряковой (2013) под влиянием возрастающих доз минеральных удобрений ЧПФ снижалась, несмотря на активное формирование надземной биомассы в этих вариантах. По их мнению, это связано с возрастающим расходом энергетических ресурсов на дыхание и транспирацию посевами с более развитой листовой поверхностью.

О положительном влиянии удобрений на показатели фотосинтетической деятельности посевов озимой пшеницы указывают и другие авторы. В опытах А.Н. Орлова, Н.Н. Тихонова (2009) на черноземах выщелоченных дозы азотной подкормки 60-120 кг/га д. в. обеспечивали максимальные значения фотосинтетического потенциала (0,51-0,58 млн. м²×дней/га) и чистой продуктивности фотосинтеза (5,9–6,6 г/м²/сут.). В исследованиях Г.А. Медведева и Е.А. Шевяковой (2007) на светло-каштановых почвах максимальное значение фотосинтетического потенциала озимой пшеницы отмечено на фоне N₉₀P₃₄ – 2,24-2,27 млн. м²×дней/га (у разных сортов) против 1,39-1,86 3,18 млн. м²×дней/га на вариантах без применения удобрений. В работах В.А. Кумакова (1972, 1988) на пшенице показано, что при суммарной листовой поверхности посева 40-50 тыс. м²/га и сроках вегетации 90 суток фотосинтетический потенциал составляет 1,5-2,0 млн. м²×дней/га, что обеспечивает получение 35-40 ц/га зерна. В опытах В.И. Никитишена (2012) фотосинтетический потенциал посевов с недостаточной обеспеченностью азотом и фосфором не превышал 1,46 млн. м²/га/сут.

Проведенный нами корреляционно-регрессионный анализ зависимости ФП и ЧПФ озимой пшеницы от обеспеченности почвы аммонийной и нитратной формами азота, а также подвижным фосфором и обменным калием, показал очень высокий уровень корреляции с каждым из этих агрохимических показателей (рис. 42).



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 42. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза посева озимой пшеницы («весеннее кущение - молочная спелость») от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов (ср. за 4 ротации)

Выявлена очень сильная линейная зависимость ФП озимой пшеницы от обеспеченности почвы поглощенным аммонием ($r=0,97$), нитратным азотом ($r=0,94$) и подвижным фосфором ($r=0,96$) и обменным калием ($r=0,96$). Эти факторы также оказывали влияние и на чистую продуктивность фотосинтеза. И хотя коэффициенты корреляции имели при этом меньшие значения, установлена сильная зависимость ЧПФ от содержания в почве аммонийного азота, нитратов, подвижного фосфора и обменного калия ($r=0,78$; $0,70$; $0,73$ и $0,73$).

Уравнения регрессии, выражающие зависимость ФП и ЧПФ озимой пшеницы от содержания всех 4-х форм почвенных питательных элементов, имеют вид:

$$Y(\text{фп}) = 26,99 + 0,47 (\text{NH}_4^+) + 0,01 (\text{NO}_3^-) + 0,04 (\text{P}_2\text{O}_5) - 0,30 (\text{K}_2\text{O});$$
$$(R^2 = 0,997892);$$

$$Y(\text{чпф}) = 28,99 + 0,41 (\text{NH}_4^+) + 0,01 (\text{NO}_3^-) + 0,02 (\text{P}_2\text{O}_5) - 0,29 (\text{K}_2\text{O})$$
$$(R^2 = 0,872464578).$$

Фотосинтетический потенциал посевов кукурузы является обобщающим показателем, определяющим все факторы жизни растений. Учет этих показателей И.С. Шатилов (1975) считал главным в выявлении связи между фотосинтетическим потенциалом и уровнем урожайности, при этом значение придавал улучшению питания растений (Цит. по Т.Р. Толорая и др., 2016).

Для кукурузы, в отличие от зерновых злаков, способных формировать дополнительные побеги в результате кущения, характерным является довольно стабильная работа ассимиляционного аппарата в течение вегетации (Никитишен В.И., 2012). Об этом свидетельствуют и результаты наших исследований, согласно которым величины показателей фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза обеспечивали устойчивую линейную зависимость от уровней минерального питания (табл. 31).

Таблица 31 – Фотосинтетическая деятельность посева кукурузы на зерно
в отдельные межфазные периоды в зависимости от удобрений
(среднее за 4 ротации)

Вариант	Межфазный период			
	всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – выметывание	выметывание – молочная спе- лость	5-6 листьев – молочная спе- лость
Фотосинтетический потенциал, млн. м ² ×дней/га				
Контроль	0,06	0,54	0,84	1,44
N ₁ P ₁ K ₁	0,06	0,62	1,07	1,76
N ₂ P ₂ K ₂	0,07	0,71	1,40	2,18
N ₃ P ₃ K ₃	0,08	0,81	1,45	2,34
Навоз+NPK	0,07	0,75	1,41	2,23
Расчетный	0,08	0,81	1,43	2,33
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут.				
Контроль	2,19	5,09	4,11	4,40
N ₁ P ₁ K ₁	2,27	5,35	4,11	4,48
N ₂ P ₂ K ₂	2,41	6,05	4,07	4,66
N ₃ P ₃ K ₃	2,30	6,18	4,38	4,93
Навоз+NPK	2,26	6,29	4,13	4,79
Расчетный	1,87	5,99	4,30	4,80

В наших наблюдениях ФП посева кукурузы на зерно в начальный период («всходы – 5-6 листьев») был незначителен. Наибольшее его значение отмечено в межфазный период «выметывание – молочная спелость», оно превышало аналогичный показатель в предыдущий период («5-6 листьев – выметывание») в 1,6-2,0 раза по всем вариантам. В сумме за указанные периоды этот показатель достигал 1,44 млн. м²×дней/га на контроле и увеличился за счет внесения одинарной, двойной, тройной и расчетной доз удобрений соответственно на 0,32; 0,74; 0,90 и 0,89 млн. м²×дней/га (22, 51, 62 и 62%).

Чистая продуктивность фотосинтеза была наибольшей в межфазный период «5-6 листьев – выметывание»; листья в этот период работали продуктивнее, чем в последующий в 1,2-1,5 раз. За указанные периоды среднесуточное накопление сухой биомассы за счет единицы площади листовой поверхности составило 4,40 г/м²/сут. без применения удобрений, а при внесении двойной, тройной и расчетной доз этот показатель увеличился соответственно на 1,98; 2,26 и 2,13 г/м²/сут. (45, 51 и 48%) с преимуществом варианта с тройной дозой NPK. При внесении одинарной дозы показатель ЧПФ практически не изменился.

В межфазный период «выметывание – молочная спелость» удобрения слабее влияли на ЧПФ, небольшое повышение наблюдалось на вариантах с высокими дозами удобрений, а на остальных этот показатель либо не изменялся, либо незначительно снижался. Для этого периода очевидна менее выраженная разница в интенсивности синтетических процессов в растениях, имеющих разный уровень обеспеченности минеральным питанием.

В.И. Никитишен (2012) утверждает, что продуктивность работы листьев по мере повышения уровня минерального питания понижается на 20-30%, а связь между минеральным питанием не прямолинейна, а описывается «затухающей кривой», и объясняет это тем, ссылаясь на В.И. Гуляева (1983), что по мере увеличения площади листьев в посеве фотосинтетическая продуктивность каждой единицы листовой поверхности уменьшается.

По мнению Ю.А. Овсянникова (2021), увеличение продуктивности растений кукурузы при внесении минеральных удобрений происходит не за счет повышения активности фотосинтетического аппарата, а за счет перераспределения продуктов фотосинтеза в пользу надземной части и корневой системы. Объем образования корневых выделений при этом резко сокращается.

На посеве кукурузы на силос наблюдались аналогичные закономерности влияния удобрений на фотосинтетическую деятельность этой культуры с некоторой разницей в значениях рассматриваемых показателей (табл. 32).

Таблица 32 – Фотосинтетическая деятельность посева кукурузы на силос в отдельные межфазные периоды в зависимости от удобрений (среднее за 2009 и 2014 гг.)

Вариант	Межфазный период			
	всходы – 5-6 листьев	5-6 листьев – выметывание	выметывание – молочная спелость	5-6 листьев – молочная спелость
Фотосинтетический потенциал, млн. м ² *дней/га				
Контроль	0,06	0,53	0,89	1,48
N ₁ P ₁ K ₁	0,07	0,62	1,07	1,76
N ₂ P ₂ K ₂	0,08	0,67	1,35	2,10
N ₃ P ₃ K ₃	0,08	0,75	1,64	2,47
Навоз+NPK	0,07	0,68	1,45	2,20
Расчетный	0,08	0,76	1,73	2,58
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут.				
Контроль	1,02	6,19	3,28	4,23
N ₁ P ₁ K ₁	1,05	6,73	3,36	4,45
N ₂ P ₂ K ₂	1,26	7,95	3,39	4,78
N ₃ P ₃ K ₃	1,37	8,68	3,52	5,01
Навоз+NPK	1,42	8,02	3,16	4,59
Расчетный	1,46	9,53	3,56	5,26

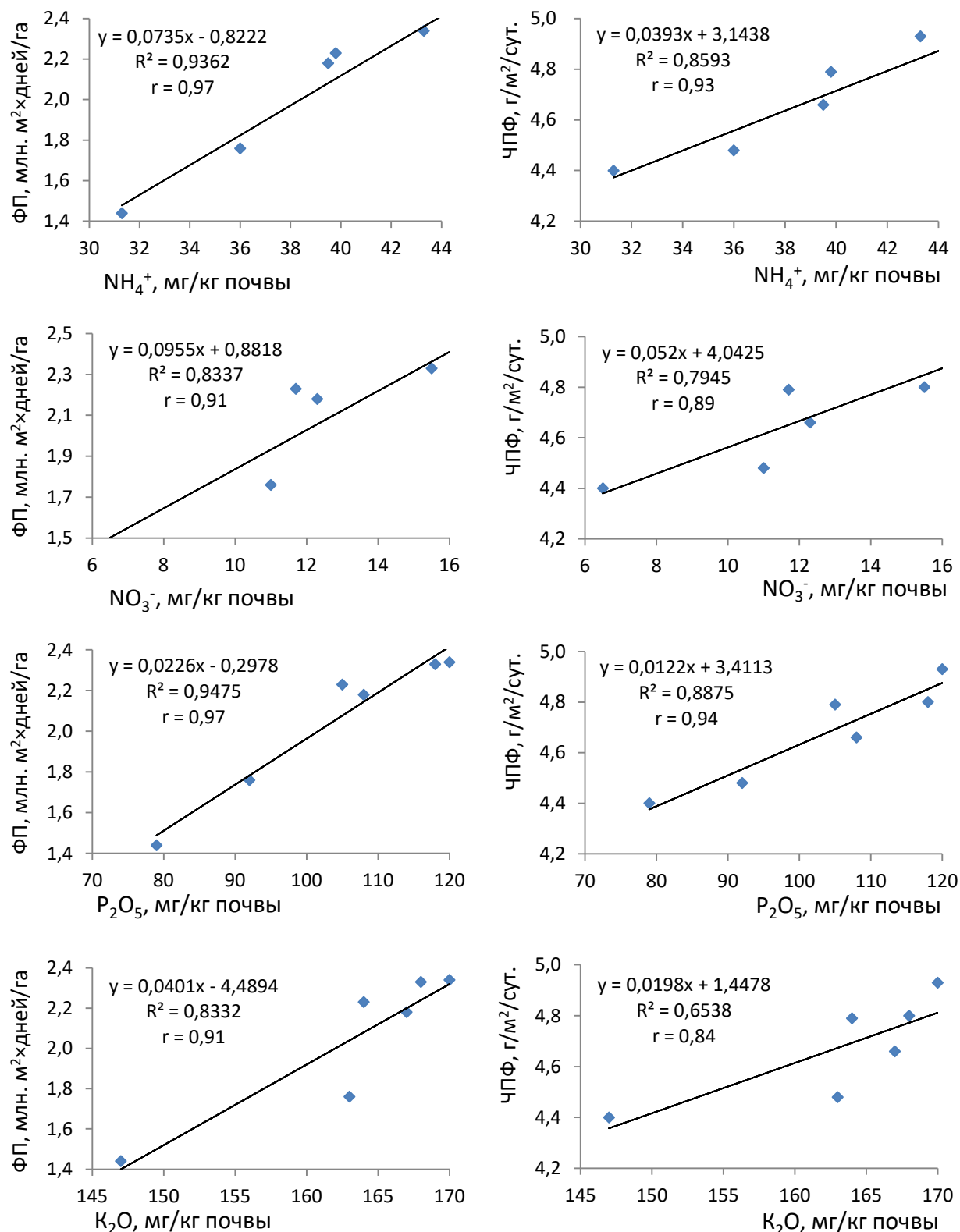
По мнению А.А. Ничипоровича (1982), наиболее часто встречающиеся величины чистой продуктивности фотосинтеза для растений кукурузы - 6-8 г/м²/сут. Значения, полученные в наших наблюдениях, несколько ниже этих, поскольку касаются периодов, когда площадь листовой поверхности наиболее значительна, а ее продуктивность снижается за счет меньшей концентрации сухого вещества.

Результаты наших исследований в той или иной степени согласуются с результатами других авторов. На черноземе выщелоченном тяжелосуглинном лесостепи Среднего Поволжья в исследованиях С.А. Семиной, И.В.

Гаврюшина (2017) применение минеральных удобрений способствовало увеличению фотосинтетического потенциала кукурузы на 22,9-27,7%. В то же время в опытах И.К. Кошелевой (2018) в тех же природных условиях уровень чистой продуктивности посева кукурузы был достаточно высоким и без удобрений (8,36-8,53 г/м²/сут.), а с их применением лишь проявил тенденцию к увеличению. В исследованиях З.И. Усановой, И.В. Шальнова (2011) в условиях Верхневолжья лучшие условия для фотосинтетической деятельности растений в посевах кукурузы складываются при внесении расчетных доз удобрений, где получен самый высокий фотосинтетический потенциал - 2,03 млн. м²×дней/га и отмечена наибольшая ЧПФ - 6,84 г/м²/сут. Повышенная ЧПФ на этих фонах минерального питания объясняется, по-видимому, лучшей сбалансированностью в посеве основных жизненно важных факторов, в том числе обеспеченности влагой и минеральной пищей, что повышало фотосинтетическую активность растений.

В результате исследований С.К. Мингалева, А.Ю. Овсянникова, Ю.А. Овсянникова, И.В. Сурина (2014) установлено влияние минеральных удобрений при выращивании кукурузы (хотя и незначительно, но достоверно) на повышение фотосинтетической активности хлорофилла. Хотя уровень повышения урожайности кукурузы при внесении удобрений существенно выше, чем уровень повышения фотосинтетической активности хлорофилла. Авторы приходят к выводу, что минеральные удобрения слабо влияют на процессы фотосинтеза, которые обуславливают появление эффекта флуоресценции, но, возможно, повышают эффективность фотосинтетической системы на последующих этапах; или существенным образом изменяют направления использования растениями продуктов фотосинтеза.

Проведенный нами корреляционно-регрессионный анализ зависимости ФП и ЧПФ кукурузы на зерно от обеспеченности почвы питательными элементами показал высокий уровень корреляции с каждым из этих агрохимических показателей (рис. 43).



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 43. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза посева кукурузы на зерно («5-6 листьев - молочная спелость») от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов (ср. за 4 ротации)

Выявлена очень сильная линейная зависимость ФП посева кукурузы на зерно от обеспеченности почвы поглощенным аммонием ($r=0,97$), нитратным азотом ($r=0,91$), подвижным фосфором ($r=0,97$) и обменным калием ($r=0,91$). Коэффициенты корреляции между указанными факторами и чистой продуктивностью фотосинтеза имели также высокие значения. Сильная зависимость ЧПФ посева кукурузы выявлена от содержания в почве аммонийного азота и подвижного фосфора ($r=0,93$ и $0,94$), весьма сильная - от содержания нитратов и обменного калия ($r=0,89$ и $0,84$).

Уравнения регрессии, выражающие зависимость ФП и ЧПФ кукурузы на зерно от содержания питательных элементов, принимают вид:

$$Y(\text{фп}) = 0,05(\text{NH}_4^+) - 0,11(\text{NO}_3^-) + 0,02(\text{P}_2\text{O}_5) + 0,02(\text{K}_2\text{O}) - 3,64;$$

$$(R^2 = 0,99);$$

$$Y(\text{чпф}) = 4,05 - 0,001(\text{NH}_4^+) - 0,012(\text{NO}_3^-) + 0,018(\text{P}_2\text{O}_5) - 0,007(\text{K}_2\text{O});$$

$$(R^2 = 0,91).$$

Характеризуя показатели фотосинтетической деятельности суданской травы, можно отметить, что фотосинтетический потенциал посева этой культуры был наибольшим при формировании биомассы 1-го укоса, превышая аналогичный показатель 2-го и 3-го укосов на 1,3-1,5% по всем вариантам (табл. 33).

Под влиянием удобрений суммарная площадь листьев суданской травы существенно возрастала. В сумме за вегетацию, включающую 3 укоса этой культуры, фотосинтетический потенциал на варианте без удобрений составлял 1,65 млн. $\text{м}^2 \times \text{дней}/\text{га}$, а при внесении одинарной, двойной, тройной и расчетной доз удобрений увеличился соответственно на 0,31; 0,74; 1,22 и 1,38 млн. $\text{м}^2 \times \text{дней}/\text{га}$ (19, 45, 74 и 84%). Наибольшей величиной этого показателя характеризовался расчетный вариант.

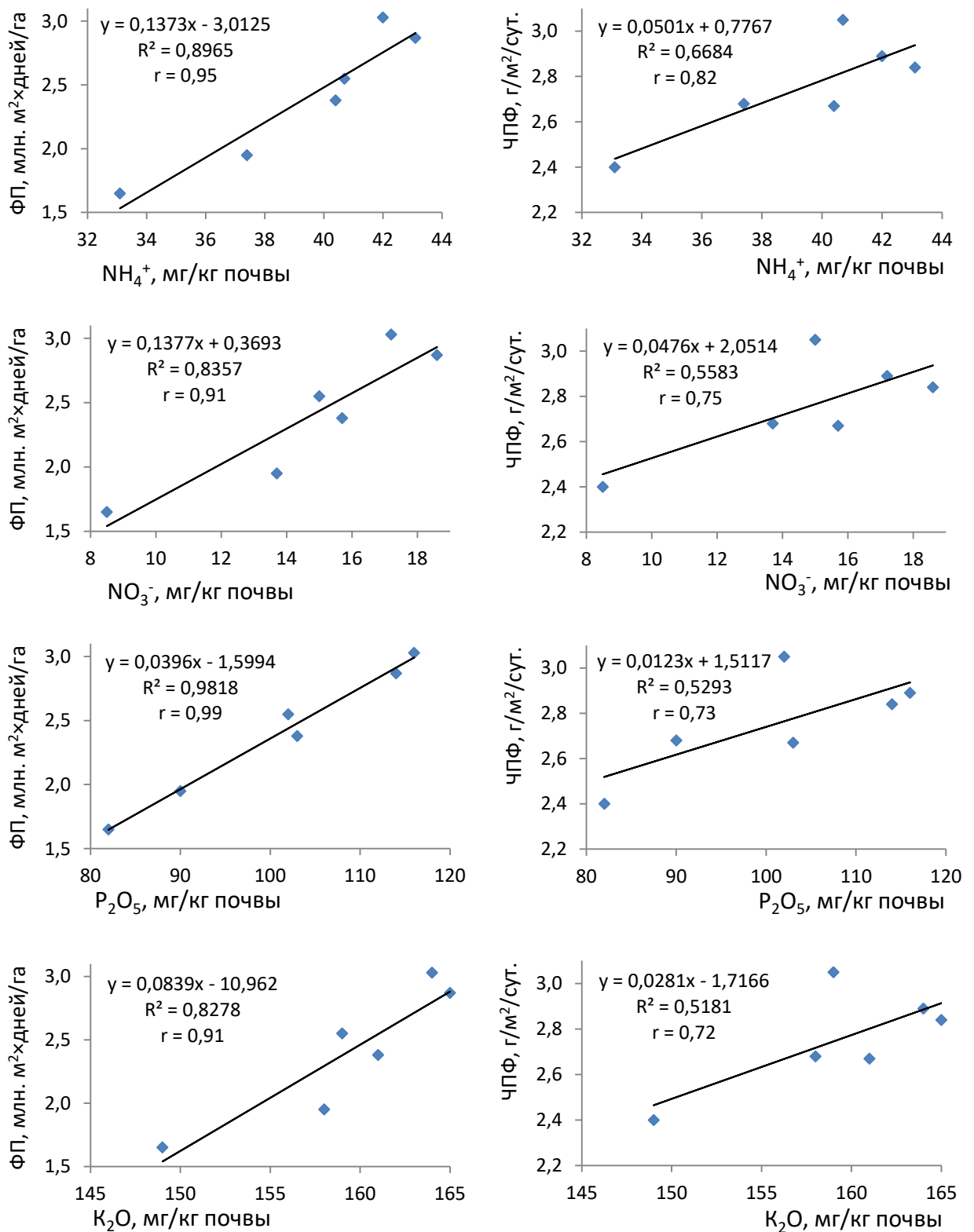
Чистая продуктивность фотосинтеза под влиянием удобрений в одинарной, двойной, тройной и расчетной дозах повышалась соответственно на 0,27; 0,27; 1,44 и 0,49%. Однако внушительно лидировал вариант навоз + NPK, показатель ЧПФ на котором превышал контроль на 0,64 $\text{г}/\text{м}^2/\text{сут.}$, или 27%.

Таблица 33 – Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза посева суданской травы в межфазные периоды в зависимости от удобрений (среднее за 1997 и 2004 гг.)

Вариант	Межфазный период				За год
	всходы – выход в трубку	выход в трубку – 1-й укос	отрастание – 2-й укос	отрастание – 3-й укос	
Фотосинтетический потенциал, млн. м ² *дней/га					
Контроль	0,15	0,53	0,48	0,46	1,65
N ₁ P ₁ K ₁	0,16	0,65	0,56	0,54	1,95
N ₂ P ₂ K ₂	0,17	0,79	0,70	0,68	2,38
N ₃ P ₃ K ₃	0,20	0,95	0,85	0,82	2,87
Навоз+NPK	0,19	0,86	0,75	0,72	2,55
Расчетный	0,20	0,97	0,92	0,88	3,03
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ² /сут.					
Контроль	1,85	1,55	2,93	3,20	2,40
N ₁ P ₁ K ₁	2,10	1,66	3,44	3,45	2,68
N ₂ P ₂ K ₂	2,23	1,56	3,42	3,48	2,67
N ₃ P ₃ K ₃	2,59	1,74	3,57	3,57	2,84
Навоз+NPK	2,60	1,81	4,01	3,83	3,05
Расчетный	2,63	1,80	3,58	3,57	2,89

Проведенный нами корреляционно-регрессионный анализ зависимости ФП и ЧПФ посева суданской травы от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов показал очень высокий уровень корреляции с каждым из этих агрохимических показателей (рис. 44).

В опытах В.Н. Неверова (2003) наибольший ФП отмечен на посевах суданской травы с внесением расчетных доз удобрений 0,96-1,12 млн. м²*дней/га по различным сортам, а чистая продуктивность фотосинтеза на расчетных фонах питания составляла 5,82-7,78 г/м²/сут.



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 44. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости фотосинтетического потенциала и чистой продуктивности фотосинтеза посева многолетних трав от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов (ср. за 4 ротации)

Выявлена очень сильная линейная зависимость ФП посева суданской травы от обеспеченности почвы аммонийной и нитратной формами азота ($r=0,95$ и $0,91$), подвижным фосфором ($r=0,99$) и обменным калием ($r=0,91$).

Коэффициенты корреляции между указанными факторами и чистой продуктивностью фотосинтеза указывают на весьма сильную зависимость ЧПФ от содержания нитратов в почве ($r=0,82$), аммонийного азота ($r=0,75$), подвижного фосфора ($r=0,73$) и обменного калия ($r=0,72$).

Уравнения регрессии, выражающие зависимость ФП и ЧПФ суданской травы от содержания в почве аммонийного и нитратного азота, подвижного фосфора и обменного калия, принимают вид:

$$Y(\text{фп}) = 0,086 (\text{NH}_4^+) - 0,118 (\text{NO}_3^-) + 0,038 (\text{P}_2\text{O}_5) - 0,021 (\text{K}_2\text{O}) - 6,377;$$
$$(R^2 = 0,989273);$$

$$Y(\text{чпф}) = 28,99 + 0,41 (\text{NH}_4^+) + 0,01(\text{NO}_3^-) + 0,02 (\text{P}_2\text{O}_5) - 0,29 (\text{K}_2\text{O})$$
$$(R^2 = 0,872464578).$$

По мнению А.Т. Мокроносова (1988), С.Н. Никитина (2014), более продуктивным может быть то растение, которое отличается менее интенсивным фотосинтезом, но больший процент ассимилятов использует на образование листьев и формирует большую ассимиляционную поверхность.

В итоге, установлена прямая линейная зависимость фотосинтетической деятельности культур севооборота от обеспеченности почвы подвижными формами основных питательных элементов. Естественно, что исключение любого элемента минерального питания скажется на интенсивности фотосинтеза. Однако ряд элементов играет важную специфическую роль. Азот, например, является и составной частью хлорофилла, без которого невозможен фотосинтез. В процессе фотосинтеза участвуют многочисленные белки-ферменты, что опять-таки подтверждает важность уровня азотного питания. На всех этапах фотосинтеза принимают участие фосфорилированные соеди-

нения, а энергия света аккумулируется в фосфорных связях. Это придает важное значение для фотосинтеза фосфору.

Многочисленные опыты позволили выявить прямую зависимость фотосинтеза от интенсивности экспорта ассимилятов из листа. Еще в 1933 году академик А.Л. Курсанов впервые продемонстрировал подавление фотосинтеза при торможении оттока ассимилятов из листа. С этим нежелательным явлением успешно справляется калий, который также повышает осводненность цитоплазмы, активизирует процессы фосфорилирования. Поэтому многие ученые, изучающие фотосинтез, придают калию большее значение, чем азоту.

Таким образом, на величину, продолжительность и продуктивность деятельности листового аппарата сельскохозяйственных растений – основной «фабрики» производства органического вещества - существенное влияние оказывает минеральное питание, регулировать которое можно и необходимо посредством систематического применения удобрений.

4.2. Потребление питательных веществ растениями

Для формирования урожая сельскохозяйственных культур, получения качественной продукции большое значение имеет потребление питательных веществ растениями в течение вегетации. Питательный режим почвы оказывает самое существенное влияние на этот процесс, а, следовательно, и вносимые в почву удобрения имеют при этом огромное значение. Изучение процесса потребления питательных веществ растениями в течение вегетации в зависимости от удобрений имеет важное практическое значение для определения потребности растений в питательных элементах в различные периоды роста и развития, а также для расчета доз удобрений на запланированный урожай (Дзанагов С.Х., 1999).

При пониженных температурах почвы (6-10⁰С) резко ослабляется поступление в растения фосфора и калия. При этом соотношение между азотом и фосфором смещается в сторону относительного преобладания азота. В на-

чале развития в растениях наиболее высокое содержание азота. В холодной среде усвоение азота протекает слабо. В период максимального прироста сухого вещества растений интенсивность поглощения питательных веществ возрастает, однако концентрация их в листьях и стеблях несколько ниже, чем в начале развития. После цветения поступление питательных веществ в растение резко снижается или прекращается. В конце вегетации у растений наблюдаются потери в связи с отмиранием листьев и выделением корнями в почву отдельных соединений (Магницкий К.П., 1972).

Для определения нуждемости сельскохозяйственных культур в элементах питания в течение вегетации необходимо экспериментально установить оптимальную концентрацию этих элементов в растении или отдельных ее органах. По определению Г.Я. Ринькиса (1989), под оптимальными концентрациями обычно понимают количества элементов, которые обеспечивают более высокую продуктивность культуры при изучении доз одного или нескольких элементов питания в определенных условиях. По уточнению С.Х. Дзанагова (1999), это, как правило, относительное содержание питательных элементов того варианта, который обеспечивает максимальный урожай выращиваемой культуры при нормальных условиях обеспеченности другими факторами. Этим правилом мы руководствовались в своей работе при изучении данного вопроса.

4.2.1. Потребление N, P₂O₅ и K₂O многолетними травами

Система удобрения люцерны обуславливается одной из наиболее существенных ее биологических особенностей. Значительную часть необходимого азота растения люцерны получают из атмосферы с помощью симбиотической фиксации клубеньковыми бактериями. Биологически связанный азот может накапливаться в почве в больших объемах, размер биологического связывания азота в растениях колеблется в широких пределах и зависит от

физических, физико-химических и агрохимических свойств почв (Чухиль А.А., 2017; Волошин Е.И., Аветисян А.Т., 2017). При возделывании клевера на 1 га пашни поступает в среднем 150-160 кг/га атмосферного азота, люцерны – 250-350 кг/га (Трепачев Е.П., 1985).

Наши исследования показали, что наибольшая концентрация азота в растениях многолетних трав во все годы наблюдалась в начале вегетации и составляла в среднем за годы исследований: 3,32% (люцерна) и 3,02% (клевер луговой) - на контроле, и 3,60-4,35 и 3,54-4,02% - на удобренных вариантах соответственно по указанным культурам (табл. 34 и прил. 96, 97).

В дальнейшем эти показатели постепенно снижались и к моменту 1-го укоса составляли 2,92% (люцерна) и 1,64% (клевер луговой) - на контроле, и 2,96-3,25 и 1,86-2,12% - на удобренных вариантах соответственно по культурам. Ко 2-му укосу наблюдалась аналогичная динамика. На удобренных вариантах содержание азота повышалось по мере увеличения уровня питания, а максимальными показателями отличались варианты $N_3P_3K_3$ и расчетный.

В то же время происходило абсолютное нарастание этих элементов в растениях в расчете на 1 га. В среднем за годы исследований в начале вегетации на варианте без удобрений накопилось азота в растениях люцерны и клевера лугового 18-22% от общего количества к моменту 1-го укоса, а к началу ветвления эти показатели возросли в 2 раза. По сравнению с контролем по мере повышения доз удобрений увеличивалось абсолютное содержание азота в растениях люцерны и клевера лугового. Лидировали по этим показателям варианты $N_3P_3K_3$ и расчетный.

Некоторое преимущество имел вариант с органо-минеральной системой удобрения, где по сравнению с эквивалентной дозой одних минеральных удобрений в растениях люцерны и клевера азота накапливалось больше соответственно на 0,9-3,3 и 1,1-3,6 кг/га в различные фазы вегетации.

Таблица 34 – Потребление азота многолетними травами в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Культура	Вариант	Фазы вегетации				
		всходы	ветвление	цветение (1-й укос)	ветвление (2)	цветение (2-й укос)
Люцерна (ср. за 1994 и 2001 гг.)	Концентрация азота, % к сух. в-ву					
	Контроль	3,32	2,65	2,92	2,85	2,93
	N ₁ P ₁ K ₁	3,60	2,73	2,96	2,93	3,02
	N ₂ P ₂ K ₂	4,10	2,86	3,12	3,06	3,15
	N ₃ P ₃ K ₃	4,35	2,92	3,20	3,09	3,37
	Навоз+NPK	4,20	2,84	3,14	2,98	3,21
	Расчетный	4,34	2,97	3,25	3,14	3,41
	Накопление азота, кг/га					
	Контроль	6,1	13,9	33,7	14,6	32,7
	N ₁ P ₁ K ₁	9,1	21,0	51,0	21,9	53,2
	N ₂ P ₂ K ₂	12,4	25,2	62,9	28,9	69,1
	N ₃ P ₃ K ₃	17,4	34,3	85,5	38,6	98,8
	Навоз+NPK	13,3	27,8	66,2	29,2	72,4
	Расчетный	17,6	35,8	89,7	39,0	100,4
Клевер луговой (ср. за 2006 и 2012 гг.)	Концентрация азота, % к сух. в-ву					
	Контроль	3,02	1,54	1,64	2,25	1,95
	N ₁ P ₁ K ₁	3,54	1,71	1,86	2,37	1,89
	N ₂ P ₂ K ₂	3,71	1,88	1,98	2,44	2,29
	N ₃ P ₃ K ₃	4,01	2,03	2,09	2,47	2,45
	Навоз+NPK	3,85	1,93	1,99	2,49	2,35
	Расчетный	4,02	2,03	2,12	2,55	2,51
	Накопление азота, кг/га					
	Контроль	4,3	7,0	16,2	9,2	18,5
	N ₁ P ₁ K ₁	8,3	13,1	30,5	13,4	28,9
	N ₂ P ₂ K ₂	9,9	16,9	38,7	18,8	41,5
	N ₃ P ₃ K ₃	13,6	24,4	55,1	24,3	56,0
	Навоз+NPK	11,0	18,9	42,3	18,9	41,2
	Расчетный	13,9	24,3	54,7	25,0	57,1

В отношении концентрации фосфора в растениях многолетних трав можно констатировать некоторое повышение этого показателя от всходов к ветвлению, затем снижение его к укосу (табл. 35, прил. 98).

Таблица 35 – Потребление фосфора многолетними травами в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Культура	Вариант	Фазы вегетации				
		всходы	ветвление	цветение (1-й укос)	ветвление (2)	цветение (2-й укос)
Люцерна (ср. за 1994 и 2001 гг.)	Концентрация фосфора, % к сух. в-ву					
	Контроль	0,79	0,78	0,76	0,79	0,74
	N ₁ P ₁ K ₁	0,82	0,83	0,81	0,82	0,76
	N ₂ P ₂ K ₂	0,89	0,89	0,86	0,87	0,82
	N ₃ P ₃ K ₃	0,94	0,92	0,90	0,91	0,85
	Навоз+НРК	0,89	0,89	0,85	0,90	0,82
	Расчетный	0,92	0,92	0,90	0,93	0,88
	Накопление фосфора, кг/га					
	Контроль	1,5	4,1	8,8	4,0	8,4
	N ₁ P ₁ K ₁	2,2	6,3	13,9	6,2	13,6
	N ₂ P ₂ K ₂	2,8	7,8	17,2	8,3	17,9
	N ₃ P ₃ K ₃	3,8	10,8	23,9	11,4	25,1
	Навоз+НРК	2,9	8,7	17,9	8,9	18,4
Расчетный	3,8	11,1	24,5	11,8	25,9	
Клевер луговой (ср. за 2006 и 2012 гг.)	Концентрация фосфора, % к сух. в-ву					
	Контроль	0,65	0,62	0,49	0,58	0,47
	N ₁ P ₁ K ₁	0,67	0,65	0,51	0,68	0,49
	N ₂ P ₂ K ₂	0,79	0,75	0,63	0,78	0,65
	N ₃ P ₃ K ₃	0,89	0,83	0,72	0,88	0,75
	Навоз+НРК	0,79	0,75	0,62	0,81	0,70
	Расчетный	0,87	0,84	0,74	0,88	0,77
	Накопление фосфора, кг/га					
	Контроль	1,0	2,7	4,8	2,4	4,4
	N ₁ P ₁ K ₁	1,7	4,6	8,3	3,9	7,5
	N ₂ P ₂ K ₂	2,2	6,6	12,2	5,9	11,7
	N ₃ P ₃ K ₃	3,1	10,0	19,0	8,6	17,2
	Навоз+НРК	2,4	7,1	13,0	6,1	12,3
Расчетный	3,1	10,0	19,0	8,6	17,4	

На варианте без удобрений в фазы всходов, ветвления и бутонизации содержание фосфора в растениях люцерны составляло 0,79; 0,78 и 0,76%, а

клевера лугового - 0,65; 0,62 и 0,49% в среднем за годы исследований. Удобренные варианты характеризовались большей концентрацией фосфора во все фазы вегетации обеих культур, причем возрастала она по мере увеличения доз удобрений. Наибольшее относительное содержание фосфора во все фазы отмечено на вариантах $N_3P_3K_3$ и расчетном.

Процесс накопления фосфора в биомассе многолетних трав происходил аналогично накоплению сухого вещества и в прямой зависимости от роста и развития растений (табл. 35, прил. 99). В 1-й укосный период люцерна накапливала фосфора в начале вегетации 17% на контроле и 14-17% на удобренных вариантах, в фазу ветвления – 41% на контроле и 32-39% на удобренных вариантах (от максимума к моменту укоса). На клевере эти показатели составляли в фазу всходов и ветвления 16 и 38% на контроле и 13-16% и 34-38% на удобренных вариантах.

В период вегетации до 1-го укоса в среднем за годы исследований абсолютное накопление фосфора в растениях многолетних трав на неудобренном контроле составляло в фазы всходов, ветвления и бутонизации соответственно 1,5; 4,1 и 8,8 кг/га (люцерна) и 1,0; 2,7 и 4,8 кг/га (клевер). По мере повышения доз удобрений эти показатели увеличивались в 1,5-2,5 раза по фазам вегетации. Наибольшим накоплением фосфора отличались вариант с тройной дозой NPK и расчетный вариант. Органо-минеральная система имела незначительное преимущество перед минеральной по накоплению фосфора в растениях многолетних трав.

Относительное содержание калия в растениях многолетних трав имело динамику, аналогичную фосфору: наблюдалось некоторое его повышение от всходов к ветвлению, затем снижение к укосу (табл. 36 и прил. 100).

В среднем за годы исследований концентрация калия в растениях контрольного варианта в фазы всходов, ветвления и бутонизации люцерны составляла 2,93; 2,68 и 2,52%, а клевера лугового - 2,30; 1,65 и 1,37%.

Таблица 36 – Потребление калия многолетними травами в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Культура	Вариант	Фазы вегетации				
		всходы	ветвление	цветение (1-й укос)	ветвление (2)	цветение (2-й укос)
Люцерна (ср. за 1994 и 2001 гг.)	Концентрация калия, % к сух. в-ву					
	Контроль	2,93	2,68	2,52	2,50	2,39
	N ₁ P ₁ K ₁	3,14	2,87	2,68	2,68	2,54
	N ₂ P ₂ K ₂	3,37	3,03	2,78	2,80	2,67
	N ₃ P ₃ K ₃	3,54	3,12	2,87	3,12	2,80
	Навоз+NPK	3,25	2,95	2,77	2,95	2,67
	Расчетный	3,53	3,15	2,90	3,16	2,86
	Накопление калия, кг/га					
	Контроль	5,6	14,2	29,4	13,0	27,3
	N ₁ P ₁ K ₁	8,4	22,0	46,2	20,2	45,1
	N ₂ P ₂ K ₂	10,3	26,6	55,9	26,7	58,6
	N ₃ P ₃ K ₃	14,3	36,5	76,0	39,2	82,8
	Навоз+NPK	10,3	28,5	57,9	29,5	60,8
Расчетный	14,4	37,9	79,6	40,0	85,2	
Клевер луговой (ср. за 2006 и 2012 гг.)	Концентрация калия, % к сух. в-ву					
	Контроль	2,30	1,65	1,37	1,61	1,36
	N ₁ P ₁ K ₁	2,39	1,69	1,44	1,79	1,45
	N ₂ P ₂ K ₂	2,66	1,75	1,52	1,80	1,53
	N ₃ P ₃ K ₃	3,07	1,80	1,60	1,83	1,55
	Навоз+NPK	2,84	1,74	1,55	1,78	1,55
	Расчетный	3,07	1,80	1,62	1,84	1,54
	Накопление калия, кг/га					
	Контроль	3,2	7,5	13,5	6,5	12,9
	N ₁ P ₁ K ₁	5,6	12,7	23,5	10,3	22,2
	N ₂ P ₂ K ₂	7,1	15,7	29,8	13,8	27,7
	N ₃ P ₃ K ₃	10,5	21,7	42,4	18,0	35,3
	Навоз+NPK	8,1	17,2	33,0	13,5	27,1
Расчетный	10,7	21,6	41,9	17,9	35,0	

Удобрённые варианты характеризовались большими значениями этого показателя во все фазы обеих культур, причем возрастал он по мере увели-

чения доз удобрений. Наибольшей концентрацией калия во все фазы отличались варианты $N_3P_3K_3$ и расчетный.

В начале вегетации растения люцерны и клевера накапливали калия 18-19%, а в фазу ветвления – 48-49% (от максимума к моменту укоса) (табл. 36 и прил. 101).

В 1-й укосный период в среднем за годы исследований абсолютное содержание калия в растениях многолетних трав на неудобренном контроле составляло в фазы всходов, ветвления и бутонизации соответственно 5,6; 14,2 и 29,4 кг/га (люцерна) и 3,2; 7,5 и 13,5 кг/га (клевер). С увеличением доз удобрений растения накапливали больше калия: в фазу всходов люцерны на 46-189%, клевера - 40-191%; в фазу ветвления люцерны - на 53-187%, клевера - 47-167%, и к 1-му укосу люцерны - на 58-216%, клевера - 65-195%.

Наибольшим количеством накопленного калия отличались расчетный вариант и вариант с тройной дозой NPK.

Внесение навоза способствовало некоторому увеличению накопления калия - на 16-23, 14-22 и 3-27% соответственно в фазы всходов, ветвления и бутонизации. В растениях 2-го укоса органо-минеральная система имела небольшое преимущество на люцерне, но уступала минеральной на клевере.

Соотношение азота, фосфора и калия в растениях многолетних трав сильно варьировало по вариантам и фазам вегетации (табл. 37 и прил. 102).

Наибольшая амплитуда в соотношении $N : P_2O_5 : K_2O$ наблюдалась в начале вегетации, соотношение имело вид: у люцерны – 4,3 : 1 : 3,7 на контроле и 4,5-4,8 : 1 : 3,7-3,9 - на удобренных вариантах; клевера – 4,7 : 1 : 3,6 на контроле и 4,7-5,4 : 1 : 3,4-3,6 - на удобренных вариантах. К началу ветвления соотношение $N : P_2O_5 : K_2O$ несколько снижалось, затем, а к укосам - вновь увеличивалось.

Таблица 37 – Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе многолетних трав по фазам вегетации в зависимости от удобрений

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	цветение (1-й укос)	ветвление (2)	цветение (2-й укос)
Люцерна (ср. за 1994 и 2001 гг.)					
Контроль	4,3 : 1 : 3,7	3,4 : 1 : 3,5	3,9 : 1 : 3,3	3,6 : 1 : 3,2	4,0 : 1 : 3,2
N ₁ P ₁ K ₁	4,5 : 1 : 3,9	3,3 : 1 : 3,5	3,7 : 1 : 3,3	3,6 : 1 : 3,3	4,0 : 1 : 3,4
N ₂ P ₂ K ₂	4,6 : 1 : 3,8	3,2 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,2	3,5 : 1 : 3,2	3,9 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₃	4,7 : 1 : 3,8	3,2 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,2	3,4 : 1 : 3,4	4,0 : 1 : 3,3
Навоз+NPK	4,8 : 1 : 3,7	3,2 : 1 : 3,3	3,7 : 1 : 3,3	3,3 : 1 : 3,3	3,9 : 1 : 3,3
Расчетный	4,7 : 1 : 3,8	3,2 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,2	3,4 : 1 : 3,4	3,9 : 1 : 3,3
Клевер луговой (ср. за 2006 и 2012 гг.)					
Контроль	4,7 : 1 : 3,6	2,5 : 1 : 2,6	3,4 : 1 : 2,8	3,9 : 1 : 2,8	4,2 : 1 : 3,2
N ₁ P ₁ K ₁	5,4 : 1 : 3,6	2,7 : 1 : 2,6	3,7 : 1 : 2,8	3,5 : 1 : 2,6	3,9 : 1 : 3,5
N ₂ P ₂ K ₂	4,7 : 1 : 3,4	2,5 : 1 : 2,3	3,2 : 1 : 2,4	3,2 : 1 : 2,3	3,6 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₃	4,7 : 1 : 3,5	2,4 : 1 : 2,2	2,9 : 1 : 2,2	2,8 : 1 : 2,1	3,3 : 1 : 3,3
Навоз+NPK	5,0 : 1 : 3,6	2,6 : 1 : 2,3	3,2 : 1 : 2,5	3,1 : 1 : 2,2	3,4 : 1 : 3,2
Расчетный	4,7 : 1 : 3,6	2,4 : 1 : 2,1	2,9 : 1 : 2,2	2,9 : 1 : 2,1	3,3 : 1 : 3,2

4.2.2. Потребление N, P₂O₅ и K₂O растениями озимой пшеницы

Озимая пшеница наибольшее количество элементов питания поглощает в фазу выхода в трубку – колошения (Гуляев Г.В. и др., 1990).

По данным В.Г. Минеева, Б. Дебрецени, Т. Мазур (1993), у озимой пшеницы отмечается 2 периода усиленного потребления азота - в начале роста и во время налива зерна. Потребность в фосфоре у озимой пшеницы отмечается со времени появления всходов до выколашивания. Калий поступает из почвы с первых дней роста растения до цветения, однако наибольшее его потребление наблюдается в фазу выхода в трубку.

Усвоение фосфора в холодную погоду резко замедляется, особенно на кислых почвах. Максимальное потребление азота озимой пшеницей происходит в фазу кущения, выхода в трубку, колошения, фосфора - в первые 4-5 недель, калия - с первых дней до цветения. Оптимальное содержание азота и фосфора в листьях озимой пшеницы для получения заданного урожая высококачественного зерна: кущение - 5,0-5,5:0,55-0,60%, трубкование 4,6-5,0:0,45-0,50%, колошение 3,0-4,5:0,35-0,45% (Мартынов Б.П. и др., 1988).

Основные элементы питания потребляются озимой пшеницей в разных количествах и играют неодинаковую роль. Азот – наиболее важный для растений элемент. Содержится он в растениях в небольших количествах – от 0,5 до 0,4% от сухого вещества. Он является обязательной составной частью всех белков и аминокислот, хлорофилла, фосфатидов, многих ферментов и других биологически активных соединений, без которых невозможен синтез органического вещества (Лазарев В.И. Старикова Г.Н., 2003; Лебедева Т., Каменских Н., 2017; Коваль А.В., 2019)

Поглощение растениями азота возрастает от начала роста до восковой спелости (Ачканов А.Я., Хомутов Ю.В., Эйсерт Э.К., 1984). 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).

Потребление питательных элементов растениями озимой пшеницы в наших наблюдениях имело более продолжительный период по сравнению с аналогичным процессом у растений многолетних трав. При сравнении накопления растениями озимой пшеницы обоих (2-го и 5-го) полей севооборота проявляются аналогичные закономерности как по динамике, так и по влиянию удобрений на этот показатель.

Наибольшей концентрацией азота в растениях озимой пшеницы характеризовался период весеннего возобновления вегетации (табл. 38 и прил. 103, 124).

Таблица 38 – Потребление азота растениями озимой пшеницы в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

№ поля	Вариант	Фазы вегетации				
		весеннее кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	восковая спелость
2	Концентрация азота, % к сух. в-ву					
	Контроль	3,86	2,37	1,62	1,36	1,21
	N ₁ P ₁ K ₁	4,61	2,70	1,84	1,49	1,32
	N ₂ P ₂ K ₂	5,46	3,10	2,05	1,64	1,45
	N ₃ P ₃ K ₃	5,57	3,32	2,18	1,77	1,53
	Навоз+NPK	5,36	3,23	2,06	1,66	1,46
	Расчетный	5,38	3,24	2,14	1,76	1,53
	Накопление азота, кг/га					
	Контроль	25,4	42,7	66,7	74,6	76,8
	N ₁ P ₁ K ₁	36,5	59,2	95,0	105,8	109,4
	N ₂ P ₂ K ₂	60,9	99,5	158,8	174,5	182,7
	N ₃ P ₃ K ₃	61,3	104,7	169,4	187,6	195,9
	Навоз+NPK	59,3	103,6	162,9	180,6	186,9
Расчетный	62,6	104,9	167,5	186,7	193,9	
5	Концентрация азота, % к сух. в-ву					
	Контроль	3,77	2,54	1,69	1,32	1,22
	N ₁ P ₁ K ₁	4,19	2,82	1,86	1,43	1,30
	N ₂ P ₂ K ₂	5,04	3,09	2,06	1,61	1,43
	N ₃ P ₃ K ₃	5,29	3,45	2,33	1,73	1,54
	Навоз+NPK	5,12	3,31	2,13	1,61	1,45
	Расчетный	5,43	3,33	2,23	1,73	1,55
	Накопление азота, кг/га					
	Контроль	23,8	41,3	61,4	68,7	71,8
	N ₁ P ₁ K ₁	35,0	63,7	95,3	105,6	111,4
	N ₂ P ₂ K ₂	57,4	101,0	154,5	174,2	182,5
	N ₃ P ₃ K ₃	59,4	107,5	158,2	179,9	187,4
	Навоз+NPK	58,5	108,8	159,1	176,5	186,2
Расчетный	62,6	107,7	164,8	185,8	193,6	

В этот период (начало апреля) относительное содержание азота в растениях озимой пшеницы 2-го и 5-го полей характеризовалось показателями – 3,86 и 3,77% на неудобренном варианте и 4,61-5,57 и 4,19-5,43% на удобренных (в среднем за 4 ротации севооборота). Преимущество удобренных вариантов перед контролем проявлялось в следующей убывающей последовательности: Расчетный, $N_3P_3K_3$, $N_2P_2K_2$, навоз+NPK и $N_1P_1K_1$. Однако к фазе цветения наибольшей концентрацией азота характеризовались растения варианта $N_3P_3K_3$.

Концентрация азота в растениях озимой пшеницы в весенний период является диагностическим критерием обеспеченности этим элементом растения. Оптимальной можно считать концентрацию азота в фазы весеннего кущения и трубкования – 5,0-5,4 и 3,1-3,4. Это соответствует концентрации азота, рекомендованной В.В. Церлинг (1990), автором классификации уровней-параметров содержания макро- и микроэлементов в сельскохозяйственных культурах в качестве оптимальных.

В дальнейшем, к фазе выхода в трубку (конец апреля) отмечается некоторое снижение содержания азота в растениях, а к фазе колошения-цветения (конец мая) – интенсивное убывание с достижением минимума до 1,21 на контроле и 1,32-1,53% на удобренных вариантах. Это происходило, вероятно, из-за усиления ростовых процессов, формирования биомассы и соответствующего разбавления азота в растениях. Затем к фазе молочной спелости (середина июня) эти показатели немного повышались, а к концу вегетации – продолжали убывать.

Одновременно с уменьшением относительного содержания азота по мере вегетации возрастало абсолютное его накопление на единице площади посева (табл. 38 и прил. 104, 125).

Накопление азота в растениях озимой пшеницы происходило пропорционально их росту и развитию. В осенний период растения накапливали 27-32% по всем вариантам, а весной до фазы выхода в трубку – 35-44%. Наибо-

лее интенсивно этот процесс протекал после начала выхода в трубку. К фазе колошения-цветения растения были обеспечены азотом на 52-54% на контроле и 59-69% - на удобренных вариантах, а к фазе молочной спелости - 97-98 на контроле и 82-89% - на удобренных вариантах.

Максимальное количество азота растения озимой пшеницы накопили к фазе восковой спелости. На посевах 2-го и 5-го полей к этому моменту накапливалось азота 77 и 72 кг/га на контроле и 109-200 и 111-194 кг/га на удобренных вариантах. Преимущество последних складывалось в следующей последовательности: расчетный и $N_3P_3K_3$; навоз + NPK; $N_2P_2K_2$.

Приведенные данные согласуются с данными других авторов, проводящих исследования в данной зоне (Дзанагов С.Х., 1987, 1999; Басиев А.Е., 2005; Кануков З.Т., 2009; Ханикаев Б.Р., 2020; Гагиев Б.В., 2021).

Концентрация фосфора в растениях озимой пшеницы уменьшалась до фазы молочной спелости (середина июня), затем в период созревания несколько повышалась (табл. 39 и прил. 105, 126).

За период вегетации в среднем за 4 ротации максимальное содержание фосфора в растениях озимой пшеницы 2-го и 5-го полей в относительных величинах отмечено в фазу весеннего кущения – 0,67 и 0,71% на контроле и 0,79-1,04% на удобренных вариантах (почти одинаково на обоих полях). Наибольшим оно было в вариантах расчетном и $N_3P_3K_3$, затем в убывающей последовательности - $N_2P_2K_2$, навоз+NPK, $N_1P_1K_1$. Оптимальной в этот период можно считать, по нашему мнению, концентрацию фосфора 1,9-1,0%.

В дальнейшем эти показатели снижались: к началу выхода в трубку - незначительно, а к фазе колошения-цветения - интенсивно. Минимум пришелся на фазу молочной спелости – 0,47 и 0,51% на контроле и 0,52-0,66% на удобренных вариантах. В дальнейшем, по мере созревания относительное содержание фосфора слабо, но повышалось.

Таблица 39 – Потребление фосфора растениями озимой пшеницы в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

№ поля	Вариант	Фазы вегетации				
		весеннее кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	восковая спелость
2	Концентрация фосфора, % к сух. в-ву					
	Контроль	0,67	0,54	0,50	0,48	0,47
	N ₁ P ₁ K ₁	0,79	0,61	0,56	0,53	0,52
	N ₂ P ₂ K ₂	0,96	0,69	0,63	0,60	0,57
	N ₃ P ₃ K ₃	1,02	0,76	0,68	0,64	0,60
	Навоз+NPK	0,97	0,70	0,63	0,60	0,58
	Расчетный	0,99	0,73	0,66	0,61	0,61
	Накопление фосфора, кг/га					
	Контроль	4,5	9,7	20,6	26,5	29,6
	N ₁ P ₁ K ₁	6,2	13,5	29,0	37,8	42,7
	N ₂ P ₂ K ₂	10,6	22,5	48,9	64,1	72,3
	N ₃ P ₃ K ₃	11,1	24,0	52,4	67,8	77,4
	Навоз+NPK	10,5	22,6	50,2	65,5	73,5
	Расчетный	11,5	24,0	51,8	65,4	77,3
5	Концентрация фосфора, % к сух. в-ву					
	Контроль	0,71	0,62	0,55	0,52	0,51
	N ₁ P ₁ K ₁	0,79	0,67	0,60	0,56	0,54
	N ₂ P ₂ K ₂	0,93	0,74	0,67	0,63	0,60
	N ₃ P ₃ K ₃	1,01	0,79	0,77	0,69	0,66
	Навоз+NPK	0,95	0,77	0,70	0,66	0,62
	Расчетный	1,04	0,81	0,74	0,69	0,66
	Накопление фосфора, кг/га					
	Контроль	4,5	10,1	20,3	26,9	29,9
	N ₁ P ₁ K ₁	6,6	15,2	31,1	41,3	45,9
	N ₂ P ₂ K ₂	10,5	24,4	50,7	67,9	75,8
	N ₃ P ₃ K ₃	11,4	24,7	52,3	71,5	79,9
	Навоз+NPK	10,9	25,6	52,6	71,6	79,2
	Расчетный	11,9	26,5	55,1	73,9	82,2

Абсолютное накопление фосфора в растениях озимой пшеницы происходило аналогично накоплению азота - пропорционально росту и развитию

растений (табл. 39 и прил. 106, 127). К моменту весеннего возобновления вегетации растения накапливали фосфора 19-24% по всем вариантам, а к фазе выхода в трубку – 25-31%. Затем темпы потребления резко усилились и к фазе колошения-цветения растения накопили уже 61-69% фосфора на всех вариантах, а к фазе молочной спелости – 75-77% на контроле и 69-73% - на удобренных вариантах.

Абсолютное содержание фосфора достигло своего максимума к фазе восковой спелости и составило во 2-м и 5-м полях 29,6 и 29,9 кг/га на контроле. Удобрения повышали этот показатель: одинарная доза – на 47 и 53%, двойная – 105 и 109%, тройная – 108 и 118%, а в вариантах навоз+NPK и расчетном - соответственно на 108-118 и 110-111%.

А.М. Артюшин, В.П. Толстоусов, А.Х. Халитов (1967) указывают, что калий наиболее интенсивно поступает в растения в первые фазы их развития, с возрастом относительное, а иногда и абсолютное содержание калия в растениях уменьшается.

В наших исследованиях это положение подтвердилось: динамика характеризовалась постепенным снижением концентрации калия в растениях по мере их роста и развития (табл. 40 и прил. 107, 128).

Весной, в период возобновления вегетации, как во 2-м, так и в 5-м полях севооборота наблюдался максимум по этому показателю – 2,32-2,40% - на контроле и 2,58-3,93% на удобренных вариантах (в среднем по 2-м полям за 4 ротации). Оптимальной в этот период можно считать концентрацию калия 3,4-3,5%. Интенсивное снижение концентрации калия продолжалось до фазы колошения-цветения, а наиболее резко этот процесс протекал с фазы выхода в трубку. Затем снижение содержания калия замедлилось, но продолжалось и достигало минимума в конце вегетации, который находился на уровне 0,82-0,84% на контроле и 0,85-1,30% удобренных вариантах.

В течение всей вегетации равномерно возрастало и абсолютное накопление калия в растениях озимой пшеницы (табл. 40 и прил. 108, 129).

Таблица 40 – Потребление калия растениями озимой пшеницы
в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

№ поля	Вариант	Фазы вегетации				
		весеннее кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	восковая спелость
2	Концентрация калия, % к сух. в-ву					
	Контроль	2,32	2,16	1,38	1,02	0,82
	N ₁ P ₁ K ₁	2,58	2,36	1,49	1,08	0,85
	N ₂ P ₂ K ₂	3,36	3,02	1,90	1,36	1,06
	N ₃ P ₃ K ₃	3,93	3,46	2,23	1,60	1,21
	Навоз+NPK	3,58	3,30	1,96	1,39	1,09
	Расчетный	3,75	3,46	2,16	1,56	1,22
	Накопление калия, кг/га					
	Контроль	15,3	39,2	57,0	56,5	52,3
	N ₁ P ₁ K ₁	20,5	52,1	77,5	76,3	70,8
	N ₂ P ₂ K ₂	37,5	98,2	148,1	145,7	135,1
	N ₃ P ₃ K ₃	43,1	111,5	174,9	171,7	157,0
	Навоз+NPK	39,6	106,1	155,0	152,3	139,9
	Расчетный	43,6	113,4	169,6	167,4	155,6
5	Концентрация калия, % к сух. в-ву					
	Контроль	2,40	2,29	1,47	1,03	0,84
	N ₁ P ₁ K ₁	2,99	2,77	1,81	1,23	0,98
	N ₂ P ₂ K ₂	3,46	3,23	2,12	1,43	1,12
	N ₃ P ₃ K ₃	3,85	3,74	2,63	1,67	1,30
	Навоз+NPK	3,58	3,42	2,24	1,50	1,17
	Расчетный	3,75	3,62	2,34	1,58	1,25
	Накопление калия, кг/га					
	Контроль	15,1	37,4	53,8	53,1	49,7
	N ₁ P ₁ K ₁	25,0	62,6	92,2	90,5	83,7
	N ₂ P ₂ K ₂	39,3	106,0	158,3	155,0	142,2
	N ₃ P ₃ K ₃	43,2	116,5	178,2	172,6	158,3
	Навоз+NPK	40,8	113,8	167,3	163,9	150,6
	Расчетный	43,1	117,6	172,4	169,7	155,6

Значительное количество калия - 45-46% на контроле и 47-55% на
удобренных вариантах - было накоплено растениями озимой пшеницы в

осенне-зимний период вегетации, к фазе выхода в трубку оно увеличилось незначительно - до 50-52% на контроле и 52-60% на удобренных вариантах, а значительная часть калия была усвоена растениями в дальнейшем: 79-88% к фазе колошения-цветения и 91-97% к началу созревания (в среднем по 2-м полям за 4 ротации). Максимальное количество калия растения озимой пшеницы накопили к концу вегетации. На контроле оно составило 50-52 кг/га, а на удобренных вариантах – 71-158 кг/га. Преимущество по этому показателю имел вариант с тройной дозой NPK, затем – расчетный.

Соотношение азота, фосфора и калия в растении озимой пшеницы сильно варьировало по вариантам и фазам вегетации (табл. 41, 130).

Таблица 41 – Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе озимой пшеницы по фазам вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение	молочная спелость	восковая спелость
2-е поле севооборота					
Контроль	5,9 : 1 : 3,5	4,4 : 1 : 4,0	3,2 : 1 : 2,8	2,8 : 1 : 2,1	2,6 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	6,1 : 1 : 3,4	4,4 : 1 : 3,8	3,3 : 1 : 2,7	2,8 : 1 : 2,0	2,6 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₂	6,1 : 1 : 3,7	4,5 : 1 : 4,3	3,3 : 1 : 3,0	2,7 : 1 : 2,3	2,5 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	5,8 : 1 : 4,0	4,4 : 1 : 4,6	3,2 : 1 : 3,3	2,8 : 1 : 2,5	2,5 : 1 : 2,0
Навоз+NPK	5,9 : 1 : 3,9	4,6 : 1 : 4,7	3,3 : 1 : 3,1	2,8 : 1 : 2,3	2,5 : 1 : 1,9
Расчетный	5,7 : 1 : 4,0	4,4 : 1 : 4,7	3,2 : 1 : 3,3	2,9 : 1 : 2,6	2,5 : 1 : 2,0
5-е поле севооборота					
Контроль	5,3 : 1 : 3,4	4,2 : 1 : 3,7	3,1 : 1 : 2,7	2,6 : 1 : 2,0	2,4 : 1 : 1,7
N ₁ P ₁ K ₁	5,3 : 1 : 3,8	4,2 : 1 : 4,1	3,1 : 1 : 3,0	2,6 : 1 : 2,2	2,4 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,5 : 1 : 3,7	4,2 : 1 : 4,4	3,1 : 1 : 3,2	2,6 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	5,2 : 1 : 3,8	4,4 : 1 : 4,7	3,0 : 1 : 3,4	2,5 : 1 : 2,4	2,4 : 1 : 2,0
Навоз+NPK	5,4 : 1 : 3,8	4,3 : 1 : 4,5	3,1 : 1 : 3,2	2,5 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 1,9
Расчетный	5,3 : 1 : 3,6	4,1 : 1 : 4,5	3,0 : 1 : 3,2	2,5 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 1,9

Наибольшая амплитуда в соотношении N : P₂O₅ наблюдалась в фазу весеннего кущения, соотношение имело вид – 5,7-5,9 : 1 (2-е поле) и 5,2-5,3 : 1 (5-е поле) по различным вариантам. В соотношении K₂O : P₂O₅ наибольшая амплитуда наблюдалась в фазу выхода в трубку – 3,7-4,7 : 1 (в среднем по обоим полям). К концу вегетации соотношение N : P₂O₅ : K₂O сократилось до минимума и приняло вид – 2,4-2,4 : 1 : 1,7-2,0 по различным вариантам.

Таким образом, вносимые удобрения существенно влияли на потребление азота, фосфора и калия растениями озимой пшеницы.

4.2.3. Потребление N, P₂O₅ и K₂O растениями кукурузы

Кукуруза потребляет минеральные вещества из почвы равномерно в течение всей вегетации (Ачканов А.Я., Хомутов Ю.В., Эйсерт Э.К., 1984). Поступление питательных веществ из почвы в растения начинается уже при прорастании семян и продолжается до восковой спелости зерна. Характер и интенсивность поступления азота, фосфора и калия по фазам развития зависит от скороспелости гибрида. В начальный период роста и развития кукурузы преимущественная роль принадлежит фосфору, во второй половине вегетации - азоту, а максимальное поступление калия наблюдается в период выметывания (Симакин А.И., 1970; Миронов С.К., 1988; Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993; Шпаар Д., Шлапунов В., Постников А., Щербаков В., Ястер К. и др., 1999).

К фазе молочно-восковой спелости зерна кукуруза накапливает азота 92%, калия – 93 и фосфора 70% от их максимума (Агафонов Е.В., Батаков А.А., 2002).

В первой половине вегетации кукуруза использует 40% азота, его поступление в растения продолжается почти до полного созревания зерна, а максимальное его поглощение отмечается примерно за две недели до выметывания (Панников В.Д., Минеев В.Г., 1977; Дзанагов С.Х., Езеев А.А., Фарниев А.Т., 2013; Малышева Е.В., Торилов В.Е., 2021). Хотя есть и другие

мнения. Н.И. Володарский (1975) считает, что максимум поглощения отмечается в период цветения растений, а П.И. Сусидко, В.С. Цикова (1978) - к более раннему периоду. По мнению А.Б. Глуховского (1974), в первую половину вегетации, до образования початков, накопление азота в растениях значительно опережает рост растений. А.Я. Гетманец (1977) установил, что кукуруза в начале своего развития практически не использует азот, а максимальное его потребление начинается с образования 9-10 листьев до молочно-восковой спелости зерна. Ко времени созревания зерна значительная часть азота переходит в него из вегетативных органов (Глуховский А.Б., 1974). Поступление азота в растения прекращается после начала молочной спелости зерна (Бельтюков Л.П. и др., 2015).

На бедных азотом лесостепных почвах, а также на выщелоченных и оподзоленных черноземах лесостепи чаще всего не хватает азота (Малышева Е.В., Ториков В.Е., 2021).

В наших исследованиях кукуруза на зерно потребляла питательные элементы в течение вегетации более или менее равномерно. В среднем за 4 ротации севооборота концентрация азота в растениях кукурузы на зерно была наибольшей в начале вегетации и составляла в фазы всходов и 5-6 листьев соответственно 3,51 и 2,73% на контроле и 4,41-4,85 и 3,03-3,53% на удобренных вариантах (табл. 42 и прил. 110, 117).

Оптимальной концентрацией азота в растениях кукурузы можно считать: - 4,82% в фазу всходов и 3,53% – 5-6 листьев.

Затем наблюдалось более интенсивное снижение этого показателя - более чем в 2 раза до фазы выметывания и в 1,5 раза до начала созревания. Минимум наблюдался в фазе молочной спелости - 0,96 на контроле и 1,16-1,54% на удобренных вариантах.

В то же время по мере роста и развития растений кукурузы увеличивалось абсолютное накопление в них азота (табл. 42 и прил. 111, 118).

До фазы 5-6 листьев растения кукурузы накапливали всего 8-10% азота от максимума. К фазе выметывания этот показатель достиг 44-54%.

Таблица 42 – Потребление азота растениями кукурузы в течение вегетации
в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Культура	Вариант	Фазы вегетации				
		всходы	5-6 листьев	выметы- вание	молочная спелость	восковая спелость
Кукуруза на зерно (ср. за 4 ротации)	Концентрация азота, % к сух. в-ву					
	Контроль	3,51	2,73	1,76	1,11	1,05
	N ₁ P ₁ K ₁	4,41	3,03	2,03	1,23	1,17
	N ₂ P ₂ K ₂	4,67	3,29	2,24	1,33	1,26
	N ₃ P ₃ K ₃	4,85	3,36	2,27	1,39	1,26
	Навоз+NPK	4,60	3,40	2,15	1,30	1,21
	Расчетный	4,82	3,53	2,34	1,46	1,38
	Накопление азота, кг/га					
	Контроль	2,4	5,2	51,3	70,5	81,2
	N ₁ P ₁ K ₁	4,3	7,3	72,3	98,0	113,4
	N ₂ P ₂ K ₂	5,8	9,7	102,3	135,9	159,8
	N ₃ P ₃ K ₃	7,8	11,3	120,7	161,5	186,8
	Навоз+NPK	6,4	10,3	107,2	140,7	164,9
	Расчетный	8,2	11,3	121,2	164,6	191,4
Кукуруза на силос (ср. за 2008 и 2015 гг.)	Концентрация азота, % к сух. в-ву					
	Контроль	3,34	2,68	1,38	1,06	1,01
	N ₁ P ₁ K ₁	4,07	3,41	1,76	1,37	1,29
	N ₂ P ₂ K ₂	4,50	3,84	2,01	1,55	1,48
	N ₃ P ₃ K ₃	4,82	3,87	2,06	1,56	1,48
	Навоз+NPK	4,33	3,71	1,98	1,53	1,45
	Расчетный	4,80	3,88	1,98	1,52	1,42
	Накопление азота, кг/га					
	Контроль	2,7	3,8	47,9	67,9	73,1
	N ₁ P ₁ K ₁	4,3	6,1	76,5	108,3	118,4
	N ₂ P ₂ K ₂	5,8	8,6	111,9	156,8	174,9
	N ₃ P ₃ K ₃	7,7	10,4	138,7	195,7	217,9
	Навоз+NPK	5,5	8,4	111,9	156,6	173,6
	Расчетный	8,2	11,2	150,0	207,5	228,8

К фазе молочной спелости абсолютное содержание азота достигло 73-80% и составило 71 кг/га на контроле и 98-165 кг/га на удобренных вариан-

тах, причем увеличивалось оно по мере повышения доз удобрений. Наибольшим значением данного показателя характеризовались вариант с тройной дозой NPK и расчетный, преимущество перед контролем на которых составило 137 и 136%.

Поглощение фосфора кукурузой начинается с момента прорастания семян и длится равномерно в течение всей вегетации растений до полной спелости зерна. Однако особо острую потребность в дополнительном фосфорном питании растения испытывают повсеместно в самый начальный период своей жизни. Несмотря на высокую степень нуждаемости молодых растений в обеспеченности фосфором, они до появления 4-6 листьев усваивают только 12% к общему количеству потребления этого элемента. Активное поступление фосфора в растения начинается с образования у них 4–6 листьев и достигает максимальной интенсивности в фазе молочно-восковой спелости зерна. При этом в межфазный период от молочно-восковой до полной спелости зерна поглощается свыше 30% фосфора от его использованного количества (Афендулов К.П., 1966; Сыкало Н.Г., 1976; Панников В.Д., Минеев В.Г., 1977; Бельтюков Л.П. и др., 2015; Малышева Е.В., Ториков В.Е., 2021 и др.).

Фосфорные удобрения, внесенные к моменту сева кукурузы, способствуют мощному развитию корневой системы, более раннему образованию початков и ускорению созревания. Наибольшие требования к внесению фосфорных удобрений она предъявляет на слабовыщелоченных, мощных и обыкновенных черноземах (Малышева Е.В., Ториков В.Е., 2021).

В наших наблюдениях потребление фосфора происходило аналогично азоту. Максимум в относительном содержании его наблюдался в начале вегетации – 1,03-1,11% на контроле и 1,15-1,35% на удобренных вариантах (табл. 43 и прил. 112, 119).

По мере роста и накопления биомассы происходило постепенное снижение этих показателей, и минимум наблюдался в фазе восковой спелости - 0,36 на контроле и 0,43-0,57% на удобренных вариантах.

Таблица 43 – Потребление фосфора растениями кукурузы
в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Культура	Вариант	Фазы вегетации				
		всходы	5-6 листьев	выметы- вание	молочная спелость	восковая спелость
Кукуруза на зерно (ср. за 4 ротации)	Концентрация фосфора, % к сух. в-ву					
	Контроль	1,03	0,84	0,71	0,48	0,47
	N ₁ P ₁ K ₁	1,15	0,94	0,80	0,53	0,51
	N ₂ P ₂ K ₂	1,20	0,99	0,85	0,57	0,53
	N ₃ P ₃ K ₃	1,24	1,05	0,89	0,61	0,57
	Навоз+NPK	1,20	1,00	0,80	0,55	0,52
	Расчетный	1,18	1,05	0,91	0,64	0,61
	Накопление фосфора, кг/га					
	Контроль	0,7	1,6	20,6	30,6	35,8
	N ₁ P ₁ K ₁	1,1	2,3	28,3	42,0	49,1
	N ₂ P ₂ K ₂	1,5	3,0	38,6	57,8	68,0
	N ₃ P ₃ K ₃	2,0	3,6	47,1	71,0	83,6
	Навоз+NPK	1,7	3,0	40,1	59,1	70,2
Расчетный	2,0	3,4	47,0	72,2	84,5	
Кукуруза на силос (ср. за 2008 и 2015 гг.)	Концентрация фосфора, % к сух. в-ву					
	Контроль	1,11	0,87	0,56	0,39	0,36
	N ₁ P ₁ K ₁	1,17	0,94	0,66	0,46	0,42
	N ₂ P ₂ K ₂	1,26	1,05	0,74	0,52	0,48
	N ₃ P ₃ K ₃	1,35	1,09	0,75	0,51	0,46
	Навоз+NPK	1,29	1,02	0,73	0,51	0,46
	Расчетный	1,31	1,07	0,69	0,48	0,43
	Накопление фосфора, кг/га					
	Контроль	0,9	1,2	19,4	24,7	26,0
	N ₁ P ₁ K ₁	1,2	1,7	28,4	36,4	38,5
	N ₂ P ₂ K ₂	1,6	2,3	40,9	52,9	56,5
	N ₃ P ₃ K ₃	2,2	2,9	50,3	63,5	68,5
	Навоз+NPK	1,6	2,3	41,1	51,9	55,5
Расчетный	2,2	3,1	52,5	65,4	70,5	

Оптимальной концентрацией фосфора в растениях кукурузы можно считать: 1,2-1,3% - в фазу всходов, 1,0-1,1% – 5-6 листьев, 0,7% – выметывания.

Абсолютное содержание фосфора увеличивалось по мере роста и развития растений и увеличения доз удобрений (табл. 43 и прил. 113, 120).

К фазе выметывания потреблялось фосфора 60% от максимума на контроле и 64-76% - на удобренных вариантах. К фазе молочной спелости оно достигло 96% на контроле и 90-94% на удобренных вариантах. В эту фазу максимум наблюдался на расчетном варианте и варианте с тройной дозой NPK - 47 кг/га, что превышало контроль на 127%.

Поступление калия в растения кукурузы наиболее интенсивно происходит в первый период вегетации, а начинается с появления всходов. Около 82% от общего количества используемого калия усваивается кукурузой в период между образованием у них 4-6 листьев и цветением метелок (Афендулов К.П., 1966; Пчелкин В.У., 1966; Малышева Е.В., Ториков В.Е., 2021). При ее выращивании на зерно накопление калия во второй половине вегетации часто резко снижается в результате оттока его из растений в почву.

В калийных удобрениях потребность возникает после предшественников, потребляющих много калия (Ториков В.Е., Мельникова О.В., 2021).

В наших исследованиях наблюдались аналогичные закономерности в потреблении калия растениями кукурузы (табл. 44 и прил. 114, 115, 121, 122).

Наибольшее относительное содержание его наблюдалось в начале вегетации - 5,22 на контроле и 5,86-6,17% на удобренных вариантах. Затем оно постепенно снижалось по мере роста и накопления биомассы и достигло минимума к фазе восковой спелости – 1,07% на контроле и 1,33-1,73% на удобренных вариантах. Оптимальной концентрацией калия в растениях кукурузы можно считать: 3,8-4,2% в фазу всходов; 3,4-4,0 – 5-6 листьев, 2,35-2,77% – выметывания.

Основная часть калия накапливалась в растениях кукурузы на зерно в первой половине вегетации.

Таблица 44 – Потребление калия растениями кукурузы в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Культура	Вариант	Фазы вегетации				
		всходы	5-6 листьев	выметы- вание	молочная спелость	восковая спелость
Кукуруза на зерно (ср. за 4 ротации)	Концентрация калия, % к сух. в-ву					
	Контроль	3,59	3,22	2,23	1,25	0,96
	N ₁ P ₁ K ₁	3,76	3,47	2,50	1,39	1,05
	N ₂ P ₂ K ₂	3,92	3,95	2,82	1,57	1,16
	N ₃ P ₃ K ₃	4,16	4,11	2,97	1,68	1,20
	Навоз+NPK	4,02	4,03	2,72	1,55	1,12
	Расчетный	3,92	4,09	2,77	1,54	1,15
	Накопление калия, кг/га					
	Контроль	2,5	6,2	65,1	80,7	75,4
	N ₁ P ₁ K ₁	3,6	8,4	89,0	110,9	102,3
	N ₂ P ₂ K ₂	4,8	11,6	128,9	162,0	148,8
	N ₃ P ₃ K ₃	6,6	13,8	157,8	196,7	177,9
	Навоз+NPK	5,6	12,1	135,7	167,9	153,9
Расчетный	6,6	13,0	143,3	176,0	162,0	
Кукуруза на силос (ср. за 2008 и 2015 гг.)	Концентрация калия, % к сух. в-ву					
	Контроль	2,89	2,39	1,92	1,24	1,04
	N ₁ P ₁ K ₁	3,62	3,11	2,52	1,67	1,35
	N ₂ P ₂ K ₂	3,93	3,45	2,88	1,92	1,53
	N ₃ P ₃ K ₃	3,94	3,41	2,57	1,60	1,29
	Навоз+NPK	4,00	3,41	2,61	1,73	1,39
	Расчетный	3,78	3,42	2,35	1,53	1,21
	Накопление калия, кг/га					
	Контроль	2,3	3,4	66,3	78,6	74,7
	N ₁ P ₁ K ₁	3,8	5,6	109,2	131,1	123,3
	N ₂ P ₂ K ₂	5,1	7,7	160,3	193,7	180,8
	N ₃ P ₃ K ₃	6,3	9,1	173,5	200,8	189,6
	Навоз+NPK	5,0	7,8	147,8	176,2	165,8
Расчетный	6,4	9,9	177,8	208,7	195,0	

К фазе выметывания его накопилось 70% от максимума на контроле и 73-83% - на удобренных вариантах. В фазу молочной спелости максимум на-

блюдался на расчетном варианте и варианте с тройной дозой NPK и превышало контроль на 130-135%.

По утверждению ряда исследователей поступление калия в растения кукурузы прекращается раньше, чем азота и фосфора. По мнению П.И. Су-сидко, В.С. Цикова (1978), это происходит в фазе молочно-восковой спелости зерна, а по мнению Н.И. Володарского (1975) - несколько раньше, в фазе цветения.

В соотношении N : P₂O₅ : K₂O наибольшая амплитуда наблюдалась в первой половине вегетации, наименьшая – во второй (табл. 45 и прил. 116, 123).

Таблица 45 – Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе кукурузы по фазам вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	5-6 листьев	выметы- вание	молочная спелость	восковая спелость
Кукуруза на зерно (ср. за 4 ротации)					
Контроль	3,4 : 1 : 3,5	3,2 : 1 : 3,8	2,5 : 1 : 3,1	2,3 : 1 : 2,6	2,3 : 1 : 2,1
N ₁ P ₁ K ₁	3,9 : 1 : 3,3	3,2 : 1 : 3,7	2,6 : 1 : 3,2	2,3 : 1 : 2,7	2,3 : 1 : 2,1
N ₂ P ₂ K ₂	3,9 : 1 : 3,3	3,3 : 1 : 4,0	2,7 : 1 : 3,4	2,4 : 1 : 2,8	2,4 : 1 : 2,2
N ₃ P ₃ K ₃	3,9 : 1 : 3,4	3,2 : 1 : 3,9	2,6 : 1 : 3,4	2,3 : 1 : 2,8	2,2 : 1 : 2,1
Навоз+NPK	3,8 : 1 : 3,4	3,4 : 1 : 4,0	2,7 : 1 : 3,4	2,4 : 1 : 2,8	2,4 : 1 : 2,2
Расчетный	4,1 : 1 : 3,3	3,4 : 1 : 3,9	2,6 : 1 : 3,1	2,3 : 1 : 2,5	2,3 : 1 : 1,9
Кукуруза на силос (ср. за 2008 и 2015 гг.)					
Контроль	3,0 : 1 : 2,6	3,1 : 1 : 2,7	2,5 : 1 : 3,5	2,8 : 1 : 3,3	2,8 : 1 : 2,9
N ₁ P ₁ K ₁	3,5 : 1 : 3,1	3,6 : 1 : 3,3	2,7 : 1 : 3,9	3,0 : 1 : 3,6	3,1 : 1 : 3,2
N ₂ P ₂ K ₂	3,6 : 1 : 3,1	3,7 : 1 : 3,3	2,7 : 1 : 4,0	3,0 : 1 : 3,7	3,1 : 1 : 3,2
N ₃ P ₃ K ₃	3,6 : 1 : 2,9	3,6 : 1 : 3,1	2,8 : 1 : 3,5	3,1 : 1 : 3,2	3,2 : 1 : 2,8
Навоз+NPK	3,4 : 1 : 3,1	3,6 : 1 : 3,4	2,8 : 1 : 3,7	3,0 : 1 : 3,4	3,2 : 1 : 3,0
Расчетный	3,7 : 1 : 2,9	3,6 : 1 : 3,2	2,9 : 1 : 3,4	3,2 : 1 : 3,2	3,3 : 1 : 2,8

Таким образом, вносимые удобрения оказали положительное влияние на поступление питательных элементов в растения кукурузы. К аналогичному заключению приходят и другие исследователи.

4.2.4. Потребление N, P₂O₅ и K₂O суданской травой

В наших наблюдениях процесс потребления питательных веществ растениями суданской травы имело общие с другими культурами закономерности.

Наибольшее количество питательных веществ в растениях суданской травы в процентном отношении наблюдается в ранние фазы развития. По мере нарастания вегетативной массы и прохождения фаз роста и развития их относительное содержание снижается (Неверов В.Н., 2003).

Аналогичная закономерность проявлялась и в наших наблюдениях. Наибольшей концентрацией азота в растениях суданской травы характеризовался начальный период вегетации (табл. 46 и прил. 117).

С фазы выхода в трубку происходило интенсивное снижение этого показателя с достижением минимума к укосу. По мере увеличения доз удобрений концентрация азота в растениях увеличивалась во все фазы вегетации. При этом преимущество удобрённых вариантов перед контролем проявлялось в следующей убывающей последовательности: N₃P₃K₃ и расчетный (почти на одном уровне), навоз+NPK, N₂P₂K₂, и N₁P₁K₁.

Концентрация азота в растениях суданской травы в начальный период является диагностическим критерием обеспеченности этим элементом растения. Оптимальной в фазы всходов и начала выхода в трубку можно считать концентрацию 5,0 и 4,1%.

Накопление азота в растениях суданской травы происходило пропорционально их росту и развитию (табл. 46 и прил. 118). К фазе выхода в трубку растения накапливали 65-69% азота по всем вариантам от общего накопления к укосу.

Таблица 46 – Потребление азота суданской травой в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
Концентрация азота, % к сух. в-ву					
Контроль	3,23	3,05	1,59	1,51	1,55
N ₁ P ₁ K ₁	3,55	3,29	1,62	1,55	1,59
N ₂ P ₂ K ₂	4,23	3,59	1,73	1,55	1,67
N ₃ P ₃ K ₃	5,00	4,06	1,88	1,66	1,85
Навоз+NPK	4,29	3,65	1,78	1,58	1,75
Расчетный	4,98	4,08	1,88	1,67	1,87
Накопление азота, кг/га					
Контроль	4,7	12,8	19,7	21,2	22,7
N ₁ P ₁ K ₁	6,4	17,3	26,1	29,9	29,9
N ₂ P ₂ K ₂	8,4	21,1	31,6	37,3	39,4
N ₃ P ₃ K ₃	12,9	31,4	45,8	50,8	53,9
Навоз+NPK	10,5	27,0	40,9	47,6	48,3
Расчетный	13,9	33,2	48,4	55,3	58,9

Максимальное количество азота накапливалось растениями удобренных вариантов. Преимущество последних складывалось в следующей последовательности: расчетный; N₃P₃K₃; навоз+NPK, N₂P₂K₂, и N₁P₁K₁.

Аналогичная с азотом динамика наблюдалась и по концентрации фосфора в растениях суданской травы. Наибольшей она была в начале вегетации, затем, к укосу убывала (табл. 47 и прил. 119).

Наибольшим этот показатель был в вариантах расчетном и N₃P₃K₃, затем в N₂P₂K₂ и навоз+NPK. Оптимальной в фазы всходов и выхода в трубку можно считать, по нашему мнению, концентрацию фосфора – 0,87 и 0,82%.

Абсолютное накопление фосфора в растениях суданской травы происходило аналогично накоплению азота, пропорционально росту и развитию растений (табл. 47 и прил. 120).

Таблица 47 – Потребление фосфора суданской травой в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ВЫХОД в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
Концентрация фосфора, % к сух. в-ву					
Контроль	0,72	0,67	0,27	0,24	0,26
N ₁ P ₁ K ₁	0,76	0,72	0,28	0,25	0,27
N ₂ P ₂ K ₂	0,82	0,76	0,29	0,26	0,28
N ₃ P ₃ K ₃	0,86	0,80	0,31	0,27	0,30
Навоз+NPK	0,83	0,76	0,29	0,26	0,29
Расчетный	0,87	0,82	0,31	0,27	0,30
Накопление фосфора, кг/га					
Контроль	1,04	2,81	3,30	3,35	3,80
N ₁ P ₁ K ₁	1,37	3,75	4,42	4,68	4,98
N ₂ P ₂ K ₂	1,63	4,46	5,29	6,11	6,61
N ₃ P ₃ K ₃	2,23	6,21	7,43	8,09	8,77
Навоз+NPK	2,03	5,60	6,66	7,79	8,00
Расчетный	2,42	6,64	7,84	8,76	9,32

К фазе выхода в трубку растения накапливали 85% фосфора по всем вариантам. Удобрения существенно повышали этот показатель, максимальное накопление фосфора отмечено в расчетном варианте, затем N₃P₃K₃ и навоз+NPK.

Аналогичная азоту и фосфору динамика была характерна и для потребления калия. Она также характеризовалась постепенным снижением концентрации калия в растениях по мере их роста и развития (табл. 48 и прил. 121).

Весной, в начале вегетации наблюдался максимум по этому показателю, причем на удобренных вариантах его значения были существенно выше. Преимущество имели варианты расчетный и N₃P₃K₃ в течение всего периода.

Таблица 48 – Потребление калия суданской травой в течение вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
Концентрация калия, % к сух. в-ву					
Контроль	4,85	3,41	1,42	1,34	1,41
N ₁ P ₁ K ₁	5,17	3,63	1,49	1,40	1,44
N ₂ P ₂ K ₂	5,73	3,92	1,61	1,47	1,59
N ₃ P ₃ K ₃	5,97	4,10	1,67	1,51	1,62
Навоз+NPK	5,79	3,96	1,63	1,50	1,60
Расчетный	6,00	4,19	1,69	1,53	1,68
Накопление калия, кг/га					
Контроль	7,0	14,3	17,7	18,7	20,6
N ₁ P ₁ K ₁	9,3	19,1	24,0	26,9	27,1
N ₂ P ₂ K ₂	11,5	23,2	29,4	35,1	37,5
N ₃ P ₃ K ₃	15,6	31,9	40,6	46,1	47,4
Навоз+NPK	14,3	29,4	37,5	44,9	44,2
Расчетный	16,8	34,2	43,5	50,6	53,1

Оптимальной в фазы всходов и выхода в трубку можно считать концентрацию калия 6,0 и 4,2%.

В течение всей вегетации равномерно возрастало и абсолютное накопление калия в растениях суданской травы (табл. 48 и прил. 122). Значительное количество калия – 78-81% на всех вариантах было накоплено растениями уже в фазу выхода в трубку. Явное преимущество по количеству накопленного растениями калия имел расчетный вариант, затем - N₃P₃K₃ и навоз+NPK.

Соотношение азота, фосфора и калия в растении суданской травы варьировало по вариантам и фазам вегетации (табл. 49 и прил. 123).

Таблица 49 – Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе суданской травы по фазам вегетации в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	выход в трубку	1 укос	2 укос	3 укос
Контроль	4,5 : 1 : 6,7	4,6 : 1 : 5,1	6,0 : 1 : 5,4	6,3 : 1 : 5,6	5,9 : 1 : 5,4
N ₁ P ₁ K ₁	4,7 : 1 : 6,8	4,6 : 1 : 5,1	5,9 : 1 : 5,4	6,3 : 1 : 5,7	6,0 : 1 : 5,4
N ₂ P ₂ K ₂	5,2 : 1 : 7,0	4,8 : 1 : 5,2	6,0 : 1 : 5,5	6,1 : 1 : 5,7	6,0 : 1 : 5,7
N ₃ P ₃ K ₃	5,9 : 1 : 7,0	5,1 : 1 : 5,1	6,2 : 1 : 5,5	6,3 : 1 : 5,7	6,2 : 1 : 5,4
Навоз+NPK	5,2 : 1 : 7,0	4,8 : 1 : 5,2	6,1 : 1 : 5,6	6,1 : 1 : 5,8	6,0 : 1 : 5,5
Расчетный	5,8 : 1 : 6,9	5,0 : 1 : 5,1	6,2 : 1 : 5,5	6,3 : 1 : 5,8	6,3 : 1 : 5,7

Наибольшая амплитуда в соотношении N : P₂O₅ наблюдалась в фазу всходов, соотношение имело вид – 4,5-5,9 : 1 по различным вариантам. В эту же фазу было наибольшим и соотношение K₂O : P₂O₅ - 6,7-7,0 : 1. В периоды укосов N : P₂O₅ : K₂O сократилось до минимума и по разным укосам приняло вид – 5,9-6,3 : 1 : 5,4-5,6, особо не различаясь по вариантам.

Таким образом, общая закономерность процесса потребления основных питательных элементов культурами севооборота состояла в постепенном снижении концентрации азота, фосфора и калия в растениях в течение вегетации и увеличении абсолютного содержания этих элементов по мере роста и развития растений. То есть, данный процесс протекал аналогично накоплению сухого вещества в растениях. В периоды интенсивного роста и развития растений концентрация азота, фосфора и калия в них снижалась сильнее, очевидно, в результате разбавления питательных веществ в растущих клетках растительного организма. На удобренных вариантах эти закономерности проявлялись в той же мере, но и относительное и абсолютное содержание питательных элементов в растениях было существенно выше, причем повышалось оно по мере увеличения доз удобрений.

5. УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР И ПРОДУКТИВНОСТЬ СЕВОБОРОТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЯ

Интегральным показателем, в котором отражается влияние длительного применения удобрений в севообороте на плодородие почвы, рост, развитие растений и формирование репродуктивных органов, является продуктивность севооборота. Система удобрения может считаться рациональной только в том случае, если она позволяет получать высокую урожайность всех культур и продуктивность севооборота при сохранении плодородия почв (Дзанагов С.Х., 1999).

5.1. Урожайность культур полевого севооборота

В научной литературе имеется большое количество сведений о влиянии удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур. Исследователи едины во мнении о том, что повышение уровня удобрённости в целом повышает урожайность сельскохозяйственных культур, но, конечно же, при рациональном применении удобрений. Чрезмерное завышение доз, особенно при неправильном соотношении питательных элементов, способствует перенасыщению почвенного раствора, что крайне негативно может отражаться на развитии растений и урожайности.

В наших исследованиях длительное систематическое применение удобрений оказывало положительное влияние на урожайность культур севооборота. Оно проявлялось в разной степени в зависимости от доз и сочетаний питательных элементов в составе удобрений. Различные системы удобрения (минеральная и органо-минеральная) по-разному влияли на показатели урожайности отдельных культур.

5.1.1. Урожайность многолетних трав

Влияние удобрений на урожайность люцерны и клевера лугового, высеваемых в первом поле севооборота, было аналогичным, как по годам, так и по культурам. Рассмотрим среднюю за 4 ротации урожайность в зависимости от длительного применения удобрений (табл. 50 и прил. 131-134).

Таблица 50 – Урожайность многолетних трав (зеленая масса)
в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Годы				Средняя	Прибавка	
	1994	2001	2006	2012		т/га	%
	люцерна		клевер луговой				
Контроль	17,8	8,8	10,7	12,1	12,4	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	29,7	11,0	17,8	19,4	19,5	7,1	58
N ₂ P ₁ K ₁	31,9	12,6	19,1	22,6	21,6	9,2	74
N ₁ P ₂ K ₁	31,6	13,5	18,9	21,1	21,3	8,9	72
N ₂ P ₂ K ₁	32,7	14,2	19,6	23,7	22,6	10,2	83
N ₂ P ₂ K ₂	34,2	15,5	20,5	24,1	23,6	11,2	91
N ₃ P ₂ K ₁	37,7	19,2	22,6	25,6	26,3	13,9	113
N ₃ P ₂ K ₂	37,6	19,7	22,6	25,1	26,3	13,9	113
N ₂ P ₃ K ₁	41,0	19,4	24,6	28,0	28,3	15,9	129
N ₂ P ₃ K ₂	40,9	19,6	24,5	27,0	28,0	15,7	127
N ₃ P ₃ K ₁	41,1	21,4	24,7	28,5	28,9	16,6	134
N ₃ P ₃ K ₃	44,4	22,2	26,6	31,8	31,3	18,9	153
Навоз+НРК	34,9	16,7	20,9	25,2	24,4	12,1	98
Расчетный	44,2	23,5	26,5	31,0	31,4	19,0	154
НСР _{0,5}	1,7	1,6	1,2	1,9		-	-

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений

соответствовала N₂₅P₃₅K₃₅, а в расчетном – N₇₁P₁₄₄K₉₉.

В годы наблюдений на многолетних травах удавалось получать по 2 укоса. Хотя в опытах С.Х. Дзанагова (1999) на этих почвах в 1977 году в силу редких для этой зоны благоприятных погодных условий удалось получить 4 укоса клевера с суммарной урожайностью зеленой массы на расчетном варианте 113 т/га.

Наши исследования показали, что суммарная (по 2 укоса за вегетацию) урожайность зеленой массы люцерны и клевера лугового в течение 4-х ротаций полевого севооборота находилась в интервале 8,8-17,8 т/га на неудобренном контроле и 11,0-44,4 - на вариантах с различными дозами удобрений.

По годам наибольшая урожайность наблюдалась в 1994 году. Этот год оказался более благоприятным для возделывания этой культуры, так как распределение осадков было более равномерным, в то время как в остальные годы осадки носили ливневый характер и быстро терялись вследствие близкого залегания галечника. Благоприятные гидротермические условия августа 1994 года (в отличие от остальных годов) положительно сказались на формировании биомассы 2-го укоса.

В среднем за 4 ротации урожайность зеленой массы многолетних трав на варианте без удобрений составила 12,4 т/га. Внесение одинарной дозы НРК увеличило ее на 7,1 т/га, или 58%. При дальнейшем повышении уровня минерального питания до двойного и тройного прибавка составила соответственно 11,2 и 18,9 т/га, или 113 и 153%, а в расчетном варианте - 19,0 т/га, или 154%.

Схема опыта позволяет определить влияние каждого элемента в отдельности в составе удобрения на показатели урожайности. Так, удвоение дозы азота на фоне P_1K_1 и P_2K_1 повысило показатель урожайности на 2,1 и 1,3 т/га (11 и 6%) соответственно. Утроение же дозы азота по фонам P_2K_1 и P_2K_2 увеличило урожай еще на 3,7 и 2,7 т/га (17 и 12%) соответственно. Таким образом, увеличение дозы азота с одинарной до тройной на фоне P_2K_1 увеличило прибавку на 5,0 т/га (24%).

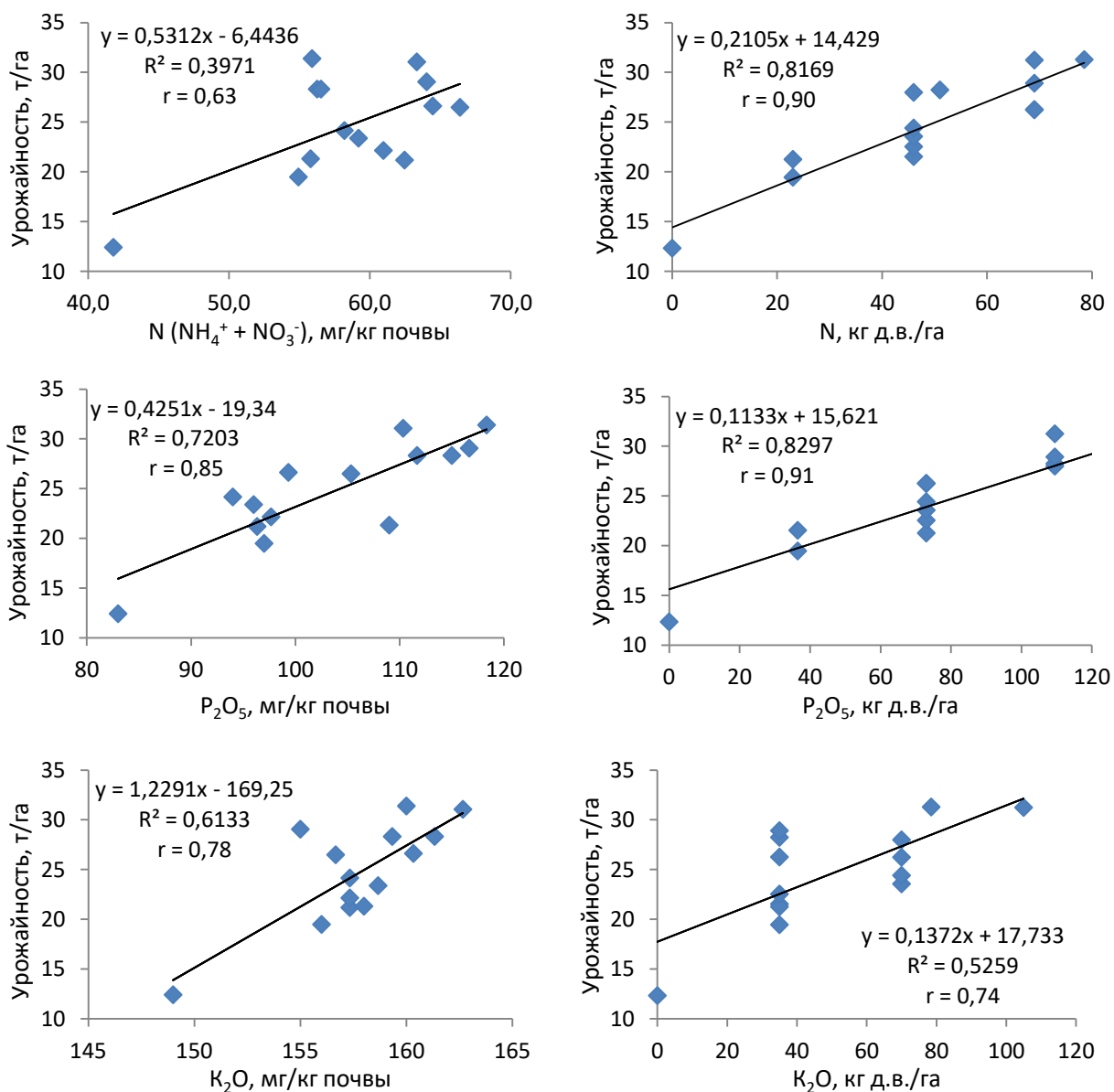
Удвоение дозы фосфора на фонах N_1K_1 и N_2K_1 влияло на прибавку не существенно, хотя наблюдалось ее повышение на 1,8 и 1,0 т/га (9,2 и 4,6%) по указанным фонам соответственно. Увеличение дозы фосфора с двойной до тройной на фонах N_2K_1 и N_2K_2 повысило урожайность зеленой массы многолетних трав уже более существенно - на 5,7 и 4,4 т/га (22 и 17%) соответственно. То есть, увеличение дозы фосфора с одинарной до тройной увеличило прибавку по каждому из фонов (N_2K_1 и N_2K_2) на 6,7 т/га (34%). Таким образом, одностороннее влияние высоких доз фосфора проявилось отчетливее по сравнению с азотом.

Гораздо эффективнее оказалось совместное увеличение доз азота и фосфора. Одновременное удвоение этих двух элементов на фоне одинарного калия обеспечило прибавку зеленой массы 3,1 т/га (16%), а утроение - еще на 6,4 т/га (28%).

Одностороннее удвоение дозы калия по разным фонам не существенно отразилось на урожайности, прибавки находились в пределах наименьшей существенной разности, а утроение на фоне N_3P_3 обеспечило существенную прибавку - 2,3 т/га (8,0%).

Из всех вариантов системы удобрения наиболее результативными оказались $N_3P_3K_3$ и расчетный, которые обеспечили 18,9 и 19,0 т/га (по 153%) прибавки. Урожайность зеленой массы на этих вариантах более чем в 2,5 раза превышала контроль (в среднем за 4 ротации севооборота).

В результате корреляционно-регрессионного анализа (рис. 45) выявлена линейная зависимость урожайности многолетних трав от обеспеченности почвы: умеренная - подвижным (аммонийным и нитратным) азотом ($r=0,63$), сильная - обменным калием ($r=0,78$) и весьма сильная - подвижным фосфором ($r=0,85$). Коэффициенты корреляции между урожайностью и дозами удобрений характеризовали линейную зависимость как сильную - от внесения калия ($r=0,74$), весьма сильную от внесения азота ($r=0,90$) и очень сильную - от внесения фосфора ($r=0,91$).



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 45. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности многолетних трав от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов (ср. за 3 ротации) и доз минеральных удобрений (ср. за 4 ротации)

По мнению М.М. Гуковой, И.Н. Арбузовой (1969), П.П. Бечус (1971), Г.С. Посыпанова, В.Е. Долгодворова и др. (2006), многолетние травы за весь вегетационный период нуждаются в постоянном и ритмичном притоке фосфора, так как в процессе фиксации атмосферного азота важную роль играет фосфор. Это связано с тем, что для симбиотической азотфиксации из атмосферы необходимо большое количество энергии, а фосфор участвует и в ее

образовании, и в консервации, и в передаче в растения. Аналогичного мнения придерживаются А. Sankaram, P. V. Rajn (1963), И.Д. Филипьев, А.П. Шкрибтиенко (1983), В.И. Букин, В.П. Иванов, М.И. Тарковский (1984), А.Я. Ачканов, Ю.В. Хомутов, Э.К. Эйсерт (1984) и другие авторы, которые указывают о необходимости обеспечения симбиотов фосфором для повышения их азотфиксирующей способности.

Уравнение регрессии, выражающее зависимость урожайности многолетних трав (люцерна и клевер) от обеспеченности подвижными формами питательных элементов, имеет вид:

$$Y = 0,19 N (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-) + 0,29 \text{P}_2\text{O}_5 + 0,50 \text{K}_2\text{O} - 94,75;$$

$$R^2 = 0,88;$$

где: Y - урожайность зеленой массы многолетних трав, т/га;

$N (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)$; P_2O_5 и K_2O - содержание в почве аммонийного и нитратного азота (суммарно), подвижного фосфора и обменного калия, мг/кг почвы.

Зависимость урожайности люцерны от доз удобрений можно выразить уравнением регрессии:

$$Y = 12,758 + 0,167 N + 0,075 \text{P}_2\text{O}_5 + 0,019 \text{K}_2\text{O};$$

$$R^2 = 0,98;$$

где: Y - урожайность зеленой массы люцерны, т/га;

N , P_2O_5 и K_2O - дозы внесения азота, фосфора и калия, кг д.в./га.

Зависимость урожайности клевера лугового от доз удобрений можно выразить уравнением регрессии:

$$Y = 13,789 + 0,106 N + 0,030 \text{P}_2\text{O}_5 + 0,012 \text{K}_2\text{O};$$

$$R^2 = 0,86;$$

где: Y - урожайность зеленой массы клевера лугового, т/га;

N , P_2O_5 и K_2O - дозы внесения азота, фосфора и калия, кг д.в./га.

При совместном внесении органических и минеральных удобрений преимущество перед внесением одних минеральных выявлено не было, отмеченные в разные годы прибавки были несущественными.

5.1.2. Урожайность озимой пшеницы

В изучаемом севообороте 40% удельного веса занимает посев озимой пшеницы. Эта культура размещена во 2-м поле (предшественник - многолетние травы) и в 5-м поле (предшественники: в 1999 и 2005 годах - суданская трава, в 2010 и 2016 - кукуруза на силос).

В результате многолетних наблюдений выявлено, что применение удобрений под озимую пшеницу в севообороте на черноземе выщелоченном способствовало увеличению урожая зерна. В табл. 51 и прил. 135-138 представлена урожайность зерна озимой пшеницы, размещенной во 2-м поле севооборота (предшественник - многолетние травы).

Таблица 51 – Урожайность зерна озимой пшеницы (2-е поле)
в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Годы				Сред- няя	Прибавка	
	1995	2002	2007	2013		т/га	%
Контроль	2,90	2,68	2,41	3,21	2,80	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	4,02	3,55	3,57	4,82	3,99	1,19	43
N ₂ P ₁ K ₁	4,53	4,37	3,86	5,39	4,54	1,74	62
N ₁ P ₂ K ₁	4,68	4,07	4,21	5,12	4,52	1,72	61
N ₂ P ₂ K ₁	5,54	4,91	5,01	5,58	5,26	2,46	88
N ₂ P ₂ K ₂	5,80	5,24	5,39	6,41	5,71	2,91	104
N ₃ P ₂ K ₁	4,94	4,41	4,53	5,54	4,86	2,06	73
N ₃ P ₂ K ₂	5,48	4,99	4,85	5,63	5,24	2,44	87
N ₂ P ₃ K ₁	5,26	4,75	4,73	5,59	5,08	2,28	82
N ₂ P ₃ K ₂	5,39	4,62	4,97	5,53	5,13	2,33	83
N ₃ P ₃ K ₁	5,30	5,05	4,82	5,67	5,21	2,41	86
N ₃ P ₃ K ₃	5,75	5,18	5,20	5,92	5,51	2,71	97
Навоз+NPK	5,79	5,60	5,22	6,62	5,81	3,01	107
Расчетный	5,53	5,01	4,99	6,14	5,42	2,62	93
HCP _{0,5}	0,20	0,20	0,19	0,19	-	-	-

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁.

В течение 4-х ротаций полевого севооборота урожайность зерна озимой пшеницы на варианте без удобрений находилась в пределах 2,41-3,21 т/га, а на удобренных вариантах - 3,55-6,62 т/га. Наибольшая урожайность зафиксирована в 2013 году на варианте навоз + NPK.

Средняя урожайность зерна озимой пшеницы 2-го поля севооборота на неудобренном контроле составила 2,80 т/га. На всех удобренных вариантах урожайность была существенно выше. Так, внесение одинарной дозы NPK обеспечило прибавку 1,19 т/га (43%). Двойная доза NPK увеличила урожай зерна более чем в 2 раза - на 2,91 т/га (104%) по минеральной системе и 3,01 т/га (107%) - по органо-минеральной. На эти варианты пришелся максимум по урожайности зерна озимой пшеницы.

Рассматривая влияние каждого из трех элементов в отдельности в составе NPK, можно выделить преимущество одновременного удвоения доз азота и фосфора на фоне одинарной дозы калия. По этой системе отмечена прибавка урожая зерна 1,64 т/га (44%). Одностороннее удвоение доз азота на фоне P_1K_1 , фосфора на фоне N_1K_1 и калия на фоне N_2P_2 показало одинаковый эффект: эти варианты обеспечили прибавку по 0,5 т/га (9-14%).

Дальнейшее увеличение доз удобрений повышало урожай зерна по сравнению с контролем на 2,06-2,71 т/га (73-97%), однако оказалось неэффективным по сравнению с двойной дозой NPK.

Это обстоятельство объясняется в работе С.Х. Дзанагова, Т.К. Лазарова, Б.С. Калоева и др. (2019) тем, что в предыдущие годы выращивали озимую пшеницу сорта Безостая-1, которая при внесении высоких доз азота полегалала, тогда как большинство современных сортов пшеницы короткостебельные и могут лучше противостоять полеганию. По мнению А.Я. Ачканова, Ю.В. Хомутова, Э.К. Эйсерта (1971), применение чрезмерно высоких доз азота приводит к полеганию растений. О большой эффективности умеренных доз минеральных и органических удобрений под озимую пшеницу в различных почвенно-климатических условиях сообщают Н. Balla (1960), J. Kandra (1961), Н. Ansoerge (1963), М.М. Ивлев (1970), А.Я. Мансуров (1970), С.М. Бесланеев, М.Б. Багов, Р.С. Киржинов и др. (2003), В.И. Усенко, П.А. Литвинцев, А.П. Кузикеева, Т.А. Литвинцева (2016), Е.Г. Бочарникова (2018) и др. то же вре-

максимальная продуктивность озимой пшеницы в опытах Т. С. Айсанова (2015), Е.В. Голосного, М.С. Сигиды, А.И. Подколзина и др. (2016), В.А. Бурлуцкого, А.Н. Филатова (2017) и многих других была зафиксирована по расчетной системе удобрения.

В результате корреляционно-регрессионного анализа (рис. 46) выявлена линейная зависимость урожайности зерна озимой пшеницы от обеспеченности почвы: сильная - подвижным (аммонийным и нитратным) азотом ($r=0,79$), и весьма сильная - подвижным фосфором ($r=0,81$) и обменным калием ($r=0,84$). Коэффициенты корреляции между урожайностью и дозами удобрений характеризовали линейную зависимость как весьма сильную - от внесения азота ($r=0,76$), фосфора ($r=0,78$) и калия ($r=0,77$).

Уравнение регрессии, выражающее зависимость урожайности озимой пшеницы от обеспеченности подвижными формами питательных элементов, имеет вид:

$$Y = 0,039 N (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-) + 0,019 \text{P}_2\text{O}_5 + 0,085 \text{K}_2\text{O} - 12,65;$$

$$R^2 = 0,79;$$

где: Y - урожайность зерна озимой пшеницы, т/га;

$N (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)$; P_2O_5 и K_2O - содержание в почве аммонийного и нитратного азота (суммарно), подвижного фосфора и обменного калия, мг/кг.

Зависимость урожайности зерна озимой пшеницы от доз удобрений можно выразить уравнением регрессии:

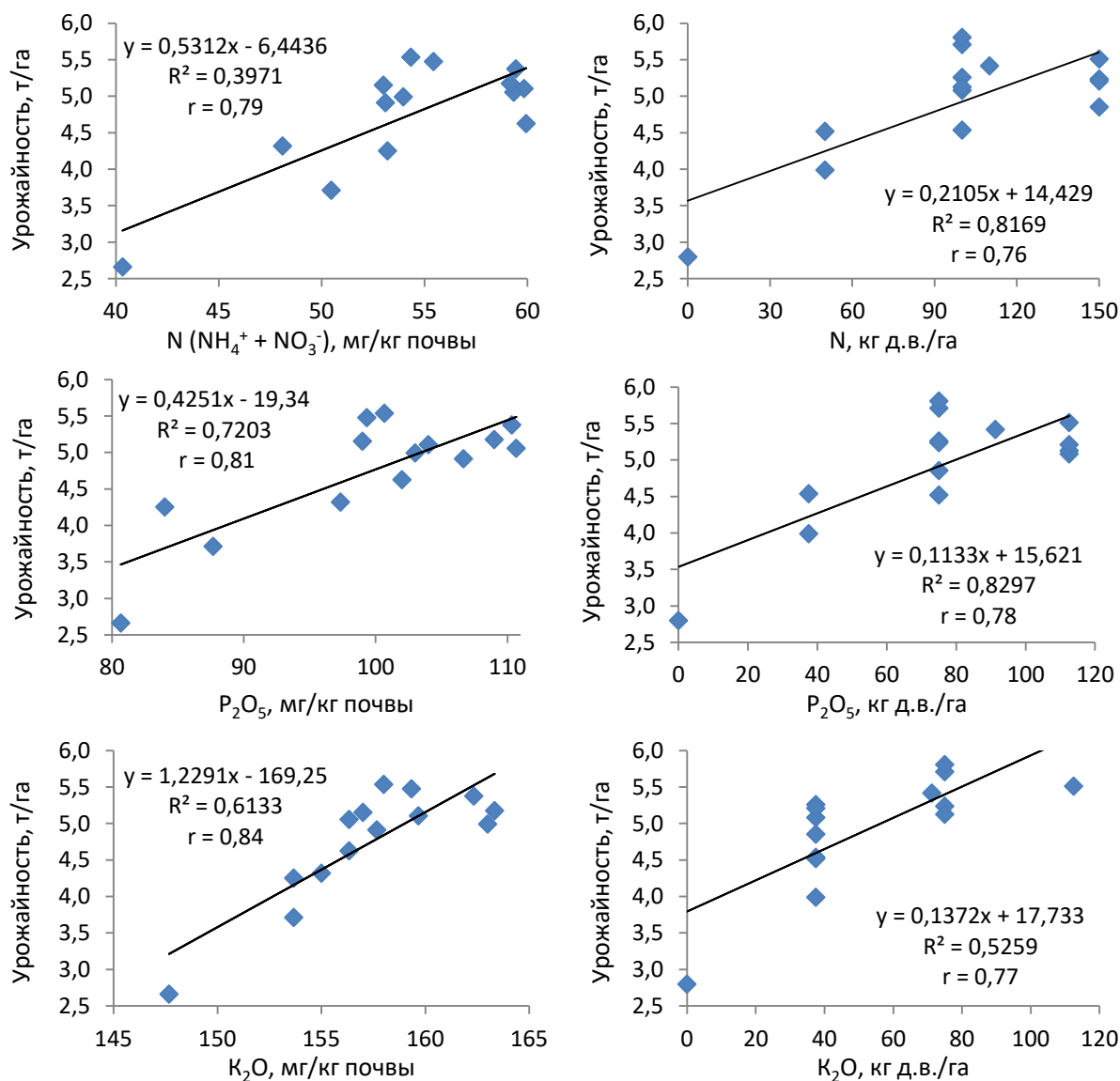
$$Y = 3,22 + 0,005 N + 0,008 \text{P}_2\text{O}_5 + 0,011 \text{K}_2\text{O}; R^2 = 0,78;$$

где: Y - урожайность зерна озимой пшеницы, т/га;

N , P_2O_5 и K_2O - дозы внесения азота, фосфора и калия, кг д.в./га.

Применение удобрений под озимую пшеницу способствовало также повышению урожая побочной продукции (табл. 52 и прил. 135-138).

Зависимость урожая соломы от уровня минерального питания была аналогичной. При урожае соломы на контроле 4,53 т/га наилучшим оказался вариант навоз + NPK, обеспечивший прибавку 5,22 т/га (115%).



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 46. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности зерна озимой пшеницы от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов (ср. за 3 ротации) и доз минеральных удобрений (ср. за 4 ротации)

Из отдельных питательных элементов в составе удобрения можно выделить азот и фосфор совместно и азот отдельно, одностороннее удвоение доз которых повысило сбор соломы соответственно на 2,13 и 1,29 т/га (31 и 19%). Увеличение доз фосфора и калия в отдельности несущественно отразилось на урожайности соломы.

Таблица 52 – Урожайность соломы озимой пшеницы (2-е поле)
в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Годы				Сред- няя	Прибавка	
	1995	2002	2007	2013		т/га	%
Контроль	4,76	4,24	3,91	5,19	4,53		
N ₁ P ₁ K ₁	6,83	6,41	5,62	8,16	6,76	2,23	49
N ₂ P ₁ K ₁	8,13	7,68	6,81	9,55	8,04	3,52	78
N ₁ P ₂ K ₁	8,19	7,43	6,26	8,64	7,63	3,11	69
N ₂ P ₂ K ₁	9,65	8,87	7,59	9,42	8,88	4,36	96
N ₂ P ₂ K ₂	10,27	9,26	8,07	10,76	9,59	5,07	112
N ₃ P ₂ K ₁	8,94	7,72	6,81	9,35	8,21	3,68	81
N ₃ P ₂ K ₂	10,25	8,90	7,84	9,89	9,22	4,70	104
N ₂ P ₃ K ₁	9,63	8,49	7,24	9,59	8,74	4,21	93
N ₂ P ₃ K ₂	9,65	8,05	7,12	9,15	8,49	3,97	88
N ₃ P ₃ K ₁	9,81	8,98	7,35	9,74	8,97	4,45	98
N ₃ P ₃ K ₃	10,70	9,07	7,58	10,00	9,34	4,81	106
Навоз+NPK	10,07	9,44	8,36	11,09	9,74	5,22	115
Расчетный	9,73	9,03	7,72	10,46	9,24	4,71	104
НСР _{0,5}	1,19	1,16	0,81	1,21	-	-	-

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁.

При сопоставлении минеральной и органо-минеральной удобрения в пользу последней выявлено некоторое преимущество, однако оно было незначительным.

В табл. 53 и прил. 139-142 показана урожайность зерна озимой пшеницы, размещенной в 5-м поле севооборота (предшественники: в 1999 и 2005 годах - суданская трава, в 2010 и 2016 - кукуруза на силос).

Таблица 53 – Урожайность зерна озимой пшеницы (5-е поле)

в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Годы				Сред- няя	Прибавка	
	1998	2005	2010	2016		т/га	%
Контроль	2,56	2,64	2,58	3,04	2,71	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	3,63	3,49	3,72	4,14	3,75	1,04	38
N ₂ P ₁ K ₁	4,16	4,24	4,06	4,71	4,29	1,59	59
N ₁ P ₂ K ₁	4,49	4,31	4,34	5,39	4,63	1,93	71
N ₂ P ₂ K ₁	5,22	4,87	5,18	6,25	5,38	2,68	99
N ₂ P ₂ K ₂	5,44	5,18	5,57	6,56	5,69	2,98	110
N ₃ P ₂ K ₁	4,78	4,57	4,75	5,61	4,93	2,22	82
N ₃ P ₂ K ₂	4,98	4,91	4,85	5,79	5,13	2,43	90
N ₂ P ₃ K ₁	4,89	4,70	4,91	5,68	5,05	2,34	87
N ₂ P ₃ K ₂	4,96	4,58	5,09	5,82	5,11	2,41	89
N ₃ P ₃ K ₁	5,03	5,01	5,00	5,71	5,19	2,48	92
N ₃ P ₃ K ₃	5,28	5,19	5,37	6,04	5,47	2,77	102
Навоз+NPK	5,59	5,59	5,49	6,39	5,77	3,06	113
Расчетный	5,39	5,03	5,13	6,43	5,50	2,79	103
HCP _{0,5}	0,21	0,19	0,24	0,18	-	-	-

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений

соответствовала N₅₀P₃₃K₃₃, а в расчетном – N₁₅₀P₉₈K₁₀₃.

При сравнении урожайных данных по озимой пшенице обоих (2-го и 5-го) полей севооборота проявляются аналогичные закономерности по влиянию удобрений на этот показатель. В течение 4-х ротаций полевого севооборота урожайность зерна озимой пшеницы на варианте без удобрений находилась в пределах 2,56-3,04 т/га, а на удобренных вариантах - 3,49-6,56 т/га.

Обращает на себя внимание разница в прибавках урожайности зерна: в 2016 г. они были значительно больше, чем в среднем за первых 4 ротации севооборота. Это можно объяснить повышением эффективного плодородия почвы при длительном применении удобрений, которое происходит, несмот-

ря на значительный вынос питательных элементов урожаем основной и побочной продукции.

В 5-м поле севооборота средняя урожайность зерна озимой пшеницы на неудобренном контроле составила 2,71 т/га. Внесение одинарной дозы NPK обеспечило прибавку 1,04 т/га (38%), а двойная доза NPK увеличила урожай зерна более чем в 2 раза: на 2,98 т/га (110%) по минеральной системе и 3,06 т/га (113%) - по органо-минеральной. Как и в случае с озимой пшеницей 2-го поля, на эти варианты пришелся максимум по урожайности зерна, а дальнейшее увеличение доз удобрений повышало урожай зерна по сравнению с контролем на 2,22-2,77 т/га (82-102%), однако оказалось неэффективным по сравнению с двойной дозой NPK.

Из отдельных элементов питания в составе удобрения можно выделить азот и фосфор совместно и фосфор отдельно, одностороннее удвоение доз которых увеличило прибавку урожая зерна соответственно на 1,64 и 0,89 т/га (44 и 24%). На втором месте, в отличие от озимой пшеницы 2-го поля, оказался фосфор, одностороннее удвоение дозы которого на фоне N_1K_1 увеличило сбор зерна на 0,89 т/га (24%). Прибавка от удвоения дозы азота на фоне P_1K_1 составила 0,55 т/га (14%). Менее существенно, с прибавкой 0,31 т/га (5,7%), повлияло удвоение дозы калия на фоне N_2P_2 .

Применение удобрений способствовало также повышению урожая побочной продукции озимой пшеницы 5-го поля севооборота (табл. 54 и прил. 139-142).

Зависимость урожая соломы озимой пшеницы от удобрений была аналогичной. При урожае соломы на контроле 4,32 т/га наилучшим оказался вариант навоз + NPK, обеспечивший прибавку 5,23 т/га (121%).

От увеличения доз отдельных питательных элементов в составе удобрения наибольший эффект получен при совместном удвоении доз азота и фосфора - 2,67 т/га (42%) прибавки, затем фосфора и азота в отдельности - 1,41 и 1,14 т/га (22 и 18%) соответственно, а удвоение дозы калия на фоне N_2P_2 дало несущественный эффект - 0,37 т/га (4,0%).

Таблица 54 – Урожайность соломы озимой пшеницы (5-е поле)
в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Годы				Сред- няя	Прибавка	
	1998	2005	2010	2016		т/га	%
Контроль	4,12	4,15	4,08	4,93	4,32		
N ₁ P ₁ K ₁	6,13	6,29	6,72	6,52	6,42	2,10	48
N ₂ P ₁ K ₁	7,34	7,43	7,14	8,31	7,56	3,24	75
N ₁ P ₂ K ₁	7,52	7,86	7,92	8,01	7,83	3,51	81
N ₂ P ₂ K ₁	8,74	8,78	9,36	9,47	9,09	4,77	110
N ₂ P ₂ K ₂	9,02	9,13	9,84	9,82	9,45	5,13	119
N ₃ P ₂ K ₁	7,92	7,97	8,32	8,43	8,16	3,84	89
N ₃ P ₂ K ₂	8,62	8,70	8,65	9,36	8,83	4,51	104
N ₂ P ₃ K ₁	8,26	8,38	8,78	8,69	8,53	4,21	97
N ₂ P ₃ K ₂	8,02	7,94	8,87	8,34	8,29	3,97	92
N ₃ P ₃ K ₁	8,48	8,88	8,89	8,71	8,74	4,42	102
N ₃ P ₃ K ₃	8,70	9,05	9,40	8,80	8,99	4,67	108
Навоз+NPK	9,29	9,41	9,25	10,23	9,55	5,23	121
Расчетный	9,10	9,02	9,25	9,95	9,33	5,01	116
HCP _{0,5}	1,05	1,12	0,96	1,09	-	-	-

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₅₀P₃₃K₃₃, а в расчетном – N₁₅₀P₉₈K₁₀₃.

5.1.3. Урожайность кукурузы на зерно

Несколько иная картина наблюдалась при применении удобрений под кукурузу на зерно (табл. 55, прил. 143-146).

За исследуемый период (4 ротации) урожайность зерна кукурузы на контроле была относительной низкой – всего 3,71-3,83 т/га, а ее среднее значение составило 3,77 т/га. На удобренных вариантах этот показатель был значительно выше и варьировал в пределах 4,60-8,57 т/га. Наибольшей урожайностью во все годы отличался расчетный вариант, а рекордное значение этого показателя зафиксировано в 1996 году, благодаря благоприятным гидротермическим условиям года.

Таблица 55 – Урожайность кукурузы на зерно в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Годы				Сред- няя	Прибавка	
	1996	2003	2008	2014		т/га	%
Контроль	3,83	3,72	3,81	3,71	3,77	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	5,09	4,60	4,72	5,08	4,87	1,11	29
N ₂ P ₁ K ₁	5,53	5,07	5,22	5,73	5,39	1,62	43
N ₁ P ₂ K ₁	5,81	4,95	5,09	5,52	5,34	1,58	42
N ₂ P ₂ K ₁	6,42	5,48	5,84	6,19	5,98	2,22	59
N ₂ P ₂ K ₂	6,68	5,60	6,14	6,48	6,23	2,46	65
N ₃ P ₂ K ₁	6,70	6,17	6,72	6,71	6,58	2,81	75
N ₃ P ₂ K ₂	6,77	6,26	6,95	6,88	6,72	2,95	78
N ₂ P ₃ K ₁	6,98	6,12	6,55	7,12	6,69	2,93	78
N ₂ P ₃ K ₂	7,18	6,19	6,83	7,24	6,86	3,09	82
N ₃ P ₃ K ₁	7,34	6,03	6,71	7,41	6,87	3,11	82
N ₃ P ₃ K ₃	7,86	6,98	7,64	7,72	7,55	3,78	100
Навоз+НРК	7,08	5,69	6,21	6,94	6,48	2,71	72
Расчетный	8,13	8,34	8,57	8,30	8,34	4,57	121
НСР _{0,5}	0,18	0,21	0,19	0,29	-	-	-

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

При сопоставлении средних за 4 ротации значений урожайности зерна кукурузы выявлено, что при внесении одинарной дозы НРК она повысилась на 1,11 т/га (29%), двойной - на 2,46 т/га (65%), а при повышении дозы НРК до уровня тройной прибавка увеличилась ровно вдвое и составила 3,78 т/га (100%). Максимум отмечен в расчетном варианте, обеспечившем прибавку 4,57 т/га (121%).

Одностороннее удвоение дозы азота на фоне P₁K₁ и дозы фосфора на фоне N₁K₁ было одинаково эффективно с несущественным преимуществом в пользу первого: оба варианта обеспечили прибавку 0,52 и 0,47 т/га (11 и 9,6%) соответственно.

Дальнейшее увеличение дозы азота еще больше повысило урожай - на 0,49-0,59 т/га (8-10%) по разным фонам, а утроение доз фосфора - на 0,64-0,71 т/га (9-11%) по разным фонам.

Менее, но существенно увеличило урожай одностороннее удвоение дозы калия на фоне N_2P_2 - на 0,24 т/га (4,1%), а утроение на фоне N_3P_3 - на 0,68 т/га (10%). Одновременное увеличение доз азота и фосфора обеспечило прибавку урожая зерна более существенно - на 1,11 т/га (23%) при совместном удвоении доз этих элементов и на 2,00 (41%) - при утроении.

В результате корреляционно-регрессионного анализа (рис. 47) выявлена линейная зависимость урожайности зерна кукурузы от обеспеченности почвы: сильная - обменным калием ($r=0,73$); весьма сильная - подвижным (аммонийным и нитратным) азотом ($r=0,86$) и очень сильная - подвижным фосфором ($r=0,91$).

Коэффициенты корреляции между урожайностью и дозами удобрений характеризовали линейную зависимость как весьма сильную - от внесения азота ($r=0,90$), фосфора ($r=0,83$) и калия ($r=0,82$). Уравнение регрессии, выражающее зависимость урожайности кукурузы на зерно от обеспеченности подвижными формами питательных элементов, имеет вид:

$$Y = 3,57 + 0,013 N (NH_4^+ + NO_3^-) + 0,011 P_2O_5 + 0,012 K_2O;$$

$$R^2 = 0,96;$$

где: Y - урожайность зерна кукурузы, т/га;

$N (NH_4^+ + NO_3^-)$; P_2O_5 и K_2O - содержание в почве аммонийного и нитратного азота (суммарно), подвижного фосфора и обменного калия, мг/кг почвы.

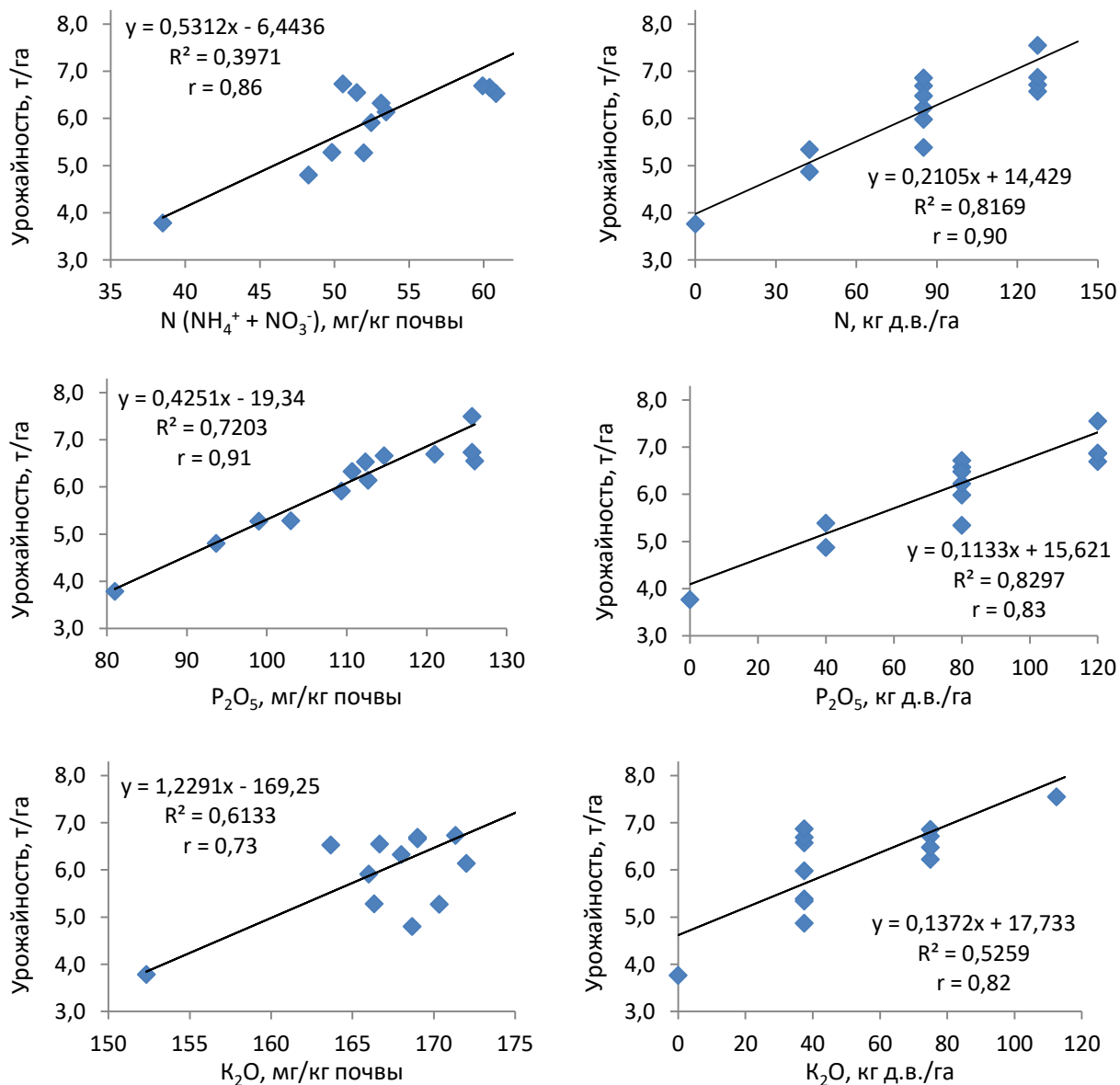
Зависимость урожайности кукурузы на зерно от доз удобрений можно выразить уравнением регрессии:

$$Y = 3,57 + 0,013 N + 0,011 P_2O + 0,012 K_2O;$$

$$R^2 = 0,96;$$

где: Y - урожайность зерна кукурузы, т/га;

N , P_2O_5 и K_2O - дозы внесения азота, фосфора и калия, кг д.в./га.



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 47. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности зерна кукурузы от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов (ср. за 3 ротации) и доз минеральных удобрений (ср. за 4 ротации)

Можно заключить, что в отличие от озимой пшеницы, кукуруза положительно отзывалась на внесение высоких доз удобрений.

Внесение навоза в сочетании с минеральными удобрениями не имело преимуществ перед внесением одних минеральных - прибавка урожая увеличилась всего на 0,26 т/га, что в пределах НСР.

По данным исследований Г.К. Льгова (1964), на выщелоченном черноземе лучшие результаты дают азотно-фосфорные удобрения.

Положительное влияние удобрений на урожай кукурузы на зерно отмечают А.Б. Саламов (1954), В.С. Крюков, В.В. Шахова (1968), И.П. Стокозов (1971), Н.Л. Вайнберг (1977), А.З. Суменов и др. (1991), С.В. Лукин и др. (1996), И.Д. Филиппев и др. (1996), А.Ф. Стулин (1996), Т.С. Хинчагов и др. (1999) и др.

Аналогично удобрения влияли и на урожай побочной продукции кукурузы на зерно (табл. 56 и прил. 143-146).

Таблица 56 – Урожайность побочной продукции кукурузы на зерно в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Годы				Средняя	Прибавка	
	1996	2003	2008	2014		т/га	%
Контроль	6,47	6,26	6,53	6,29	6,39	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	7,84	7,06	7,85	8,02	7,69	1,31	20
N ₂ P ₁ K ₁	8,74	7,98	9,73	9,58	9,01	2,62	41
N ₁ P ₂ K ₁	9,18	7,79	7,99	8,69	8,41	2,03	32
N ₂ P ₂ K ₁	10,02	8,52	9,34	9,73	9,40	3,02	47
N ₂ P ₂ K ₂	10,35	8,64	9,71	10,10	9,70	3,31	52
N ₃ P ₂ K ₁	10,52	9,65	10,67	10,56	10,35	3,96	62
N ₃ P ₂ K ₂	10,56	9,73	11,86	11,05	10,80	4,41	69
N ₂ P ₃ K ₁	10,57	9,23	10,59	11,01	10,35	3,96	62
N ₂ P ₃ K ₂	10,91	9,37	10,33	10,97	10,40	4,01	63
N ₃ P ₃ K ₁	11,16	9,13	10,81	11,47	10,64	4,26	67
N ₃ P ₃ K ₃	11,71	10,36	11,76	11,61	11,36	4,97	78
Навоз+NPK	10,62	8,50	10,50	10,84	10,12	3,73	58
Расчетный	12,03	12,29	14,00	12,69	12,75	6,37	100
HCP _{0,5}	0,32	0,28	0,41	0,36	-	-	-

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

Наибольшей прибавкой урожая соломы во все годы отличался расчетный вариант – 6,37 т/га (100%) в среднем за 4 ротации, а наибольшая урожайность - 14,0 т/га зафиксирована на этом варианте в 2008 году.

Из отдельных питательных элементов в составе удобрения можно выделить азот и фосфор совместно и азот отдельно, одностороннее удвоение доз которых повысило сбор стеблей соответственно на 1,71 и 1,32 т/га (22 и 17%), совместное утроение доз азота и фосфора увеличило этот показатель на 2,95 т/га (38%). Увеличение доз фосфора и калия в отдельности несущественно отразилось на урожайности побочной продукции.

При сравнении минеральной и органо-минеральной систем удобрения преимущества в пользу какой-либо из них выявлено не было, разница в урожае была 0,41 т/га, что несущественно.

5.1.5. Урожайность кукурузы на силос

В 4 поле севооборота размещены: в 1997 и 2004 годах - суданская трава, в 2009 и 2015 - кукуруза на силос.

Анализируя урожайность кукурузы на силос, можно выявить аналогичные с кукурузой на зерно закономерности (табл. 57 и прил. 147, 148).

В среднем за годы исследований урожайность листостебельной массы кукурузы на силос на неудобренном контроле составила 20,6 т/га.

На удобренных вариантах этот показатель был значительно выше и варьировал в пределах 25,9-48,2 т/га. Наибольшей урожайностью отличался расчетный вариант, а максимальное значение этого показателя зафиксировано в 2009 году, хотя резких отличий по годам не наблюдалось.

При внесении одинарной дозы NPK урожайность листостебельной массы кукурузы на силос повысилась на 5,7 т/га (28%), двойной - на 1,32 т/га (64%), тройной - на 21,7 т/га (105%). Максимум отмечен в расчетном варианте, обеспечившем прибавку 25,6 т/га (125%).

При одностороннем удвоении дозы азота на фоне P_1K_1 отмечено существенное увеличение прибавки - на 2,8 т/га (11%), а утроении по разным фонам - еще на 4,5-4,8 т/га (11-14%).

Удвоение дозы фосфора на фоне N_1K_1 сказалось менее существенно, чем азота, тем не менее отмечена прибавка 2,1 т/га (8,1%), а утроение дозы этого элемента по разным фонам увеличило урожай еще на 3,8-4,0 т/га (10-11%).

Таблица 57 – Урожайность кукурузы на силос в зависимости от удобрений, т/га

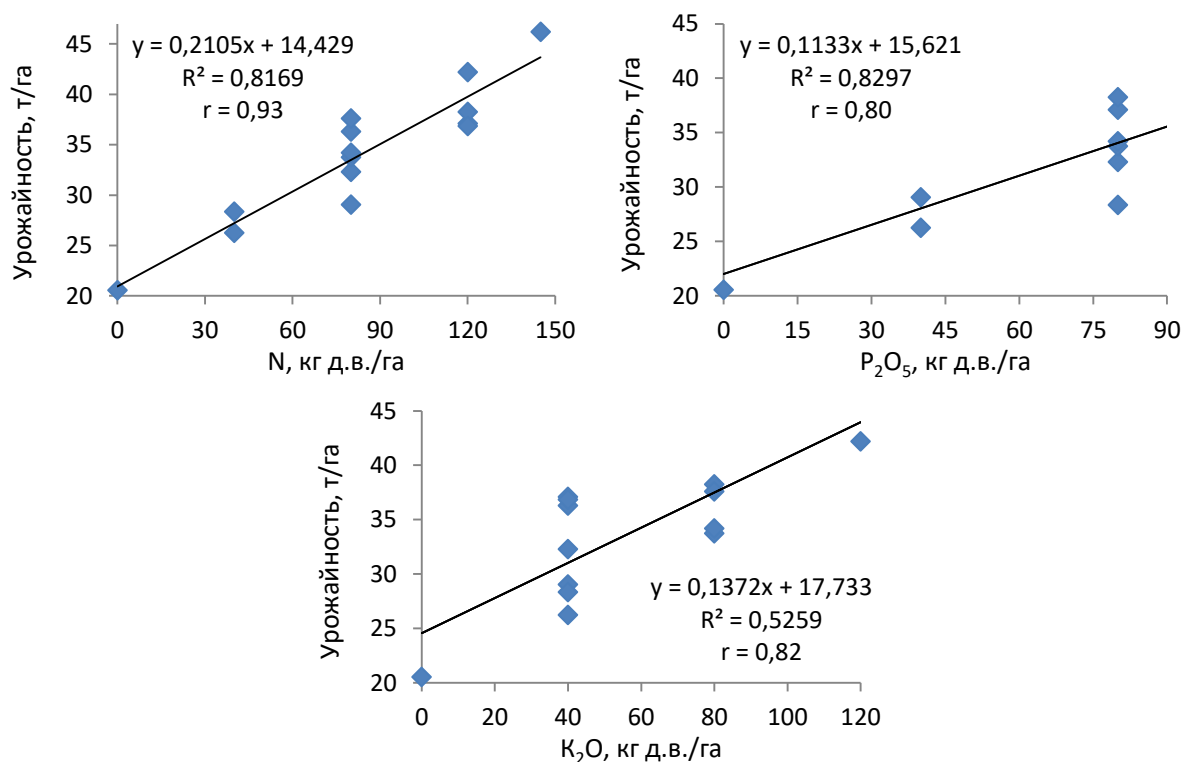
Вариант	Годы		Средняя	Прибавка	
	2009	2015		т/га	%
Контроль	21,5	19,6	20,6	-	-
$N_1P_1K_1$	26,6	25,9	26,2	5,7	28
$N_2P_1K_1$	29,3	28,8	29,1	8,5	41
$N_1P_2K_1$	28,6	28,1	28,4	7,8	38
$N_2P_2K_1$	32,3	32,3	32,3	11,8	57
$N_2P_2K_2$	33,4	34,1	33,8	13,2	64
$N_3P_2K_1$	36,7	37,5	37,1	16,5	80
$N_3P_2K_2$	37,6	38,9	38,3	17,7	86
$N_2P_3K_1$	36,1	36,5	36,3	15,7	77
$N_2P_3K_2$	37,1	38,1	37,6	17,0	83
$N_3P_3K_1$	36,3	37,4	36,8	16,3	79
$N_3P_3K_3$	41,6	42,8	42,2	21,7	105
Навоз+NPK	33,9	34,5	34,2	13,7	66
Расчетный	48,2	44,2	46,2	25,6	125
$HCP_{0,5}$	2,5	2,6	-	-	-

Примечание: в среднем за 2 года в варианте $N_1P_1K_1$ доза удобрений соответствовала $N_{40}P_{40}K_{40}$, а в расчетном – $N_{145}P_{95}K_{115}$.

Резкое повышение урожайности наблюдалось при одновременном увеличении доз азота и фосфора - прибавка урожая листостебельной массы составила 6,1 т/га (23%) при удвоении доз этих элементов и 10,6 т/га (46%) - при утроении.

Одностороннее увеличение доз калия повышало урожай менее существенно при удвоении на фоне N_2P_2 - на 1,5 т/га (4,5%), но более существенно при утроении на фоне N_3P_3 - на 5,4 т/га (15%).

В результате корреляционно-регрессионного анализа (рис. 47) выявлена линейная зависимость урожайности кукурузы на силос от доз вносимых удобрений. Коэффициенты корреляции между урожайностью и дозами удобрений характеризовали линейную зависимость как очень сильную - от внесения азота ($r=0,93$), весьма сильную - калия ($r=0,82$) и сильную - от внесения фосфора ($r=0,80$).



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 48. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности кукурузы на силос от доз минеральных удобрений (ср. за 2 г.)

Зависимость урожайности кукурузы на силос от доз удобрений можно выразить уравнением регрессии:

$$Y = 18,86 + 0,093 N + 0,50 P_2O + 0,058 K_2O;$$

$$R^2 = 0,96;$$

где: Y - урожайность силосной массы, т/га;

N , P_2O_5 и K_2O - дозы внесения азота, фосфора и калия, кг д.в./га.

Органо-минеральная система удобрения на кукурузе на силос, также как и на кукурузе на зерно, не имела преимуществ перед минеральной системой, различия в урожайности были ниже наименьшей существенной разницы. Аналогичные данные приводят Р.Ф. Макаров, В.В. Архипова (1997), Л.Г. Смирнова (2006), З.Т. Кануков и др., 2017; Б.В. Гагиев (2020) и др., согласно которым совместное применение навоза и минеральных удобрений обеспечивало прибавку по сравнению с неудобренным фоном, но не повышало уровень урожайности зеленой массы кукурузы, полученный от такого же количества одних минеральных удобрений.

5.1.5. Урожайность суданской травы

На суданской траве получалось осуществить по 3 укоса, тем не менее, урожай этой культуры в годы исследований был невысоким (табл. 58 и прил. 149, 150).

На варианте без удобрений урожайность зеленой массы этой культуры за 3 укоса составила 24,1 т/га в среднем за годы исследований. По мере повышения доз удобрений этот показатель повышался: по одинарной дозе NPK - на 7,7 т/га (32%), двойной – на 14,6 т/га (60%), тройной – на 25,3 т/га (105%).

Удвоение дозы азота в одностороннем порядке на фоне P_1K_1 повысило прибавку на 2,7 т/га (9%), а утроение - еще на 3,5-4,0 т/га (9-11%) по разным фонам. Увеличение дозы фосфора в составе NPK увеличило прибавку суще-

ственное: удвоение на фоне N_1K_1 - на 3,7 т/га (11,5%), а утроение по разным фонам - еще на 4,2-4,5 т/га (10-11%).

Более эффективно проявило себя одновременное увеличение доз азота и фосфора на фоне одинарного калия - при удвоении доз NP прибавка увеличилась на 5,8 т/га (18%), а при утроении - еще на 7,9 т/га (21%).

Одностороннее увеличение доз калия повышало урожай менее существенно: при удвоении на фоне N_2P_2 - на 1,1 т/га (2,9%), но более существенно при утроении на фоне N_3P_3 - на 4,0 т/га (8,8%).

Таблица 58 – Урожайность зеленой массы суданской травы в зависимости от удобрений (суммарно за 3 укоса), т/га

Вариант	Годы		Средняя	Прибавка	
	1997	2004		т/га	%
Контроль	23,4	24,8	24,1	-	-
$N_1P_1K_1$	30,3	33,2	31,8	7,7	32
$N_2P_1K_1$	33,0	35,9	34,5	10,4	43
$N_1P_2K_1$	33,4	37,4	35,4	11,3	47
$N_2P_2K_1$	36,1	39,0	37,6	13,5	56
$N_2P_2K_2$	37,2	40,1	38,7	14,6	60
$N_3P_2K_1$	40,3	42,8	41,6	17,5	72
$N_3P_2K_2$	41,0	43,3	42,2	18,1	75
$N_2P_3K_1$	40,4	43,7	42,1	18,0	74
$N_2P_3K_2$	41,3	44,5	42,9	18,8	78
$N_3P_3K_1$	42,7	48,1	45,4	21,3	88
$N_3P_3K_3$	47,2	51,6	49,4	25,3	105
Навоз+NPK	43,1	51,2	47,2	23,1	96
Расчетный	51,9	54,3	53,1	29,0	120
$HCP_{0,5}$	2,4	2,5	-	-	-

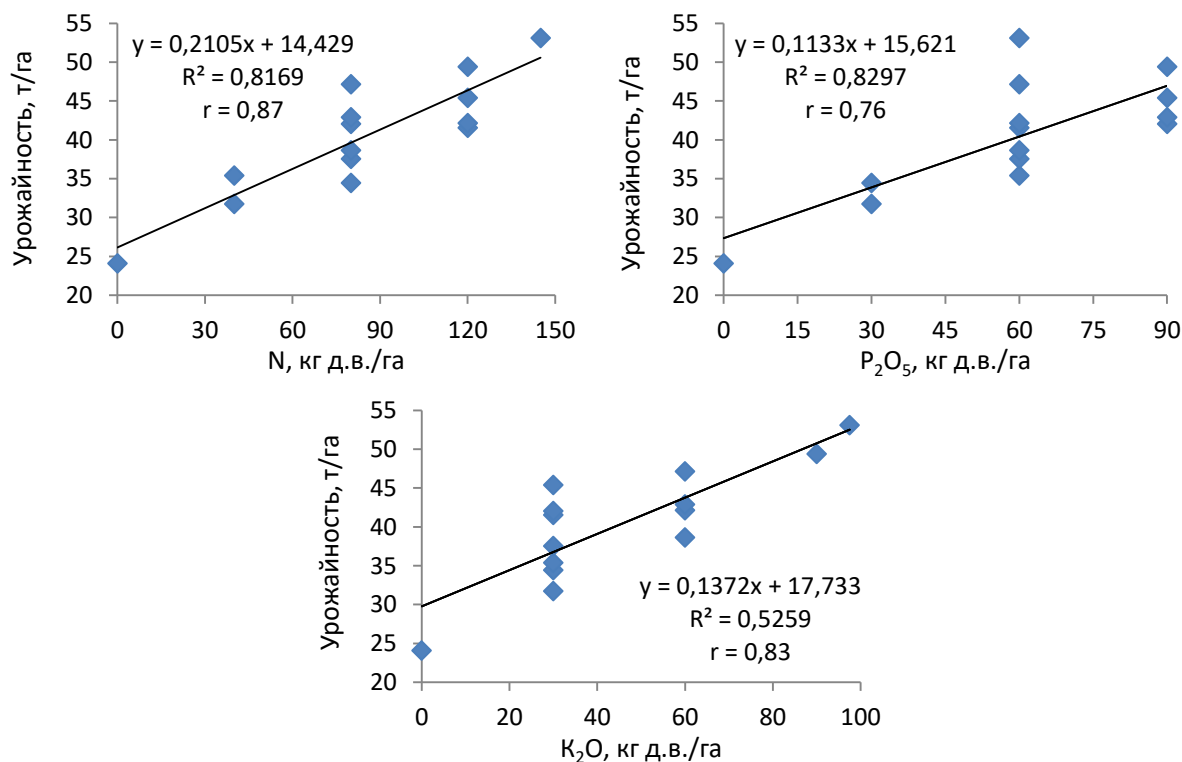
Примечание: в среднем за 2 года в варианте $N_1P_1K_1$ доза удобрений соответствовала $N_{40}P_{30}K_{30}$, а в расчетном – $N_{145}P_{60}K_{98}$.

Таким образом, из отдельных питательных элементов в составе удобрения для суданской травы на черноземе выщелоченном можно выделить азот и фосфор совместно и фосфор в отдельности.

Самой высокой урожайностью характеризовался расчетный вариант, который обеспечил прибавку 29,0 т/га, в 2,2 раза превзойдя контроль.

В наших наблюдениях совместное внесение навоза с минеральными удобрениями в севообороте выявило существенное преимущество перед внесением одних минеральных удобрений для суданской травы. Урожайность зеленой массы по органо-минеральной системе повысилась на 8,5 т/га (22%). Г.В. Корнев, П.И. Подгорный, С.Н. Щербак (2015) считают, что суданская трава хорошо использует последствие навоза, фосфорное рядковое удобрение и послеуборочные подкормки. На Северном Кавказе 20 т/га навоза дают прибавку урожайности 1,6 т/га (37%) (Воронин Н.Г., 1989).

Коэффициенты корреляции (рис. 49) характеризовали линейную зависимость урожайности зеленой массы суданской травы как весьма сильную - от внесения азота ($r=0,87$) и калия ($r=0,83$) и сильную - от фосфора ($r=0,76$).



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 49. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости урожайности суданской травы от доз минеральных удобрений (ср. за 2 г.)

Зависимость урожайности зеленой массы суданской травы от доз удобрений можно выразить уравнением регрессии:

$$Y = 23,36 + 0,079 N + 0,089 P_2O + 0,110 K_2O;$$

$$R^2 = 0,92;$$

где: Y - урожайность зерна кукурузы, т/га;

N , P_2O_5 и K_2O - дозы внесения азота, фосфора и калия, кг д.в./га.

5.2. Структура урожая зерновых культур

Структура урожая является количественным и качественным выражением жизнедеятельности органов и элементов растений, обуславливающих урожайность и отражающих взаимодействие организма и среды на определенных этапах роста и развития. Урожай злаков складывается из следующих показателей: количества растений на единице площади, числа колосоносных стеблей на одном растении, количества зерен в колосе, массы 1000 зерен. При этом сбор зерна с гектара на 50% определяется плотностью продуктивного стеблестоя, на 25% – количеством зерен в колосе и на 25% – массой 1000 семян. 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 (Савицкий М.С., 1976; Малюга Н.Г. и др., 2012; Нешадим Н.Н. и др. 2012; Квашин А.А. и др., 2016; Муминова З.К., Холмурзаев Б.М., 2016; Мамбетов К.Б., 2015; Плечов Д.В., Исайчев В.А., Андреев Н.Н., 2015; Золотарева Р.И., Максимов В.А., 2020) и др.

Наши исследования подтверждают, что повышение урожайности озимой пшеницы находится в прямой зависимости от улучшения показателей элементов структуры урожая, на которую, в свою очередь, повлияли вносимые удобрения. Удобренные варианты существенно отличались от контроля лучшими показателями структуры урожая (табл. 59 и прил. 151, 152).

Таблица 59 - Структура урожая озимой пшеницы (2-е поле) в зависимости от удобрений (среднее за 4 ротации)

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Коэффициент продуктивной кустистости	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерен в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
Контроль	295	379	1,29	6,54	24,5	0,77	31,2
N ₁ P ₁ K ₁	304	428	1,41	8,34	31,4	1,03	32,7
N ₂ P ₂ K ₂	314	450	1,43	9,46	37,7	1,29	34,1
N ₃ P ₃ K ₃	318	457	1,44	9,82	38,5	1,25	32,4
Навоз+НРК	313	446	1,43	9,43	38,5	1,28	33,2
Расчетный	329	471	1,43	9,92	36,7	1,21	32,9
<i>r</i> _(урож.)	0,82	0,91	0,91	0,96	0,99	0,99	0,81
<i>r</i> _(удобр.)	0,94	0,95	0,87	0,96	0,91	0,88	0,54

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁;

*r*_(урож.) и *r*_(удобр.) – коэффициенты корреляции показателей с урожайностью зерна и дозой удобрений

В среднем за 4 ротации севооборота применение удобрений под озимую пшеницу способствовало увеличению: количества продуктивных стеблей на 49-92 шт./м² (13-24%), продуктивной кустистости – на 0,12-0,15 (9-12%). Наибольшее количество продуктивных стеблей наблюдалось в расчетном варианте, а по продуктивной кустистости лидировал вариант N₃P₃K₃.

С применением удобрений заметно увеличились размеры и озерненность колосьев. По одинарной, двойной, тройной и расчетной дозам NPK длина колоса увеличилась соответственно на 1,80; 2,92; 3,29 и 3,38 см (28, 35, 35 и 36%); количество зерен в колосе – на 6,9; 13,2; 14,0 и 12,2 шт. (28, 54, 57 и 50%), а их масса на 0,26; 0,52; 0,48 и 0,44 г (34, 68, 63 и 58%). Применение удобрений, особенно в двойной дозе, увеличивало массу 1000 зерен.

Корреляционный анализ показал, что существует очень сильная линейная зависимость ($r_{(урож.)} = 0,91-0,99$) между урожайностью зерна и показателями продуктивной кустистости, размеров и озерненности колосьев. Менее зависима урожайность от густоты посева и массы 1000 зерен, хотя коэффициенты корреляции говорят о весьма сильной зависимости ($r_{(урож.)} = 0,82$ и $0,81$). Более всего вносимые удобрения оказывали влияние на длину колоса ($r_{(удобр.)} = 0,96$), количество продуктивных стеблей ($r_{(удобр.)} = 0,95$), озерненность ($r_{(удобр.)} = 0,91$), коэффициенты корреляции говорят об очень сильной линейной зависимости. Менее всего удобрения влияли на массу 1000 зерен.

На основании более расширенных в отношении вариантов опыта данных о структуре урожая озимой пшеницы посева 1996 года выявлено, что из отдельных элементов питания более существенное влияние на длину колоса и озерненность оказало увеличение в составе удобрения дозы фосфора, а из парных сочетаний – азота и фосфора (прил. 154) (Лазаров Т.К., 2001).

Аналогичные нашим данным получены и другими авторами. Так, положительное влияние удобрений на увеличение количества продуктивных стеблей указывают: Т.И. Иванова, А.С. Цыгуткин, Л.П. Костина (1999), Н.И.

Мамсиров (2018), А.В. Акинчин, С.А. Линков, А.Ф. Самойлова (2019) и др. В опытах Т. Ураимова, Р. Кодирова, С. Хатамова (2013), Н.М. Ибрагимова, Л.А. Мирзаева (2016), Т.Б. Жерукова, А.Ю. Кишева, Д.А. Тутукова (2019), Е.В. Кузиной (2021) и многих других исследователей минеральные удобрения повышали длину колоса, количество колосков в колосе, количество зерен в колосе, массу зерен в одном колосе, массу 1000 зерен и урожай зерна.

Удобрения существенно повлияли на показатели структуры урожая кукурузы на зерно (табл. 60 и прил. 153).

На показатели продуктивности растений существенное влияние оказало внесение удобрений в двойной, тройной и расчетной дозах, а по одинарной дозе они увеличивались малосущественно. В среднем за 4 ротации севооборота количество початков на этих вариантах на 10,1-19,5 тыс. шт./га (32-63%) и продуктивности – на 0,3-0,5 початков/1 растение (47-83%). Преимущество по этим показателям имел расчетный вариант.

Удобрения отчетливо влияли на размеры початков. При внесении удобрений в дозах от одинарной до тройной и расчетной длина початка увеличивалась на 6,2-8,8 см (40-56%), а ширина – на 1,42-1,78 см (39-49%).

С применением удобрений заметно увеличивалась и озерненность початков. По мере повышения их доз увеличивались: масса початка – на 47-60 г (32-41%); количество зерен в початке – на 72-137 шт. (17-32%), а их масса на 29,3-43,9 г (24-36%).

По всем показателям структуры урожая кукурузы на зерно положительно отличался расчетный вариант.

Существенное преимущество имела органо-минеральная система по ряду показателей структуры урожая кукурузы. Так, совместное внесение навоза и минеральных удобрений увеличило продуктивность посева на 1,7 тыс. шт. початков/га (17%) и 0,05 початков/1 раст. (17%), размеры початка – на 0,9 см (13%) длину и 0,13 см (29%) ширину, массу початка – на 9,7 г (10%).

Таблица 60 - Структура урожая кукурузы на зерно в зависимости от удобрений (среднее за 4 ротации)

Вариант	Густота стояния растений, тыс. шт./га	Количество початков, тыс. шт./га	Продуктивность, шт. початков / 1 раст.	Длина початка, см	Ширина початка, см	Масса початка, г	Озерненность початка, шт.	Масса зерен в початке, г	Выход зерна из початка, %	Масса 1000 зерен, г
Контроль	52,1	32,8	0,63	15,6	3,61	146,3	431,8	115,1	78,7	266,6
N ₁ P ₁ K ₁	48,9	32,5	0,66	21,8	5,18	193,2	503,9	151,2	78,3	300,1
N ₂ P ₂ K ₂	47,1	41,2	0,87	22,6	5,10	192,3	526,3	152,5	79,3	289,7
N ₃ P ₃ K ₃	46,5	49,0	1,05	24,0	5,08	189,7	546,7	155,8	82,1	285,0
Навоз+NPK	46,6	42,6	0,92	23,5	5,35	205,4	535,9	153,2	74,6	285,8
Расчетный	46,2	50,5	1,09	24,3	5,39	206,5	568,6	165,9	80,4	291,8
$r_{(урож.)}$	-0,91	0,98	0,99	0,88	0,79	0,76	0,95	0,88	-	-
$r_{(удобр.)}$	-0,94	0,97	0,98	0,91	0,82	0,77	0,95	0,89	-	-

Примечания: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

$r_{(урож.)}$ и $r_{(удобр.)}$ – коэффициенты корреляции показателей с урожайностью зерна и дозой удобрений

По влиянию элементов структуры урожая на урожайность зерна кукурузы наиболее тесная корреляционная зависимость установлена от продуктивности посева ($r_{(урож.)} = 0,98-0,99$), затем в убывающей последовательности: озерненность початка ($r_{(урож.)} = 0,95$), длина початка и масса зерен в початке ($r_{(урож.)} = 0,88$).

Корреляционный анализ показал, что более всего вносимые удобрения оказывали влияние на продуктивность посева ($r_{(удобр.)} = 0,97-0,98$), озерненность ($r_{(удобр.)} = 0,95$) и длину початка ($r_{(удобр.)} = 0,91$).

На основании данных структуры урожая кукурузы посева 1997 года можно проследить влияние отдельного элемента в составе удобрения (прил. 155). Выявлена роль фосфора и калия в формировании продуктивности кукурузы. Азот, хотя и несколько повышал этот показатель, но менее существенно. При увеличении в составе удобрения пары элементов преимущество имели фосфор и калий, им немного уступали азот и фосфор. Азот и калий, хотя и менее, но все же повышали продуктивность растений кукурузы.

Аналогичные нашим данным приводят в своих работах и другие авторы. 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. Продуктивность полевого севооборота

Эффективность систематического применения удобрений в севообороте более отчетливо проявляется на его продуктивности. Этот показатель наиболее полно характеризует варианты системы удобрения в севообороте и их практическую приемлемость с учетом всех других факторов в течение многих лет.

Для оценки продуктивности изучаемого полевого севооборота урожайность каждой культуры переведена в сопоставимые для всех сельскохозяйственных культур зерновые единицы, рассчитанные по "Коэффициентам перевода в зерновые единицы сельскохозяйственных культур", утвержденным Приказом Министерства сельского хозяйства РФ от 6 июля 2017 г. №330. Согласно этому документу коэффициенты перевода изучаемых полевых культур в зерновые единицы составляют: 0,18 - для зеленой массы многолетних трав; 1,0 – зерна озимой пшеницы; 1,14 – зерна кукурузы; 0,40 - для соломы; 0,14 – зеленой массы суданской травы и 0,17 – листостебельной массы кукурузы на силос.

Результаты расчетов свидетельствуют о положительном влиянии вносимых удобрений на показатели среднегодовой продуктивности полевого севооборота. Минимальная среднегодовая продуктивность севооборота за 20-летний период (4 ротации) получена на фоне естественного плодородия контроле – 4,27 т/га з.е. (табл. 61).

По всем вариантам системы удобрения она возросла на 2,40-4,71 т/га з.е. (36–110%), причем прирост продуктивности увеличивался по мере повышения доз удобрений. Так, по одинарной дозе NPK этот показатель повысился на 1,55 т/га з.е, или 36%. Удвоение уровня NPK увеличило его еще на 2,12 т/га з.е. (36%) по сравнению с одинарным и на 3,67 т/га з.е. (86%) по сравнению с контролем. Тройной уровень NPK обеспечил прирост продуктивности севооборота в 4,56 т/га з.е. (107%) по сравнению с контролем, на фоне одинарного и двойного уровней – на 3,01 и 0,89 т/га з.е. (52 и 11%) соответственно.

Таким образом, с увеличением уровня NPK среднегодовая продуктивность севооборота последовательно возрастала.

Одностороннее удвоение дозы азота на фонах P_1K_1 и P_2K_1 увеличило прирост продуктивности соответственно на 0,85 и 0,87 т/га з.е. (15 и 13%). Аналогичное удвоение дозы фосфора на фонах N_1K_1 и N_2K_1 дало такой же эффект – 0,89 и 0,92 т/га з.е. (15 и 14%). Более отчетливый прирост отмечен при одновременном удвоении азота и фосфора на фоне K_1 – 1,76 т/га з.е., или 30%.

Таблица 61 – Среднегодовая продуктивность полевого севооборота под влиянием удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Среднегодовая насыщенность пашни удобрениями, кг д.в./га	Среднегодовая продуктивность севооборота, т/га з.е.					ср. за 4 ротации	Прирост продуктивности		Доля участия удобрений в формировании урожая, %
		ротации				т/га		%		
		5-я	6-я	7-я	8-я					
Контроль	0	4,49	3,98	4,06	4,56	4,27	-	-	-	
N ₁ P ₁ K ₁	114	6,27	5,32	5,61	6,07	5,82	1,55	36	26,6	
N ₂ P ₁ K ₁	156	7,01	6,18	6,19	7,29	6,67	2,40	56	35,9	
N ₁ P ₂ K ₁	151	7,22	6,15	6,26	7,22	6,71	2,44	57	36,4	
N ₂ P ₂ K ₁	192	8,08	6,90	7,26	8,10	7,58	3,31	78	43,7	
N ₂ P ₂ K ₂	228	8,42	7,24	7,55	8,55	7,94	3,67	86	46,2	
N ₃ P ₂ K ₁	234	8,15	7,12	7,51	8,41	7,80	3,52	82	45,2	
N ₃ P ₂ K ₂	270	8,49	7,53	7,60	8,69	8,08	3,81	89	47,1	
N ₂ P ₃ K ₁	230	8,51	7,26	7,47	8,45	7,92	3,65	85	46,1	
N ₂ P ₃ K ₂	265	8,62	7,14	7,71	8,46	7,98	3,71	87	46,5	
N ₃ P ₃ K ₁	270	8,77	7,66	7,70	8,66	8,20	3,93	92	47,9	
N ₃ P ₃ K ₃	342	9,41	8,19	8,42	9,31	8,83	4,56	107	51,6	
Навоз+NPK	228	8,75	7,84	7,68	8,76	8,26	3,98	93	48,3	
Расчетный	324	9,55	8,30	8,57	9,51	8,98	4,71	110	52,4	

Примечания: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₁P₃₇K₃₆,

а в расчетном – N₁₂₃P₉₃K₉₇;

по ротациям: 5-я: N₁P₁K₁ - N₄₂P₃₁K₃₄, расчетная - N₁₂₂P₉₃K₁₀₂; 6-я: N₁P₁K₁ - N₄₀P₃₆K₃₆, расчетная – N₁₂₄P₉₄K₉₆;

7-я: N₁P₁K₁ - N₄₂P₃₆K₃₆, расчетная - N₁₂₈P₁₁₉K₁₀₃; 8-я: N₁P₁K₁ - N₄₂P₃₈K₃₈, расчетная – N₁₂₀P₉₆K₉₄

Односторонне повышение с двойного до тройного уровня доз азота и фосфора на разных фонах практически не влияло на рассматриваемый показатель, зато утроение доз азота и фосфора одновременно на фоне N_2P_2 обеспечило небольшой, но достоверный прирост продуктивности 0,61 т/га (8,1%), а на фоне N_1P_1 – на 2,38 т/га з.е. (41%).

Утроение дозы азота на фоне P_2K_1 было не эффективно. Аналогичное утроение дозы фосфора на фоне N_2K_1 и N_2K_2 дало прирост продуктивности 4,8-3,2 ц/га з.е. Утроение дозы калия на фоне N_3P_3 было также эффективно, прирост при этом составил 5,7 ц/га з.е. или 14,7%.

Удвоение дозы калия обеспечивало прирост продуктивности – 3,0 ц/га з.е. на фоне N_2P_2 , 2,9 ц/га з.е. на фоне N_3P_2 , 1,4 ц/га з.е. на фоне N_2P_3 , то есть было малоэффективным. Лишь увеличение его дозы с одинарного до тройного уровня на фоне тройных азота и фосфора незначительно, но достоверно (на 0,63 т/га з.е., или 8%) повысило этот показатель. Хотя это повышение можно трактовать не столько за счет калия, сколько благодаря эффекту взаимодействия всех трех элементов, описанному Д.У. Куком (1975).

При сравнении минеральной и органо-минеральной систем удобрения в отношении их влияния на показатель продуктивности севооборота выявлено небольшое преимущество последней. Прирост продуктивности при этом составил 0,89 т/га з.е., или 11%.

Многие авторы не находят преимуществ у органо-минеральной системы перед минеральной. Отсутствие такового на черноземе выщелоченном лесостепной зоны подтверждают исследования Г.Г. Джанаева (1970, 1984), А.Б. Хекилаева (1994), С.Х. Дзанагова (1999), Т.К. Лазарова (2001), А.Е. Басиева (2005), З.Т. Канукова (2009) и др. Имеются аналогичные выводы и по результатам исследований на других типах почв. На серой лесной почве, сравнивая различные системы удобрения в севообороте, В.В. Окорков и др. (1997) пришли к выводу, что одни органические удобрения по сравнению с минеральными, внесенными в эквивалентных количествах по элементам питания, были менее эффективными. В то же время органо-минеральная и минеральная

системы удобрения были равноценны по влиянию на продуктивность севооборота. В исследованиях Л.И. Мартынович, Н.Н. Мартынович (1989) на черноземе оподзоленном систематическое применение органических и минеральных удобрений в севообороте увеличило в среднем за 50 лет продуктивность севооборота на 17% при минеральной системе удобрения и на 24% при органо-минеральной (разница между ними всего 7%). В стационарном опыте В.В. Гамаюновой и др. (1996) на темно-каштановой почве минеральная система удобрения даже имела преимущество перед органо-минеральной на 6,8%.

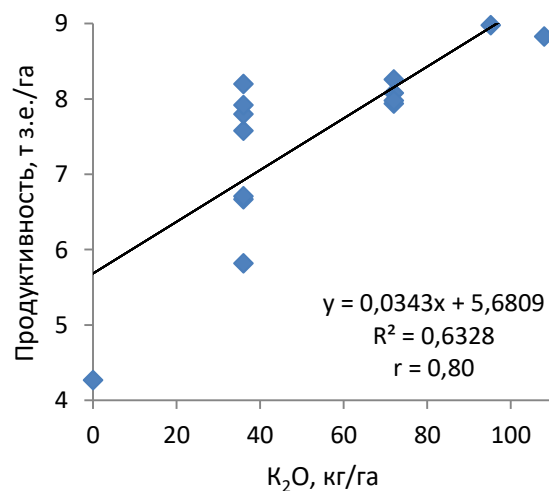
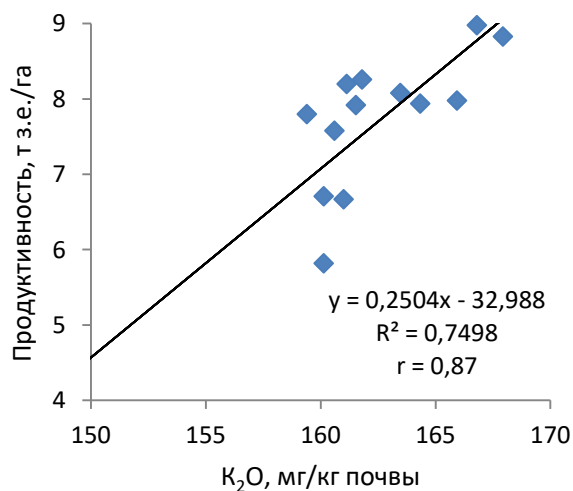
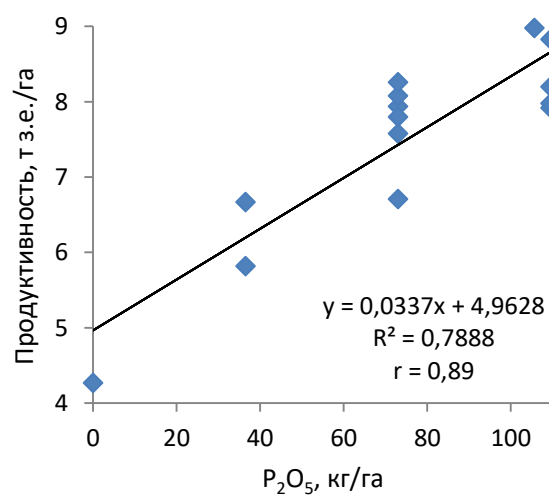
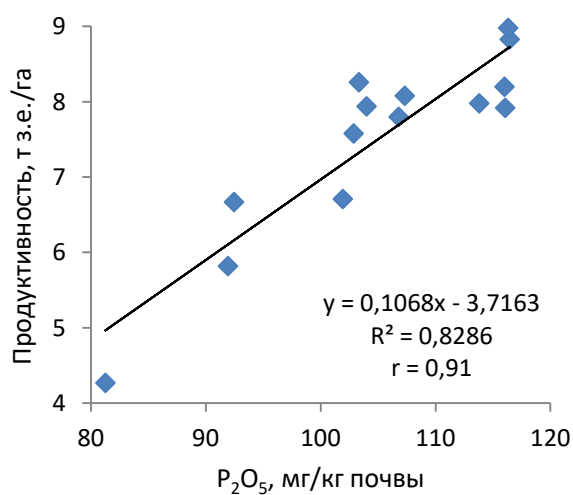
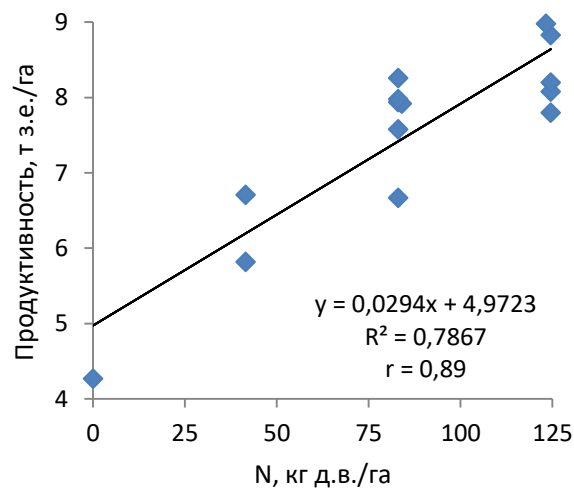
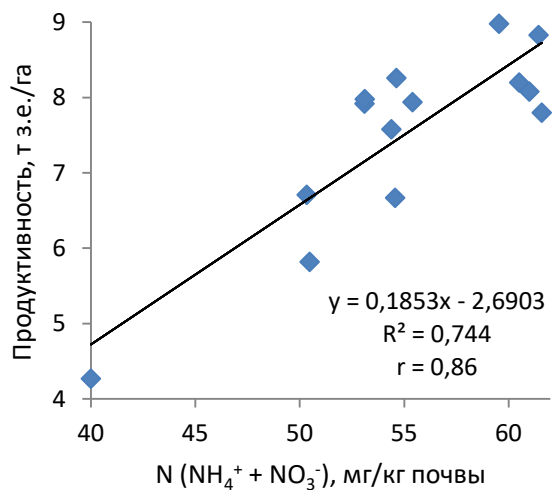
В то же время многие авторы отдают в своих исследованиях предпочтение органо-минеральной системе удобрения в севообороте (Мамченков И.А., Васильев В.А., 1972; Ефремов В.В., Губанова И.А., 1988; Мерзлая Г.Е., Полунин С.Ф., Гаврилова В.А., 1991; Яговенко Л.Л., Поликарпова Н.Я., 1991; Аркуша В.Е., Буджерак А.И., 1998 и др.).

При оптимизации систем удобрения в севооборотах большинство исследователей придают значение расчетным дозам удобрений. Среди них М.Б. Гиллис, (1975), Ю.П. Жуков (1983), В.Г. Минеев и др. (1993), О.В. Сдобникова, Н.С. Соколев (1995), В.А. Демин, А.Н. Васильев, 1996, И.Н. Зеленин (1999) и многие другие.

В наших исследованиях наибольшую продуктивность севооборота обеспечила расчетная доза удобрений – 8,98 т/га з.е., что превышало аналогичный показатель варианта без удобрений на 4,71 т/га (110%), то есть более чем в 2 раза.

Доля участия удобрений в формировании продуктивности росла по мере увеличения их доз с 26,6 до 52,4 и имела максимальное значение в расчетном варианте.

Корреляционно-регрессионный анализ выявил линейную зависимость продуктивности севооборота от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов и доз вносимых удобрений (рис. 50).



Примечание: R^2 - коэф. детерминации; r - коэф. корреляции

Рис. 50. Корреляционно-регрессионный анализ зависимости продуктивности севооборота от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов и доз удобрений (ср. за 4 ротации)

Коэффициенты корреляции между продуктивностью и дозами удобрений характеризовали линейную зависимость как очень сильную - от внесения фосфора ($r=0,91$), весьма сильную - калия ($r=0,87$) и азота ($r=0,86$). В отношении обеспеченности почвы подвижным азотом и фосфором выявлена весьма сильная зависимость ($r=0,89$ и $0,89$), а калием - сильная зависимость ($r=0,80$).

Зависимость среднегодовой продуктивности севооборота от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов и насыщенности пашни удобрениями описывается следующими уравнениями регрессии:

$$Y_{(\text{прод.})} = 0,067 N (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-) + 0,036 \text{P}_2\text{O}_5 + 0,168 \text{K}_2\text{O} - 26,60;$$

$$R^2 = 0,77;$$

где: Y – продуктивность севооборота, т/га з.е.;

$N (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)$; P_2O_5 и K_2O - содержание в почве аммонийного и нитратного азота (суммарно), подвижного фосфора и обменного калия, мг/кг почвы.

$$Y_{(\text{прод.})} = 4,51 + 0,011 N + 0,013 \text{P}_2\text{O}_5 + 0,009 \text{K}_2\text{O};$$

$$R^2 = 0,95;$$

где: Y – продуктивность севооборота, т/га з.е.;

N , P_2O_5 и K_2O - дозы внесения азота, фосфора и калия, кг д.в./га.

Таким образом, на черноземе выщелоченном, подстилаемом галечником, длительное систематическое применение удобрений в севообороте значительно повышает его продуктивность. С увеличением уровня удобренности продуктивность увеличивается, хотя на отрезке от двойной дозы до тройной эффект выражен слабо. По влиянию повышенных доз отдельных элементов в составе НРК можно выделить варианты совместного внесения азота и фосфора, а увеличение доз элементов питания по отдельности на продуктивность особого влияния не оказывало. Вариант с органо-минеральной системой имел незначительное преимущество по сравнению с минеральной, однако с учетом положительного влияния навоза на водно-воздушные и физико-химические свойства почвы он заслуживает предпочтения.

Профессор С.Х. Дзанагов (1999) на основании 20-летних исследований на этих почвах рекомендует в качестве оптимальной системы удобрения в севообороте навозно-минеральную (30 т/га навоза + NPK эквивалентно $N_{90}P_{82}K_{90}$) и минеральную ($N_{90}P_{82}K_{90}$). Эти рекомендации предполагают использование средних доз удобрений, на уровне варианта $N_2P_2K_2$, и были рассчитаны, на наш взгляд, для практического использования в реальных условиях 90-х годов на фоне малой обеспеченности хозяйств удобрениями.

Результаты наших исследований выявляют приоритет расчетных доз удобрений, обеспечивающих наибольший прирост продуктивности севооборота в целом. Поэтому мы рекомендуем применять удобрения в расчетных дозах, но по органо-минеральной системе - 30 т/га/год навоза + NPK эквивалентно $N_{123}P_{106}K_{95}$. Эти дозы должны периодически корректироваться с учетом изменения почвенного плодородия, планируемой урожайности, других агротехнических и экономических факторов. Поскольку на озимой пшенице мы наблюдали стабильный эффект от средних доз удобрений, считаем целесообразным под эту культуру вносить средние дозы удобрений - $N_{84}P_{74}K_{72}$ (уровня $N_2P_2K_2$). Такой дифференцированный подход, как показали расчеты, не снизит продуктивность севооборота, однако значительно уменьшит экономические затраты на применение удобрений.

6. КАЧЕСТВО УРОЖАЯ КУЛЬТУР СЕВООБОРОТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УДОБРЕНИЙ

Удобрения являются ведущим фактором внешней среды, оказывающим воздействие на качество урожая. Минеральное питание растений улучшается при внесении научно обоснованных доз и соотношений удобрений. По этой причине оптимальные дозы и соотношения удобрений разрабатывают не только на основе прибавок урожайности, но и по их действию на качество продукции (Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015).

Рациональное применение удобрений предполагает не только получение высокого урожая, но и улучшение его качества; важно получить урожай с максимальным содержанием ценных веществ в технологическом и питательном отношении (Алексеев Ю.В., 1978; Павлов А.Н., 1989; Минеев В.Г., 1990 и др.).

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 можно выделить: химический и биохимический состав продукции и ее технологические свойства.

6.1. Химический и биохимический состав многолетних трав

Систематическое применение удобрений в севообороте оказывало положительное влияние на химический состав и качество люцерны (табл. 62 и прил. 156, 157). Содержание азота в сене люцерны на всех удобренных вариантах превышало контроль. Оно повышалось по мере увеличения доз азотных удобрений. Изменение доз фосфора никак не влияло на содержание азота, а увеличение дозы калия способствовало его снижению.

Таблица 62 - Химический состав и качество люцерны в зависимости от удобрений, % к сухому веществу (ср. за 1994 и 2001 гг.)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	2,93	0,75	2,46	18,3	2,02	27,1	7,9	44,7
N ₁ P ₁ K ₁	2,99	0,79	2,61	18,7	2,24	29,1	8,2	41,8
N ₂ P ₁ K ₁	3,04	0,80	2,64	19,0	2,10	27,8	8,1	43,1
N ₁ P ₂ K ₁	3,01	0,82	2,67	18,8	2,10	28,9	7,8	42,4
N ₂ P ₂ K ₁	3,09	0,83	2,64	19,3	2,21	27,8	7,9	42,8
N ₂ P ₂ K ₂	3,14	0,84	2,72	19,6	2,41	26,3	8,0	43,7
N ₃ P ₂ K ₁	3,20	0,84	2,68	20,0	2,11	28,9	8,1	40,9
N ₃ P ₂ K ₂	3,24	0,84	2,74	20,3	2,05	26,2	8,2	43,3
N ₂ P ₃ K ₁	3,15	0,86	2,72	19,7	2,18	25,4	8,4	44,4
N ₂ P ₃ K ₂	3,17	0,85	2,79	19,8	2,27	26,0	8,3	43,5
N ₃ P ₃ K ₁	3,26	0,86	2,77	20,4	2,09	25,0	8,1	44,4
N ₃ P ₃ K ₃	3,29	0,87	2,83	20,5	2,17	26,0	8,2	43,1
Навоз+NPK	3,17	0,84	2,72	19,8	2,19	26,4	8,3	43,3
Расчетный	3,33	0,89	2,88	20,8	2,43	28,9	8,6	39,2

Примечание: в среднем за 1994 и 2001 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₂₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₆₅P₁₂₅K₁₀₀.

Наибольшее содержание азота наблюдалось в сене люцерны расчетного варианта – 3,33%, ему незначительно уступал вариант N₃P₃K₃ – 3,29% против 2,93% на контроле.

Содержание фосфора в сене люцерны на удобренных вариантах также превышало контроль. Повышение происходило по мере увеличения дозы фосфора в составе удобрения, более существенно – при утроении. Увеличение дозы калия этот показатель либо не изменяло, либо повышало незначительно, а увеличение дозы азота – снижало. Наибольшее содержание фосфора обнаружено в сене расчетного варианта – 0,89% и N₃P₃K₃ – 0,87% против 0,75% на контроле.

Содержание калия в сене люцерны повышалось на 0,16-0,43% по мере увеличения доз удобрений, преимущественно калийных. Одностороннее увеличение дозы фосфора также способствовало его повышению. Аналогичное увеличение дозы азота не изменяло этот показатель. Наибольшим содержанием калия выделялись расчетный вариант – 2,88% и $N_3P_3K_3$ – 2,83% против 2,46% - на контроле.

Исследования показали, что удобрения в ряде вариантов положительно влияют на биохимический состав люцерны.

Содержание протеина на контроле составляло 18,3%, а при внесении одинарной дозы NPK оно увеличилось на 0,4%. Вариант $N_2P_2K_2$ способствовал увеличению этого показателя еще на 0,9%, а при внесении тройной дозы NPK содержание протеина превышало контроль на 2,3%. Существенные увеличения этого показателя наблюдались на вариантах с тройной дозой азота – на 1,72-2,53%.

В.Н. Чурзин (1982), В.И. Куля (1989) и др. также придают азоту перво-степенное значение в повышении содержания протеина в люцерне, хотя М.М. Абасов (1982), В.И. Остапов и др. (1990) считают, что азотные удобрения для увеличения протеина в люцерне не эффективны.

Наибольшее содержание протеина наблюдалось в люцерне расчетного варианта - 20,8%, что превышало контроль на 2,5%.

По содержанию жира удобренные варианты отличались от контроля в сторону повышения – на 0,07-0,41%. Наибольшее содержание жира наблюдалось в расчетном варианте - 2,43% против 2,02% на контроле.

Содержание клетчатки по всем удобренным вариантам было практически одинаковым - оно находилось в интервале 27,8-30,8%, а различия находились в пределах ошибки анализа.

Зольность продукции характеризует усвоение и накопление в ней большинства макро- и микроэлементов, играющих важную роль в обмене веществ. Зольность сена удобренных вариантов была выше, чем на контроле, хотя и малосущественно.

Содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) зависело от содержания протеина, жира и золы. Чем больше эти показатели, тем меньше содержание БЭВ. В группу БЭВ входят сахара, декстрины, камеди, крахмал, инулин, гемицеллюлоза, некоторые органические кислоты и др. (Посыпанов Г.С., 1991).

В наших исследованиях содержание БЭВ было ниже, чем на контроле, причем наименьшим оно было в расчетном варианте и при тройной дозе НРК, что объясняется повышением содержания протеина, жира и золы.

Аналогичные закономерности изменения качества сена наблюдались и на клевере луговом (табл. 63 и прил. 158, 159).

Таблица 63 - Химический состав и качество клевера лугового в зависимости от удобрений, % к сухому веществу (ср. за 2006 и 2012 гг.)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	1,80	0,48	1,36	11,2	1,55	28,7	10,5	48,1
N ₁ P ₁ K ₁	1,88	0,50	1,45	11,7	1,95	30,5	11,0	44,9
N ₂ P ₁ K ₁	2,01	0,51	1,44	12,5	1,55	29,1	10,8	46,1
N ₁ P ₂ K ₁	1,90	0,56	1,47	11,8	1,80	30,0	10,9	45,5
N ₂ P ₂ K ₁	2,12	0,61	1,49	13,2	1,85	30,6	10,6	43,7
N ₂ P ₂ K ₂	2,14	0,64	1,53	13,3	2,10	29,5	10,9	44,2
N ₃ P ₂ K ₁	2,20	0,61	1,48	13,7	1,70	30,1	10,6	43,9
N ₃ P ₂ K ₂	2,21	0,63	1,54	13,8	1,75	28,4	11,1	45,0
N ₂ P ₃ K ₁	2,10	0,68	1,51	13,1	1,90	27,2	11,3	46,5
N ₂ P ₃ K ₂	2,08	0,72	1,53	13,0	2,15	28,1	11,5	45,4
N ₃ P ₃ K ₁	2,20	0,70	1,51	13,8	1,75	26,5	11,2	46,9
N ₃ P ₃ K ₃	2,27	0,74	1,57	14,2	2,00	27,8	11,0	45,1
Навоз+НРК	2,17	0,66	1,55	13,6	2,25	29,7	11,0	43,6
Расчетный	2,32	0,75	1,58	14,5	2,35	30,8	11,8	40,6

Примечание: в среднем за 2006 и 2012 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₃₀P₃₀K₃₀, а в расчетном – N₇₆P₁₆₂K₉₉.

Содержание азота в сухой массе клевера лугового повышалось с увеличением дозы азота в составе NPK, более эффективно - при совместном увеличении доз азота и фосфора. Наибольшее содержание азота обеспечил расчетный вариант – 2,32%. На содержание фосфора положительно влияло увеличение дозы фосфора в составе NPK, особенно утроение. В целом оно повышалось на этих вариантах на 0,20-0,26% по сравнению с контролем. Увеличение дозы калия способствовало некоторому повышению его содержания в сухой массе клевера, а увеличение дозы азота и фосфора – не влияло. На вариантах с тройной и расчетной дозами NPK наблюдались наибольшие величины этого показателя 1,57 и 1,58%.

Содержание протеина в биомассе клевера на всех удобренных вариантах превышало контроль, причем оно увеличивалось прямо пропорционально увеличению дозы азота в составе NPK. Так, при содержании протеина 11,2% на контроле на варианте с тройной дозой NPK этот показатель составил 14,2%, а на расчетном 14,5%.

Содержание жира под действием удобрений имело тенденцию к повышению. Клетчатки на некоторых удобренных вариантах накапливалось больше, но однозначной закономерности при этом не отмечено. Количество золы по вариантам изменялось незначительно, при этом можно отметить тенденцию повышения зольности по мере увеличения уровня минерального питания по сравнению с неудобренным контролем. Концентрация безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) имела четко выраженную закономерность уменьшения под влиянием удобрений; особенно отчетливо это видно по расчетному варианту.

Таким образом, при систематическом применении удобрений на черноземе выщелоченном улучшался химический состав многолетних трав, несколько повышалось качество по содержанию протеина. По жиру и золе наблюдалась слабая тенденция к увеличению. В отношении клетчатки можно сказать, что ее содержание не зависело от применения удобрений.

6.2. Химический состав и качество зерна озимой пшеницы

В результате многочисленных исследований в нашей стране и за рубежом установлено положительное влияние удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы. Однако эти исследования в основном проводили в краткосрочных полевых опытах без учета влияния сорта, предшественника и почвенно-климатических факторов. При длительном применении удобрений в севообороте можно наблюдать другие закономерности (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К. и др., 2019).

По сведениям, представленным в работе О.И. Бундиной и А.С. Хухрина (2017), уровень качества зерна, выращиваемого в России, в течение ряда лет значительно снижался. Так, доля продовольственной пшеницы, соответствующей третьему классу действующего государственного стандарта, в 2012 г. составляла 49,8%, в 2013 г. она снизилась до 38,7%, в 2014 г. - 34,4%, в 2015 г. – 36%, в 2016 г. - до 16,9%. По данным ФГБУ «Центр оценки качества зерна», в 2017 г. доля пшеницы третьего класса незначительно возросла по сравнению с предыдущим годом – до 24,3%.

Для обеспечения высокого качества зерна озимой пшеницы при высокой ее урожайности наибольшее значение приобретают оптимизация доз удобрений и сбалансированное соотношение в них основных элементов питания. Внесение в почву азота, фосфора и калия строго дифференцируется в зависимости от уровня почвенного плодородия, важным показателем которого являются запасы в почве питательных элементов в доступной для растений форме (Созинов А.А., Жемела Г.П., 1983; Бижоев В.М., 2005; Романенко Г.А., Тютюнников А.И., Сычев В.Г., 1998; Есаулко А.Н., 2006; Сычев В.Г., 2011; Шеуджен А.Х., Громова Л.И., Пастарнак Я.Е., 2015) и др.

По утверждению А.Н. Есаулко (2006) сбалансированное питание растений макро- и микроэлементами контролирует многочисленные процессы обмена веществ и играет ключевую роль в формировании урожая и его химического состава. Все биогенные элементы выполняют в растении жизнен-

но важные функции. Их содержание обуславливает продуктивность сельскохозяйственных культур, дефицит элементов питания непременно отразится на урожайности и качестве продукции.

Изучением влияния удобрений на качество зерна озимой пшеницы занимались в нашей стране многие ученые, в частности, П.Е. Суднов (1965, 1986), А.Н. Павлов (1967, 1984, 1989), И.М. Коданев (1970, 1976), В.Г. Минеев (1973), В.Г. Минеев и др. (1975), А.А. Созинов, Г.П. Жемела (1983), Н.С. Авдонин (1978, 1979), Д.А. Кореньков (1990), К.Л. Загорча (1990), С.Х. Дзанагов (1999) и др.

В наших наблюдениях по химическому составу зерна озимой пшеницы, можно наблюдать аналогичные с люцерной закономерности (табл. 64 и прил. 159-162).

Так, содержание азота в зерне озимой пшеницы повышалось по мере увеличения доз азотных удобрений. Особенно резки были скачки при внесении тройной дозы азота, так как на этих вариантах осуществлялась некорневая подкормка, что значительно повлияло на содержание азота в зерне.

О положительной роли азотных подкормок в повышении содержания азота в зерне пшеницы указывают в своих работах W. Selke (1959), H. Necht (1964), А.Н. Павлов (1967), А. Rodewyk, P. Schafer (1969), А.Я. Бука (1970), А.И. Симакин (1970), Н.А. Курмышева, В.Ф. Ефремов (1998).

Наибольшее содержание азота наблюдалось в зерне вариантов расчетного и $N_3P_3K_3$ – 2,67 и 2,66%. Им несколько уступал вариант $N_3P_3K_1$ – 2,63% против 2,33% на контроле. Увеличение доз фосфора несколько снижало этот показатель, а калия - не изменяло.

Содержание фосфора и калия в зерне тоже увеличивалось в удобренных вариантах по сравнению с контролем, но в меньшей степени, чем азота. Различия между вариантами были незначительными, особенно для калия, тем не менее, можно проследить тенденцию к большему накоплению этих питательных элементов по мере увеличения их доз в составе NPK (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К. и др., 2019).

Таблица 64 - Химический и биохимический состав и качество зерна озимой пшеницы (2-е поле) в зависимости от удобрений, % к сухому веществу (ср. за 4 ротации)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,33	0,82	0,49	13,6	2,11	3,54	2,15
N ₁ P ₁ K ₁	2,44	0,86	0,49	14,2	1,87	3,56	2,15
N ₂ P ₁ K ₁	2,50	0,87	0,50	14,6	1,91	3,39	2,19
N ₁ P ₂ K ₁	2,44	0,90	0,50	14,2	2,06	3,48	2,18
N ₂ P ₂ K ₁	2,54	0,89	0,51	14,8	2,08	3,54	2,19
N ₂ P ₂ K ₂	2,55	0,91	0,52	14,8	2,20	3,46	2,23
N ₃ P ₂ K ₁	2,61	0,90	0,51	15,2	2,04	3,54	2,24
N ₃ P ₂ K ₂	2,60	0,90	0,52	15,1	1,96	3,65	2,23
N ₂ P ₃ K ₁	2,56	0,92	0,51	14,9	2,06	3,57	2,21
N ₂ P ₃ K ₂	2,55	0,92	0,52	14,9	2,07	3,66	2,20
N ₃ P ₃ K ₁	2,63	0,92	0,51	15,3	1,86	3,68	2,20
N ₃ P ₃ K ₃	2,66	0,93	0,54	15,5	1,93	3,58	2,27
Навоз+NPK	2,58	0,89	0,52	15,0	2,31	3,63	2,16
Расчетный	2,67	0,93	0,53	15,5	1,94	3,46	2,22

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁.

Применение удобрений способствовало улучшению биохимического состава зерна озимой пшеницы. Во всех вариантах опыта пропорционально содержанию азота возросло содержание протеина. Наибольшим оно оказалось в зерне вариантов расчетного и N₃P₃K₃ – по 15,5%.

Наряду с этим отмечено снижение содержания жира по сравнению с контролем, хотя и в небольшой степени, по всем вариантам кроме навоз + NPK и N₂P₂K₂, жирность зерна которых составила 2,31 и 2,20% против 2,11% на контроле и 1,86-2,06% на других удобренных вариантах. Из отдельных

элементов, поддерживающих содержание жира в зерне, необходимо отметить фосфор. В исследованиях А.Б. Хекилаева (1994) содержание жира в зерне озимой пшеницы под влиянием азотных удобрений снижалось, а фосфорных - увеличивалось.

Несколько иное отмечено для клетчатки: в большинстве вариантов ее содержание превышало контроль, но находилось в пределах ошибки анализа, поэтому определенной закономерности выявить не удалось. По количеству золы все варианты с применением удобрений превосходили контроль. Наибольшую зольность можно отметить в вариантах с внесением повышенных доз NPK.

О положительном влиянии минеральных удобрений на содержание протеина и белка в зерне озимой пшеницы указывают в своих работах В.Т. Канцалиев (1995), В.А. Демин, А.Н. Васильев (1996), В.Ф. Шаповалов и др. (1996), В.Ф. Моисеенко, Н.М. Белоус (1996), Ю.П. Жуков, Н.А. Макарецца (1997), Е.И. Ломако (1998), Б.С. Носко, Е.Л. Меркулова, Е.В. Бабич (2000); А.В. Ряховский, В.Н. Кравченко, С.И. Лысенко (2006); С.А. Шафран, А.И. Васильев, С.С. Андреев (2008); С.М. Бесланев, М.Б. Багов, О.М. Булатов (2008) и др.

По данным Т. Мазур (1990), содержание белка на контроле составляло 11,5, а при внесении NPK повысилось до 12,7% (на 1,2%). Н.Г. Потапов (1969) считает, что для получения зерна озимой пшеницы с высоким содержанием белка необходимы достаточное снабжение колоса фосфором и калием и высокий уровень азотного питания. А.Н. Павлов (1984) подчеркивал, что важнейшим фактором, обуславливающим уровень накопления белка в зерне, является обеспеченность растений азотом. В опытах В.И. Бровкина (1996) под влиянием азотных удобрений повысилось содержание протеина в зерне озимой пшеницы на 2,2%, а под влиянием фосфорных и калийных удобрений - не изменялось. Аналогичного мнения придерживается Г.Г. Джанаев (1970). Снижение белковости зерна под влиянием фосфорных и калийных удобрений отметили А. Amberger, G. Sommer, A. Sus (1969).

В зависимости от удобрений несущественным было и изменение зольности зерна. Наибольшим содержанием золы в зерне отличался вариант $N_3P_3K_3$ - 2,27% при 2,14% на контроле.

Внесение удобрений оказало положительное влияние на некоторые физические и технологические свойства зерна (табл. 65, прил. 163-166).

Таблица 65 - Физические и технологические свойства зерна озимой пшеницы (2-е поле) в зависимости от удобрений (ср. за 4 ротации)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекловидность, %	Сырая клейковина		
				содержание, %	ИДК (усредненное)	группа качества
Контроль	31,2	759	49	25,6	88	II
$N_1P_1K_1$	32,6	763	52	27,2	77	I
$N_2P_1K_1$	32,8	753	53	28,1	79	II
$N_1P_2K_1$	32,4	758	52	26,7	82	II
$N_2P_2K_1$	33,8	754	54	28,4	85	II
$N_2P_2K_2$	34,0	754	56	28,5	74	I
$N_3P_2K_1$	31,7	747	61	30,0	84	II
$N_3P_2K_2$	32,0	753	59	29,2	79	II
$N_2P_3K_1$	31,1	753	59	29,1	83	II
$N_2P_3K_2$	31,4	757	59	29,2	81	II
$N_3P_3K_1$	31,5	751	61	29,9	86	II
$N_3P_3K_3$	32,3	749	59	29,9	80	II
Навоз+NPK	33,2	762	58	29,1	73	I
Расчетный	32,4	754	61	29,4	74	I

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте $N_1P_1K_1$ доза удобрений соответствовала $N_{50}P_{40}K_{40}$, а в расчетном – $N_{110}P_{91}K_{71}$.

Применение удобрений в большинстве вариантов способствовало увеличению массы 1000 зерен. Не изменялся или незначительно снижался этот показатель на вариантах с односторонним утроением доз азота и фосфора.

Повышение доз азота отрицательно сказывалось на массе 1000 зерен в исследованиях В.Г. Минеева, А.Н. Павлова (1979), Т.И. Ивановой, Т.К. Егоровой, Р.И. Кожемяковой (1982), В.К. Рыбак (1982), С.В. Плешаковой, Л.К. Мясниковой, А.П. Айрумова (1983), А.Б. Хекилаева (1994) и др.

Однако Я.В. Смольский (1951), Г.Г. Джанаев (1970), М.А. Казанина, А.П. Караульная (1973), Н.П. Кукреш (1985), Е.М. Лимантова, О.М. Лашукевич, А.А. Чаховский, Е.С. Малей (1986), Н.З. Милащенко и др. (1993), Ю.П. Жуков, И.М. Хайруллин (1996), Н.А. Курмышева, В.Ф. Ефремов (1998) приводят положительные результаты влияния азотных удобрений на массу 1000 зерен.

По натурной массе зерна почти все удобренные варианты незначительно уступали неудобренному контролю, причем с увеличением уровня удобренности этот показатель снижался в большей степени. Незначительное преимущество над контролем имели варианты $N_2P_3K_1$ и навоз+НРК – 763 и 762 против 759 г/л на контроле.

По некоторым данным, азотные удобрения, как правило, способствуют снижению натурности зерна (Минеев В.Г., Тищенко А.Т., Семихова О.Д., 1975, Доспехов Б.А., Кирюшин Б.Д., 1978) и др. Вместе с тем о положительном влиянии азотных подкормок на этот показатель указывают И.А. Зенюк (1970), Г.Ф. Никитенко, В.Е. Русков (1978). Н.А. Курмышева, В.Ф. Ефремов (1998) и др.

В удобренных вариантах лучшими были показатели стекловидности и содержания сырой клейковины. Наибольшими они были в вариантах с тройной дозой азота и в расчетном (59-61% – стекловидность и 29,2-30,0% – сырая клейковина), что положительно коррелировало с содержанием протеина.

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). В исследованиях А.Ш. Авазова (1997) при внесении удобрений содержание сырой клейковины возросло на

10%. К. Mengel (1969) в своих исследованиях получил увеличение содержания клейковины в зерне под влиянием удобрений с 25 до 31%.

А.Н. Павлов (1984) отмечает, что пищевое достоинство и хлебопекарные свойства зерна озимой пшеницы зависят от содержания и физико-химических свойств клейковины. Качественные показатели хлебных изделий зависят от показаний ИДК (измеритель деформации клейковины), согласно шкале которого клейковина разделяется на группы качества.

Максимальная упругость клейковины (I группа качества) отмечена на вариантах (в скобках – показания ИДК): $N_1P_1K_1$ (77), $N_2P_2K_2$ (74), навоз+НРК (73) и расчетном – (74). Ярко прослеживается закономерность улучшения качества клейковины от внесения умеренных и сбалансированных доз удобрений. Наихудшим оказался вариант $N_3P_3K_1$ (86) при показании ИДК на контроле - 88.

Удобрения повышают также силу муки и другие показатели технологических качеств зерна (Jahn-Delsbach W., Weipert D., 1967; Boutros N., 1979; Жуков Ю.П., Хайруллин И.М., 1996; Сандухадзе Б.И., Лобода Б.П., Асхадуллин Д.Ф. и др. 2006; Бесланеев С.М., Багов М.Б., Булатова О.М., 2008 и др.)

По нашим данным за 1995 год (прил. 163) показатель седиментации, характеризующий силу муки, колебался в пределах 35-41 ед. при 33 ед. на контроле, наибольшей силой муки характеризовалось зерно вариантов навоз+НРК - 41 и расчетного - 40 ед.

Таким образом, применение удобрений на черноземе выщелоченном обеспечило улучшение химического состава зерна, повышение содержания в нем протеина, золы, улучшение показателя стекловидности и содержания сырой клейковины, что свидетельствовало об улучшении его качества. Суммарная оценка полученных показателей указывала на преимущество внесения расчетной дозы, обеспечившей получение зерна 1-й группы качества с содержанием протеина 15,5%, стекловидностью 61%, содержанием сырой клейковины 29,4% (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К. и др., 2019). Аналогичные закономерности с некоторой разницей в значениях показателей наблюдались и на озимой пшенице в 5-м поле севооборота (прил. 168-175).

6.3. Химический состав и качество зерна кукурузы

Из агротехнических приемов, влияющих на химический состав зерна кукурузы, наиболее эффективным является внесение удобрений (Буцерега М.М., Першак И.Т., 1964). В наших исследованиях кукуруза в отношении химического состава зерна и других показателей его качества тоже хорошо отзывалась на удобрения (табл. 66 и прил. 176-179).

Таблица 66 - Химический состав и качество зерна кукурузы в зависимости от удобрений, % к сухому веществу (среднее за 4 ротации)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Крах-мал	Клет-чатка	Зола
Контроль	1,50	0,70	0,46	8,9	4,00	60,3	3,64	1,31
N ₁ P ₁ K ₁	1,67	0,76	0,51	9,9	4,05	61,1	3,29	1,64
N ₂ P ₁ K ₁	1,69	0,79	0,51	10,0	4,03	60,9	3,49	1,60
N ₁ P ₂ K ₁	1,65	0,79	0,52	9,8	4,05	61,3	3,43	1,66
N ₂ P ₂ K ₁	1,82	0,83	0,53	10,8	3,94	60,3	3,50	1,64
N ₂ P ₂ K ₂	1,87	0,80	0,56	11,1	3,75	59,5	3,76	1,70
N ₃ P ₂ K ₁	1,68	0,83	0,53	10,0	3,68	60,1	3,54	1,66
N ₃ P ₂ K ₂	1,79	0,88	0,54	10,6	3,75	58,4	3,63	1,65
N ₂ P ₃ K ₁	1,62	0,85	0,51	9,6	3,62	60,8	3,79	1,63
N ₂ P ₃ K ₂	1,72	0,76	0,53	10,2	3,73	59,6	3,61	1,61
N ₃ P ₃ K ₁	1,77	0,75	0,52	10,5	3,68	58,6	3,74	1,61
N ₃ P ₃ K ₃	1,75	0,81	0,54	10,4	3,65	58,4	3,83	1,60
Навоз+NPK	1,78	0,79	0,52	10,6	3,63	60,1	3,66	1,60
Расчетный	1,81	0,83	0,54	10,8	3,69	56,9	3,87	1,64

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

В зерне кукурузы содержание азота повышалось по мере увеличения дозы азотного удобрения. Особенно резко это проявилось на расчетном вари-

анте и вариантах 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 (Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015).

Наибольшим содержанием азота отличалось зерно кукурузы расчетного варианта - 1,81%, против 1,50% на контроле.

Фосфор в зерне кукурузы вариантов с преобладанием фосфора в NPK обнаруживался в несколько большем количестве, чем в остальных вариантах. Одностороннее увеличение дозы фосфора в составе NPK увеличило содержание фосфора в зерне кукурузы менее существенно, однако все удобренные варианты превысили контроль на 0,03–0,15%. Увеличение дозы калия и азота на него не влияло. Наибольшее содержание фосфора зафиксировано в зерне варианта $N_3P_2K_2$ и $N_2P_3K_1$ – 0,88 и 0,85%, против 0,70% на контроле.

Содержание калия в зерне кукурузы максимальным было на варианте $N_2P_2K_2$ – 0,56% против 0,46% на контроле.

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 1,0; двойной - на 2,2% (что является максимальным показателем); тройной – на 1,5%, а на расчетном варианте на 1,9% по сравнению с неудобренным контролем. По данным В.Т. Ключникова (1971), на вариантах, где вносили азотное удобрение, содержание протеина в зерне и валовой его выход с 1 га увеличивались на 25-66%.

Говоря о содержании жира в зерне кукурузы, трудно выделить четкие закономерности, умеренные дозы удобрений незначительно повышают его содержание в зерне, а высокие – снижают (тенденция). Наилучшими по этому показателю оказались варианты: $N_1P_1K_1$, $N_2P_1K_1$ и $N_1P_2K_1$ - 4,03-4,05%, против 4,00% на контроле.

В опытах С.В. Андриеш (1971) содержание жира на удобренных вариантах увеличивалось на 0,26-0,67%. В то же время А.А. Землянухин (1987) не

обнаружил существенного изменения количества жира в зерне кукурузы под влиянием удобрений. По данным Г.Г. Джанаева (1970), при увеличении дозы азота содержание жира в зерне кукурузы увеличивалось, а при увеличении дозы фосфора - наоборот, снижалось.

Содержание крахмала немного повысили небольшие дозы удобрения (на 0,3-1,0%), а с увеличением доз NPK оно снижалось, что согласуется с данными других исследователей (Буцурога М.М., Першак И.Т., 1964; Льгов Г.К., 1967; Ключников В.Т., 1971 и др.). В опытах Н.Л. Вайнберга (1977) азотные удобрения снижали содержание крахмала в зерне кукурузы, а фосфорные повышали. 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.

Содержание клетчатки в зерне кукурузы на удобренных вариантах изменялось незначительно - различия между ними находились в небольших пределах, при этом лишь варианты с повышенными дозами NPK были выше контроля, либо на его уровне, а остальные уступали ему.

В зависимости от удобрений несущественным было изменение зольности зерна. Наибольшим содержанием золы отличался вариант $N_2P_2K_2$ - 1,60% при 1,31% на контроле.

Таким образом, систематическое применение удобрений на выщелоченных черноземах позволяет улучшать химический состав зерна кукурузы, не ухудшая его качества, при этом количество протеина, золы и зольных элементов заметно увеличивается (Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015).

6.4. Химический состав и качество кукурузы на силос

Аналогичные кукурузе, выращиваемой на зерно, закономерности влияния удобрений на химический состав и качество продукции проявлялись и при выращивании ее на силос (табл. 67 и прил. 180, 181.).

Таблица 67 - Химический состав и качество листостебельной массы кукурузы в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	1,02	0,36	1,03	6,3	0,99	32,2	9,9	50,6
N ₁ P ₁ K ₁	1,29	0,42	1,34	8,1	1,36	31,1	10,5	49,0
N ₂ P ₁ K ₁	1,32	0,44	1,39	8,2	1,33	34,1	9,6	46,7
N ₁ P ₂ K ₁	1,38	0,47	1,42	8,6	1,29	33,1	10,0	47,0
N ₂ P ₂ K ₁	1,43	0,47	1,43	8,9	1,58	32,5	10,2	46,8
N ₂ P ₂ K ₂	1,48	0,48	1,53	9,3	1,57	32,7	10,3	46,2
N ₃ P ₂ K ₁	1,51	0,47	1,38	9,4	1,60	32,6	10,4	46,0
N ₃ P ₂ K ₂	1,50	0,46	1,45	9,4	1,49	32,9	10,7	45,5
N ₂ P ₃ K ₁	1,29	0,47	1,38	8,1	1,42	35,1	10,2	45,2
N ₂ P ₃ K ₂	1,28	0,46	1,43	8,0	1,67	31,1	11,6	47,7
N ₃ P ₃ K ₁	1,40	0,44	1,37	8,7	1,57	32,6	10,8	46,4
N ₃ P ₃ K ₃	1,48	0,47	1,29	9,2	1,38	36,9	10,2	42,4
Навоз+НРК	1,45	0,47	1,39	9,1	1,66	34,4	10,9	44,0
Расчетный	1,42	0,44	1,21	8,8	1,77	36,2	11,7	41,6

Примечание: в среднем за 2009 и 2015 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₄₅P₉₅K₁₁₅.

Содержание азота, фосфора и калия в биомассе кукурузы повышалось по мере увеличения доз аналогичного элемента в составе вносимого удобрения. Особенно отчетливо это проявилось на вариантах с односторонним удобрением этих элементов.

Содержание протеина повышалось по мере увеличения дозы азота в составе НРК и было максимальным на расчетном варианте и вариантах с тройной дозой азота – 8,8-9,2% соответственно. На удобренных вариантах наблюдалась тенденция повышения содержания жира и клетчатки в исследуемых образцах. Удобренные варианты превышали контроль по содержанию жира на 0,28-0,76%, а клетчатки – на 0,3-4,7%.

По влиянию удобрений на содержание золы в зеленой массе явной закономерности не обнаружено. Оно находилось в пределах 9,6-11,7% на удобренных вариантах против 9,9% на контроле.

Содержание безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в удобренных вариантах в целом ниже, чем на контроле, причем наименьшим оно было в расчетном варианте и при тройной дозе NPK, что объясняется повышением содержания протеина, жира и золы.

Таким образом, удобрения не ухудшают качество листостебельной массы кукурузы, а в отношении протеина заметно улучшают его. По всем изучаемым показателям наблюдается тенденция к их повышению по мере увеличения уровня удобренности (Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2016; Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., 2021).

6.5. Химический состав и качество суданской травы

Суданская трава выгодно отличается от других кормовых трав тем, что при больших урожаях она дает сено высокого качества. По содержанию наиболее ценной части корма – белка сено суданской травы стоит на первом месте среди всех злаковых однолетних трав и уступает в этом отношении только бобовым. По содержанию безазотистых экстрактивных веществ и жира она почти не отличается от однолетних кормовых трав, включая и бобовые (Соловьев Б.Ф., 1975).

Для получения наибольшего количества сена высокого качества растения убирают в период от полного выколашивания до полного цветения. В это время содержание сырого белка составляет 7-9%, а сырой клетчатки - около 33%. Питательная ценность сена из суданской травы ниже, чем сена из люцерны и других бобовых (Андреев Н.Г., 1984).

Применение удобрений под суданскую траву оказало положительное влияние на ее химический состав и качество (табл. 68 и прил. 182, 183).

Таблица 68 - Химический состав и качество сена суданской травы
в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Сахара	Зола	Клетчатка
Контроль	1,55	0,26	1,38	9,7	1,12	13,6	6,75	24,0
N ₁ P ₁ K ₁	1,59	0,26	1,44	9,9	1,16	13,8	6,84	24,7
N ₂ P ₁ K ₁	1,63	0,26	1,44	10,2	1,19	14,0	6,84	22,8
N ₁ P ₂ K ₁	1,61	0,27	1,47	10,0	1,18	14,9	6,98	22,9
N ₂ P ₂ K ₁	1,63	0,27	1,52	10,2	1,18	14,4	6,97	24,2
N ₂ P ₂ K ₂	1,65	0,27	1,56	10,3	1,16	13,7	7,22	22,5
N ₃ P ₂ K ₁	1,75	0,27	1,54	10,9	1,19	13,4	7,02	24,5
N ₃ P ₂ K ₂	1,75	0,27	1,57	10,9	1,18	13,4	7,22	25,7
N ₂ P ₃ K ₁	1,66	0,29	1,56	10,4	1,15	13,8	7,08	23,8
N ₂ P ₃ K ₂	1,67	0,29	1,58	10,4	1,15	13,9	7,29	24,8
N ₃ P ₃ K ₁	1,78	0,29	1,57	11,1	1,20	13,7	7,08	26,1
N ₃ P ₃ K ₃	1,80	0,29	1,60	11,2	1,18	13,7	7,70	24,0
Навоз+NPK	1,70	0,28	1,58	10,6	1,17	13,5	7,22	24,5
Расчетный	1,81	0,29	1,63	11,3	1,19	14,5	8,17	23,5

Примечание: в среднем за 1997 и 2004 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₀P₃₀K₃₀, а в расчетном – N₁₄₅P₆₀K₉₈.

Содержание азота в сухой массе суданской травы на всех удобренных вариантах превышало контроль. Оно повышалось по мере увеличения доз удобрений от 1,59 до 1,81% при 1,55% на контроле. В расчетном варианте этот показатель был самым высоким, чуть ниже - в варианте с тройной дозой удобрений. По содержанию фосфора можно говорить лишь о тенденции его повышения по мере увеличения уровня удобренности. Его содержание с небольшой амплитудой варьировало в пределах 0,26-0,29%. Наибольшее его значение обнаружено в вариантах с тройной дозой фосфора и в расчетном. Содержание калия повы-

шалось существеннее, по мере увеличения доз удобрений на 0,06-0,25% с максимумом на расчетном варианте и $N_3P_3K_3$ (1,63 и 1,60%).

Удобрения положительно повлияли и на биохимический состав суданской травы. Так, содержание протеина на контроле составляло 9,7%, а существенное его увеличение произошло только с повышением доз азота до тройного уровня – на 1,2-1,6%. Наибольшее значение отмечено в расчетном варианте – 11,3%.

С повышением уровня питания содержание жира в сене увеличивалось (тенденция). Удобрённые варианты слабо отличались от контроля (на 0,03-0,08%). Наибольшее содержание жира наблюдалось в вариантах: $N_3P_3K_1$ и расчетном – 1,20 и 1,19% против 1,12% на контроле.

Содержание сахаров и клетчатки по всем удобрённым вариантам было практически одинаковым - оно находилось в интервале 13,4-14,9% и 22,5-26,1% при 13,6 и 24,0% на контроле. Наибольшее содержание сахаров зафиксировано в вариантах $N_1P_2K_1$ и расчетном, а клетчатки – 26,1% – в варианте $N_3P_3K_1$. Снижение 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.

Удобрения увеличивали содержание золы на 0,10-1,42% по всем вариантам, а преимущество имел расчетный вариант.

Таким образом, при систематическом применении удобрений на черноземах выщелоченных улучшался химический состав суданской травы, по содержанию протеина, жира, сахаров и золы наблюдалась слабая тенденция к увеличению.

Обобщая результаты исследований по влиянию удобрений на качество культур полевого севооборота, можно заключить, что на удобрённых вариантах содержание N, P и K в продукции всех культур было выше, чем на кон-

троле. Однако это повышение проявлялось в разной степени по элементам: в большей степени возрастало содержание азота, в меньшей – фосфора и калия. В целом можно отметить следующую закономерность: преобладание каждого элемента в составе NPK приводило к увеличению его концентрации в растительной продукции, в частности, повышенные дозы N в составе NPK увеличили содержание азота, а, следовательно, и протеина в урожае всех культур. Соответственно повышалось содержание фосфора и калия, но в меньшей степени.

Длительное применение удобрений улучшало не только химический состав полученной продукции, но и ее биохимический состав. При этом по всем культурам наиболее существенно повышалось содержание протеина. Содержание жира под действием удобрений имело тенденцию к повышению в зеленой массе трав и силосной кукурузы, а в зерне озимой пшеницы и кукурузы наблюдалась в целом противоположная тенденция – к уменьшению. Клетчатки больше накапливалось в зеленой массе трав и кукурузы на силос. Однозначной закономерности при этом не отмечено: одни удобренные варианты уступали контролю, другие превосходили. Наибольший уровень накопления золы наблюдается в зеленой массе кукурузы и травах. Количество золы по вариантам изменялось незначительно, при этом у трав можно отметить тенденцию повышения зольности по мере увеличения уровня минерального питания по сравнению с неудобренным контролем. Концентрация безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) в зеленой массе кормовых культур имела четко выраженную закономерность уменьшения под влиянием удобрений; особенно отчетливо это видно по расчетному варианту. Полученные данные подтверждают известную в науке обратную зависимость между накоплением в растениях протеина и углеводов, то есть БЭВ (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К. и др., 2016).

7. БАЛАНС ГУМУСА И ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В СЕВООБОРОТЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

Академик Д.Н. Прянишников утверждал, что с каждым урожаем растения выносят из почвы питательные вещества и если эти потери не восполняются, то происходит истощение почвы и снижение урожайности. Он отмечал, что если истощение почв в результате нарушения обмена веществ между человеком и землей нарушает «естественное условие постоянного плодородия почвы», то широкое применение удобрений, базирующееся на химической промышленности, является одним из мощных факторов не только поддержания на постоянном уровне (как это считал Ю. Либих), но и дальнейшего повышения плодородия почвы, как это можно видеть на историческом примере роста урожаев в западноевропейских странах с повышением уровня химизации.

Любой агроприем, направленный на увеличение выхода продукции с единицы площади, несомненно, ведет к потерям питательных веществ из почвы, в определенной степени обедняя ее. Поэтому любая рекомендуемая система удобрения должна проверяться на основании расчета баланса гумуса и питательных веществ в почве, позволяющего оценить рациональность данной системы, а также предупредить ухудшение плодородия почвы и своевременно разрешать возникающие в связи с этим проблемы.

По мнению В.Г. Минеева и др. (1993), оценку баланса в севооборотах необходимо проводить с учетом их специализации, степени интенсивности ведения сельского хозяйства, климатических особенностей зоны, типа почвы и других условий. Все это оказывает существенное влияние на баланс каждого питательного элемента и оптимальное их соотношение и определяет научную обоснованность системы удобрения в севооборотах.

По утверждению С.Х. Дзанагова (1999), для оценки той или иной системы удобрения важно установить ее влияние на плодородие почвы, причем

не абстрактно, а конкретно в отношении накопления или снижения содержания в ней гумуса и основных питательных веществ, то есть необходимо произвести соответствующие балансовые расчеты, с помощью которых можно прогнозировать направленность изменений плодородия почвы и совершенствовать системы удобрения.

7.1. Вынос питательных веществ с урожаем культур

Вынос питательных веществ с урожаем является основной статьей расхода при расчете баланса питательных веществ в почве. Кроме того, вынос характеризует потребность растений в этих веществах и используется для расчета доз удобрений под эти культуры.

В наших исследованиях удобрения оказывали существенное влияние на величину выноса питательных веществ с урожаем культур севооборота.

Так, на неудобренном контроле люцерна для создания 13,3 т/га урожая зеленой массы использовала 90 кг азота, 23 фосфора и 77 кг калия (табл. 69, прил. 184, 185). По мере повышения уровня питания эти показатели увеличивались почти в 3 раза.

Клевер луговой с урожаем 11,4 т/га зеленой массы без применения удобрений выносил из почвы азота, фосфора и калия 47; 13 и 36 кг/га (табл. 70, прил. 186, 187). Это значительно меньше, чем выносит люцерна, поскольку общий хозяйственный вынос с единицы площади в основном зависит от урожайности культуры. С увеличением доз удобрений повышался урожай, и соответственно вынос элементов питания клевером возрастал в 2,8-3 раза.

Наряду с урожайностью влияние на вынос NPK (на уровне тенденции) проявляли удобрения, о чем свидетельствуют данные о выносе питательных веществ с единицей урожая. В.Н. Ефимов, И.Н. Донских, Г.И. Синицын (1984), К.Л. Загорча (1990), С.Х. Дзанагов (1999) и другие авторы также указывают на то, что вынос питательных веществ на единицу основной продукции в большинстве случаев увеличивается при внесении удобрений.

Таблица 69 - Вынос азота, фосфора и калия с урожаем зеленой массы люцерны в зависимости от удобрений (ср. за 1994 и 2011 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т з.м.			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	13,3	90	23	77	6,8	1,8	5,8	3,8 : 1 : 3,3
N ₁ P ₁ K ₁	20,4	141	37	124	6,9	1,8	6,1	3,8 : 1 : 3,3
N ₂ P ₁ K ₁	22,3	157	41	136	7,0	1,8	6,1	3,8 : 1 : 3,3
N ₁ P ₂ K ₁	22,6	157	42	139	7,0	1,9	6,2	3,7 : 1 : 3,3
N ₂ P ₂ K ₁	23,5	167	45	143	7,1	1,9	6,1	3,8 : 1 : 3,2
N ₂ P ₂ K ₂	24,9	179	48	155	7,2	1,9	6,2	3,8 : 1 : 3,3
N ₃ P ₂ K ₁	28,5	210	55	175	7,4	1,9	6,1	3,8 : 1 : 3,2
N ₃ P ₂ K ₂	28,7	213	55	180	7,5	1,9	6,3	3,9 : 1 : 3,3
N ₂ P ₃ K ₁	30,2	219	59	188	7,2	2,0	6,2	3,7 : 1 : 3,2
N ₂ P ₃ K ₂	30,3	220	59	192	7,3	1,9	6,4	3,7 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₁	31,3	234	61	197	7,5	2,0	6,3	3,8 : 1 : 3,2
N ₃ P ₃ K ₃	33,3	250	66	215	7,5	2,0	6,5	3,8 : 1 : 3,3
Навоз+NPK	25,8	188	49	161	7,3	1,9	6,2	3,8 : 1 : 3,3
Расчетный	33,9	258	68	220	7,6	2,0	6,5	3,8 : 1 : 3,2

Примечание: в среднем за 1994 и 2001 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₂₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₆₅P₁₂₅K₁₀₀.

В наших исследованиях вынос азота, фосфора и калия с 1 тонной зеленой массы люцерны коррелировал с увеличением дозы удобрений. При средних дозах этот показатель находился в пределах: по азоту - 6,8-7,2 кг/т, по калию – 6,1-6,2 кг/т, а при повышенных соответственно 7,3-7,6 и 6,3-6,5 кг/т. По выносу фосфора амплитуда различий между вариантами была меньшей – 1,8-2,0 кг/т по всем вариантам.

В урожае клевера лугового концентрация основных питательных элементов тоже повышалась под влиянием удобрений, но с более существенными отклонениями по вариантам: азота – 4,3-5,3; фосфора – 1,1-1,7; калия – 3,3-3,6 кг/т зеленой массы.

Таблица 70 - Вынос азота, фосфора и калия с урожаем зеленой массы клевера лугового в зависимости от удобрений (ср. за 2006 и 2012 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т з.м.			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	11,4	47	13	36	4,1	1,1	3,1	3,7 : 1 : 2,8
N ₁ P ₁ K ₁	18,6	80	21	62	4,3	1,1	3,3	3,8 : 1 : 2,9
N ₂ P ₁ K ₁	20,9	96	24	69	4,6	1,2	3,3	4,0 : 1 : 2,9
N ₁ P ₂ K ₁	20,0	87	25	67	4,4	1,3	3,4	3,4 : 1 : 2,7
N ₂ P ₂ K ₁	21,7	105	30	74	4,8	1,4	3,4	3,5 : 1 : 2,4
N ₂ P ₂ K ₂	22,3	109	32	78	4,9	1,5	3,5	3,4 : 1 : 2,4
N ₃ P ₂ K ₁	24,1	121	34	82	5,0	1,4	3,4	3,6 : 1 : 2,4
N ₃ P ₂ K ₂	23,9	121	34	84	5,1	1,4	3,5	3,5 : 1 : 2,5
N ₂ P ₃ K ₁	26,3	127	41	91	4,8	1,5	3,5	3,1 : 1 : 2,2
N ₂ P ₃ K ₂	25,8	123	42	90	4,8	1,6	3,5	2,9 : 1 : 2,1
N ₃ P ₃ K ₁	26,6	134	43	92	5,0	1,6	3,5	3,1 : 1 : 2,2
N ₃ P ₃ K ₃	29,2	152	49	105	5,2	1,7	3,6	3,1 : 1 : 2,1
Навоз+NPK	23,1	115	35	82	5,0	1,5	3,5	3,3 : 1 : 2,3
Расчетный	28,8	153	49	104	5,3	1,7	3,6	3,1 : 1 : 2,1

Примечание: в среднем за 2006 и 2012 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₃₀P₃₀K₃₀, а в расчетном – N₇₆P₁₆₂K₉₉.

При пересчете на сено со стандартной (17%) влажностью можно считать, что с урожаем 1 т сена люцерны выносит 24-27 кг азота, 6-7 кг фосфора и 21-23 кг калия, а клевер луговой соответственно – 15-19; 4-6 и 11-13 кг.

Эти показатели очень близки к данным других авторов. Вынос с 1 т сена люцерны азота, фосфора и калия составляет: по А.Я. Ачканову и др. (1984) - 22,8; 5,6 и 15,9 кг; по Б.П. Мартынову и др. (1988) - 22-34, 8-13 и 20-37 кг; по В.Г. Минееву и др. (1993) – 27, 7 и 15 кг соответственно; по Г.В. Гуляеву и др. (1993) – 26, 7 и 18 кг; по С.Х. Дзанагову (1999) – 24-32; 5,3-6,5; 26-33 кг. Исследования А.В. Ивойлова, А.А. Моисеева, Л.Н. Прокиной и др. (2008) показали, что на формирование 1 т сена клевера лугового на черноземе выщелоченном требуется 23 кг азота, 4,0 кг P₂O₅, 23 кг K₂O.

Соотношение N : P₂O₅ : K₂O по вариантам в урожае люцерны практически не менялось - 3,7-3,8 : 1 : 3,2-3,3; в клевере луговом оно варьировало существенно - 2,9-4,0 : 1 : 2,1-2,9, при этом четкой взаимосвязи с удобрениями не обнаружено.

Озимая пшеница на варианте без удобрений для формирования урожая 2,80 т/га основной и 4,75 т/га побочной продукции потребляла за вегетацию 78 кг азота, 30 фосфора и 51 кг калия с 1 гектара (табл. 71 и прил. 188-191). При внесении разных доз и комбинаций удобрений вынос NPK с урожаем 3,99-5,71 т/га зерна и 5,86-9,80 т/га соломы озимой пшеницы показатели выноса этой культурой азота, фосфора и калия увеличивались в 2,5-3,0 раза и достигали значений 112-204; 43-79 и 69-154 кг/га соответственно. Они в основном зависели от урожайности, однако, рассматривая вынос питательных веществ с единицей урожая (на 1 т зерна), можно убедиться в действенном влиянии на него вносимых удобрений.

Вынос с 1 т зерна озимой пшеницы азота, фосфора и калия составлял 28, 11 и 18 кг на неудобренном контроле и 28-37, 11-15 и 17-28 кг на удобренных вариантах. Эти показатели повышались по мере увеличения доз удобрений. Менее существенно увеличивался вынос фосфора. Наибольший вынос всех трех элементов отмечен в расчетном варианте. По разным системам удобрения различий не было.

Соотношение N : P₂O₅ : K₂O варьировало в довольно узких интервалах - 2,4-2,6 : 1 : 1,6-1,9 без четкой зависимости от доз удобрений.

Аналогичные закономерности с некоторой разницей в значениях показателей наблюдались и на озимой пшенице в 5-м поле севооборота (прил. 192-195).

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.

Таблица 71 - Вынос азота, фосфора и калия с урожаем озимой пшеницы (2-е поле)
в зависимости от удобрений (среднее за 4 ротации)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение						
	уро- жай, т/га	вынос, кг/га			уро- жай, т/га	вынос, кг/га			вынос, кг/га			вынос, кг/т зерна			соотношение 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	2,80	56	20	12	4,75	22	10	40	78	30	51	28	11	18	2,6 : 1 : 1,7
N ₁ P ₁ K ₁	3,99	84	29	17	5,86	29	14	52	112	43	69	28	11	17	2,6 : 1 : 1,6
N ₂ P ₁ K ₁	4,54	97	34	19	8,04	50	22	84	147	56	103	32	12	23	2,6 : 1 : 1,8
N ₁ P ₂ K ₁	4,52	95	35	20	7,98	46	21	83	141	56	102	31	12	23	2,5 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₁	5,26	115	40	23	9,13	62	28	100	177	68	123	34	13	23	2,6 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,71	125	45	26	9,34	64	30	106	188	74	131	33	13	23	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	4,86	109	38	21	8,58	56	27	91	165	65	113	34	13	23	2,6 : 1 : 1,7
N ₃ P ₂ K ₂	5,24	117	40	23	9,35	64	29	108	181	70	131	35	13	25	2,6 : 1 : 1,9
N ₂ P ₃ K ₁	5,08	112	40	22	8,89	53	27	99	165	68	122	33	13	24	2,4 : 1 : 1,8
N ₂ P ₃ K ₂	5,13	112	41	23	8,44	51	25	93	163	66	116	32	13	23	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₁	5,21	118	41	23	8,97	60	29	102	178	70	125	34	13	24	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₃	5,51	126	44	26	9,80	78	35	128	204	79	154	37	14	28	2,6 : 1 : 1,9
Навоз+NPK	5,81	129	44	26	9,39	64	31	110	193	75	136	33	13	24	2,6 : 1 : 1,8
Расчетный	5,42	124	43	25	9,74	78	35	126	202	78	151	37	14	28	2,6 : 1 : 1,9

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁.

На черноземе типичном ЦЧЗ вынос питательных веществ в пересчете на 1 ц основной продукции с учетом побочной составил в среднем азота 3,1, фосфора – 0,5 и калия – 1,6 кг (Морозова Т.С., Лицуков С.Д., 2018). В опытах С.В. Обущенко, А.И. Чернякова, О.В. Горшковой (2013) установлено, что для формирования 1 ц зерна озимой пшеницы требуется 2,59-2,90 кг азота, 0,92-1,01 кг фосфора и 1,66-1,93 кг калия. С внесением минеральных удобрений вынос элементов на единицу урожая возрастает в среднем по азоту на 11,9-23,8%; по фосфору – на 6,6-9,7%; по калию – на 16,2-30,7%. По данным других исследователей 1 т зерна озимой пшеницы выносит азота, фосфора и калия соответственно: Г.Г. Джанаева (1970) - 30, 10 и 20 кг; И.Н. Донских (1989) – 30, 13 и 25 кг; А.Я. Ачканова, Ю.В. Хомутова, Э.К. Эйсера (1984) - 33,3; 10,4 и 21,7 кг; Б.П. Мартынова и др. (1988) – 30-40, 9-13 и 16-25 кг; Г.В. Гуляеву и др. (1990) - 33, 12 и 26 кг; В.Г. Минеева, Б. Дебрецени, Т. Мазур (1993) - 27-37, 11-13 и 18-23 кг; С.Х. Дзанагова (1999) - 32-44; 13-17 и 19-27 кг.

Очевидно, что наши данные не резко, но все же отличаются от данных других авторов, поэтому величины выноса питательных веществ на практике следует использовать в зависимости от природных условий и уровня удобренности.

Кукуруза, образуя большое количество органической массы, расходует на ее формирование много минеральных питательных веществ. Она потребляет больше питательных веществ, чем озимая пшеница и другие зерновые культуры (Бельтюков Л.П., Кувшинова Е.К., Тюрин И.М., Козлов В.А., 2015). По многолетним данным, в условиях южной зоны Ростовской области она расходует на 1 тонну зерна и соответствующее количество побочной продукции азота – 27, фосфора – 10 и калия 24 кг, а при возделывании на силос соответственно 6,3, 1,9 и 2,9 кг (Бельтюков Л.П., Гриценко А.А., 1993).

В наших наблюдениях внесение удобрений под кукурузу на зерно также увеличивало вынос с 1 гектара азота, фосфора и калия в 1,6-2,4 раза. Наибольшим выносом характеризовались варианты с расчетной и тройной дозами NPK (табл. 72 и прил. 196-199).

Таблица 72 - Вынос азота, фосфора и калия с урожаем кукурузы на зерно в зависимости от удобрений
(среднее за 4 ротации)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение						
	уро- жай, т/га	вынос, кг/га			уро- жай, т/га	вынос, кг/га			вынос, кг/га			вынос, кг/т зерна			соотношение 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	3,77	48	23	15	5,7	34	13	60	82	36	75	22	10	20	2,3 : 1 : 2,1
N ₁ P ₁ K ₁	4,87	69	32	21	7,1	47	18	81	116	50	102	24	10	21	2,3 : 1 : 2,0
N ₂ P ₁ K ₁	5,39	78	36	23	8,4	62	22	101	140	58	124	26	11	23	2,4 : 1 : 2,1
N ₁ P ₂ K ₁	5,34	75	36	23	8,2	56	22	97	131	58	120	25	11	23	2,2 : 1 : 2,1
N ₂ P ₂ K ₁	5,98	93	43	27	9,4	67	25	128	160	68	155	27	11	26	2,4 : 1 : 2,3
N ₂ P ₂ K ₂	6,23	99	43	29	9,7	65	27	119	164	70	149	26	11	24	2,4 : 1 : 2,1
N ₃ P ₂ K ₁	6,58	95	47	30	10,8	84	26	123	178	72	153	27	11	23	2,5 : 1 : 2,1
N ₃ P ₂ K ₂	6,72	103	51	31	10,5	81	25	127	184	76	158	27	11	24	2,4 : 1 : 2,1
N ₂ P ₃ K ₁	6,69	94	48	29	9,4	71	24	112	166	73	141	25	11	21	2,3 : 1 : 1,9
N ₂ P ₃ K ₂	6,86	101	45	31	9,8	71	28	129	172	73	160	25	11	23	2,4 : 1 : 2,2
N ₃ P ₃ K ₁	6,87	104	44	31	10,4	81	32	135	185	76	166	27	11	24	2,4 : 1 : 2,2
N ₃ P ₃ K ₃	7,55	114	51	35	11,0	79	33	143	192	84	178	25	11	24	2,3 : 1 : 2,1
Навоз+NPK	6,48	98	43	29	10,4	71	28	126	169	71	154	26	11	24	2,4 : 1 : 2,2
Расчетный	8,34	130	60	39	9,0	66	27	123	196	86	162	24	10	19	2,3 : 1 : 1,9

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

По данным К.Х. Бясова и др. (1989), кукуруза с урожаем 80-150 ц/га зерна выносит азота, фосфора и калия соответственно 200-300, 90-100 и 250-300 кг/га, а по данным В.Г. Минеева, Б. Дебрецени, Т.Мазур (1993) - 150-180, 50-60 и 150-200 кг/га (с урожаем зерна 60-70 ц/га).

На вынос питательных элементов на единицу урожая кукурузы удобрения влияли менее существенно, чем озимой пшеницы. На неудобренном контроле на создание 1 т урожая зерна и соответствующего количества побочной продукции кукуруза потребляла азота, фосфора и калия: 22, 10 и 20 кг на контроле и 24-28, 10-11 и 21-26 - на удобренных вариантах. Вынос азота увеличивался за счет удобрений на 10-23%, фосфора – 9-17%, калия – 5,21%. Наибольшим выносом азота с 1 т зерна выделялась кукуруза варианта $N_3P_2K_1$ – 28 кг, а фосфора и калия - $N_2P_2K_1$ - соответственно 11 и 26 кг.

В расчетном варианте вынос калия (кг/1 т зерна) был ниже, чем на других вариантах. Это можно объяснить тем, что при сбалансированных дозах удобрений отношение урожая зерна к урожаю соломы бывает значительно выше, а калий сосредоточен больше в соломе, чем в зерне (в 3,5-4,5 раза).

Органо-минеральная и минеральная системы по данному показателю не различались.

В опытах А.В. Сидорова, А.А. Моисеева, А. В. Ивойлова (2020) на естественном агрофоне вынос азота урожаем зерна в среднем в опыте составил 32,7, фосфора – 3,9 и калия – 9,9 кг/га. Внесение минеральных удобрений увеличивало отчуждение этих элементов на 34,5–48,4, 3,3–4,2 и 7,2–10,9 кг/га соответственно.

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 черноземах расходует 21,5–43,4 кг азота; 6,1– 15,6 – фосфора и 17,0–25,5 кг калия.

На серой лесной почве Владимирского Ополья 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).

По данным других авторов 1 т зерна кукурузы выносит азота, фосфора и калия соответственно 30-40, 8-10 и 16-29 кг (Джанаев Г.Г., 1970); 34, 12 и 37 кг (Донских И.Н., 1989); 28,1; 9,1 и 23,5 кг (Ачканов А.Я., Хомутов Ю.В., Эйсерт Э.К., 1984); 22-34, 8-13 и 20-37 кг (Мартынов Б.П. и др., 1988); 20-25, 7-11 и 20-31 кг (Бясов К.Х. и др., 1989); 25-30, 13-14 и 30 кг (Diercks R., Heitefuss R., 1995); 20-43, 6-14 и 8-27 кг (Debreczeni B., 1985); 27-30, 8,3-9,6 и 19-25 кг (Дзанагов С.Х., 1999).

Опять-таки, результаты наших исследований несколько расходятся с некоторыми авторами, что еще раз подтверждает необходимость дифференцированного подхода при использовании величины выноса питательных веществ в практических целях.

Кукуруза на силос потребляла питательные вещества аналогично кукурузе на зерно, однако убирала ее в фазу молочно-восковой спелости. На этой стадии вынос этой культурой азота, фосфора и калия на неудобренном контроле составлял соответственно: 74, 26 и 74 кг/га (табл. 73 и прил. 200, 201).

Внесение возрастающих доз NPK увеличило эти показатели в 1,6-3,1 раза по азоту, 1,7-2,7 - фосфору, 1,9-2,6 - калию. Наибольший вынос всех трех элементов отмечен на вариантах с расчетной и тройной дозами удобрений, характеризующихся наибольшей урожайностью.

Вместе с тем, на увеличение выноса питательных веществ с единицы площади посева значительно влияли и удобрения, за счет которых увеличился вынос азота на 27-48%, фосфора - 16-32% и калия - 17-40%. Различия между вариантами были менее существенными, четкая зависимость от доз удобрений не прослеживалась.

Вынос с 1 т зеленой массы кукурузы на неудобренном контроле составлял: азота – 3,6; фосфора – 1,3; калия – 3,6 кг. На всех удобренных вариантах эти показатели были выше и варьировали в пределах: по азоту - 3,5-5,3 кг, фосфору - 1,5-1,6 кг и калию - 4,2-5,4 кг.

Таблица 73 - Вынос азота, фосфора и калия с урожаем кукурузы
на силос в зависимости от удобрений
(среднее за 2009 и 2015 гг.)

Вариант	Урожай- ность, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т з.м.			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	20,6	73	26	74	3,6	1,3	3,6	2,8 : 1 : 2,9
N ₁ P ₁ K ₁	26,3	119	39	123	4,5	1,5	4,7	3,1 : 1 : 3,2
N ₂ P ₁ K ₁	29,1	134	44	141	4,6	1,5	4,9	3,0 : 1 : 3,2
N ₁ P ₂ K ₁	28,4	137	46	140	4,8	1,6	5,0	3,0 : 1 : 3,0
N ₂ P ₂ K ₁	32,3	162	53	161	5,0	1,6	5,0	3,0 : 1 : 3,0
N ₂ P ₂ K ₂	33,8	175	57	181	5,2	1,7	5,4	3,1 : 1 : 3,2
N ₃ P ₂ K ₁	37,1	196	60	179	5,3	1,6	4,8	3,3 : 1 : 3,0
N ₃ P ₂ K ₂	38,3	201	61	193	5,2	1,6	5,1	3,3 : 1 : 3,1
N ₂ P ₃ K ₁	36,3	164	59	175	4,5	1,6	4,8	2,8 : 1 : 3,0
N ₂ P ₃ K ₂	37,6	168	60	187	4,5	1,6	5,0	2,8 : 1 : 3,1
N ₃ P ₃ K ₁	36,9	180	56	176	4,9	1,5	4,8	3,2 : 1 : 3,1
N ₃ P ₃ K ₃	42,2	218	69	190	5,2	1,6	4,5	3,2 : 1 : 2,8
Навоз+NPK	34,2	174	56	166	5,1	1,6	4,8	3,1 : 1 : 3,0
Расчетный	46,2	229	71	195	5,0	1,5	4,2	3,2 : 1 : 2,8

Примечание: в среднем за 2009 и 2015 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₄₅P₉₅K₁₁₅.

На некоторых вариантах с повышенными дозами удобрений вынос питательных веществ на единицу продукции был ниже. Это вполне естественно, так как на этих вариантах растения формировали более мощную биомассу и, поскольку речь идет о сочной продукции, концентрация питательных элементов на этих вариантах несколько уступала.

В опытах Д.И. Еремина, Е.А. Демина (2017), Е.А. Демина, Л.Н. Барбанщиковой (2020) вынос азота, фосфора и калия для образования одной тонны зеленой массы кукурузы на контроле составил 3,8; 1,0 и 7,1 кг/т. Вне-

сение минеральных удобрений в дозах свыше $N_{110}P_{93}K_{93}$ приводило к увеличению выноса фосфора на 0,4 кг/т зеленой массы кукурузы и не оказывало влияния на вынос азота и снижало вынос калия.

В опытах С.С. Мосур (2021) варианты с применением органических удобрений отличались самым высоким общим выносом азота, фосфора и калия от всех остальных.

Суданская трава из почвы выносит большое количество питательных веществ: N - 100-130, P_2O_5 - 50-55, K_2O - 60-70 кг/га (Андреев Н.Г., 1984). На образование 1 т сухого вещества она потребляет из почвы 25-30 кг азота, 6-7 кг фосфора и 15-17 кг калия (Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Корнев Г.В., 1997).

В наших наблюдениях вынос азота, фосфора и калия суданской травой в сумме за 3 укоса на фоне естественного плодородия составил 86, 14 и 76 кг/га. Внесение удобрений увеличивало эти показатели в 1,3-2,6 раза. Наибольшим общим выносом характеризовались варианты с расчетной и тройной дозами NPK, где зафиксирован наибольший урожай (табл. 74, прил. 202, 203).

Удобрения повышали вынос NPK с единицей урожая, но менее существенно, чем по кукурузе на силос. При выносе 1 тонной зеленой массы на контроле азота, фосфора и калия 3,57; 0,59 и 3,17 кг, на удобренных вариантах эти показатели увеличились соответственно на 2-16, 2-14 и 5-19% и достигали 3,66-4,16; 0,60-0,67 и 3,32-3,75 кг/т. Наибольших величин этот показатель достиг в расчетном варианте.

При пересчете на сено со стандартной (17%) влажностью можно считать, что с урожаем 1 т сена суданская трава выносит 13-15 кг азота, 2,1-2,4 кг фосфора и 11-13 кг калия.

Соотношение N : P_2O_5 : K_2O по вариантам в урожае варьировало существенно по азоту и почти не изменялось по калию - 5,8-6,5 : 1 : 5,4-5,6; при этом четкой взаимосвязи с удобрениями не обнаружено.

Таблица 74 - Вынос азота, фосфора и калия с урожаем зеленой массы суданской травы в зависимости от удобрений (среднее за 1998 и 2004 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т з.м.			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	24,1	86	14	76	3,57	0,59	3,17	6,1 : 1 : 5,4
N ₁ P ₁ K ₁	31,8	116	19	105	3,66	0,60	3,32	6,1 : 1 : 5,6
N ₂ P ₁ K ₁	34,5	129	21	114	3,75	0,60	3,32	6,3 : 1 : 5,6
N ₁ P ₂ K ₁	35,4	131	22	120	3,71	0,61	3,38	6,1 : 1 : 5,5
N ₂ P ₂ K ₁	37,6	141	23	132	3,75	0,62	3,50	6,0 : 1 : 5,6
N ₂ P ₂ K ₂	38,7	147	24	139	3,81	0,62	3,58	6,1 : 1 : 5,8
N ₃ P ₂ K ₁	41,6	167	26	147	4,02	0,62	3,55	6,5 : 1 : 5,7
N ₃ P ₂ K ₂	42,2	169	26	152	4,02	0,62	3,62	6,5 : 1 : 5,8
N ₂ P ₃ K ₁	42,1	161	28	151	3,83	0,66	3,58	5,8 : 1 : 5,5
N ₂ P ₃ K ₂	42,9	165	28	156	3,84	0,66	3,64	5,9 : 1 : 5,6
N ₃ P ₃ K ₁	45,4	186	30	164	4,10	0,67	3,61	6,1 : 1 : 5,4
N ₃ P ₃ K ₃	49,4	204	33	182	4,14	0,67	3,69	6,2 : 1 : 5,5
Навоз+NPK	47,2	186	30	172	3,94	0,65	3,65	6,1 : 1 : 5,7
Расчетный	53,1	221	35	199	4,16	0,67	3,75	6,2 : 1 : 5,6

Примечание: в среднем за 1997 и 2004 гг. в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₀P₃₀K₃₀, а в расчетном – N₁₄₅P₆₀K₉₈.

Таким образом, на черноземах выщелоченных удобрения оказывали определенное влияние на вынос питательных элементов растениями. Все изучаемые культуры выносят с урожаем меньше фосфора. Вынос азота преобладает над выносом калия, причем наиболее существенно - у озимой пшеницы, менее - у кукурузы на зерно и трав, равноценно - у кукурузы на силос. С повышением доз удобрений последовательно повышается общий вынос питательных элементов с урожаем и в большинстве случаев на единицу продукции.

Говоря о распределении выносимых питательных веществ у зерновых культур в основной и побочной продукции, можно сделать вывод о том, что

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 имело вид: по азоту - 2,9-4,2 : 1, по фосфору – 2,2-3,3 : 1, по калию – 0,4-0,5 : 1; в растениях кукурузы на зерно соответственно: 1,3-2,0 : 1; 1,5-2,2 : 1 и 0,2-0,3 : 1.

Вынос основных элементов питания на единицу урожая отдельных культур может значительно различаться в зависимости от условий выращивания. Поэтому для более точных расчетов лучше пользоваться данными о выносе, экспериментально полученными в типичных почвенных условиях.

Полученные в результате 20-летних исследований данные о выносе основных питательных веществ с урожаем полевых культур мы рекомендуем в качестве оптимальных для расчета доз удобрений на запланированный урожай балансовым методом на черноземах выщелоченных Центральной части Северного Кавказа (табл. 75).

Таблица 75 - Вынос основных питательных веществ сельскохозяйственными культурами на черноземе выщелоченном, кг/т основной продукции с учетом побочной (для практического пользования)

Культура	Вынос с 1 т основной продукции, кг		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница	33,3	13,0	23,5
Кукуруза - зерно	23,5	10,4	19,4
Кукуруза - силос	4,95	1,53	4,22
Люцерна - сено	27,5	7,3	23,5
Люцерна - зеленая масса	7,63	2,02	6,51
Клевер - сено	19,2	6,2	13,0
Клевер - зеленая масса	5,31	1,72	3,62
Суданская трава - сено	15,0	2,4	13,5
Суданская трава - зеленая масса	4,16	0,67	3,75

7.2. Баланс основных питательных элементов и коэффициенты их использования из почвы и удобрений

По определению академика В.Г. Минеева (1993), баланс питательных веществ служит своеобразным агрохимическим контролем степени интенсивности и научной обоснованности современных систем земледелия.

О большом значении изучения баланса питательных веществ как научной основы для разработки рациональной системы удобрения культур севооборота писали Н.Г. Фридман, И.И. Антипов-Каратаев (1964), К.Л. Загорча и др. (1975), Т.Н. Кулаковская, Л.П. Детковская (1975), Г.М. Белоус, В.С. Чумак (1975), С.Т. Лигум (1977), А.Д. Хлыстовский и др. (1978), Г.Г. Джанаев и др. (1979), А.В. Петербургский, В.И. Никитишен (1981), С.Х. Дзанагов (1985, 1987, 1994, 1999), В.В. Ефремов, И.А. Губанова (1988), В.В. Агеев, В.И. Демкин (1993), А.Г. Ступаков и др. (2021) и многие другие.

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).

Для практических целей достаточно использовать хозяйственный баланс, который основывается на учете выноса питательных веществ основной и побочной продукцией и компенсации их за счет внесения удобрений. Обычно он дает объективную агроэкономическую оценку системы удобрения в конкретной зоне.

Результаты произведенного нами расчета баланса основных питательных элементов в почве под культурами севооборота представлены в табл. 76-78 и приложениях 204-223.

В течение 20 лет исследований в полевом севообороте по всем вариантам наблюдался отрицательный баланс азота. При внесении одинарной дозы НРК дефицит его составлял 57%. Внесение двойной дозы снизило дефицит азота до 43, а тройной - до 26%.

Таблица 76 - Баланс азота в черноземе выщелоченном под культурами полевого севооборота
в результате длительного (20 лет) применения удобрений

Вариант	Поступление, кг/га					Расход, кг/га					Баланс (+/-), кг/га					Интенсивность баланса, %	КИУ, %	К _{бал.} , %
	ротации				сред- нее	ротации				сред- нее	ротации				сред- нее			
	5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я				
Контроль	0	0	0	0	0	68	68	61	64	65	-68	-68	-61	-64	-65	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	42	40	42	42	42	98	98	94	96	97	-56	-58	-52	-54	-55	43	75	233
N ₂ P ₁ K ₁	84	80	84	84	83	113	119	112	121	116	-29	-39	-28	-37	-33	71	61	140
N ₁ P ₂ K ₁	42	40	42	42	42	115	114	113	121	116	-73	-74	-71	-79	-74	36	121	279
N ₂ P ₂ K ₁	84	80	84	84	83	139	135	142	143	140	-55	-55	-58	-59	-57	59	90	168
N ₂ P ₂ K ₂	84	80	84	84	83	144	145	145	151	146	-60	-65	-61	-67	-63	57	97	176
N ₃ P ₂ K ₁	126	120	126	126	125	146	139	148	154	147	-20	-19	-22	-28	-23	85	66	118
N ₃ P ₂ K ₂	126	120	126	126	125	153	151	149	161	154	-27	-31	-23	-35	-29	81	71	123
N ₂ P ₃ K ₁	84	80	84	84	83	146	140	139	140	141	-62	-60	-55	-56	-58	59	91	170
N ₂ P ₃ K ₂	84	80	84	84	83	150	137	144	140	143	-66	-57	-60	-56	-60	58	93	172
N ₃ P ₃ K ₁	126	120	126	126	125	158	158	150	151	154	-32	-38	-24	-25	-30	81	71	124
N ₃ P ₃ K ₃	126	120	126	126	125	175	167	162	171	169	-49	-47	-36	-45	-44	74	83	136
Навоз+NPK	84	80	84	84	83	149	159	147	157	153	-65	-79	-63	-73	-70	54	105	184
Расчетный	122	124	128	120	124	179	170	167	176	173	-57	-46	-38	-56	-49	71	87	140

Таблица 77 - Баланс фосфора в черноземе выщелоченном под культурами полевого севооборота
в результате длительного (20 лет) применения удобрений

Вариант	Поступление, кг/га					Расход, кг/га					Баланс (+/-), кг/га					Интенсивность баланса, %	КИУ, %	К _{бал.} , %
	ротации				сред- нее	ротации				сред- нее	ротации				сред- нее			
	5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я				
Контроль	0	0	0	0	0	30	25	27	26	27	-30	-25	-27	-26	-27	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	36	36	36	38	37	44	35	40	39	39	-8	+1	-4	-1	-3	93	35	108
N ₂ P ₁ K ₁	36	36	36	38	37	49	41	47	48	46	-13	-5	-11	-10	-10	79	54	127
N ₁ P ₂ K ₁	72	72	72	76	73	51	42	50	50	48	+21	+30	+22	+26	+25	151	29	66
N ₂ P ₂ K ₁	72	72	72	76	73	59	50	61	57	57	+13	+22	+11	+19	+16	129	41	78
N ₂ P ₂ K ₂	72	72	72	76	73	62	53	63	63	60	+10	+19	+9	+13	+13	121	46	82
N ₃ P ₂ K ₁	72	72	72	76	73	60	51	63	60	59	+12	+21	+9	+16	+14	125	43	80
N ₃ P ₂ K ₂	72	72	72	76	73	63	56	64	63	61	+9	+16	+8	+13	+12	119	47	84
N ₂ P ₃ K ₁	108	108	108	114	110	65	53	65	62	61	+43	+55	+43	+52	+48	178	32	56
N ₂ P ₃ K ₂	108	108	108	114	110	66	52	65	63	62	+42	+56	+43	+51	+48	178	32	56
N ₃ P ₃ K ₁	108	108	108	114	110	67	59	64	64	64	+41	+49	+44	+50	+46	172	34	58
N ₃ P ₃ K ₃	108	108	108	114	110	75	63	73	71	70	+33	+45	+35	+43	+39	156	40	64
Навоз+NPK	72	72	72	76	73	64	58	64	64	63	+8	+14	+8	+12	+10	117	49	86
Расчетный	93	94	119	96	100	76	65	74	73	72	+17	+29	+45	+23	+29	140	45	72

Таблица 78 - Баланс калия в черноземе выщелоченном под культурами полевого севооборота в результате длительного (20 лет) применения удобрений

Вариант	Поступление, кг/га					Расход, кг/га					Баланс (+/-), кг/га					Интенсивность баланса, %	КИУ, %	К _{бал.} , %
	ротации				сред-нее	ротации				сред-нее	ротации				сред-нее			
	5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я				
Контроль	0	0	0	0	0	77	54	54	60	61	-77	-54	-54	-60	-61	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	34	36	36	38	36	114	81	83	89	92	-80	-45	-47	-51	-56	39	85	255
N ₂ P ₁ K ₁	34	36	36	38	36	129	99	99	117	111	-95	-63	-63	-79	-75	32	137	308
N ₁ P ₂ K ₁	34	36	36	38	36	134	101	104	113	113	-100	-65	-68	-75	-77	32	143	314
N ₂ P ₂ K ₁	34	36	36	38	36	156	119	123	138	134	-122	-83	-87	-100	-98	27	201	372
N ₂ P ₂ K ₂	68	72	72	76	72	159	123	128	145	139	-91	-51	-56	-69	-67	52	108	193
N ₃ P ₂ K ₁	34	36	36	38	36	160	121	123	138	136	-126	-85	-87	-100	-100	27	206	376
N ₃ P ₂ K ₂	68	72	72	76	72	170	132	128	151	145	-102	-60	-56	-75	-73	50	117	202
N ₂ P ₃ K ₁	34	36	36	38	36	170	123	125	137	139	-136	-87	-89	-99	-103	26	215	386
N ₂ P ₃ K ₂	68	72	72	76	72	179	124	134	144	145	-111	-52	-62	-68	-73	50	116	202
N ₃ P ₃ K ₁	34	36	36	38	36	176	140	131	145	148	-142	-104	-95	-107	-112	24	240	411
N ₃ P ₃ K ₃	102	108	108	114	108	198	156	150	162	166	-96	-48	-42	-48	-58	65	97	154
Навоз+NPK	68	72	72	76	72	166	138	133	145	146	-98	-66	-61	-69	-74	49	117	202
Расчетный	102	96	103	94	99	202	155	144	157	165	-100	-59	-41	-63	-66	60	104	167

Значительно снижался дефицит азота на вариантах с утроенной в отдельности дозой азота – до 20-24%. Наибольший дефицит азота наблюдался в варианте $N_1P_2K_1$ - 74%,

Подобная тенденция прослеживается и в работах других авторов (Загорча К.Л. и др., 1975; Кулаковская Т.Н., Детковская Л.П., 1975; Хлыстовский А.Д. и др., 1978; Джанаев Г.Г. и др., 1979; Петербургский А.В., Никитишен В.И., 1981; Дзанагов С.Х., 1987, 1999; Хекилаев А.Б., 1994; и др.).

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).

Применение удобрений в севообороте обеспечило положительный баланс фосфора на всех удобренных вариантах, кроме двух вариантов с одинарной дозой фосфора. Внесение двойной дозы NPK обеспечило превышение поступления фосфора в почву на 21, а тройной - на 56%.

Одностороннее увеличение доз фосфора повышало положительный баланс его в почве на 53-56% по разным фонам.

Аналогичные результаты приводят в своих работах Т.Н. Кулаковская, Л.П. Детковская (1975), С.Т. Лигум (1977), А.Д. Хлыстовский и др. (1978), А.В. Петербургский, В.И. Никитишен (1981), С.Х. Дзанагов (1987, 1999), В.Г. Минеев и др. (1993), А.Г. Ступаков (2021) и др.

В варианте навоз+NPK интенсивность баланса фосфора был несколько ниже, чем в эквивалентном ему варианте $N_2P_2K_2$.

Наилучший баланс фосфора в почве отмечен в вариантах с тройной дозой фосфора в NPK – 172-178%.

В исследованиях Я.П. Цвей, В.В. Ивановой, Е.Т. Петровой, Ю.П. Дубового (2013) на черноземе выщелоченном среднесуглинистом Белоцерков-

ской 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.

Баланс калия в севообороте складывался со значительным дефицитом, интенсивность баланса колебалась в пределах 24-65%. Это обусловлено сравнительно низкими дозами калийных удобрений и наличием в севообороте калиелюбивых культур (люцерна, суданская трава).

По одинарной дозе NPK дефицит калия в почве составлял 71%. При внесении двойной дозы NPK он снизился до 48; тройной - до 35%.

Одностороннее удвоение доз азота, а также фосфора увеличивало дефицит калия до 68%. Удвоение дозы калия на фоне N_2P_2 снизило его дефицит в почве до 48%.

Утроение доз азота и фосфора создавало еще больший дефицит калия. По мнению В.Г. Минеева, Б. Дебрецени, Т. Мазур (1993), применение повышенных доз азота и фосфора приводит к значительному отрицательному балансу калия. Вероятно, недостаток калия в составе удобрения способствует большему использованию его растениями из почвы. Удвоение дозы калия на фоне высоких доз азота и фосфора снижало его дефицит в почве до 65-67%, а утроение - до 55%.

Наибольший дефицит калия наблюдался в вариантах $N_2P_3K_1$ и $N_3P_3K_1$ – по 84-86%, а наименьший - в вариантах $N_3P_3K_3$ и расчетном – 35-40%.

Баланс азота и калия в варианте навоз+NPK находился на том же уровне, что и в эквивалентном ему варианте $N_2P_2K_2$, а фосфора - незначительно ниже.

В нашей республике и регионе в целом состояние баланса питательных элементов в почве складывается неблагоприятно. А.Я. Ачканов, Ю.В. Хомутов, Э.К. Эйсерт (1984) показали, что за период 1976-1980 гг. во всех административных подразделениях Северного Кавказа наблюдался значительный дефицит азота (в среднем 30 кг/га), фосфора (10 кг/га) и особенно калия (67 кг/га), интенсивность баланса составила соответственно 69,3; 68,2 и 27,0% по региону и 65,5; 66,2 и 33,0% по Северной Осетии.

Баланс питательных веществ лежит в основе расчетных методов определения доз удобрений на планируемую урожайность. При этом очень важно знать коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, которые позволяют судить о степени использования на конкретной почве растениями питательных элементов из внесенных удобрений, а также дополнительно мобилизуемых из почвы за счет вносимых удобрений.

Рассчитанные нами коэффициенты использования удобрений сильно варьировали в зависимости от уровня удобренности. Они колебались в пределах: по азоту - 61-121%, фосфору 29-54%, калию – 85-215%.

Следует отметить, что коэффициент использования из удобрений одного из элементов значительно возрастал с повышением доз других двух элементов в составе удобрения, а одностороннее увеличение его дозы, наоборот, снижало КИУ этого элемента. КИУ азота был наибольшим в варианте $N_1P_2K_1$ - 121%, а наименьшим - в варианте $N_2P_1K_1$ - 61%; КИУ фосфора был наибольшим в вариантах навоз+НРК – 49 и $N_3P_2K_2$ - 47%, а наименьшим - в варианте $N_1P_2K_1$ - 29%. Наибольшее значение КИУ калия отмечено в варианте $N_3P_3K_1$ - 240%, а наименьшее - в $N_1P_1K_1$ - 85%.

Для практических целей немаловажное значение имеют также балансовые коэффициенты, которые учитывают усвоение питательных элементов не только из удобрения, но и из почвы, тем самым позволяют оценить продуктивность доз удобрений в севообороте и их воздействие на плодородие почвы. Рассчитываются они путем деления выноса на количество внесенного удобрения и выражаются в процентах (Лигум С.Т., 1977).

С.Х. Дзанагов (1999) подчеркивает, что балансовые коэффициенты имеют преимущество перед разностными, так как учитывают вынос питательных веществ не только удобрений, но и самой почвы, а также являются по существу количественным показателем баланса питательных элементов: если $K_b=100\%$ - баланс нулевой, больше 100% - отрицательный и менее 100% - положительный, причем настолько, насколько величина K_b отличается от 100.

В наших исследованиях балансовые коэффициенты колебались в пределах: азота – 124-279, фосфора – 56-127, калия – 154-411%. С повышением дозы отдельного элемента в составе удобрения снижался его балансовый коэффициент.

Также рассчитаны коэффициенты возмещения выноса питательных веществ с урожаем для каждой культуры, которые можно использовать при расчетах доз удобрений (прил. 204-223).

Балансовые методы расчета доз удобрений применимы лишь при наличии экспериментально установленных коэффициентов использования элементов питания из почвы и удобрений для отдельных культур в полевых опытах в конкретных почвенно-климатических условиях.

Рекомендуем использовать рассчитанные на основании экспериментальных данных в результате 20-летних исследований коэффициенты использования элементов питания из удобрений для определения доз удобрений на запланированный урожай балансовыми методами на черноземах выщелоченных Центральной части Северного Кавказа (табл. 79).

Таблица 79 - Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, балансовые коэффициенты и коэффициенты возмещения выноса с урожаем полевых культур на черноземе выщелоченном (для практического пользования)

Культура	КИУ, %			Балансовый коэффициент, %			Коэффициент возмещения выноса		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Люцерна	51	36	143	78	55	217	1,70	2,45	0,61
Клевер луговой	30	25	73	43	34	111	2,48	3,27	0,95
Озимая пшеница	100	49	122	162	79	189	0,64	1,17	0,57
Кукуруза на зерно	80	55	75	138	94	140	0,73	1,07	0,71
Кукуруза на силос	108	47	105	158	74	169	0,63	1,35	0,59
Суданская трава	93	35	126	152	58	204	0,66	1,70	0,49
В среднем по севообороту	87	45	104	140	72	167	1,03	1,66	0,65

При расчете доз удобрений на запланированный урожай необходимо знать не только коэффициенты использования удобрений, но и коэффициенты использования питательных веществ из почвы (КИП).

Расчет КИП произведен путем сопоставления выноса питательных веществ урожаем неудобряемого варианта с запасами подвижных форм этих элементов в пахотном слое почвы этого же варианта (табл. 80).

Таблица 80 - Коэффициенты использования питательных веществ из почвы (чернозем выщелоченный) в севообороте (среднее за 4 ротации)

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
Люцерна	144	300	480	66	17	57	46	6	12
Клевер луговой	139	278	473	35	9	26	25	3	6
Озимая пшеница	135	248	474	79	30	51	59	12	11
Кукуруза на зерно	121	229	421	82	36	75	68	16	18
Кукуруза на силос	131	240	445	64	10	56	49	4	13
Суданская трава	134	258	455	73	26	74	54	10	16
В среднем по севообороту	133	254	455	66	21	57	50	8	13

Таким образом, по изучаемым системам удобрения складывался отрицательный баланс по азоту, положительный - по фосфору и крайне отрицательный - по калию, что вынуждает прогнозировать ухудшение азотного и особенно калийного режима почвы. Аналогичные результаты получены и у других авторов, изучающих вопросы длительного систематического применения удобрений в севообороте. По мнению С.Х. Дзанагова (1999), 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.

7.3. Баланс гумуса

О главенствующей роли гумуса в создании почвенного плодородия сказано достаточно много. В то же время проблема бездефицитного и положительного баланса гумуса, расширенного его воспроизводства, оптимизация гумусного состояния почв остается одной из важнейших проблем земледелия. Современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур создают определенную опасность снижения содержания гумуса в почве вследствие интенсивной его минерализации. Поэтому за данным явлением необходимо тщательно следить и искать пути повышения и стабилизации гумусного режима почв.

Органическое вещество почвы регулирует расходование элементов питания и предотвращает непродуцируемые потери питательных веществ от вымывания, образования газообразных продуктов и труднорастворимых минеральных соединений, повышает эффективность минеральных удобрений (Минеев В.Г. и др., 1993).

В настоящее время в литературе можно встретить богатый экспериментальный материал о гумусном режиме почв, но о влиянии систематического внесения удобрений, их доз, сочетаний на содержание гумуса в почве еще не сформировалось единого мнения (Sprengel С., 1837; Костычев П.А., 1949; Рубилин Е.В., 1956; Любарская Л.С., 1960, 1968; Трофименко К.И., 1964; Прянишников Д.Н., 1965; Тюрин И.В., Кононова М.М., 1966; Гришина Л.А., Ковда В.А., 1973; Кук Д.У. 1975; Хлыстовский А.Д. и др., 1978; Александрова Л.Н., 1980; Кулаковская Т.Н., 1984; Лыков А.М., 1985; Столяров А.И., Фанина Л.А., 1989; Загорча К.Л., 1990; Янишевский Ф.В. и др., 1991; Минеев В.Г., Дебрецени Б., Мазур Т., 1993; Чуб М.П. и др., 1995; Дзанагов С.Х., 1999 и многие другие).

Анализируя данные литературных источников по влиянию удобрений на гумусированность почвы при длительном их применении в севообороте, приходим к выводу, что в одних опытах на разных почвах удобрения повы-

шали содержание гумуса, в других – не изменяли, в третьих – вызывали снижение количества гумуса в почве. Подобное противоречие связано, на наш взгляд, с недостаточностью данных по этому вопросу, а также с различием в методических подходах, большим разнообразием влияющих факторов, условий применения удобрений и проведения опытов.

Причины потерь гумуса почвами, используемыми в сельскохозяйственном производстве, достаточно полно подытожил Д.С. Орлов (1985). Среди главных он выделяет: уменьшение количества растительных остатков в агроценозе по сравнению с естественным биоценозом и усиление минерализации почв вследствие повышения аэрации от интенсивной обработки.

Усиление минерализации гумуса, как уточняет В.Г. Минеев (1993), может обусловить увлечение чрезмерными дозами минеральных удобрений. То есть, не только в том случае, если не применяют органические удобрения, но и когда вносят одни минеральные. Поэтому часто в севооборотах с использованием их высоких доз баланс гумуса бывает отрицательным.

Это подтверждается многими экспериментальными данными, в том числе и нашими.

Рассчитывая баланс гумуса в севообороте, мы использовали методические подходы, приводимые в работах В.Г. Минеева (1993), С.Х. Дзанагова (1999), В.Г. Сычева и др. (2000) и др. Расходная часть баланса гумуса представлена потерей его за счет минерализации, а приходная - накоплением гумуса из пожнивных и корневых остатков возделываемых культур, корневых выделений и вносимого навоза. По мнению А.М. Лыкова (1985), В.Г. Минеева и др. (1993), С.Х. Дзанагова (1999), В.Г. Сычева и др. (2000) и других авторов, при расчете баланса гумуса другие, имеющие место статьи прихода и расхода гумуса, можно не учитывать, поскольку они компенсируются.

Расход гумуса определяли по выносу азота с урожаем культур, с учетом того, что половина его представлена азотом, высвободившимся в результате минерализации гумуса, с учетом поправочных коэффициентов и содержания азота в гумусе - 5%. Поправочные коэффициенты, учитывающие

влияние отдельных культур и гранулометрического состава почв на использование азота растениями и степень минерализации гумуса, использовали следующие: для многолетних трав - 1,0; озимой пшеницы и суданской травы - 1,2; кукурузы на зерно и силос - 1,6 (Дзангов С.Х., 1999).

Приход гумуса за счет пожнивных и корневых остатков рассчитывали, исходя из урожайности и нормативных коэффициентов выхода (Кр) корневых и пожнивных остатков возделываемых культур и коэффициентов их гумификации (табл. 81).

Таблица 81 - Коэффициенты выхода корневых и пожнивных остатков полевых культур в зависимости от урожайности (Новоселов С.И., 2020) и коэффициенты их гумификации (Дзанагов С.Х., 1999)

Культура	Урожайность основной продукции, зерновые - ц/га, остальные - т/га					Коэффициент гумификации
	менее 10	10-20	20-30	30-40	более 40	
Озимая пшеница	1,6	1,5	1,3	1,1	1,1	0,25
Кукуруза на зерно	1,6	1,3	1,2	1,0	1,0	0,20
Люцерна, клевер на зеленую массу	0,35	0,31	0,28	0,26	0,22	0,20
Кукуруза на силос	0,18	0,14	0,13	0,11	0,10	0,15
Суданская трава на зеленую массу	0,25	0,20	0,14	0,13	0,12	0,15

В варианте с органо-минеральной системой удобрения приходная часть баланса гумуса пополняется еще и за счет вносимого навоза. Коэффициент гумификации навоза - 0,25 (Дзанагов С.Х., 1999). При расчете баланса гумуса гумификацию 30 т/га навоза, вносимого 1 раз ротацию, учитывали ежегодно по 6 т/га в каждом из 5-ти полей севооборота.

Баланс гумуса в севообороте на черноземе выщелоченном под влиянием длительного (20 лет) применения удобрений представлен в табл. 82 и прил. 224-227.

Таблица 82 - Баланс гумуса в севообороте на черноземе выщелоченном под влиянием длительного (20 лет) применения удобрений

Вариант	Накопление, т/га					Минерализация, т/га					Баланс (+/-), т/га					Интенсивность баланса, %
	ротация				среднее	ротация				среднее	ротация				среднее	
	5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я		5-я	6-я	7-я	8-я		
Контроль	0,86	0,75	0,72	0,82	0,79	0,89	0,88	0,80	0,83	0,85	-0,03	-0,14	-0,08	-0,01	-0,06	92
N ₁ P ₁ K ₁	1,05	0,84	0,91	1,04	0,96	1,27	1,27	1,23	1,24	1,25	-0,22	-0,43	-0,31	-0,21	-0,29	77
N ₂ P ₁ K ₁	1,16	0,97	1,00	1,15	1,07	1,46	1,54	1,47	1,55	1,51	-0,30	-0,57	-0,47	-0,40	-0,44	71
N ₁ P ₂ K ₁	1,20	0,97	1,02	1,14	1,08	1,49	1,47	1,46	1,56	1,49	-0,29	-0,50	-0,44	-0,41	-0,41	72
N ₂ P ₂ K ₁	1,33	1,09	1,14	1,27	1,21	1,79	1,75	1,85	1,84	1,81	-0,46	-0,66	-0,70	-0,57	-0,60	67
N ₂ P ₂ K ₂	1,39	1,15	1,19	1,36	1,27	1,85	1,88	1,87	1,94	1,88	-0,46	-0,73	-0,69	-0,58	-0,62	67
N ₃ P ₂ K ₁	1,34	1,13	1,15	1,29	1,23	1,88	1,82	1,94	1,99	1,91	-0,54	-0,68	-0,79	-0,70	-0,68	64
N ₃ P ₂ K ₂	1,38	1,20	1,19	1,31	1,27	1,96	1,97	1,95	2,08	1,99	-0,58	-0,77	-0,76	-0,77	-0,72	64
N ₂ P ₃ K ₁	1,34	1,16	1,19	1,34	1,26	1,88	1,82	1,81	1,80	1,83	-0,53	-0,66	-0,62	-0,46	-0,57	69
N ₂ P ₃ K ₂	1,37	1,16	1,22	1,34	1,27	1,93	1,77	1,88	1,82	1,85	-0,57	-0,61	-0,65	-0,48	-0,58	69
N ₃ P ₃ K ₁	1,38	1,21	1,20	1,36	1,29	2,03	2,04	1,96	1,96	2,00	-0,66	-0,83	-0,76	-0,60	-0,71	64
N ₃ P ₃ K ₃	1,48	1,28	1,29	1,43	1,37	2,25	2,16	2,09	2,21	2,18	-0,77	-0,87	-0,81	-0,78	-0,81	63
Навоз+NPK	2,93	2,73	2,68	2,89	2,81	1,91	2,04	1,90	2,01	1,97	1,01	0,69	0,78	0,88	0,84	143
Расчетный	1,50	1,34	1,32	1,48	1,41	2,31	2,20	2,16	2,26	2,23	-0,81	-0,86	-0,84	-0,78	-0,82	63

Проведенные расчеты показывают, что за годы исследований во всех 4-х ротациях севооборота складывался отрицательный баланс гумуса по всем вариантам, кроме варианта с органо-минеральной системой. Причем, под многолетними травами всегда наблюдался положительный баланс, под озимой пшеницей - положительный баланс на неудобренном контроле и наименьший дефицит на остальных вариантах. А наибольший дефицит гумуса во все годы наблюдался под кукурузой на зерно и на силос.

На неудобренном варианте во все годы складывался наименьший дефицит гумуса, близкий к нулю, в 8-й ротации он даже был нулевым, а возмещение выноса за 4 ротации составило 92%.

На удобренных (минеральными удобрениями) вариантах ежегодная минерализация гумуса составляла 1,25-2,23 т/га, а новообразование – 0,96-1,41 т/га. Поэтому наблюдался дефицит гумуса, который ежегодно находился в пределах (-)0,29 - (-)0,82 т/га, или 23-47%.

Следует отметить, что процесс минерализации гумуса протекал интенсивнее с повышением доз удобрений. Так, за 20-летний период с внесением одинарной, двойной, тройной и расчетной доз удобрений количество гумуса снизилось по сравнению с контролем соответственно на 0,23; 0,55; 0,74 и 0,76 т/га.

В опытах Б. Дебрецени (1993) процессы минерализации гумуса на фоне повышенных доз минеральных удобрений протекали более интенсивно по сравнению с контролем. Д.С. Орлов (1985) считает, что потери гумуса может увеличить разложение и биодegradация гумуса под влиянием физиологически кислых удобрений и активизации микрофлоры при внесении удобрений.

По данным М.Т. Куприченкова, Ю.В. Копейкина (1986), ежегодный дефицит гумуса в Ставропольском крае составлял 6,0 ц/га. В исследованиях К.Л. Загорча (1990) потери гумуса в зернопропашных севооборотах достигали 9-15 ц/га ежегодно, а убыль восполнялась всего на 27-40%. По подсчетам ученых в земледелии Северной Осетии (цит. по С.Х. Дзанагову, 1999) доминирует отрицательный баланс гумуса, составляющий 8,5 ц/га в год.

Из отдельных элементов в составе удобрения наиболее существенно на минерализацию гумуса влиял азот. Удвоение и, особенно, утроение дозы азота в составе NPK заметно увеличивало потери гумуса, и хотя накопление гумуса тоже коррелировало с дозой азота, все же минерализация гумуса превышала гумусообразование. Менее существенно влиял на эти процессы фосфор, еще меньше - калий, а совместное увеличение доз азота и фосфора стабильно увеличивало потери гумуса.

Корреляционно-регрессионный анализ выявил очень сильную зависимость минерализации гумуса от дозы вносимого азота ($r=0,92$), весьма сильную - от фосфора ($r=0,85$) и сильную - от калия ($r=0,79$).

Уравнение регрессии выглядит следующим образом:

$$Y = 0,88 + 0,005H_N + 0,004H_{P_2O_5} + 0,003H_{K_2O};$$

$$R^2=0,96 \text{ (коэффициент детерминации);}$$

где Y - количество минерализованного гумуса, т/га

H_N, P_2O_5 и K_2O - дозы азота, фосфора и калия, кг д.в./га.

Внесение навоза способствовало воспроизводству гумуса: во все годы органо-минеральная система обеспечивала положительный баланс. Среднегодовой за 4 ротации севооборота профицит гумуса составил 0,84 т/га, или 143%, несмотря на то, что минерализация гумуса на этом варианте существенно превышала аналогичный процесс на эквивалентном варианте с минеральной системой. Несомненно, с навозом в почву поступает большое количество органического вещества, а также, по мнению Н.А. Туева (1984), поступают готовые гумусовые вещества.

В исследованиях К.Л. Загорча (1990) органические удобрения восполняли запасы гумуса в почве в 1,4-1,8 раза больше, чем эквивалентные по NPK минеральные системы удобрения. В.В. Агеев, В.И. Демкин (1993) экспериментально установили, что положительный баланс гумуса может быть достигнут при системе удобрения, обеспечивающей насыщенность севооборота 60 кг/га д.в. минеральных удобрений и 5 т/га навоза.

Таким образом, на выщелоченных черноземах по мере увеличения доз минеральных удобрений дефицит гумуса увеличивался. Это вполне можно объяснить тем, что при внесении удобрений культуры формируют более высокий урожай, для этого требуется большой расход питательных веществ, в частности, азота. С минеральными удобрениями вносится определенное количество азота, но его бывает недостаточно, поэтому растения вынуждены дополнительно использовать минеральный азот, образующийся при разложении гумуса. Конечно, высокие урожаи под влиянием минеральных удобрений способствуют и образованию более мощной корневой системы, которая остается в почве и включается в процессы новообразования гумуса. Но, очевидно, это не компенсирует расхода гумуса на создание урожая, а дефицит гумуса возрастает с увеличением удобренности, что мы и наблюдаем в наших исследованиях.

В целом по результатам баланса гумуса в будущем ожидается снижение содержания органического вещества в почве. Для стабилизации гумусного состояния почвы необходимо если не ежегодно, то хотя бы периодически вносить органические удобрения. Причем помимо навоза необходимо широко использовать посевы сидеральных промежуточных культур, солому, листостебельную массу, компосты и т.д.

Мнение многих ученых о том, что бездефицитного баланса гумуса можно добиться путем посева многолетних бобовых трав, нашими исследованиями подтверждается, однако они должны использоваться в севообороте 2-3 года. На основании результатов наших исследований для поддержания бездефицитного баланса гумуса можно рекомендовать ежегодное внесение 5-14 т/га навоза.

8. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В СЕВООБОРОТЕ

Длительное систематическое применение удобрений в севообороте оказывает существенное положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, качество продукции, продуктивность севооборота и эффективное плодородие почвы. Однако 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. В этом состоит актуальность и цель проведенных расчетов экономической и энергетической эффективности применения удобрений (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Гагиев Б.В. и др., 2015; Акинчин А.В., Линков С.А., Самойлова А.Ф., 2019).

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., Лазаров Т.К. и др., 2016).

От обоснованности доз зависит уровень оплаты единицы питательных элементов приростом урожая и качество получаемой продукции (Минеев В.Г., 2008). Поэтому одной из задач нашей диссертационной работы являлось проведение оценки эффективности изучаемых систем удобрения при длительном их применении в севообороте, которая предусматривала определение расчетным путем агрономической, экономической и энергетической целесообразности применения удобрений.

По данным ФАО (Food and Agricultural Organization - Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), корреляция стоимости собранного урожая с объемами применения минеральных удобрений в 40 странах мира составляет в последние годы 0,85. Доля удобрений в урожае постоянно увеличивается. В зависимости от уровня химизации земледелия доля элементов питания удобрений в урожае стран Западной Европы составляет 60-75%, в США -50%, в России в 90-е годы прошлого века - 30-45%, в настоящее время - 10% (<http://www.activestudy.info/effektivnost-primeneniya-udobrenij>).

8.1. Экономическая эффективность

Без экономической выгоды никакие научные рекомендации сейчас выполняться не будут, хотя они и предусматривают повышение урожайности, его качества, уменьшение потерь урожая, сохранение и повышение плодородия почв. Практически экономическую эффективность надо оценивать в каждом конкретном хозяйстве, просчитывая различные варианты, предлагаемые сельскохозяйственной наукой. Расчет вариантов может быть сделан путем перебора возможных из предлагаемых или с использованием компьютерных программ математического программирования, позволяющих выбрать оптимальный вариант по заданным критериям. При этом известно, что увеличение доз удобрений и химикатов до «оптимальных уровней» ведет к росту урожайности, к снижению потерь урожая и, возможно, рентабельности, вплоть до отрицательной. Это обусловлено, главным образом, существующим диспаритетом цен, который в свою очередь определяет выбор той или иной агротехнологии (Державин, Л.М., 2013).

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 (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Гагиев Б.В. и др., 2015).

В литературе немало дискуссий по вопросам экономической эффективности применения удобрений. Многие авторы считают, что высокая стоимость минеральных удобрений привела к тому, что самая низкая себестоимость и самая высокая рентабельность производства зерна получена без внесения удобрений или при внесении их в низких дозах, а применение расчетной дозы удобрений приводит к еще большему снижению показателей экономической эффективности. Проблема ценовых отношений между сельским хозяйством и другими отраслями экономики постоянно обостряется опережением роста цен на промышленную продукцию по сравнению с ростом цен на сельскохозяйственную.

Поэтому, в связи с большим диспаритетом цен на сельскохозяйственную и промышленную продукции и отсутствием должной политики со стороны государства, а также дороговизной минеральных удобрений полученные прибавки урожая не окупаются затратами на их производство, и использование их во всех полевых севооборотах убыточно (Вражнов А.В., Шаталина Л.П., 2012; Максютов Н.А. и др., 2015; Матвеев А.Г., 2015; Уланов А.К., 2016; Стукалов Р.С., 2016; Осипов А.А., 2018 и др.).

Однако мнение большинства авторов склоняется к тому, что удобрения увеличивают основные показатели экономической эффективности по сравнению с контролем за счет более высокой урожайности и качества продукции, особенное значение в повышении экономических показателей в сельскохозяйственном производстве имеет внесение хотя бы минимального количества удобрений (Голосной Е.В., 2013; Саленко Е.А., 2015; Коршунов А.А., 2015; Айсанов Т.С., 2015; Фурсова А.Ю., 2015; Великанова Л.О., Курносова Н.С., Трубилин Е.И., Бойко Е.С., 2018; Ожередова А.Ю., 2020; Ханикаев Б.Р., 2020; Гагиев Б.В., 2021 и др.).

Чтобы рекомендовать производству результаты исследований, необходимо убедиться в их выгодности. В нашем случае удобрения способствовали получению значительной прибавки урожая, однако следует рассчитать экономическую и энергетическую эффективность, чтобы рекомендовать производству наиболее выгодные варианты удобрений.

Экономическую эффективность рассчитывали по общепринятой методике (Баранов Н.Н., 1970), согласно которой учитывали стоимость прибавки урожая, из которой вычитали сумму затрат на получение этой прибавки за счет применения удобрений и определяли условно чистый доход.

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).

Эти показатели должны быть представлены в денежном выражении согласно существующим ценам на удобрения и сельскохозяйственную продукцию. По разности этих показателей рассчитывается условно чистый доход по формуле, предложенной Н.Н. Барановым (1970):

$$\text{УЧД} = \text{Спр.} - \text{Зуд.},$$

где: УЧД – условно чистый доход от удобрений, руб./га; С пр. – стоимость прибавки урожая, руб./га;

З уд. – сумма затрат на удобрения, руб./га

Условным доход называется потому, что в расчет не берут косвенные затраты, а только прямые, связанные с непосредственным применением удобрений.

Рентабельность применения удобрений рассчитывается по формуле:

$$P = \text{УЧД} : \text{Зуд.} \times 100\%,$$

где: P – рентабельность применения удобрений, %;

УЧД – условно чистый доход от удобрений, руб.;

З уд. – сумма затрат на применение удобрений, руб.

(Дзанагов С.Х. и др., 2020).

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 Системы мониторинга и прогнозирования продбезопасности Министерства сельского хозяйства РФ, а также по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) о средних ценах на удобрения и сельскохозяйственную продукцию по состоянию на июль 2021 года.

Результаты расчетов экономической эффективности удобрений под культуры полевого севооборота при длительном их применении представлены в табл. 83, 84 и прил. 228-233.

В наших наблюдениях затраты на применение удобрений напрямую зависели в основном от доз вносимых удобрений, особенно фосфорных - наиболее дорогостоящих, а также от величины полученной прибавки, требующей дополнительные затраты на ее уборку, послеуборочную доработку, транспортировку и т.д. Поэтому наибольшие затраты на применение удобрений приходились на культуры и варианты с более высокими дозами удобрений: $N_3P_3K_3$ - 24,5 тыс. руб./га по озимой пшенице, 24,2 и 23,4 - кукурузе на зерно и силос и 19,8 тыс. руб./га по суданской траве, а на люцерне и клевере наиболее затратным оказался расчетный вариант - 23,0 тыс. руб./га, где предусмотрена самая высокая доза удобрений под эти культуры.

Соответственно наименьшими затратами как по отдельным культурам, так и в среднем по севообороту характеризовались варианты с одинарной дозой удобрений.

Таблица 83 - Условно чистый доход от применения удобрений под культуры севооборота по разным системам
(среднее за 4 ротации)

Вариант	Условно чистый доход, тыс. руб./га						Условно чистый доход, руб./руб. затрат (рентабельность)					
	мн. травы	оз. пше- ница (2)	КНЗ	КНС	суд. трава	оз. пше- ница (5)	мн. травы	оз. пше- ница (2)	КНЗ	КНС	суд. трава	оз. пше- ница (5)
N ₁ P ₁ K ₁	10,9	8,0	6,0	5,8	5,2	6,9	1,63	0,96	0,78	0,76	0,83	0,93
N ₂ P ₁ K ₁	14,1	12,0	9,4	9,4	6,7	10,9	1,63	1,01	0,89	0,90	0,75	1,01
N ₁ P ₂ K ₁	11,7	10,9	7,7	6,6	7,4	15,0	1,15	0,87	0,65	0,57	0,78	1,30
N ₂ P ₂ K ₁	13,4	17,5	12,7	13,0	8,4	21,7	1,13	1,09	0,86	0,89	0,71	1,44
N ₂ P ₂ K ₂	14,7	22,0	14,5	14,8	9,1	24,5	1,13	1,23	0,90	0,93	0,71	1,51
N ₃ P ₂ K ₁	20,3	10,1	17,2	20,8	11,8	13,5	1,45	0,56	0,98	1,18	0,81	0,80
N ₃ P ₂ K ₂	19,4	13,7	17,8	22,3	11,8	15,2	1,30	0,70	0,95	1,17	0,77	0,84
N ₂ P ₃ K ₁	23,1	12,0	17,3	17,8	11,9	14,7	1,43	0,62	0,91	0,95	0,79	0,85
N ₂ P ₃ K ₂	21,7	11,5	18,2	19,5	12,2	14,8	1,28	0,57	0,90	0,97	0,77	0,81
N ₃ P ₃ K ₁	23,4	11,1	17,1	17,0	14,4	13,9	1,33	0,50	0,80	0,81	0,82	0,70
N ₃ P ₃ K ₃	26,7	12,6	22,7	26,2	18,2	15,8	1,33	0,52	0,94	1,08	0,92	0,71
Навоз+NPK	16,7	23,3	17,3	15,9	20,5	25,5	1,26	1,29	1,06	0,99	1,46	1,56
Расчетный	24,0	17,3	33,0	35,4	24,2	15,9	1,05	0,93	1,39	1,46	1,26	0,71

Таблица 84 - Экономическая эффективность систем удобрения
в севообороте (среднее за 4 ротации)

Вариант	Внесено удобрений, т/га	Затраты на применение удобрений, тыс. руб./га	Стоимость прибавки урожая, тыс. руб./га	Условно чистый доход		Рентабельность, %
				тыс. руб./га	руб./руб. затрат	
N ₁ P ₁ K ₁	0,23	7,4	14,6	7,3	1,0	98
N ₂ P ₁ K ₁	0,36	10,3	20,9	10,6	1,0	103
N ₁ P ₂ K ₁	0,30	11,3	21,5	10,2	0,9	90
N ₂ P ₂ K ₁	0,42	14,1	29,0	14,8	1,0	105
N ₂ P ₂ K ₂	0,48	15,5	32,6	17,1	1,1	111
N ₃ P ₂ K ₁	0,54	16,5	31,5	15,0	0,9	91
N ₃ P ₂ K ₂	0,60	17,7	33,8	16,1	0,9	91
N ₂ P ₃ K ₁	0,47	17,7	33,6	15,9	0,9	90
N ₂ P ₃ K ₂	0,53	18,7	34,6	15,9	0,8	85
N ₃ P ₃ K ₁	0,59	20,0	35,7	15,8	0,8	79
N ₃ P ₃ K ₃	0,71	22,5	41,9	19,4	0,9	86
Навоз+NPK	0,48	15,8	35,5	19,8	1,3	126
Расчетный	0,68	21,8	45,0	23,2	1,1	107

Примечания: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₁P₃₇K₃₆, а в расчетном – N₁₂₃P₉₃K₉₇.

В связи с получением существенной прибавки от применения удобрений повышалась и выручка от реализации дополнительной продукции, которая не всегда зависела от дозы вносимых удобрений. На этот показатель больше влияли количество дополнительной продукции и ее реализационная цена. Наибольшую стоимость прибавки озимой пшеницы (на обоих полях) обеспечили варианты с двойной дозой удобрений: по органо-минеральной системе - 41,2 и 41,9 тыс. руб./га (во 2-м и 5-м полях соответственно), по минеральной - 39,9 и 40,8 тыс. руб./га. На остальных культурах наибольшую

выручку от реализованной дополнительной продукции обеспечил расчетный вариант: 46,9 тыс. руб./га по многолетним травам, 57,6 и 51,2 - кукурузе на зерно и силос, 43,5 тыс. руб./га по суданской траве.

От эффективности соотношения выручки и затрат зависит величина чистого дохода от применения удобрений. Расчетная доза удобрений обеспечила наибольший условно чистый доход на кукурузе на зерно, кукурузе на силос и суданской траве - 33,0; 27,8 и 24,2 тыс. руб./га и 1,39; 1,19 и 1,26 руб./руб. затрат соответственно. На этих культурах экономическая эффективность расчетной дозы удобрений имела значительное преимущество по всем вариантам. Подтверждается высказанное ранее положение о высокой отзывчивости этих культур на сбалансированные дозы удобрений.

На многолетних травах эффективнее оказался вариант с тройной дозой NPK. Условно чистый доход на этом варианте составил 26,7 тыс. руб./га, а на расчетном варианте - 24,0 тыс. руб./га. На этом варианте доза фосфора превышает тройной уровень этого элемента на 39 кг д.в./га, что обуславливает большие затраты на удобрения в ущерб экономической эффективности. Наибольшая рентабельность (163%) наблюдалась на вариантах с минимальными дозами удобрений.

На озимой пшенице наилучшие показатели экономической эффективности отмечены при внесении двойной дозы удобрений. Условно-чистый доход по органо-минеральной и минеральной системам составил 23,3 и 22,0 тыс. руб./га и 1,29 и 1,23 руб./руб. затрат соответственно во 2-м и 5-м полях севооборота. Эти значения имели существенное преимущество перед другими вариантами. Подтверждается и экономическая эффективность средних доз удобрений на озимой пшенице. На втором месте по условно чистому доходу на 1 га оказался расчетный вариант, несколько уступая по рентабельности вариантам с невысокими дозами удобрений.

В среднем по севообороту наибольший условно чистый доход обеспечен при внесении расчетной дозы удобрений – 23,2 тыс. руб./га., хотя он несколько уступал по рентабельности вариантам с двойной дозой NPK (по ми-

неральной и органо-минеральной системам) – 107% - против 111 и 126%. Данный эффект обусловлен высокой прибавкой урожая на этих вариантах, стоимость которой с максимальной выгодой покрывала затраты на применение удобрений.

8.2. Агрономическая эффективность (окупаемость удобрений)

Данные экономической эффективности удобрений в денежном выражении являются относительными, они могут объективно отражать картину только в определенный период времени и на определенной местности, пока действуют данные расценки на удобрения и продукцию.

В настоящее время цены на удобрения и сельскохозяйственную продукцию постепенно стабилизируются, но тем не менее расчеты проводить затруднительно, поэтому мы решили дать сравнительную оценку эффективности систем удобрения по такому объективному и стабильному показателю как агрономическая эффективность, или окупаемость внесенных удобрений полученной дополнительной продукцией.

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 последействия (Минеев В.Г. и др., 1980).

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией рассчитывается по формуле:

$$O_{уд.} = П : К;$$

где:

O 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).

По данным многочисленных исследований, увеличение доз удобрений может приводить либо к увеличению данного показателя, либо к его снижению.

В наших исследованиях каждый внесенный килограмм действующего вещества удобрений способствовал получению дополнительной продукции культур полевого севооборота (табл. 85, 86 и прил. 234-239).

В течение 4-х ротации наибольшей окупаемостью удобрений дополнительной продукцией зеленой массы люцерны и клевера отличался вариант $N_2P_3K_1$ – 83,7 кг зеленой массы/кг д.в., или 15,1 кг з.е./кг д.в. Варьирование этого показателя по вариантам объяснить затруднительно, определенной закономерности не прослеживается. Расчетный вариант, например, по этим показателям занял предпоследнюю позицию среди всех вариантов. Очевидно, использование симбиотически фиксированного атмосферного азота растениями вносило свои коррективы в отзывчивость бобовых трав на удобрения.

Окупаемость удобрений прибавкой урожая остальных культур имела аналогичные с экономической эффективностью закономерности. Так 1 кг д.в. удобрений, внесенных под озимую пшеницу, приносил дополнительной продукции 12,4 кг зерна и 21,0 кг з.е. основной и побочной продукции на варианте навоз + NPK. На этом же уровне находились варианты $N_2P_2K_1$ и $N_2P_2K_2$. на остальных вариантах этот показатель был значительно ниже.

Кукуруза на зерно и кукуруза на силос обеспечили наибольшую окупаемость при внесении расчетной дозы удобрений – 13,0 кг зерна и 72,1 кг листостебельной массы на силос, или 22,1 и 12,3 кг з.е. на 1 кг д.в. удобрений соответственно. Расчетный вариант по суданской траве оказался на 2-м месте, уступив варианту навоз + NPK, где окупаемость составила 116 кг зеленой массы, или 15,1 кг з.е. на 1 внесенный кг д.в. удобрений.

Таблица 85 - Окупаемость удобрений дополнительной продукцией культур полевого севооборота
по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Внесено удобрений, кг д.в./га					Окупаемость удобрений, кг / кг д.в.					Окупаемость удобрений, кг з.е. / кг д.в.				
	мн. тра- вы	оз. пше- ни- ца*	КНЗ	КНС	суд. трава	мн. тра- вы	оз. пше- ни- ца*	КНЗ	КНС	суд. трава	мн. тра- вы	оз. пше- ни- ца*	КНЗ	КНС	суд. трава
N ₁ P ₁ K ₁	95	123	121	120	100	74,7	9,1	9,1	47,5	77,0	13,5	16,1	14,7	8,1	10,8
N ₂ P ₁ K ₁	120	173	163	160	140	76,7	9,6	9,9	53,1	74,3	13,8	17,4	17,8	9,0	10,4
N ₁ P ₂ K ₁	130	159	161	160	130	68,5	11,6	9,8	48,8	86,9	12,3	20,0	16,2	8,3	12,2
N ₂ P ₂ K ₁	155	209	203	200	170	65,8	12,4	10,9	59,0	79,4	11,8	21,1	18,4	10,0	11,1
N ₂ P ₂ K ₂	190	245	240	240	200	58,9	12,1	10,3	55,0	73,0	10,6	20,4	17,2	9,4	10,2
N ₃ P ₂ K ₁	180	259	246	240	210	77,2	8,3	11,4	68,8	83,3	13,9	14,1	19,5	11,7	11,7
N ₃ P ₂ K ₂	215	295	283	280	240	64,7	8,3	10,4	63,2	75,4	11,6	14,5	18,1	10,7	10,6
N ₂ P ₃ K ₁	190	246	243	240	200	83,7	9,4	12,0	65,4	90,0	15,1	16,3	20,2	11,1	12,6
N ₂ P ₃ K ₂	225	282	280	280	230	69,8	8,5	11,0	60,7	81,7	12,6	14,1	18,3	10,3	11,4
N ₃ P ₃ K ₁	215	296	286	280	240	77,2	8,3	10,8	58,2	88,8	13,9	14,3	18,3	9,9	12,4
N ₃ P ₃ K ₃	285	368	361	360	300	66,3	7,5	10,5	60,3	84,3	11,9	12,6	17,4	10,2	11,8
Навоз+NPK	190	245	240	240	200	63,7	12,4	11,3	57,1	115,5	11,5	21,0	19,1	9,7	16,2
Расчетный	314	312	351	355	303	60,5	8,8	13,0	72,1	95,7	10,9	15,1	22,1	12,3	13,4

* среднее по двум полям

Таблица 86 - Окупаемость удобрений дополнительным приростом (з.е.)
 продуктивности полевого севооборота по разным системам
 (ср. за 4 ротации)

Вариант	Среднегодовая насыщенность пашни удобрениями, кг д.в./Га	Прирост продуктивности, кг з.е./га	Окупаемость удобрений, кг з.е. / кг д.в.
$N_1P_1K_1$	114	1550	13,5
$N_2P_1K_1$	156	2400	15,4
$N_1P_2K_1$	151	2440	16,2
$N_2P_2K_1$	192	3310	17,2
$N_2P_2K_2$	228	3670	16,1
$N_3P_2K_1$	234	3520	15,1
$N_3P_2K_2$	270	3810	14,1
$N_2P_3K_1$	229	3650	16,0
$N_2P_3K_2$	265	3710	14,0
$N_3P_3K_1$	270	3930	14,5
$N_3P_3K_3$	342	4560	13,3
Навоз+NPK	228	3980	17,5
Расчетный	323	4710	14,6

Примечания: в среднем за 4 ротации в варианте $N_1P_1K_1$ доза удобрений соответствовала $N_{41}P_{37}K_{36}$, а в расчетном – $N_{123}P_{93}K_{97}$.

В целом по севообороту каждый кг д.в. вносимых удобрений обеспечил 13,5-17,5 кг з.е. дополнительной продукции. Наибольшей окупаемостью удобрений в севообороте характеризовался вариант навоз+NPK.

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

НРК. 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 утверждению В.Г. Сычева, А.Н. Аристархова (2004), минеральные удобрения имеют более высокую окупаемость, чем органические. В опытах Г.П. Гамзикова (2013) при длительном применении органических и минеральных удобрений 1 кг д.в. окупался 12 кг зерна. При этом стабилизируются количественные и качественные параметры гумуса в почве и поддерживается высокий уровень соединений НРК.

Следует обратить внимание, что повышенные количества удобрений нецелесообразны с точки зрения их эффективного использования. Это иллюстрирует и сокращение окупаемости 1 кг действующего вещества удобрений прибавкой урожая, которая в 1,5-1,9 раз ниже, чем при их применении в оптимальной дозе (Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Суетов В.П. и др., 2016; Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Бондарева Т.Н. и др., 2017).

8.3. Энергетическая эффективность

Окупаемость, на наш взгляд, является более объективной оценкой эффективности удобрений, чем условно чистый доход, потому что при его расчете участвуют конкретные показатели прибавки урожая и количества внесенных в почву питательных веществ. Но еще более объективной представляется энергетическая оценка применения удобрений, основанная на учете энергии, накопленной прибавкой урожая и той, которая затрачена на удобрения (Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Ханикаев Б.Р., Дзанагов Т.С., 2020).

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.

Показателем выгодности является энергетический КПД, определяемый отношением количества энергии в прибавке урожая к суммарным затратам энергии для ее получения (Прошкин В.А., Величко В.А., 2000).

Коэффициент энергетической эффективности – это отношение энергетической ценности (энергоотдачи) к энергозатратам на ее получение. Энергетическая себестоимость рассчитывается как отношение суммы энергозатрат к величине прибавки, иными словами затраты энергии на единицу урожая (Шеуджен А.Х. и др., 2006).

Расчет производили по методике, предложенной В.Г. Минеевым и др. (1993), согласно которой содержание энергии в 1 т урожая составляло, ГДж:

- многолетние травы (зеленая масса) - 3,78;
- озимая пшеница (зерно) - 16,45;
- кукуруза (зерно) - 15,14;
- кукуруза (зеленая масса) - 4,85;
- однолетние травы (зеленая масса) - 3,28.

В совокупных энергозатратах на осуществление технологического процесса минеральные удобрения в расчете на 1 кг д.в. оценивают следующим количеством энергии, МДж: азотные - 86,6; фосфорные - 12,6; калийные - 8,3; навоз - 0,42.

Энергетическая эффективность применения удобрений в полевом севообороте представлена в табл. 87, 88 и прил. 240-245).

С энергетической точки зрения применение удобрений считается эффективным тогда, когда обеспечивается более чем однократная окупаемость затрат. Энергетическая эффективность производства сельскохозяйственной продукции зависит от почвенно-климатических условий, вида культуры и других факторов. Наибольшая эффективность достигается при выращивании риса (3,82), кукурузы (2,69), картофеля (2,25), кормовых культур (2,1), на сенокосах (1,86) (Блянкман Л.М., Анисимов Н.И., 1990).

Таблица 87 - Энергетическая эффективность удобрений под культурами севооборота по разным системам

(ср. за 4 ротации)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га					Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га					Энергетический КПД, ед.				
	мн. травы	оз. пшеница*	КНЗ	КНС	суд. трава	мн. травы	оз. пшеница*	КНЗ	КНС	суд. трава	мн. травы	оз. пшеница*	КНЗ	КНС	суд. трава
N ₁ P ₁ K ₁	2,9	5,1	4,5	4,3	4,1	26,8	18,3	16,7	27,6	25,3	2,3	3,6	3,7	6,4	6,2
N ₂ P ₁ K ₁	5,1	9,4	8,2	7,8	7,6	34,8	27,4	24,5	41,2	34,1	1,7	2,9	3,0	5,3	4,5
N ₁ P ₂ K ₁	3,3	5,5	5,0	4,8	4,5	33,6	30,0	23,8	37,8	37,1	2,5	5,4	4,7	7,9	8,3
N ₂ P ₂ K ₁	5,5	9,9	8,7	8,3	7,9	38,6	42,3	33,5	57,2	44,3	1,8	4,3	3,9	6,9	5,6
N ₂ P ₂ K ₂	5,8	10,2	9,0	8,6	8,2	42,3	48,4	37,2	64,0	47,9	1,8	4,8	4,1	7,4	5,9
N ₃ P ₂ K ₁	7,7	14,2	12,4	11,7	11,4	52,5	35,2	42,5	80,0	57,4	1,7	2,5	3,4	6,8	5,0
N ₃ P ₂ K ₂	8,0	14,5	12,7	12,1	11,6	52,5	40,1	44,7	85,8	59,4	1,7	2,8	3,5	7,1	5,1
N ₂ P ₃ K ₁	5,9	10,3	9,2	8,8	8,3	60,1	38,0	44,2	76,1	59,0	2,5	3,7	4,8	8,7	7,1
N ₂ P ₃ K ₂	6,2	10,6	9,5	9,1	8,6	59,3	39,0	46,8	82,5	61,7	2,4	3,7	4,9	9,1	7,2
N ₃ P ₃ K ₁	8,1	14,7	12,9	12,2	11,8	62,7	40,2	46,9	79,1	69,9	1,9	2,7	3,6	6,5	5,9
N ₃ P ₃ K ₃	8,7	15,3	13,5	12,9	12,3	71,4	45,1	57,2	105,2	83,0	2,1	3,0	4,2	8,2	6,8
Навоз+NPK	5,8	10,2	9,0	8,6	8,2	45,7	49,9	41,0	66,4	75,8	2,0	4,9	4,6	7,7	9,3
Расчетный	8,8	13,2	14,5	14,7	14,1	71,8	44,5	69,2	124,2	95,1	2,0	3,4	4,8	8,4	6,7

* среднее по двум полям

Таблица 88 - Энергетическая эффективность удобрений в полевом севообороте по разным системам
(ср. за 4 ротации)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га	Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности удобрений, ед.	Энергетический КПД посева, ед.	Энергетическая себестоимость удобрений, ГДж/т з.е.
N ₁ P ₁ K ₁	4,4	15,9	11,5	2,63	3,63	2,82
N ₂ P ₁ K ₁	7,9	23,1	15,1	1,90	2,90	3,31
N ₁ P ₂ K ₁	4,8	23,7	18,9	3,91	4,91	1,98
N ₂ P ₂ K ₁	8,4	32,8	24,3	2,90	3,90	2,54
N ₂ P ₂ K ₂	8,7	37,0	28,2	3,25	4,25	2,37
N ₃ P ₂ K ₁	12,0	35,2	23,1	1,93	2,93	3,41
N ₃ P ₂ K ₂	12,3	38,1	25,8	2,09	3,09	3,23
N ₂ P ₃ K ₁	8,9	36,9	28,1	3,16	4,16	2,43
N ₂ P ₃ K ₂	9,2	38,4	29,2	3,19	4,19	2,47
N ₃ P ₃ K ₁	12,5	39,1	26,6	2,14	3,14	3,17
N ₃ P ₃ K ₃	13,1	46,4	33,3	2,55	3,55	2,87
Навоз+НРК	8,7	39,6	30,8	3,54	4,54	2,19
Расчетный	12,8	50,5	37,7	2,94	3,94	2,72

Примечания: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ доза удобрений соответствовала N₄₁P₃₇K₃₆, а в расчетном – N₁₂₃P₉₃K₉₇.

Наиболее энергоемким оказалось применение удобрений под озимую пшеницу 5,1-15,3 ГДж/га, немногим меньше – под кукурузу обоих направлений использования и суданскую траву, существенно меньше – под многолетние травы – 2,9-8,8 ГДж/га. Энергетические затраты напрямую зависят от доз вносимых удобрений, в первую очередь – азотных, наиболее энергоемких. Поэтому и по культурам в отдельности, и по севообороту в целом наиболее энергозатратными оказались варианты с тройной дозой азота в составе NPK.

Величина энергетической ценности прибавки урожая определялась биологическими особенностями культуры и размером прибавки урожая. Больше энергоемкостью выделялась кукуруза на силос (27,6-124,2 ГДж/га), меньшей – озимая пшеница (18,3-49,9 ГДж/га).

По озимой пшенице энергоотдача от удобрений повышалась от одинарной дозы NPK до двойной, при дальнейшем повышении доз NPK она заметно снижалась. Этот показатель был наибольшим в варианте навоз+NPK – 49,9 ГДж/га. В противоположном направлении изменялась энергетическая себестоимость зерна озимой пшеницы.

По остальным культурам энергоотдача от применения удобрений повышалась прямо пропорционально возрастанию уровня минерального питания и была наибольшей по расчетной дозе удобрений.

Соотношение энергозатрат и энергоотдачи мероприятий, связанных с применением удобрений в севообороте, определило их энергетическую эффективность (энергетический КПД посевов). Наименьшая энергетическая эффективность у всех культур отмечена на вариантах с высокими дозами азотных удобрений, что связано с более высокими энергозатратами на их производство по сравнению с фосфорными и калийными. Возникает определенное противоречие между энергоемкостью удобрений и их реализационными ценами. Как указывалось выше, наибольшей дороговизной отличаются фосфорные удобрения.

В целом по севообороту наибольший чистый энергетический доход получен при внесении расчетной дозы удобрений (37,7 ГДж/га), а наибольшие

коэффициент энергетической эффективности удобрений (3,91), энергетический КПД посева (4,91) и наименьшая энергетическая себестоимость (1,98 ГДж/т з.е.) получены в варианте $N_1P_2K_1$. Ему немного уступал вариант навоз+НРК.

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 Н.Д. Дуйшембиева, М.А. Ахматбекова, К.М. Мамбетова и др. (2018) в условиях Кыргызстана коэффициент энергетической эффективности варьировал от 2,02 при двойной дозе 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.

Обобщение Л. М. Державиным (1992) данных более 11 тыс. полевых опытов Агрохимслужбы с 17 основными культурами показало, что накопление энергии в прибавках хозяйственных и, тем более, биологических урожаев всех культур под влиянием минеральных удобрений (по всем опытам) превышает затраты энергии на их применение. В среднем по всем опытам биоэнергетический КПД применения удобрений под зерновые колосовые культуры составил: по прибавке зерна 1,29-1,76, хозяйственного урожая 2,97-4,47, биологической массы 3,44-5,12.

Определенное влияние на энергетическую эффективность минеральных удобрений оказывает почва и, прежде всего, ее агрохимические свойства. Зависимость энергетической эффективности от обеспеченности питательными веществами, особенно подвижным фосфором, подтверждается результатами 139 полевых опытов. Согласно расчетам, оптимум затрат на 1 ц прибавки зерна озимой пшеницы на черноземах выщелоченных можно принять равным 1100 МДж, черноземах типичном и обыкновенном – 981 МДж, чер-

ноземах южном и предкавказском и каштановых почвах – 1053 МДж. Результаты исследований свидетельствуют о высокой энергоотдаче удобрений и низких энергозатратах на получение 1 ц зерна озимой пшеницы на почвах с низким и средним содержанием подвижного фосфора (Дзанагов С.Х., Хадикова Т.Б., 2002).

Обобщая результаты расчетов эффективности удобрений в полевом севообороте, можно заключить, что применение удобрений в севообороте на черноземах выщелоченных, подстилаемых галечником, Центральной части Северного Кавказа, несмотря на немалые дополнительные затраты на этот агроприем, эффективны и с экономической точки зрения. По всем системам удобрения наблюдается получение дополнительного чистого дохода, удобрения высоко окупаются прибавкой урожая, энергоотдача и соответственно энергетический КПД существенно увеличиваются при применении удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительные исследования в лесостепной зоне Центральной части Северного Кавказа по влиянию систематического применения различных систем удобрения на продуктивность полевого севооборота и плодородие чернозема выщелоченного, подстилаемого галечником, выявили следующее.

Природно-климатические и почвенные условия лесостепной зоны можно считать благоприятными для возделывания полевых культур и эффективности удобрений. Продолжительность безморозного периода и суммы активных температур за все годы наблюдений превышали среднемноголетние значения. Годы наблюдений в основном были умеренно увлажненными и умеренно засушливыми. Коэффициент увлажнения (0,9–1,0) свидетельствует об эквивалентности увлажнения почвы и испарения из нее влаги. Несмотря на то, что в отдельные месяцы количество осадков превышало норму (в 1,1–3,3 раза), растения временами испытывали недостаток влаги, так как осадки выпадали в основном в виде ливней и в связи с промывным водным режимом почв терялись в короткие сроки, легко проникая в глубокие слои почвы.

При длительном сельскохозяйственном использовании без применения удобрений плодородие чернозема выщелоченного проявляло явную тенденцию к снижению. Потери гумуса из слоя 0–40 см сравнительно невелики при внесении в почву средних доз минеральных удобрений, значительные - при внесении повышенных доз. По тройной дозе NPK в слое 0–30 см количество гумуса за 43 года уменьшилось почти на 0,5%, а в слое 30–40 см - на 1,06%. На расчетном варианте в слое 0–30 см содержание гумуса за первые 16 лет (из 43-х) снизилось на 0,22%, затем стабилизировалось на уровне 5,30%, что на 0,26% меньше исходного уровня. Периодическое унавоживание почвы (30 т/га 1 раз в 5 лет) способствовало обогащению пахотного и подпахотного слоев гумусом. По органо-минеральной системе удобрения в первые 5 лет содержание гумуса несколько снижалось по сравнению с контролем, а в

дальнейшем стало повышаться и к концу наблюдений превзошло контроль в слоях 0-30 и 30-40 см на 0,43 и 0,22% соответственно.

Длительное систематическое применение удобрений в севообороте значительно повлияло на физико-химические свойства чернозема выщелоченного. В слое 0-40 см в течение 45 лет даже без применения удобрений показатель $pH(H_2O)$ снизился на 0,2 ед., а при применении одних минеральных - на 0,3-0,5 ед. Обменная и гидролитическая кислотность в течение первых 16 лет (из 45-ти) также повышались, но в дальнейшем, в отличие от актуальной, остались на прежнем уровне. За 45 лет наблюдений показатель $pH(KCl)$ снизился на 1,1 ед. на контроле и на 1,2-1,3 ед. - на вариантах с минеральными удобрениями, а гидролитическая кислотность повысилась на этих вариантах соответственно на 0,3 и 1,2-1,5 мг-экв./100 г почвы. Внесение навоза несколько смягчило подкисление почвы: в варианте навоз+НПК за 45 лет показатель $pH(KCl)$ снизился на 0,8 ед., и отличался от контроля всего на 0,1 ед., а гидролитическая кислотность уменьшилась на 0,1 мг-экв./100 г почвы по сравнению с исходным уровнем, и была ниже, чем на контроле на 0,4 мг-экв./100 г.

За 45 лет в черноземе выщелоченном на фоне естественного плодородия сумма поглощенных оснований и емкость поглощения повысились соответственно на 3,1 и 2,8 мг-экв./100 г почвы. Удобренные варианты имели слабую тенденцию к повышению по сумме поглощенных катионов и отчетливо отличались в сторону превышения по емкости поглощения. Степень насыщенности почвы основаниями в первые 16 лет (из 45-ти) снизилась из-за повышения гидролитической кислотности, но в дальнейшем возросла по сравнению с исходным уровнем. Органо-минеральная система удобрения увеличила ее за 45 лет на 2,3%, что выше, чем на контроле на 1,6%, а варианте с минеральной системой - на 4,0%.

Удобрения отчетливо улучшали эффективное плодородие чернозема выщелоченного, обогащая его подвижными формами питательных элементов, несмотря на значительный вынос азота, фосфора и калия с урожаем культур. В среднем за 4 ротации севооборота удобрения обеспечивали пре-

вышение в 0-40 см слое почвы содержания поглощенного аммония, нитратов, подвижного фосфора и обменного калия соответственно на 5,2-10,2; 5,5-11,4; 8,8-31,8 и 9,3-19,0 мг/кг почвы, или 16-32, 66-137, 11-40 и 17-13%. Наибольший эффект от удобрений получен в вариантах с высокими (тройной и расчетной) дозами удобрений. Вместе с тем за 20-летний период (1994-2016 гг.) на неудобренном контроле содержание поглощенного аммония, подвижного фосфора и обменного калия снизилось соответственно на 3,3; 7,3 и 11,4 мг/кг почвы (9,7; 8,7 и 7,6%), а на удобренных вариантах – на 0,3-2,3; 2,4-14,4 и 1,3-5,2 мг/кг (0,8-5,4; 2,7-11,9 и 0,9-3,3%), а содержание нитратов, наоборот, несколько увеличилось: на неудобренном контроле - на 3,0 мг/кг почвы (37,3%), а на удобренных вариантах – на 3,1-4,4 мг/кг (24-31%).

За 40 лет наблюдений (1971-2012 гг.) без применения удобрений в пахотном слое прослеживалась тенденция уменьшения содержания минерального азота ($N-NH_4 + N-NO_3$) к середине периода наблюдений и дальнейшая его стабилизация на уровне 3,3 мг/100 г почвы. При систематическом применении удобрений указанный показатель заметно превосходил контроль во все периоды наблюдения, особенно в последние 10 лет - преимущество составило 1,1 мг/100 г почвы. Содержание подвижного фосфора на варианте без удобрений к середине периода наблюдений снижалось незначительно, но в дальнейшем более резко, почти в 2 раза. На удобренных вариантах эта динамика проявлялась в меньшей степени благодаря вносимому фосфорному удобрению. Содержание обменного калия со временем убывало и за 40 лет снизилось на контроле на 6,3 мг/100 г почвы. Удобренные варианты превосходили контроль на 2,8-3,1 мг/100 г почвы при идентичной с контролем динамике обменного калия. По показателям обеспеченности почвы подвижными формами питательных веществ органо-минеральная система удобрения не имела преимуществ перед минеральной.

Удобрения обеспечивали интенсивное формирование вегетативной массы культур севооборота. Наибольшую высоту и площадь листьев растений всех культур обеспечили тройная и расчетная дозы удобрений. Установ-

лена прямая линейная зависимость фотосинтетической деятельности растений от обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов. Общая закономерность процесса накопления сухого вещества и потребления азота, фосфора и калия культурами севооборота состояла в постепенном снижении их концентраций в растениях и увеличении абсолютного содержания по мере роста и развития растений. Наибольшее накопление сухого вещества отмечено в расчетном варианте. В периоды интенсивного роста и развития растений концентрация азота, фосфора и калия в них снижалась сильнее. На удобренных вариантах эти закономерности проявлялись в той же мере, но относительное и абсолютное содержание питательных элементов в растениях было существенно выше, причем повышалось оно по мере увеличения доз удобрений. Результаты исследований позволили обосновать оптимальные концентрации NPK в надземной части культур севооборота: люцерны в фазы всходов и начала ветвления: N – 4,4 и 3,0; P₂O₅ – 0,9 и 0,9; K₂O – 3,5 и 3,2%; клевера лугового в фазы всходов и начала ветвления: N – 4,0 и 2,5; P₂O₅ – 0,8 и 0,8; K₂O – 3,1 и 1,8%; озимой пшеницы в фазы весеннего кущения и трубкования N – 5,0-5,4 и 3,1-3,4; P₂O₅ – 0,9-1,0 и 0,7-0,8; K₂O – 3,4-3,4 и 3,0-3,4%; кукурузы в фазы всходов и 5-6 листьев N – 4,8-4,9 и 3,5-3,9; P₂O₅ – 1,2-1,3 и 1,0-1,1; K₂O – 3,8-4,2 и 3,4-4,0%; суданской травы в фазы всходов и трубкования N – 5,0 и 4,1; P₂O₅ – 0,9 и 0,8; K₂O – 6,0 и 4,2%.

Длительное систематическое применение удобрений оказывало положительное влияние на урожайность культур севооборота. Урожайность культур и эффективность удобрений зависели от гидротермических условий года и обеспеченности почвы подвижными формами питательных элементов. Установлена сильная корреляционная линейная зависимость урожайности культур от доз вносимых удобрений. В среднем за 4 ротации наибольшие прибавки урожая культур обеспечили удобрения в дозах: N₇₀P₁₄₅K₁₀₀ (расчетная) – 19,0 т/га (154%) зеленой массы многолетних трав; N₁₀₀P₈₀K₈₀ (двойная) – 3,01 т/га (107%) зерна и 5,22 т/га (115%) соломы озимой пшеницы (после многолетних трав); N₁₀₀P₆₅K₆₅ (двойная) – 3,06 т/га (113%) зерна и 5,13 т/га (119%)

соломы озимой пшеницы (после кукурузы на силос); $N_{90}P_{70}K_{145}$ (расчетная) – 4,57 т/га (121%) зерна и 6,37 т/га (100%) соломы кукурузы на зерно и 25,6 т/га (125%) листостебельной массы кукурузы на силос; $N_{145}P_{60}K_{100}$ (расчетная) – 29,0 т/га (120%) зеленой массы суданской травы. Преимущество совместного внесения навоза с минеральными удобрениями в севообороте перед внесением одних минеральных удобрений проявилось только по суданской траве - урожайность зеленой массы увеличилась на 8,5 т/га (22%). Можно выделить значение фосфора в получении прибавки урожая люцерны, клевера лугового и суданской травы, азота - кукурузы на силос и соломы озимой пшеницы и кукурузы, но гораздо эффективнее оказалось совместное увеличение доз азота и фосфора по всем культурам.

Урожайность зерновых культур находилась в прямой зависимости от показателей элементов структуры урожая, на которые, в свою очередь, положительно повлияли вносимые удобрения, особенно в расчетных дозах. Более существенное влияние на размеры и озерненность колосьев озимой пшеницы оказало увеличение в составе удобрения дозы фосфора, а из парных сочетаний – азота и фосфора. Выявлена роль фосфора и калия в формировании продуктивности кукурузы как в отдельности, так и парном сочетании. Существенное преимущество имела органо-минеральная система удобрения по ряду показателей структуры урожая кукурузы (продуктивность посева, размеры и масса початков).

Результаты 20-летних исследований свидетельствуют о положительном влиянии длительного применения удобрений на показатели среднегодовой продуктивности полевого севооборота. При минимальной среднегодовой продуктивности севооборота за 20-летний период (4 ротации) на фоне естественного плодородия – 4,27 т/га з.е., по всем вариантам системы удобрения она возросла на 2,40-4,71 т/га з.е. (36–110%), причем прирост продуктивности увеличивался по мере повышения доз удобрений, хотя на отрезке от двойной дозы до тройной эффект выражен слабо. Наибольшую продуктивность севооборота обеспечила расчетная доза удобрений – 8,98 т/га з.е., что

превышало аналогичный показатель варианта без удобрений более чем в 2 раза. Доля участия удобрений в формировании продуктивности росла по мере увеличения их доз с 26,6 до 52,4% и имела максимальное значение в расчетном варианте.

По влиянию повышения доз отдельных элементов в составе NPK можно выделить варианты совместного внесения азота и фосфора, а увеличение доз элементов питания в отдельности на продуктивность особого влияния не оказывало, хотя коэффициенты корреляции между продуктивностью севооборота и дозами удобрений характеризовали линейную зависимость как очень сильную - от внесения фосфора ($r=0,91$), весьма сильную - калия ($r=0,87$) и азота ($r=0,86$).

Органо-минеральная система удобрения имела незначительное преимущество по сравнению с минеральной, однако с учетом положительного влияния навоза на водно-воздушные и физико-химические свойства почвы она заслуживает предпочтения. Поэтому мы рекомендуем применять удобрения в расчетных дозах, но по органо-минеральной системе - 6 т/га/год навоза + NPK эквивалентно $N_{123}P_{106}K_{95}$. Поскольку на озимой пшенице мы наблюдали стабильный эффект от средних доз удобрений, считаем целесообразным под эту культуру вносить средние дозы удобрений - $N_{84}P_{74}K_{72}$ (уровня $N_2P_2K_2$). Такой дифференцированный подход, как показали расчеты, не снизит продуктивность севооборота, однако значительно уменьшит экономические затраты на применение удобрений.

Удобрения оказали положительное влияние на химический состав и качество культур полевого севооборота. На удобренных вариантах содержание N, P_2O_5 и K_2O в продукции всех культур было выше, чем на контроле. Однако это повышение проявлялось в разной степени по элементам: в большей степени возрастало содержание азота, в меньшей – фосфора и калия. В целом можно отметить следующую закономерность: преобладание каждого элемента в составе NPK приводило к увеличению его концентрации в растительной продукции, в частности, повышенные дозы N в составе NPK увели-

чили содержание азота, а, следовательно, и протеина в урожае всех культур. Соответственно повышалось содержание фосфора и калия, но в меньшей степени.

Длительное применение удобрений улучшало биохимический состав продукции. При этом по всем культурам наиболее существенно повышалось содержание протеина, в основном при внесении расчетных доз удобрений: в сене люцерны и клевера - на 2,5 и 3,3%, зерне озимой пшеницы и кукурузы - на 1,9 и 1,9%, сухой массе кукурузы на силос и суданской травы - на 2,5 и 1,6%. Варианты с тройной дозой азота и расчетный отличались максимальными значениями стекловидности зерна озимой пшеницы (59-61%) и содержания в нем сырой клейковины (29,2-30,0%) при содержании на контроле 49 и 25,6%. Максимальная упругость клейковины (I группа качества) отмечена на вариантах с внесением умеренных и сбалансированных доз удобрений.

Содержание жира под действием удобрений имело тенденцию к повышению в зеленой массе трав и силосной кукурузы, а в зерне озимой пшеницы и кукурузы наблюдалась в целом противоположная тенденция – к уменьшению. Клетчатки больше накапливалось в зеленой массе трав и кукурузы на силос. Однозначной закономерности при этом не отмечено: одни удобренные варианты уступали контролю, другие превосходили. Наибольший уровень накопления золы наблюдается в зеленой массе кукурузы и травах. Количество золы по вариантам изменялось незначительно, при этом у трав можно отметить тенденцию повышения зольности по мере увеличения уровня минерального питания по сравнению с неудобренным контролем.

Удобрения оказывали определенное влияние на вынос питательных элементов растениями. Все изучаемые культуры выносят с урожаем меньше фосфора. Вынос азота преобладает над выносом калия, причем наиболее существенно - у озимой пшеницы, менее - у кукурузы на зерно и трав, равноценно - у кукурузы на силос. С повышением доз удобрений последовательно повышается общий вынос питательных элементов с урожаем и в большинстве случаев на единицу продукции. 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 имело вид: по азоту - 2,9-4,2 : 1, по фосфору – 2,2-3,3 : 1, по калию – 0,4-0,5 : 1; в растениях кукурузы на зерно соответственно: 1,3-2,0 : 1; 1,5-2,2 : 1 и 0,2-0,3 : 1.

По изучаемым системам удобрения складывался отрицательный баланс по азоту (дефицит - 21-65%), положительный - по фосфору (14-78% кроме двух вариантов с одинарной дозой фосфора, где баланс был отрицательным) и более отрицательный - по калию (дефицит - 35-75%), что вынуждает прогнозировать ухудшение азотного и особенно калийного режима почвы. Одностороннее увеличение дозы одного элемента повышало положительный баланс его в почве. Отрицательное влияние на баланс одного элемента оказывало увеличение доз другого элемента в составе NPK. Недостаток элемента в составе удобрения способствует большему использованию его растениями из почвы. Коэффициент использования удобрений (КИУ) одного из элементов значительно возрастал с повышением доз других двух элементов в составе NPK, а одностороннее увеличение его дозы, наоборот, снижало КИУ этого элемента.

На неудобренном варианте во все годы складывался наименьший дефицит гумуса, близкий к нулю, в 8-й ротации он даже был нулевым, а возмещение выноса за 4 ротации составило 92%. На удобренных (минеральными удобрениями) вариантах ежегодная минерализация гумуса составляла 1,25-2,23 т/га, а новообразование – 0,96-1,41 т/га. Поэтому наблюдался дефицит гумуса, который ежегодно находился в пределах (-)0,29 - (-)0,82 т/га, или 23-47%. Процесс минерализации гумуса протекал интенсивнее с повышением доз удобрений. За 20-летний период с внесением разных доз удобрений количество гумуса снизилось по сравнению с контролем соответственно на 0,23-0,76 т/га. Из отдельных элементов в составе удобрения наиболее существенно на минерализацию гумуса влиял азот, а совместное увеличение доз азота и фосфора стабильно увеличивало потери гумуса. Внесение навоза способствовало воспроизводству гумуса: во все годы органо-минеральная система обеспечивала положительный баланс. Среднегодовой за 4 ротации сево-

оборота профицит гумуса составил 0,84 т/га, или 143% несмотря на то, что минерализация гумуса на этом варианте существенно превышала аналогичный процесс на эквивалентном варианте с минеральной системой.

Применение удобрений в севообороте на черноземе выщелоченном, подстилаемом галечником, Центральной части Северного Кавказа, несмотря на дополнительные затраты на этот агроприем, эффективны и с экономической точки зрения. По всем системам удобрения наблюдается получение дополнительного чистого дохода, который обусловлен высокой прибавкой урожая, стоимость которой с максимальной выгодой покрывала затраты на применение удобрений. Расчетная доза удобрений обеспечила наибольший условно чистый доход на кукурузе на зерно, кукурузе на силос и суданской траве - 33,0; 27,8 и 24,2 тыс. руб./га и 1,39; 1,19 и 1,26 руб./руб. затрат соответственно. На многолетних травах эффективнее оказался вариант с тройной дозой NPK (УЧД = 26,7 тыс. руб./га) за счет меньшей по сравнению с расчетной дозы дорогих фосфорных удобрений. На озимой пшенице наибольший условно-чистый доход получен при внесении двойной дозы удобрений: по органо-минеральной и минеральной системам он составил 23,3 и 22,0 тыс. руб./га и 1,29 и 1,23 руб./руб. затрат соответственно. В среднем по севообороту наибольший условно чистый доход обеспечен при внесении расчетной дозы удобрений – 23,2 тыс. руб./га., но уступал по рентабельности вариантам с двойной дозой NPK (по минеральной и органо-минеральной системам) – 107% - против 111 и 126%.

Удобрения высоко окупаются прибавкой урожая, увеличивают ее энергоотдачу и соответственно энергетический КПД. В целом по севообороту каждый кг д.в. вносимых удобрений обеспечил 13,5-17,5 кг з.е. дополнительной продукции при преимуществе варианта навоз+NPK. Наибольший чистый энергетический доход получен при внесении расчетной дозы удобрений (37,7 ГДж/га), а наибольшие коэффициент энергетической эффективности удобрений (3,91), энергетический КПД посева (4,91) и наименьшая энергетическая себестоимость (1,98 ГДж/т з.е.) получены в варианте N₁P₂K₁.

Предложения производству

Для получения среднегодовой продуктивности полевых севооборотов порядка 8-9 т з.е./га на черноземах выщелоченных лесостепной зоны Северного Кавказа, подстилаемых галечником, рекомендуем следующее.

1. Применять удобрения со среднегодовой дозой $N_{125}P_{100}K_{100}$ в виде сочетания минеральных удобрений с навозом (6 т/га/год). Оптимальные дозы под отдельные культуры севооборота составляют: $N_{70}P_{145}K_{100}$ под многолетние травы, $N_{100}P_{80}K_{80}$ - озимую пшеницу, $N_{145}P_{95}K_{115}$ - кукурузу на зерно и на силос, $N_{145}P_{100}K_{90}$ - суданскую траву. Удобрения следует вносить дробно: основное: $N_{70}P_{135}K_{100}$ под многолетние травы, $N_{40}P_{70}K_{80}$ - озимую пшеницу, $N_{85}P_{85}K_{115}$ - кукурузу на зерно и на силос, $N_{85}P_{90}K_{90}$ - суданскую траву. Причем, под озимую пшеницу основное внесение производить осенью под вспашку, а под остальные культуры - осенью под зябь (фосфорно-калийные и органические) и весной под предпосевную культивацию (азотные). При посеве всех культур эффективно применение суперфосфата простого гранулированного в дозе P_{10} для каждой культуры. Эффективно применение подкормок: на многолетних травах - N_{30} после укоса; озимой пшенице - N_{30} (корневая) в начале весенней вегетации и N_{30} (некорневая 15%-м раствором мочевины) в фазу колошения-цветения; кукурузе – по N_{30} в фазы всходов и 5-6 листьев; суданской траве – по N_{30} после укосов.

2. Для растительной диагностики питания и установления необходимости подкормок минеральными удобрениями рекомендуем использовать оптимальные концентрации NPK в надземной части культур севооборота, приведенные выше.

3. Для прогнозирования продуктивности севооборотов по внесенным дозам NPK , а также определения суммарной дозы NPK для получения запланированной продуктивности севооборота рекомендуем использовать данные таблицы 61.

4. Для расчета доз удобрений на запланированный урожай рекомендуем использовать экспериментально полученные данные о выносе питательных веществ с урожаем (табл. 75), Коэффициенты использования питательных веществ из удобрений, балансовые коэффициенты и коэффициенты возмещения выноса с урожаем полевых культур (табл. 79), Коэффициенты использования питательных веществ из почвы (табл. 80).

5. Для стабилизации гумусного состояния почвы, поддержания бездефицитного баланса гумуса рекомендуем внесение - 5-14 т/га ежегодно навоза. Помимо навоза необходимо широко использовать посевы сидеральных промежуточных культур, солому, листостебельную массу, компосты и т.д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абасов, М. М. Влияние минеральных удобрений на продуктивность люцерны и костреца безостого на окультуренной дерново-подзолистой почве : специальность 06.01.04. агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Абасов Музафар Мирзеагаевич. - М.: ВИУА, 1982. - 24 с.
2. Абашев, В. Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы / В. Д. Абашев, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, С. Н. Жук // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. - 2017. - № 1 (17). - С. 7-11.
3. Абашев, В. Д. Влияние минеральных удобрений на урожайность зерна яровой пшеницы / В. Д. Абашев, Ф. А. Попов, Е. Н. Носкова, С. Н. Жук // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2017. № 1 (17). С. 7-11.
4. Авазов, А. Ш. Влияние азотных удобрений на озимую пшеницу в условиях орошения / А. Ш. Авазов //Агрохимический вестник. – 1997. - №6. - С. 39.
5. Авдонин, Н. С. Научные основы применения удобрений Н. С. Авдонин. - М.: Колос.- 1972.- 320 с.
6. Авдонин, Н. С. О потенциале растения и преодолении вредного действия удобрений при высоких урожаях / Н. С. Авдонин // Вестник с-х. науки. – 1978. - №10. – С. 52-62.
7. Авдонин, Н. С. Почвы, удобрения и качество растениеводческой продукции / Н. С. Авдонин. – М.: Колос, 1979. – 299 с.
8. Аверкин, П. М. Формирование урожая и качества люцерны в зависимости от регулятора роста / П. М. Аверкин, В. В. Бутяйкин, М. П. Аверкина. – Саранск : Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, 2017. – 80 с.
9. Агафонов Г.А. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество кукурузы (на орошаемых сероземных почвах Джамбулской обл.):

специальность 06.533 - агрохимия : автореферат дис.... канд. с.-х. наук / Агафонов Геннадий Александрович. - Каз. науч.-исслед. ин-т земледелия им. В. Р. Вильямса. - Алма-Ата, 1968. - 19 с.

10. Агафонов, Е. В. Применение комплексных удобрений и азотной подкормки в посевах озимой пшеницы / Е. В. Агафонов, М. В. Максименко // Земледелие. - 2012. - №7. - С. 16-17.

11. Агафонов, Е. В. Система удобрения гибридов кукурузы при выращивании на зерно / Е. В. Агафонов, А. А. Батаков // Кормопроизводство. - 2002. - № 5. - С.18-20.

12. Агеев, В. В. Динамика гумуса в связи со способом использования пашни / В. В. Агеев // Труды Ставропольского НИИСХ. - Ставрополь, 1979. - Вып. 42. - С. 73-77.

13. Агеев, В. В. Длительные стационары - основа теории и практики агрохимии / В. В. Агеев, А. И. Подколзин // Агрохимический вестник. – 2005. – № 4. – С. 5-7.

14. Агеев, В. В. Системы удобрений в севооборотах Юга России : учеб. пособие / В. В. Агеев, А. И. Подколзин. - Ставрополь : СГСХА, 2001. - 352 с.

15. 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.

16. Адаев, Н. Л. Агробиологические основы реализации биоресурсного потенциала кукурузы в Центральной части Северного Кавказа : специальность 03.02.14 Биологические ресурсы : автореферат дис. доктора биол. наук / Адаев Нурбек Ломалиевич. – Владикавказ, 2016. – 22 с.

17. Адерихин, П. Г. Фосфор в почвах и земледелии ЦентральноЧерноземной полосы / П. Г. Адерихин. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1970. - 248 с.

18. Азизов, Б. М. Урожайность и технологические качества зерна озимой пшеницы при некорневой подкормке / Б. М. Азизов // Аграрная наука. - 2013. - №9. - С. 15-16.

19. 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.
20. Айсанов, Т. С. Динамика параметров Нг чернозема выщелоченного Ставропольской возвышенности и урожайность озимой пшеницы в длительном стационаре / Т. С. Айсанов, А. И. Подколзин // Вестник АПК Ставрополья. – 2015. – №1(17). – С. 181–184.
21. 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.
22. 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.
23. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. - Л.: Наука, 1980. – 288 с.
24. Алексеев, А. И. Изменение плодородия чернозема выщелоченного при использовании природных цеолитов и удобрений / А. И. Алексеев, Е. Н. Кузин, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3(23). – С. 4-10.
25. Алексеев, Ю. В. Качество растениеводческой продукции / Ю. В. Алексеев. – Л.: Колос, 1978. – 255 с.
26. Алиев, Д. А. Фотосинтетическая деятельность, минеральное питание и продуктивность растений [Текст] / Д. А. Алиев. – Баку, «ЭЛМ», 1974. – 333 с.
27. Алиев, М. С. Разработка основных агротехнических приемов, обеспечивающих высокий урожай кукурузы на зерно и силос в орошаемых районах Кировобад-Казахстанской зоны: специальность - 06.00.00: Сельское

хозяйство : автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Алиев, Муса Сафар оглы. - Кировобад, 1972. – 24 с..

28. Алиев, С. А. Влияние минеральных удобрений на формы азота, качественный и количественный состав связанных аминокислот в надземной части люцерны / С. А. Алиев, М. А. Шихаев, Б. Б. Закирова // Доклады АН Азербайджанской ССР. – 1984. - Т. 40. - С. 69-72.

29. Алисова, С. М. Влияние минерального азота на ацетилен восстанавливающую активность клубеньков гороха / С. М. Алисова // Труды Всесоюзного НИИ с.-х. микробиологии – 1987. - Т. 47. – С. 58.

30. Амиров, М. Б. Влияние длительного применения возрастающих доз удобрений на плодородие чернозема выщелоченного и динамику урожаев сельскохозяйственных культур / М. Б. Амиров // Агрохимия. – 1991. - № 1. – С. 61-66.

31. Андреев, Н. Г. Луговое и полевое кормопроизводство [Текст] / Н. Г. Андреев. – М.: Колос, 1984. – 494 с.

32. Андриеш, С. В. Влияние минеральных удобрений на химический состав, урожай и качество кукурузы на выщелоченном черноземе : 06.533 - агрохимия : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / С. В. Андриеш. - М., 1971. – 24 с.

33. Анохин, В. С. Фосфорные удобрения и содержание подвижных форм фосфора в почвах Кемеровской области / В. С. Анохин, Ю. А. Королев // Агрохимический вестник – 2006. №3. – С. 30-32.

34. Антонова, О. И. Управление питанием кукурузы на черноземах умеренно засушливой и колочной степи Алтайского края / О. И. Антонова, А. Г. Шестаков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4(114). – С. 5-9.

35. Аркуша, В. Е. Влияние длительного применения навоза и минеральных удобрений на продуктивность культур полевого севооборота и плодородие чернозема реградированного правобережной лесостепи Украины / В. Е. Аркуша, А. И. Буджерак // Агрохимия. – 1998. - №3. - С. 31-37.

36. Артюхов, И. К. Состав и дозы внесения минеральных удобрений под кукурузу / И. К. Артюхов, И. Ф. Буряк, В. Х. Юнок, П. С. Лемишко / Основные выводы по полевым опытам на Эрастовской опытной станции (1948-1968). – Днепропетровск, 1970. – С. 12-14.
37. Артюшин, А. М. Минеральные удобрения и дозы их внесения / А. М. Артюшин, В. П. Толстоусов, А. Х. Халитов. – М.: Колос, 1967. – 254 с.
38. Асеева, К. Б. Аминокислотный состав клубеньков ольхи, фасоли и люпина / К. Б. Асеева, З. Г. Евстигнеева, В. Л. Кретович // Доклады АН СССР 169, 1966. – № 2 - С. 463-465.
39. Асланов, И. Е. Полевое кормопроизводство [Текст] / И. Е. Асланов, В. Н. Бондарев, В. Н. Киреев, Ю. К. Новоселов, М. С. Рогов. – М.: Колос. – 1981. – 89 с.
40. Афанасьев, Р. А. Содержание подвижного фосфора в почвах при длительном применении удобрений / Р. А. Афанасьев, Г. Е. Мерзлая // Агрохимия. - 2013. - №2. - С. 30-36.
41. Афендулов, К. П. Минеральное питание и удобрение кукурузы. / К. П. Афендулов. – Киев: Урожай, 1966. – 259 с.
42. Ахмегаев, А. М. Изменение фосфатного режима почв и применение удобрений в равнинной зоне Дагестана / А. М. Ахмедагаев, Р. М. Азнауров, Ф. К. Мамедгусейнов, А. Г. Велиханов // Агрохимический вестник. – 2013. – № 2. – С. 7-8.
43. Ахметзянова, Р. Р. Влияние корневой подкормки калийными удобрениями на семенную продуктивность люцерны / Р. Р. Ахметзянова // Агрохимический вестник. – 2016. – № 4. – С. 39-40.
44. Ачканов А. Я. Эффективное применение удобрений на Северном Кавказе / А. Я. Ачканов, Ю. В. Хомутов, Э. К. Эйсерт. – М.: Россельхозиздат, 1984. - 160 с.
45. Аюпов, З. З. Продуктивность полевых севооборотов в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрений / З. З. Аюпов, Н. Г. Рыцева // Достижения науки и техники АПК. - 2010. - №2. - С. 10-12.

46. Багов, М. Б. Влияние различных доз минеральных удобрений на урожай и качество озимой пшеницы на черноземных почвах КБР / М. Б. Багов, Р. А. Гажева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. - 2017. - № 1 (75). - С. 113-116.

47. Багринцева, В. Н. Влияние калийных удобрений на рост и продуктивность растений кукурузы на черноземе обыкновенном карбонатном / В. Н. Багринцева, И. А. Шмалько // Агрохимия. – 2006. – № 6. – С. 40-44.

48. Багринцева, В. Н. Исследования по совершенствованию технологии возделывания кукурузы в Ставропольском крае / В. Н. Багринцева // Кукуруза и сорго. – 2008. – № 1. – С. 16-19.

49. Бадина, Г. В. Основы агрохимии [Текст] / Г. В. Бадина, А. В. Королев, Р. О. Королева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 434 с.

50. 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.

51. 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.

52. Балаев, А. Д. Трансформация органического вещества черноземных почв под влиянием длительного применения различных систем обработки и удобрения/ А. Д. Балаев, М. В. Гаврилюк, В. Н. Недбаев // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 47-48.

53. Баранов, Н. Н. Экономические исследования по эффективности удобрений [Текст] / Н. Н. Баранов / Научные труды. Удобрения и основные условия их эффективного применения. - М.: Колос, 1970. - С. 441-467.

54. Барбалис, П. Д. Влияние агрохимических свойств почвы и минеральных удобрений на урожай озимой ржи, ячменя и картофеля в Латвий-

ской ССР : специальность 06.533 - агрохимия : автореф. дис.... доктора с.-х. наук / Барбалис Петр Донатович. – Елгава, 1970. – 43 с.

55. Басиев, А. Е. Продуктивность звена полевого севооборота и агрохимические свойства выщелоченного чернозема в зависимости от системы удобрения : специальность 06.01.04 Агрохимия : дис. канд. с.-х. наук / Басиев Аслан Есеевич. – Владикавказ, 2005. – 209 с.

56. Басиева, Л. Ж. Влияние удобрений на урожай и качество озимой пшеницы / Л. Ж. Басиева, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов / Оптимизация структур ландшафтного земледелия в условиях адаптивной интенсификации. - Владикавказ, 1996. - С. 6-8.

57. Белов, А. П. Влияние минеральных и органических удобрений на урожай, химический состав кукурузы и яровой пшеницы в условиях степной зоны Омской области : специальность 06.533 - агрохимия : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Белов Анатолий Павлович. – Омск, 1969. – 21 с.

58. Белоус, Г. М. Пищевой режим мощного чернозема и баланс элементов питания при систематическом применении удобрений в севообороте / Г. М. Белоус, В. С. Чумак / Агротехника и селекция кукурузы и других полевых культур северной степи УССР. – Днепропетровск, 1975. – С. 34-42.

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

60. Бельтюков, Л. П. Применение удобрений под зерновые культуры на Дону / Л. П. Бельтюков, А. А. Гриценко. – зерноград : Всероссийский научно-исследовательский и проектно-технологический институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 1993. – 228 с.

61. Бельтюков, Л. П., Продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от удобрений и густоты стояния растений / Л. П. Бельтюков, Е. К. Кувшинова, И. М. Тюрин, В. А. Козлов. - зерноград : Азово-Черноморский инженерный институт, 2015. – 181 с.

62. 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.

63. Беспанеев, С. М. Влияние удобрений на качество с.-х. продукции / С. М. Беспанеев, М. Б. Багов, О. М. Булатова // Агрохимический вестник – 2008. - №1. – С. 39.

64. Беспанеев, С. М. Дозы удобрений при выращивании озимой пшеницы на выщелоченном черноземе / С. М. Беспанеев, М. Б. Багов, Р. С. Киржинов [и др.]. // Агрохимический вестник – 2003. - № 5. – С. 16-17.

65. Бечус, П. П. Эффективность минеральных удобрений в хозяйствах Литовской ССР / Бечус П. П. / Итоги работы государственной агрохимической службы в СССР. – М.: Колос, 1971. – С. 21-25.

66. Бижоев, В. М. Динамика гумуса в черноземе при длительном удобрении и орошении / В. М. Бижоев, Т. П. Лифаненкова, С. Х. Дзанагов // Плодородие – 2006. - №6. – С. 32-34.

67. Бижоев, В. М. Изменение плодородия чернозема обыкновенного при 50-летнем применении удобрений и орошения / В. М. Бижоев. - Нальчик. 2005. – 199 с.

68. Бижоева, Т. П. Использование оптимальных систем удобрения на черноземе обыкновенном в Кабардино-Балкарской Республике / Т. П. Бижоева. - Нальчик, 2013. - 32 с.

69. Бижоева, Т. П. Особенности системы применения удобрения озимой пшеницы в неорошаемых и орошаемых условиях степной зоны Центрального Предкавказья в связи с изменением климата / Т. П. Бижоева, Р. В. Бижоев // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. - 2017. - № 4 (78). - С. 118-124.

70. Биктимиров, Р. А. Исходный материал для селекции суданской травы в условиях предуральской степной зоны Республики Башкортостан : специальность 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных

растений : дис.... канд. с.-х. наук / Биктимиров Рифхат Анварович. – Уфа, 2012. – 189 с.

71. Блянкман, Л. М. Ресурсо - и энергосберегающие технологии в АПК / Л. М. Блянкман, Н. И. Анисимов. – Минск: Ураджай, 1990. – С. 102-107.

72. Бова, В. Н. Эффективность минеральных удобрений при возделывании люцерны в условиях Украины : специальность 06.01.09 - растениеводство : автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Бова Виталий Николаевич. – Полтава, 1973. – 24 с.

73. 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.

74. Боярович, Н. М. О соотношениях аммиачного и нитратного азота в почве в связи с орошением кукурузы / Н. М. Боярович // Агрохимия. – 1967. - №7. – С. 21-23.

75. Бровкин, В. И. Влияние удобрений на продуктивность культур и свойства почвы в третьей ротации зернового севооборота на выщелоченном черноземе Тульской области / В. И. Бровкин // Агрохимия. – 1996. - №11. - С. 61.

76. Бровкин, В. И. Как повысить урожай озимой пшеницы / В. И. Бровкин, С. Ф. Соколенко // Защита и карантин растений. - 2010. - №11. - С. 20-22.

77. Бугаев, В. П. Влияние минеральных удобрений и навоза на агрохимические свойства почв и вынос питательных элементов урожаем в многолетнем опыте / В. П. Бугаев, З. М. Осипова // Агрохимия. – 1966. - № 4. – С. 59-70.

78. Бугрий З. В. Вервайн О. Д. Результаты многолетнего опыта по изучению действия извести на урожай яровой пшеницы и зеленой массы клевера в таежной зоне Западной Сибири / З. В. Бугрий, О. Д. Вервайн / Селек-

ция и семеноводство на севере Западной Сибири. - Новосибирск: РПО СО ВАСХНИЛ, 1985. - С. 82-89.

79. Бука, А. Я. Влияние осенней и весенней подкормки на урожай и качество зерна озимой пшеницы в юго-восточной части левобережной лесостепи УССР / А. Я. Бука // Агрохимия. – 1970. - №3. – С. 21-22.

80. Букин, В. И. Физиология орошаемой люцерны / В. И. Букин, В. П. Иванов, М. И. Тарковский. - М.: Колос, 1984. - 156 с.

81. Бундина О. И. Качество зерна России: проблемы и решения / О. И. Бундина, А. С. Хухрин // Экономические исследования и разработки. – 2017. – № 11. – С. 104-115.

82. Бураков, Г. Н. Действие удобрений на урожай и качество зерна кукурузы при орошении в условиях дельты Р. Волги : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Г. Н. Бураков. – Волгоград, 1966. – 20 с.

83. Бурлуцкий, В. А. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от приемов основной обработки почвы и внесения минеральных удобрений / В. А. Бурлуцкий, А. Н. Филатов // В сб. Достижения современной аграрной науки сельскохозяйственному производству / Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией В.Н. Мазурова. - 2017. - С. 65-71.

84. Буцорога, М. М. Влияние минеральных удобрений на химический состав зерна и урожай кукурузы / М. М. Буцорога, И. Т. Першак // Химия в сельском хозяйстве. – 1964. - №9. – С. 24-26.

85. Бясов К. Х. Почвозащитная бороздковая безгербицидная технология возделывания кукурузы / К. Х. Бясов, В. Т. Украинцева, Р. А. Кусов. - Орджоникидзе, 1989. – 40 с.

86. Бясов, К. Х. Природные ресурсы Республики Северная Осетия-Алания: В 18-ти т. / К. Х. Бясов, С. Х. Дзанагов, Н. И. Калоева [и др.]. – Владикавказ: Проект-Пресс, 2000 – 384 с.

87. Вавилов, П. П. Бобовые культуры и проблема растительного белка / П. П. Вавилов, Г. С. Посыпанов. - М.: Россельхозиздат, 1983. - С. 58-779.

88. Вавилов, П. П. Растениеводство / П. П. Вавилов, В. В. Гриценко, В. С. Кузнецов, и др. - М.: Агропромиздат, 1986. – 512с.
89. Вавилов, П. П. Урожайность: возможности роста / П. П. Вавилов, В. И. Скоблина. - М.: Знание, 1981. - 64 с.
90. Важов, В. М. Отдельные показатели фотосинтеза полевых культур в Бийской лесостепи [Текст] / В. М. Важов // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 11. – С. 92–95.
91. Вайнберг, Н. Л. Технология создания полей высокого плодородия / Н. Л. Вайнберг // Сельское хозяйство Молдавии. – 1977. - №12. – С. 23-25.
92. Валиев, В. Е. Влияние минеральных удобрений и густоты стояния растений на урожай кукурузы в лесостепной зоне Северо-Осетинской АССР : специальность 06.01.09 - растениеводство : дис. ... канд. с.-х. наук / Валиев, Виктор Елиозович. - Орджоникидзе, 1975. – 150 с.
93. Васильева, Д. В. Эффективность калия при систематическом удобрении клевера / Д. В. Васильева, И. К. Куренкова // Докл. ТСХА. - 1968. - Вып. 136. - С. 83-88.
94. Ващенко, Т. Г. Биологические основы и научно-методические принципы селекции суданской травы и сои в лесостепи ЦЧР России : специальность 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений : автореф. дис.... доктора с.-х. наук / Ващенко Татьяна Григорьевна. – Воронеж, 2004. – 47 с.
95. Великанова, Л. О. Экономическая и биоэнергетическая оценка альтернативных технологий возделывания озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края / Л. О. Великанова, Н. С. Курносова, Е. И. Трубилин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2018. - № 138. - С. 60-77.
96. Вернандер, Н. В. Подвижность азота и нитрификационная способность почв СССР / Вернандер Н. В. // Почвоведение. – 1949. - №2. – С. 8-10.

97. Вильямс, В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения / В. Р. Вильямс. - М.: Сельхозгиз, 1940. - 448 с.
98. Витриховский, Петр Иванович. Усвоение фосфора растениями зерновых бобовых культур и их отзывчивость на удобрения : специальность 06.00.00: Сельское хозяйство: автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Витриховский Петр Иванович / Укр. с.-х. акад. - Киев : [б. и.], 1966. - 19 с.
99. Власюк, П. А. Фотосинтез и продуктивность растений / П. А. Власюк. - Киев: Наукова думка, 1965. - 281 с.
100. Власюк, С. И. Влияние удобрений на агрохимические показатели плодородия каштановой почвы и продуктивность культур в условиях Присевашья / С. И. Власюк, А. Я. Гетманец, Н. М. Лаврентьев // Агрохимия. – 1977. - №6. – С. 55-61.
101. Возбуцкая, А. Е. Химия почвы: учеб. пособие для ун-тов. - 3-е изд. / А. Е. Возбуцкая. - М: Высшая школа, 1968. - 428 с.
102. Володарский Н. И. Биологические основы возделывания кукурузы / Н. И. Володарский. - М.: Колос, 1975. - 189 с.
103. Волошин, Е. И. Руководство по удобрению многолетних бобовых трав (люцерна, клевер, донник, эспарцет) : Методические рекомендации / Е. И. Волошин, А. Т. Аветисян. – Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2017. – 31 с.
104. 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.
105. Воронин, Н. Г. Орошаемое земледелие [Текст] / Н. Г. Воронин. – М.: Агропромиздат. – 1989. – С. 245-246.
106. Воронкова, Н. А. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на фосфатный режим черноземов выщелоченных Западной Сибири / Н. А. Воронкова // Агрохимия. - М. : Наука. - 2010. - № 12. - С. 10-17.

107. Воскресенская, Н. П. Фоторегуляторные реакции и их вклад в фотосинтетическую деятельность растений / Н. П. Воскресенская. / В кн. Фотосинтез и продукционный процесс. - М.: Наука, 1988. - С. 142–163.

108. Вражнов, А. В. Повышение устойчивости производства зерна и кормов в лесостепи Южного Урала / А. В. Вражнов, Л. П. Шаталина // Аграрный вестник Урала. - 2012. - № 11. - С. 7–9.

109. Вязникова, Н. И. Действие минеральных удобрений на урожай зерна кукурузы в условиях орошения на выщелоченных террасовых черноземах Кабардино-Балкарии: специальность 06.00.00: Сельское хозяйство : автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Вязникова Нина Ивановна. – М., 1971. – 24 с.

110. Гагиев, Б. В. Влияние различных комбинаций NPK на питательный режим чернозема выщелоченного и урожайность культур звена полевого севооборота / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Агротехнологии XXI века : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 85-летию основания Пермской ГСХА и 150-летию со дня рождения академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, 11–13 ноября 2015 года. – Пермь: ИПЦ Прокрость, 2015. – С. 23–28.

111. 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.

112. Гагиев, Б. В. Влияние удобрений на урожайность и качество кукурузы на силос на выщелоченных черноземах / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров // Перспективы развития АПК в современных условиях : материалы 10-й международной научно-практической конференции. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2021. – С. 61-64.

113. Гагиев, Б. В. Влияние удобрений на урожайность культур полевого севооборота и питательный режим выщелоченного чернозема лесостеп-

ной 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.

114. 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.

115. Гагиев, Б. В. Экономическая и энергетическая эффективность применения удобрений под клевер луговой на черноземах выщелоченных лесостепной зоны РСО-Алания / Б. В. Гагиев, З. Т. Кануков, [...], Т. К. Лазаров [и др.] // Вестник научных трудов молодых ученых, аспирантов и магистрантов ФГБОУ ВО "Горский государственный аграрный университет". – Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2016. – С. 59-62.

116. Гагиев, Б. В., Влияние удобрений на продуктивность звена полевого севооборота и показатели плодородия чернозема выщелоченного лесостепной зоны РСО-Алания : специальность 06.01.04 Агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук : / Гагиев Батраз Владимирович / Горский государственный аграрный университет. - Владикавказ, 2021.

117. Гадаев, К. С. Влияние удобрений и густоты стояния растений на урожай кукурузы в лесостепной зоне Северо-Осетинской АССР: специальность - 06.01.09 - растениеводство : автореф. дис.... канд. с.-х. наук. / Гадаев Константин Садуллаевич / ГСХИ - Орджоникидзе, 1973. - 24 с.

118. Газданов, А. В. Методические указания для лабораторных занятий по агрохимии / А. В. Газданов [и др.]. – Владикавказ: Иростон, 2000. – 108 с.

119. Газданов, А. В. Удобрение озимой пшеницы на основных типах почв Северной Осетии : специальность 06.01.04 Агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Газданов Азан Владимирович. - Орджоникидзе, 1969. - 24 с.

120. Гамзиков, Г. П. Агрохимия азота сибирских почв при длительном применении удобрений // Состояние и пути повышения эффективности ис-

следований в системе Географической сети опытов с удобрениями: материалы Всероссийской конференции учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями, 26–27 июня 2012 года / под ред. академика РАСХН В. Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2012. - С. 7–10.

121. Гамзиков, Г. П. Проблемы агрохимии в современном земледелии / Г. П. Гамзиков // Инновации и продовольственная безопасность. - 2013. - №1(1). - С. 88-100.

122. Ганжара, Н. Ф. Почвоведение / Н. Ф. Ганжара. – М.: Агроконсалт, 2001. – 275 с.

123. Гегкиев А. Б. Действие длительного применения удобрений в севообороте на ростовые процессы озимой пшеницы и люцерны / А. Б. Гегкиев, Т. С. Дзанагов, Р. А. Цуциев, Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов / Инновационные технологии производства и переработки с.-х продукции / Мат. Всероссийской науч.-практ. конф. в честь 90-летия ф-та технол. менеджмента. - Владикавказ, 2019. - С. 29-34.

124. Гегкиев А. Б. Отзывчивость озимой пшеницы и люцерны на длительное применение удобрений в севообороте / А. Б. Гегкиев, Т. С. Дзанагов, Р. А. Цуциев, Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов / Инновационные технологии производства и переработки с.-х продукции / Мат. Всероссийской науч.-практ. конф. в честь 90-летия ф-та технол. менеджмента. - Владикавказ, 2019. - С. 34-37.

125. Гедройц, К. К. Почвенный поглощающий комплекс, растение и удобрение [Текст] / К. К. Гедройц. – М.-Л.: Сельхозгиз, 1935. – 343 с.

126. Герасименко, П. С. Влияние бентонитовой глины на агрохимические и агрофизические свойства чернозема южного, урожайность ярового ячменя и кукурузы : специальность 06.01.04 Агрохимия, 06.01.03 Агрофизика : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Герасименко Павел Сергеевич. – п. Персиановский, 2008. – 21 с.

127. Гетманец, А. Я. Применение минеральных удобрений под кукурузу и некоторые пути повышения их эффективности / А. Я. Гетманец // Агрохимия. – 1980. - № 3. – С. 141-151.

128. Гетманец, А.Я. Азот в земледелии черноземной зоны / А. Я. Гетманец // Агрохимия. – 1977. - № 7. – С. 3-10.

129. Гизоев, В. С. Эффективность системы удобрения в звене севооборота на предкавказских карбонатных черноземах : специальность 06.01.04 Агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Гизоев Валерий Сергеевич. - Орджоникидзе, 1980. - 20 с.

130. Гилис, М. Б. Рациональные способы внесения удобрений. / М. Б. Гилис. – М.: Колос, 1975. - 240 с.

131. Гинзбург, К. Е. Фосфор основных типов почв СССР / К. Е. Гинзбург. - М.: Наука, 1981. - 242 с.

132. Глухих, М. А. Динамика азота в почвах Зауралья / М. А. Глухих, Т. С. Калганова // АПК России. - 2015. - Т. 71. - С. 118–125.

133. Глуховский, А. Б. Удобрение зерновых культур / А. Б. Глуховский. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 60 с.

134. Гнетиева, Л. Н., Влияние нитрагина и минерального азота на уровень симбиотической азотфиксации, урожай белого кормового люпина и кормовых бобов и его качество / Л. Н. Гнетиева, Л. М. Барышникова // Труды Всесоюзного НИИ с.-х. микробиологии. – 1987. – 45 с.

135. Голикова, И. В. Дозы и сроки внесения минеральных удобрений под кукурузу на черноземах дренированной лесостепи Новосибирской области : специальность 06.00.00 - сельское хозяйство : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Голикова, Ирина Валериановна. - Новосибирск, 1969. – 24 с.

136. 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.

137. Голосной, Е. В. Изучение влияния систем удобрения построенных на различных принципах на динамику агрохимических показателей чернозема выщелоченного и продуктивность озимой пшеницы / Е. В. Голосной, М. С. Сигида, А. И. Подколзин, А. Ф. Донцов, В. Г. Сычев, А. А. Куценко // Вестник АПК Ставрополя. - 2016. - № 1 (21). - С. 167-171.

138. Голосной, Е. В. Эффективность систем удобрения в звене севооборота горох - озимая пшеница - рапс яровой на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности : специальность 06.01.04 Агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. / Голосной Евгений Валерьевич. – Ставрополь, 2013. - 23 с.

139. Голубев, В. Д. Влияние удобрений на динамику питательных веществ и урожай поливного подсолнечника на каштановой почве Заволжья / В. Д. Голубев, В. В. Пронько // Агрохимия. – 1978. - № 11. – С. 73-78.

140. Гомонова, Н. Ф. Влияние 125-летнего применения минеральных удобрений и извести на агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в метровом профиле / Н. Ф. Гомонова // Агрохимия. – 1980. - №10. – С. 38-46.

141. Горбачева, А. Е. Подкормка озимой пшеницы азотными удобрениями / А. Е. Горбачева // Агрохимия, 1988. - № 11. – С. 51-54.

142. Горковенко, Л. Г. Возделывание сои и озимой пшеницы в специализированном севообороте по производству фуражного зерна / Л. Г. Горковенко, А. Н. Ригер // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2012. - Т.1. - № 1. - С. 80-86.

143. Городний, Н. Г. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства почвы и урожай культур конопляного севооборота / Н. Г. Городний // Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. Вып. 1 – М.: изд. МСХ СССР, 1960. – С. 86–125.

144. Господаренко, Г. Н. Качество зерна пшеницы озимой после длительного (с 1965 г.) применения удобрений в полевом севообороте / Г. Н.

Господаренко, В. В. Любич, Н. П. Матвиенко // Актуальные научные исследования в современном мире. - 2018. - № 1-5 (33). - С. 134-138.

145. Грехова, И. В. Оценка плодородия пахотных земель / И. В. Грехова, В. К. Семенов / Аграрный вестник Урала. - 2012. - № 5 (97). - С. 5-7.

146. Гречишкина Ю.И., Есаулко А.Н. Бюллетень всероссийского научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения им. Д.Н. Прянишникова (ВИУА). – М.: Агроконсалт, 2003. – 112-114 с.

147. Гречишкина, Ю. И. Сохранение и воспроизводство плодородия черноземных почв для повышения продуктивности агроценозов Центрального Предкавказья : специальность 06.01.04 Агрохимия : дис.... доктора с.-х. наук / Гречишкина Юлия Ивановна. – Москва, 2020. – 469 с.

148. Гринченко, А. М. Динамика элементов плодородия мощного чернозема в зависимости от длительности сельскохозяйственного использования и внесения удобрений / А. М. Гринченко, Г. Я. Чесняк, О. А. Чесняк // Почвоведение. - 1964. - № 5. - С. 27-35.

149. Гришина, Л. А. Органическое вещество почвы / Л. А. Гришина, В. А. Ковда / Основы учения о почвах. Т. 1. - М.: Наука, 1973. – С. – 296-295.

150. Громыко, О. И. Моделирование продуктивности зерносвекловичных и зернопропашных севооборотов на серых лесных почвах / О. И. Громыко, А. Т. Тищенко, Н. К. Панкова // Агрохимия. – 1991. - № 8. – С. 12-14.

151. Гукова, М. М. Влияние условий питания на рост и накопление азота кормовыми бобами в смешанном посеве с кукурузой / М. М. Гукова, Р. И. Богомолова // – Доклады АН СССР. – 1963. – № 3. – С. 725-727

152. Гукова, М. М. О потребности бобовых растений в фосфоре при усвоении азота симбиотическим путем / М. М. Гукова, И. Н. Арбузова // Известия ТСХА, 1969. - Вып. 1. - С. 90-98.

153. Гукова, М. М. Особенности питания бобовых растений свободным и связанным азотом: специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис. ... доктора биол. наук / Гукова Мария Матвеевна // М., 1974. – 44 с.

154. Гуляев, Б. И. Фотосинтез и потенциальная продуктивность сельскохозяйственных культур / Б. И. Гуляев // Физиология и биохимия культурных растений. - 1979. - Том 11. - №6.- С. 527-536
155. Гуляев, Б. И. Фотосинтез и продукционный процесс / Б. И. Гуляев. - Киев: Наукова думка, 1983. - 203 с.
156. Гуляев, Г. В. Справочник агронома Нечерноземной зоны / Г. В. Гуляев [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 575 с.
157. Гуревич С. М. Динамика нитратов в мощном черноземе в условиях орошения / С. М. Гуревич, Н. К. Боронин //Агрохимия. – 1965. - № 8. – С. 6-10.
158. 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.
159. 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.
160. Дедова, Э. Б. Продуктивность суданской травы при орошении на бурых полупустынных почвах Калмыкии / Э. Б. Дедова, Г. Н. Кониева, Е. А. Кравченко, А. Ф. Дружкин // Плодородие. - 2012. - №2(65). - С. 44-46.
161. Демин, В. А. Влияние расчетных систем удобрения на величину урожая и качество продукции яровых и озимых зерновых культур в севообороте на темно-серой лесной почве Центрального района России / В. А. Демин, Д. А. Свиридов // Агрохимия. – 2000. - №5. - С. 24-39.
162. Демин, В. А. Эффективность расчетных систем удобрения в 8-польном полевом севообороте на темно-серой лесной почве Владимирского Ополья / В. А. Демин, А. Н. Васильев // Агрохимия. – 1996. - №10. - С. 13.
163. Демин, Е. А. Вынос элементов питания кукурузой, выращиваемой на зеленую массу по зерновой технологии в условиях лесостепной зоны

Зауралья / Е. А. Демин, Л. Н. Барабанщикова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 2(61). – С. 90-94.

164. Демолон, А. Рост и развитие культурных растений [Текст] / А. Демолон. - М., 1961. - 185 с.

165. Денисенко, А. И. Азотные подкормки люцерны / А. И. Денисенко, В. В. Кульчихин, В. Ф. Малыгина // Земледелие. – 1990. – № 5. – С. 9-39.

166. Державин, Л. М. Методология проектирования применения удобрений и других средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях при модернизации земледелия / Л. М. Державин // Агрохимия. – 2013. – № 8. – С. 18-29.

167. Державин, Л. М. Научно-методические принципы комплексного мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения / Л. М. Державин, А. С. Фрид // Агрохимия. – 2012. – № 2. – С. 3-11.

168. Державин, Л. М. Применение минеральных удобрений в интенсивном земледелии / Л. М. Державин. – М.: Колос, 1992. – 270 с.

169. Дерюгин, И. П. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур / И. П. Дерюгин. – М.: Агропромиздат, 1988. – 270 с.

170. Детковская, Л. П. Влияние азотных удобрений на урожай и качество ячменя и озимой пшеницы при разном содержании подвижного фосфора в почве / Л. П. Детковская, А. З. Денисова, Г.Н. Калецкая [и др.] // Агрохимия. – 1977. - № 8. – С. 26-31.

171. Джанаев, Г. Г. Влияние систематического применения удобрений в севообороте на эффективное плодородие основных типов почв Северной Осетии / Г. Г. Джанаев, С. Х. Дзанагов, Ц. А. Хекилаев, Е. К. Габараева // Агротехнические основы возделывания с-х. культур в предгорной зоне центральной части Северного Кавказа / Труды Кубанского СХИ: Вып. 182 (210). – Краснодар, 1979. – С. 3-10.

172. Джанаев, Г. Г. Влияние удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы на предкавказских черноземах / Г. Г. Джанаев, С. Х. Дзанагов, А. В. Газданов // *Агрохимия*. – 1970. - № 11. – С. 71-76.

173. Джанаев, Г. Г. Динамика аммония и нитратов под культурами полевого севооборота в Предкавказском карбонатном черноземе / Г. Г. Джанаев, С. Х. Дзанагов, В. С. Гизоев // *Агрохимия*. – 1977. - № 11. – С. 46-52.

174. Джанаев, Г. Г. Динамика подвижных форм фосфора и калия под культурами полевого севооборота в Предкавказском карбонатном черноземе / Г. Г. Джанаев, С. Х. Дзанагов, В. С. Гизоев // *Агрохимия*. – 1978. - № 9. – С. 30-38.

175. Джанаев, Г. Г. Динамика потребления питательных веществ растениями, продуктивность звена севооборота и баланс основных элементов питания в зависимости от удобрений / Г. Г. Джанаев, С. Х. Дзанагов, В. С. Гизоев // *Агрохимия*. – 1979. - № 7. – С. 50-56.

176. Джанаев, Г. Г. Почвы и удобрения в Северной Осетии. - Орджоникидзе: Ир, 1970. – 474 с.

177. Джанаев, Г. Г. Удобрение полевых культур / Г. Г. Джанаев, Я. В. Смольский. – Орджоникидзе, Северо-Осетинское книжное издательство, 1964. – С. 73.

178. Джанаев, Г. Г. Удобрения в автономных республиках Северного Кавказа. - Орджоникидзе: Ир, 1984. – 310 с.

179. Джанаев, З. Г. Почвенно-агрохимическая оценка состояния плодородия почв Северного Кавказа / З. Г. Джанаев; под ред. В.Г. Минеева - М.: МГУ, 2004. - 758 с.

180. Дзанагов, С. Х. Баланс питательных элементов под озимой пшеницей в зависимости от удобрений / С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, А. Ю. Хадииков, Б. Р. Ханикаев, Р. А. Цуциев / *Достижения науки - сельскому хозяйству / Мат. Всероссийской науч.-практ. конференции (заочной)*. Владикавказ, 2017. - С. 36-39.

181. Дзанагов, С. Х. Влияние длительного применения удобрений на показатели роста, урожайность и качество зерна озимой пшеницы / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, Б. С. Калоев [и др.] // Агрохимия. – 2019. – № 4. – С. 31-38.

182. Дзанагов, С. Х. Влияние разных систем удобрения в полевом севообороте на плодородие основных типов почв Северной Осетии / С. Х. Дзанагов / Пути повышения плодородия почв. – Орджоникидзе: Ир, 1982. – С. 47-53.

183. Дзанагов, С. Х. Влияние удобрений на агрохимические свойства выщелоченного чернозема РСО-Алания / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров / Материалы научно-практической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов БГСХА (4-7 февраля 2002 года). - Улан-Удэ: издательство БГСХА, 2002. – С. 45.

184. Дзанагов, С. Х. Влияние удобрений на качество зерна кукурузы на выщелоченных черноземах / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, Р. В. Батыров / Материалы научно-практической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов БГСХА (4-7 февраля 2002 года). - Улан-Удэ: издательство БГСХА, 2002. – С. 46-47.

185. 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 [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2016. - Т. 53. - № 2. - С. 18-27.

186. Дзанагов, С. Х. Динамика накопления биомассы и химический состав растений кукурузы в зависимости от удобрений / С. Х. Дзанагов, А. А. Езеев, А. Т. Фарниев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50. – № 2. – С. 36-40.

187. Дзанагов, С. Х. Динамика содержания гумуса в черноземе выщелоченном под действием удобрений / С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев, З. Т. Ка-

нуков, Т. К. Лазаров // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2015. - Том 52. - №2. - С. 19-24.

188. Дзанагов, С. Х. Обоснование рационального применения удобрений в полевых севооборотах в Центральном Предкавказье : специальность 06.01.04 Агрохимия : автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / Дзанагов Созырко Хасанбекович. - М., 1994. – 43 с.

189. Дзанагов, С. Х. Питательный режим чернозема выщелоченного в зависимости от нетрадиционных удобрений / С. Х. Дзанагов, А. А. Езеев // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2015. – Т. 52. – № 3. – С. 20-30.

190. Дзанагов, С. Х. Плодородие почв и удобрения / С. Х. Дзанагов. – Орджоникидзе: Ир, 1987. – 195 с.

191. 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.

192. Дзанагов, С. Х. Потребление питательных веществ растениями кукурузы в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах Северной Осетии / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров / Материалы научно-практической конференции преподавателей, сотрудников, аспирантов БГСХА (4-7 февраля 2002 года). Улан-Удэ: издательство БГСХА, 2002. - С. 42-43.

193. Дзанагов, С. Х. Пути оптимизации баланса питательных веществ в системе почва – растение - удобрение в основных природных зонах Центрального Предкавказья / С. Х. Дзанагов / Некоторые аспекты оценки экологических условий жизни и деятельности человека. – Орджоникидзе: Ир, 1985. – С. 57-64.

194. Дзанагов, С. Х. Реакция кукурузы на повышение уровня минерального питания / С. Х. Дзанагов, Б. Р. Ханикаев, Б. В. Гагиев, З.Т. Кануков, Т.К. Лазаров // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2016. - Т. 53. - № 3. - С. 8-13.

195. Дзанагов, С. Х. Рекомендации по применению удобрений под кукурузу в фермерском хозяйстве В. Гокоева / С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев, [...], Т. К. Лазаров [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2013. – Т. 50. – № 1. – С. 75-79.

196. 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.

197. Дзанагов, С. Х. Система удобрения полевых культур в Центральном Предкавказье / С. Х. Дзанагов / Доклады ВАСХНИЛ, №2. – М., 1982. – С. 8-11.

198. Дзанагов, С. Х. Содержание и баланс гумуса в полевом севообороте в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах РСО-Алания / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии им. Д.Н. Прянишникова. - 2003. - № 117. - С. 31.

199. Дзанагов, С. Х. Физико-химические свойства чернозема выщелоченного в зависимости от длительного применения удобрений / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, З. Т. Кануков [и др.] // Энтузиасты аграрной науки : Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 310-летию Й.Г. Валлериуса и 90-летию академика Ефимова В.Н. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 146-151.

200. 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.

201. Дзанагов, С. Х. Экономическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу и люцерну / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, Б. Р.

Ханикаев, Р. А. Цуциев, Т. С. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2019. - Т. 56. - № 4. - С. 36-43.

202. Дзанагов, С. Х. Энергетическая эффективность применения удобрений в звене севооборота озимая пшеница - люцерна / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, Р. А. Цуциев, Б. Р. Ханикаев, Т. С. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2019. - Т. 56. - № 4. - С. 44-49.

203. Дзанагов, С. Х. Эффективное плодородие чернозема выщелоченного в зависимости от применения удобрений / С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, Б. В. Кануков // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2016. – Т. 53. – № 2. – С. 13-18.

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

205. Дзанагов, С. Х. Эффективность удобрений под кукурузу при их длительном применении в севообороте на черноземе выщелоченном / С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров, Б. Р. Ханикаев, Т. С. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 57. – № 1. – С. 7-12.

206. Докучаев, В. В. Русский чернозем / В. В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1952. – 636 с.

207. 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.

208. Донских И. Н. Влияние длительного применения разных систем удобрения на групповой состав фосфатов выщелоченного чернозема (в условиях Центрально-черноземного района) / И. Н. Донских, А. М. Джумах, Н. Г. Мязин // Агротехника – 2008. – №5. – С. 5-10.

209. Донских И. Н. Курсовое и дипломное проектирование по системе применения удобрений / И. Н. Донских. – Л.: Колос, 1989. – 142 с.

210. Доросинский, Л. М. Клубеньковые бактерии и нитрагин [Текст] / Л. М. Доросинский – М.: Колос, 1970. –192 с.
211. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 320 с.
212. Доспехов, Б. А. Урожайность и качество зерна ржи и озимой пшеницы в условиях 65-летнего применения удобрений, севооборота и бес-
сменных посевов на дерново-подзолистой почве / Б. А. Доспехов, Б. Д. Ки-
рюшин / Изв. ТСХА: Вып. 1. – М., 1978. - С. 36-48.
213. 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.
214. Дроздова, В. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность
и качество люцерны третьего года жизни на черноземе выщелоченном За-
падного Предкавказья / В. В. Дроздова // Научное обеспечение агропромыш-
ленного комплекса : Сборник статей по материалам 71-й научно-
практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2015 год. –
Краснодар: ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный универси-
тет», 2016. – С. 54-56.
215. Дронова, Т. Н. Возделывание суданской травы на корм в услови-
ях орошения / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева // Орошаемое земледелие. – 2019.
– № 3. – С. 30-33.
216. Дронова, Т. Н. Пути интенсификации травосеяния на орошаемых
землях / Т. Н. Дронова // Кормопроизводство. - 2002. - № 1-2. - С. 17-20.
217. Дуйшембиев, Н. Д. Энергетическая эффективность применения
удобрений год яровую пшеницу, при ресурсосберегающей технологии пита-
ния / Н. Д. Дуйшембиев, М. А. Ахматбеков, К. М. Мамбетов [и др.] // Вест-
ник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина.
- 2018. - № 1 (46). - С. 123-124.

218. Дука, Л. В. Влияние длительного применения удобрений в севообороте на урожай и вынос питательных веществ клевером красным / Дука Л. В., Сенькив А. И. // Агрохимия. - 1979. - №11. - С. 78-84.
219. Думачева, Е. В. Роль оптимизации минерального питания в формировании кормовой ценности люцерны / Е. В. Думачева, И. К. Ткаченко // Кормопроизводство. - №5. - 2010. - С.23-25.
220. Дьяконова, К. В. Роль органического вещества / К. В. Дьяконова // Земледелие. - 1988. - №1. - С. 25-26.
221. Едемская, Н. Л. Динамика нитратов и нитрификационной способности в почвах юго-восточной зоны Кубани / Н. Л. Едемская, С. А. Лупина, Л. М. Едемский / в сборнике Экологическая агрохимия (под ред. В.Г. Минеева). - М.: Россельхозакадемия, 2008. - С. 133-139
222. Езеев, А. А. Влияние уровня питания на урожай и качество зерна озимой пшеницы / А. А. Езеев, З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров // Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки : Материалы V Международной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной 90-летию агрономического факультета Горского ГАУ. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2009. – С. 48-50.
223. 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.
224. Епифанов, В. С. Интенсивная технология возделывания суданской травы в лесостепной зоне Поволжья [Текст] / В. С. Епифанов, Н. Л. Одинцова. - Пенза, 1988.- 12 с.
225. 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.
226. Еремин, Д. И. Изменение качественного состава гумуса чернозема выщелоченного под действием возрастающих доз минеральных удобрений

ний / Д. И. Еремин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2012. – № 6(229). – С. 20-26.

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

228. Еремина, А. В. Азотный режим чернозема выщелоченного под посевом люцерны в зависимости от удобрений в условиях лесостепной зоны / А. В. Еремина, Г. В. Бекуридзе, Р. А. Цуциев, Т. К. Лазаров // Вестник : научных трудов молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2018. – С. 23-25.

229. Еремина, А. В. Влияние удобрений на показатели кислотности чернозема выщелоченного лесостепной зоны под посевом люцерны / А. В. Еремина, А. П. Хубулова, Р. А. Цуциев, Т. К. Лазаров // Вестник : научных трудов молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2018. – С. 18-20.

230. Еремина, А. В. Фосфорно-калийный режим чернозема выщелоченного под посевом люцерны в зависимости от удобрений в условиях лесостепной зоны / А. В. Еремина, Р. А. Цуциев, В. В. Кайтмазова, Т. К. Лазаров // Вестник : научных трудов молодых ученых, аспирантов, магистрантов и студентов ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет». – Владикавказ : Горский государственный аграрный университет, 2018. – С. 20-22.

231. Ерошенко, А. А. Особенности формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы в условиях Западного и Центрального Предкавказья : специальность 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство" : автореф.т дис.... канд. с.-х. наук / Ерошенко Александр Алексеевич. – Краснодар, 2014. – 24 с.

232. Есаулко, А. Н. Влияние различных форм минеральных удобрений на почвенное плодородие и продуктивность подсолнечника в условиях Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко, К. А. Есаулко, А. С. Котова // Проблемы агрохимии и экологии - от плодородия к качеству почвы : Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию академика РАН В.Г. Минеева. – Москва: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2021. – С. 119-123.

233. Есаулко, А. Н. Оптимизация питания сортов озимой пшеницы путем внесения расчетных доз минеральных удобрений на планируемый уровень урожайности / А. Н. Есаулко, А. Ю. Ожередова, Н. В. Громова // Агрохимический вестник. – 2018. – № 4. – С. 3-7.

234. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур : специальность 06.01.04 "Агрохимия" : диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Есаулко Александр Николаевич. – Ставрополь, 2006. – 515 с.

235. Есаулко, А. Н. Оптимизация систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья как фактор повышения плодородия почвы и продуктивности сельскохозяйственных культур : специальность 03.00.16; 06.01.04 "Агрохимия" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Есаулко Александр Николаевич. – Ставрополь, 2006. – 48 с.

236. Есаулко, А. Н. Пути оптимизации систем удобрений в севооборотах Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко. - Ставрополь: АГРУС, 2006. - 303 с.

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

238. Есаулко, А. Н. Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы / А. Н. Есаулко, Г. А. Гарибджанян, Е. В. Голосной, Н. В. Громова // Земледелие. – 2020. – № 3. – С. 38-40.

239. Ефимов, В. Н. Система применения удобрений В. Н. Ефимов, И. Н. Донских, Г. И. Синицын. – М.: Колос, 1984. – 272 с.

240. Ефремов, В. В. Основные направления химизации земледелия с учетом баланса питательных веществ и плодородия почвы / В. В. Ефремов, И. А. Губанова / Параметры плодородия основных типов почв. – М.: Агропромиздат, 1988. - С. 201-214.

241. Жаринов, В. И. Действие минеральных удобрений на урожай семян люцерны и потребление основных элементов питания // Агрехимия. – 1976. – № 9. – С. 93-97.

242. Желязков, А. И. Эффективность применения азотных удобрений при выращивании пшеницы озимой после стерневого предшественника в условиях северной степи Украины / А. И. Желязков // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - № 4. - С. 90-94.

243. 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.

244. 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.

245. Жуков, А. И. Регулирование баланса гумуса в почве / А. И. Жуков, П. Д. Попов. - М.: Росагропромиздат, 1988. - 39 с.

246. Жуков, Ю. П. Продуктивность озимой пшеницы и ячменя в четырехпольном севообороте при расчетных дозах удобрений в Московской области / Ю. П. Жуков, Н. А. Макарецва // Агрехимия. – 1997. - №7. - С. 44.

247. Жуков, Ю. П. Система удобрения в хозяйствах Нечерноземья / Ю. П. Жуков. – М.: Московский рабочий, 1983. – 144 с.
248. Жуков, Ю. П. Эффективность расчетных доз удобрения и сочетаний их с пестицидами в четвертой ротации севооборота на дерново-подзолистой почве / Ю. П. Жуков, И. М. Хайруллин // Агрохимия. – 1996. - №6. - С. 57.
249. Жукова, Л. М. Влияние систематического применения удобрений на физико-химические свойства различных почв [Текст] / Влияние длительного применения удобрений на продуктивность севооборотов и плодородие почвы. - М.: Колос, 1980. - С. 41-59.
250. Журбицкий З. И. Питание растений / Журбицкий З. И. – М.: «Знание», 1961. – С. 32.
251. Заболоцкая, Т. Г. Биологический круговорот элементов в агроценозах и их продуктивность / Т. Г. Заболоцкая. - Л.: Наука, 1985. - 179 с.
252. Завалин, А. А. Азот в черноземах при традиционной технологии обработки и прямом посеве (обзор) / А. А. Завалин, В. К. Дридигер, В. П. Белобров, С. А. Юдин // Почвоведение. – 2018. – № 12. – С. 1506-1516.
253. Завалин, А. А. Азот и качество зерна пшеницы / А. А. Завалин, О. А. Соколов // Плодородие. – 2018. – № 1(100). – С. 14-17.
254. 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 : Материалы Международной научной конференции, Москва, 16–17 апреля 2018 года / Под ред. В. Г. Сычева. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. – С. 46-54.
255. 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.

256. Загорча, К. Л. Баланс питательных веществ и пищевой режим карбонатного чернозема при длительном систематическом применении удобрений в севообороте / К. Л. Загорча, М. Ф. Стратулат, С. И. Тома / Эффективность удобрений по зонам страны: Вып. 25. – М., 1975. – С. 183-192.

257. Загорча, К. Л. Влияние длительного применения удобрений на свойства почвы, урожайность культур и продуктивность полевого севооборота на карбонатном черноземе Молдавии / К. Л. Загорча, В. И. Белтей, Д. М. Индоиту, Т. А. Малаева / Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов. - М.: Колос, 1980. – С. 190-221.

258. Загорча, К. Л. Оптимизация системы удобрения в полевых севооборотах / К. Л. Загорча. – Кишинев: Штиинца, 1990. – 288 с.

259. Заришняк, А. С. Сезонная динамика подвижных форм элементов питания в почве и урожай семян сахарной свеклы в зависимости от удобрений на черноземе южном при орошении / А. С. Заришняк, П. Н. Шиян // Агрохимия. – 1991. - № 6. – С. 25-30

260. Захаревский, В. И. Система удобрения в паропропашном севообороте на светло-каштановой почве Волгоградской области / В. И. Захаревский, В. П. Волынский, М. М. Мухтаров // Агрохимия. - 1972. - № 8. - С. 23-30.

261. Захаров, В. Н. Влияние возрастающих доз удобрений на накопление и динамику минеральных форм азота в метровом слое легкосуглинистой почвы / В. Н. Захаров, А. А. Коваленко // Агрохимия. – 1987. - № 3. – С. 22-24.

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

263. Зезюков, Н. И. Скорость минерализации гумуса в черноземе выщелоченном / Н. И. Зезюков, Н. И. Придворев, А. В. Дедов // Агрохимический вестник – 2000. - №3. – С. 14-17.

264. Зеленин, И. Н. Эффективность систем удобрений в севооборотах разной интенсификации / И. Н. Зеленин / Вопросы интенсификации сельско-

хозяйственного производства в исследованиях Пензенского НИИСХ. – Пенза, 1999. - С. 66-72.

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

266. Зенюк, И. А. Роль азотных удобрений в улучшении качества зерна озимой пшеницы /Труды Гродненского СХИ: Вып. 7. / И. А. Зенюк. – Гродно, 1970. - С. 18-21.

267. Зиганьшина, Ф. М. Влияние известкования почв на эффективность калийных удобрений / Ф. М. Зиганьшина // Научные труды Перм. гос. с.-х. оп. ст. – 1976. – Вып. 4. – С. 157-165.

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

269. 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.

270. Ибрагимов, Н. М. Влияние норм минеральных удобрений на структуру урожая и урожай зерна озимой пшеницы в южном Каракалпакстане / Н. М. Ибрагимов, Л. А. Мирзаев // Путь науки. - 2016. - № 10 (32). - С. 36-40.

271. Иваненко, Т. А. Влияние удобрений на продуктивность растений и качество урожая картофеля на лугово-черноземной почве Республики Адыгея : специальность 06.01.04 Агрехими" : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Иваненко Татьяна Александровна. – Краснодар, 2003. – 26 с.

272. Иванов, А. И. Люцерна [Текст] / А. И. Иванов /ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1980. – 349 с.

273. Иванов, А. Л. Агробιοгеохимический цикл фосфора / А. Л. Иванов, В. Г. Сычев, Л. М. Державин [и др.]. – Москва : Типография Россельхозакадемии, 2012. – 512 с.

274. Иванова, З. А. Прирост сухого вещества и продуктивность гибридов кукурузы в зависимости от удобрений / З. А. Иванова, Ф. Х. Нагудова // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 7. – С. 51-55.

275. Иванова, Т. И. Влияние возрастающих доз азотных, фосфорных и калийных удобрений и их разных сочетаний на продуктивность культур в севообороте, качество урожая и плодородия почвы / Т. И. Иванова, Т. К. Егорова, Р. И. Кожемякова / Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны: Вып. 12. – М., 1982. - С. 83-129.

276. Иванова, Т. И. Изучение влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на урожай зерна озимой пшеницы на основе постановки опыта по неполной факториальной схеме / Т. И. Иванова, А. С. Цыгуткин, Л. П. Костина // Агрохимия. – 1999. - №4. - С. 59.

277. Ивлев, М. М. Дозы и соотношения минеральных удобрений и урожай кукурузы / М. М. Ивлев / Краткие итоги зонального изучения эффективности удобрений в географической сети опытов: Вып. 3. - М., 1970. - С. 34-40.

278. Ивойлов, А. В. Влияние погодных условий на продуктивность озимой пшеницы и ячменя, эффективность отдельных видов и сочетаний удобрений в зоне неустойчивого увлажнения / А. В. Ивойлов // Агрохимия. – 1995. - №11. - С. 58.

279. Ивойлов, А. В. Отзывчивость клевера лугового на отдельные виды и сочетания удобрений на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом в зоне неустойчивого увлажнения / А. В. Ивойлов, А. В. Малова // Агрохимия. - 1996. - №4. - С. 63-67.

280. Ивойлов, А. В. Реакция клевера лугового на системы удобрения и способы основной обработки чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого / А. В. Ивойлов, А. А. Моисеев, Л. Н. Прокина [и др.] // Агрохимия. - 2008. - №6. - С. 18-28.

281. Изотов, В. И. Влияние минеральных удобрений на урожай и химический состав сена люцерны в условиях орошения на светло-каштановой

почве : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Изотов Валентин Иванович. - М., 1984. - 21 с.

282. Икоева, Л. П. Влияние минеральных удобрений на урожайность культур звена кормового севооборота / Л. П. Икоева, О. Э. Хаева, Т. М. Бацазова // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55. – № 3. – С. 12-17.

283. Ильясов, М. М. Установление эффективных доз удобрений для формирования качественного урожая озимой пшеницы при ресурсосберегающей технологии основной обработки почвы / М. М. Ильясов, Р. Х. Гизатуллин, Н. Ш. Хисамутдинов // Современные подходы к формированию адаптивно-ландшафтной системы земледелия, обеспечивающие повышение эффективности сельскохозяйственного производства : Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 40-летию ГНУ Татарский НИИАХП Россельхозакадемии, Казань, 15–17 июля 2012 года. – Казань: ООО "Центр инновационных технологий", 2012. – С. 169-176.

284. Инькова, М. И. Приемы возделывания и использования люцерны в условиях Калининградской области : специальность 06.01.12 : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Инькова Майя Александровна. – Москва, 1973. – 22 с.

285. 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.

286. 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.

287. Исмаилов, М. М. Влияние нормы высева, срока посева и дозы азотного удобрения на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / М.

М. Исмаилов, В. Г. Вердиева // Пермский аграрный вестник. - 2016. - № 4 (16). - С. 31-34.

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

289. Казанина М. А. Влияние некорневых подкормок, сроков и способов уборки на урожай и качество зерна озимых хлебов в БССР / М. А. Казанина, А. П. Караульная / Приемы повышения качества зерна / Труды Горьковского СХИ: Т. 59. – Горький, 1973. - С. 115-121.

290. Камбулов, С. И. Влияние системы удобрений на продуктивность и качество озимой пшеницы / С. И. Камбулов, В. Б. Рыков, И. А. Камбулов [и др.] // Научная жизнь. - 2017. - № 7. - С. 39-44.

291. Камовская, Т. М. Продукционный процесс и урожайность суданской травы в чистых и смешанных посевах на серых лесных почвах Юго-Западной части Нечерноземной зоны России : специальность 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство : дис.... канд. с.-х. наук / Камовская Татьяна Михайловна. – Брянск, 2006.

292. Кануков, З. Т. Влияние возрастающих доз азота по различным фонам на урожайность клевера лугового в лесостепной зоне РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, [...], Т. К. Лазаров [и др.] // Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки : Материалы III Международной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, посвященной юбилею С.А. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2007. – С. 89-90.

293. Кануков, З. Т. Влияние длительного применения удобрений на урожайность и качество озимой пшеницы и клевера лугового на черноземе выщелоченном РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Ю. Хадиков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 49. – № 3. – С. 10-14.

294. Кануков, З. Т. Влияние различных систем удобрения на рост, урожайность клевера, озимой пшеницы и питательный режим выщелоченного чернозема лесостепной зоны РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2014. – № 51(4). – С. 54–59.

295. 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.

296. Кануков, З. Т. Влияние удобрений на питательный режим выщелоченного чернозема и урожайность кукурузы на силос в условиях РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Ю. Хадилов, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2009. – Т. 46. – № 1. – С. 15-17.

297. Кануков, З. Т. Влияние удобрений на пищевой режим почвы и баланс элементов питания под озимой пшеницей в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Эволюция и деградация почвенного покрова : Сборник научных статей по материалам V Международной научной конференции. – Ставрополь: ООО "СЕКВОЙЯ", 2017. – С. 114-117.

298. Кануков, З. Т. Влияние удобрений на ростовые процессы и потребление питательных элементов растениями звена полевого севооборота на выщелоченном черноземе РСО-Алания / З. Т. Кануков, С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2010. – Т. 47. – № 1. – С. 3-7.

299. Кануков, З. Т. Влияние удобрений на урожайность, качество сельскохозяйственных культур, продуктивность звена севооборота и агрохимические свойства выщелоченного чернозема РСО-Алания : специальность 06.01.04 Агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Кануков Заурбек Тамерланович. - Владикавказ, 2009. - 25 с.

300. Кануков, З. Т. Влияние уровней минерального питания на продукционные процессы, урожайность и качество кукурузы на силос / З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев [и др.] // Достижения науки - сельскому хозяйству : материалы региональной научно-практической конференции, Владикавказ, 19–20 декабря 2016 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2016. – С. 28-33.

301. Кануков, З. Т. Вынос основных питательных элементов культурами звена севооборота на выщелоченном черноземе РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Ю. Хадилов, А. Е. Басиев [и др.] // Вестник научных трудов молодых ученых, Владикавказ, 15–17 апреля 2015 года. – Владикавказ: Горский гос, 2010. – С. 13-16.

302. 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.

303. Кануков, З. Т. Урожай и качество продукции культур севооборота при удобрении выщелоченного чернозема / З. Т. Кануков, С. Х. Дзанагов, А. Е. Басиев [и др.] // Плодородие. – 2009. – № 4(49). – С. 41-42.

304. Кануков, З.Т. Влияние удобрений на продуктивность полевого севооборота в лесостепной зоне РСО-Алания / З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев, А. Ю. Хадилов, Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов / Актуальные вопросы применения удобрений в сельском хозяйстве / Мат. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 80-летию со дня рождения С.Х. Дзанагова. - Владикавказ, 2017. - С. 41-44.

305. Канцалиев, В. Т. Влияние способов основной обработки почвы на эффективность минеральных удобрений и продуктивность озимой пшеницы / В. Т. Канцалиев //Агрохимия. – 1995. - №6. - С. 68.

306. Карабутов, А. П. Влияние элементов агротехнологии на калийный режим почвы в длительных опытах / А. П. Карабутов, Г. И. Уваров // Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. - 2015. - № 3 (200) - Вып. 30. – С. 125-132.

307. Карпачевский, Л. О. Экологическое почвоведение / Л. О. Карпачевский // Труды Геологического института. - 2005. - С. 336.
308. Карякина, В. Ф. Физиология клевера и люцерны / В. Ф. Карякина, А. И. Сметанникова // Физиология сельскохозяйственных растений. - М.: Изд-во МГУ, 1970. - Т. 6. - С. 256-384.
309. Кауричев, И. С. Почвоведение / И. С. Кауричев, Н. П. Панов, Н. Н. Розов. - М.: Колос, 1982. – 719 с.
310. Каширин, А. Люцерна / А. Каширин // Земледелие. - 1967. - № 5. - С. 68-69.
311. Каюмов М. К. Фотосинтетическая деятельность овса в зависимости от уровня минерального питания / М. К. Каюмов, А. Ф. Шаров // Известия ТСХА. - 1984. - Вып. 3. - С. 20-31.
312. Каюмов, М. К. Программирование продуктивности полевых культур / М. К. Каюмов / Справочник. - М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
313. Квасов, В. А. Минеральные удобрения на озимой пшенице / В. А. Квасов // Агрехимический вестник. – 1997. - №7. - С. 39.
314. Квашин, А. А. Зависимость урожайности и качества зерна озимой пшеницы от различных агротехнологических приемов в условиях Западного Предкавказья / А. А. Квашин, Н. Н. Нецадим, К. Н. Горпинченко// Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – С. 91-99.
315. Кидин, В. К. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на превращение азота в почве и его использование пшеницей Безостая-1 в Ставропольском крае / В. К. Кидин // Бюлл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева, вып. XIX, 1978. – С. 28-33.
316. Кираев, Р. С. Совершенствование севооборотов в Башкортостане / Р. С. Кираев, М. Г. Сираев, Р. А. Миндибаев / Вестник БГАУ. - 2011. - № 4. - С. 23-25.
317. Кирюшин, В. И. Агрономическое почвоведение [Текст] / В. И. Кирюшин. - М.: КолосС, 2010. - 687 с.

318. Кирюшин, В. И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия. / В. И. Кирюшин. - Пушино, Пушкинский научный центр АН СССР, 1993. - 64 с.
319. Кирюшин, В. И. Управление плодородием почв в интенсивном земледелии / В. И. Кирюшин // Земледелие. – 1987. – № 5. – С. 2-6.
320. Клечковский, В. М. Агрохимия / В. М. Клечковский, А. В. Петербургский. - М., 1964.
321. Ключников, В. Т. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна в условиях орошения / В. Т. Ключников // Кукуруза. – 1971. - № 10. – С. 22-24.
322. Коваль, А. В. Эффективность применения различных агроприемов на урожайность озимой пшеницы сорта бригады в условиях Западного Предкавказья / А. В. Коваль // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2019. – № 150. – С. 246-256.
323. Ковда, В. А. Основы учения о почве. Книга 1 / В. А. Ковда. - М.: Наука, 1973. - 447 с.
324. Ковда, В. А. Основы учения о почве. Книга 2 / В. А. Ковда. - М.: Наука, 1973. - 468 с.
325. Ковтунова, Н. А. Влияние метеорологических условий на урожайность и качество зеленой массы суданской травы / Н. А. Ковтунова, В. В. Ковтунов, Е. А. Шишова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. - 2016. - №3. - С. 39-41.
326. Коданев, И. М. Агротехника и качество зерна / И. М. Коданев. – М.: Колос, 1970. – 230 с.
327. Коданев, И. М. Повышение качества зерна / И. М. Коданев. – М.: Колос, 1976. – 304 с.
328. Кожемяков, А. П. Приемы повышения продуктивности азотфиксации и урожая бобовых культур / А. П. Кожемяков / Биологический азот в

сельском хозяйстве СССР / Под ред. Мишустина Е.Н. М.: Наука, 1989. - С. 15-27.

329. Кожухарь, Т. В. Влияние минеральных удобрений и предпосевной обработки семян биологическими препаратами на содержание хлорофилла в листьях озимой пшеницы / Т. В. Кожухарь, Е. В. Кириченко, С. С. Кохан // Агрехимия. – 2010. – № 1. – С. 61-67.

330. 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.

331. Козлов, И. В. О влиянии связанных соединений азота на азотфиксирующую активность клубеньковых бактерий / И. В. Козлов // Вестник с.-х. науки. - 1962. - № 2. - С. 49-54.

332. 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.

333. Козырева, М. Ю. Агроэкологическое обоснование реализации симбиотического потенциала люцерны в зависимости от режима азотного питания : специальность 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство : дис.... канд. с.-х. наук / Козырева Марина Юрьевна. – Владикавказ, 2020. – 168 с.

334. Козырева, М. Ю. Потребление азота посевами люцерны в зависимости от режима азотного питания / М. Ю. Козырева, Л. Ж. Басиева // Нива Поволжья. – 2020. – № 3(56). – С. 50-56.

335. Козырева, М. Ю. Формирование симбиотического аппарата люцерны в зависимости от типа азотного питания / М. Ю. Козырева, Л. Ж. Басиева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 15. – № 1(57). – С. 10-16.

336. Колчанов, А. В. Минеральные удобрения и эффективность их применения / А. В. Колчанов, В. Н. Щедрин, А. А. Бурдун // *Агрохимический вестник*. – 1999. - №5. - С. 18.

337. 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.

338. Комарова, С.Д. Продуктивность травостоев различного ботанического состава орошаемого культурного пастбища : 06.538 - растениеводство : ввтореф. дис.... канд. с.-х. наук / С.Д. Комарова. - Москва, 1970. - 20 с.

339. Комарь, И. А. Эффективность препарата в борьбе с сорняками в посевах кукурузы / И. А. Комарь // *Кукуруза и сорго*. - 2009. - №1. - С. 15-19.

340. Кононова, М. М. Микроорганизмы и трансформация органического вещества почвы / М. М. Кононова, Е. Н. Мишустин, Э. А. Штина // *Почвоведение*. – 1972. – № 3. – С. 95-104.

341. Коренев, Г. В. Растениеводство с основами селекции и семеноводства / Г. В. Коренев, П. И. Подгорный, С. Н. Щербак. – С-Пб: Квадро, 2015. – 576 с.

342. Кореньков, Д. А. Минеральные удобрения при интенсивных технологиях / Д. А. Кореньков. М.: Росагропромиздат, 1990. - 192 с.

343. Кормилицын, В. Ф. Влияние минеральных удобрений на продуктивность поливной люцерны в Заволжье / В. Ф. Кормилицын // *Агрохимия*. – 1981. - №1. - С. 75.

344. Кормилицын, В. Ф. Развивать сидерацию в Поволжье / В. Ф. Кормилицын // *Земледелие*. - 1999.- №1.- С. 28.

345. Коробской, Н. Ф. Черноземы Западного Предкавказья. Экологические проблемы и пути их решения / Н. Ф. Коробской. Краснодар: Изд-во КубГАУ, 2005. - 182 с.

346. Коршунов, А. А. Совершенствование технологии возделывания озимой пшеницы с применением регуляторов роста нового поколения на черноземе обыкновенном Западного Предкавказья : 06.01.01 общее земледелие, растениеводство: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Коршунов Александр Андреевич, - Краснодар, 2015. - 24.
347. Костров, К. А. Влияние удобрений на урожай зеленой массы кукурузы в третьей ротации севопольного севооборота / К. А. Костров, А. В. Малова, А. К. Костров. // Агрехимия. 1980.- №8.- С. 26-29.
348. Костычев, П. А. Почвы черноземной области России. Ч. 1 / П. А. Костычев – М.: Сельхозгиз, 1949. – 239 с.
349. Кошелева И.К. Оптимизация приемов возделывания кукурузы на зерно в условиях лесостепи Среднего Поволжья : специальность 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Кошелева Ирина Камишановна. - Усть-Кинельский, 2018. – 24 с.
350. Кравцов, А. М. Роль плодородия почвы и средств химизации земледелия в формировании продуктивности озимой пшеницы / А. М. Кравцов, А. В. Загоруйко, В. П. Василько, Н. Н. Кравцова // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 64. - С. 88-97.
351. Кружилин, И. П. Суданская трава на орошаемых землях России [Текст] / И. П. Кружилин, В. П. Часовских. - Волгоград, 1997. - 142 с.
352. Крюков, В. С. Эффективность удобрений / В. С. Крюков, В. В. Шахова // Сельские зори. – 1968. - №8. – С. 12-14.
353. Куваев, П. Ю. Влияние удобрений и обработки на динамику кислотности дерново–подзолистой среднесуглинистой почвы и урожайность ячменя / П. Ю. Куваев / Бюллетень ВНИИА. - №116. - 2002. – С. 268–271.
354. Кудеяров, В. Н. Исследования факторов действия и последствий меченой N 15 аммиачной селитры в полевом опыте на серой лесной почве / В. Н. Кудеяров, Т. В. Кузнецова, В. Н. Башкин // Агрехимия. – 1987. - №8. – С. 8-10.

355. Кудзин, Ю. К. Условия питания и продуктивность растений кукурузы при систематическом применении удобрений / Ю. К. Кудзин, Ю. И. Усенко, Л. М. Дудченко / Основные выводы по полевым опытам на Эрастовской опытной станции. - Днепропетровск, 1970. – С. 101-103.

356. 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.

357. 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.

358. Кузнецов Н. И. Геоботаническое исследование северного склона Кавказа // Известия Императорского русского географического общества. - 1890. - Т. XXVI.

359. Кук, Д. У. Системы удобрения для получения максимальных урожаев / Д. У. Кук. – М.: Колос, 1975. – 416 с.

360. Кукреш, Н. П. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой ржи и пшеницы в зависимости от погодных условий / Н. П. Кукреш // Бюллетень ВИУА. – 1985. - №75. - С. 60-65.

361. Кулаковская, Т. Н. К методике разработки балансовых систем удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых почвах / Т. Н. Кулаковская, Л. П. Детковская / Программирование урожаев с-х. культур. – М.: Колос, 1975. – С. 245-259.

362. Кулаковская, Т. Н. Оптимальные параметры плодородия почв / Т. Н. Кулаковская. - М.: Колос, 1984. – 271 с.

363. Кулаковская, Т. Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений / Т. Н. Кулаковская. – М.: Агропромиздат, 1990. – 219 с.

364. Кулиев, В. Ф. Эффективность применения минеральных удобрений под люцерну в условиях Ширванской степи : специальность 06.01.04 "Агрохимия" : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Кулиев Вагиф Фаррухович. – Баку, 1985. – 28 с.
365. Куля, В. И. Продуктивность люцерны при внесении удобрений / В. И. Куля / Кормопроизводство на орошаемых землях. - Новочеркасск, 1989. - С. 54-58.
366. Куляхтин М.Ф. Особенности возделывания люцерны в Сибири // Селекция и семеноводство. – 1985. – №4. – С. 43-53.
367. Кумаков, В. А. Биологические основы возделывания яровой пшеницы по интенсивной технологии / В.А. Кумаков. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 104 с.
368. Кумаков, В. А. Эволюция показателей фотосинтетической деятельности в процессе селекции яровой пшеницы / В. А. Кумаков / Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. - М., 1972. - С. 500-503.
369. Куприченков, М. Т. Пути регулирования гумуса в земледелии Ставропольского края / М. Т. Куприченков, Ю. В. Копейкин. – Ставрополь, 1986. – 47 с.
370. Курбанов, С. А. Почвоведение с основами геологии [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по агрономическим специальностям / С. А. Курбанов, Д. С. Магомедова. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2012. - 286 с.
371. Куркаев В. Т. Агрохимия: Учеб. пособие. / В. Т. Куркаев, А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2000. – 552 с.
372. Курмышева, Н. А. Ефремов В. Ф. Влияние насыщения системы удобрения севооборотов органическими удобрениями на урожайность сельскохозяйственных культур и качество продукции в условиях Московской области / Н. А. Курмышева, В. Ф. Ефремов // Агрохимия. – 1998. - №8. - С. 26-32.

373. Курсанов А. Л. Фотосинтез зеленых растений и их зависимость от нормальной активности листьев / А. Л. Курсанов // Планта. - 1933. - 22. - №2. - С. 240-250.

374. Кцоев, Б. К. Плодородие почв и эффективность удобрений в Предкавказье / Б. К. Кцоев. - М.: Изд. МГУ, 1997. - 166 с.

375. Лагада, П. П. Удобрение кукурузы на каштановых почвах Юга Украины при орошении : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Лагада, Павел Павлович. - Орджоникидзе, 1980. - 19 с.

376. Лазарев, А. А. Динамика подвижных соединений азота, фосфора и калия в обыкновенных черноземах Каменной степи / А. А. Лазарев / Вопросы травопольной системы земледелия: Т. 2. – М.: Изд. АН СССР, 1953. – С. 5-7.

377. Лазарев, В. И. Совершенствование технологий возделывания озимой пшеницы в Курской области / В. И. Лазарев, Г. И. Старикова // Зерновое хозяйство. - 2003. - № 1. - С. 13.

378. Лазаров, Т. К. Баланс основных питательных элементов под посевом озимой пшеницы в зависимости от удобрений на выщелоченных черноземах / Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев, Б. Р. Ханикаев // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Всероссийской научно-практической конференции в честь 90-летия факультета технологического менеджмента. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2019. – С. 44-47.

379. Лазаров, Т. К. Влияние различных систем удобрения на рост, урожайность клевера, озимой пшеницы и питательный режим выщелоченного чернозема лесостепной зоны РСО-Алания / З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Известия Горского государственного аграрного университета. - 2012. - Т. 49. - № 4. - С. 65.

380. Лазаров, Т. К. Влияние удобрений на агрохимические свойства выщелоченного чернозема Северной Осетии / Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Экологически безопасные технологии в сельскохозяйственном производстве

XXI века : Материалы международной научно-практической конференции. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2000. – С. 226-227.

381. Лазаров, Т. К. Влияние удобрений на продуктивность звена полевого севооборота и агрохимические свойства выщелоченного чернозема лесостепной зоны РСО-Алания : 06.01.04 Агрохимия : дис. ... канд. с.-х. наук / Лазаров Таймураз Константинович. - Нальчик, 2001. - 150 с.

382. Лазаров, Т. К. Горные и предгорные земли Северного Кавказа: пути предотвращения деградации и восстановления их плодородия / Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев, А. Ю. Хадиков [и др.]. / Материалы Всероссийской научно-практической конференции 5-6 сентября 2006 г. – Владикавказ, 2006. - С - 266.

383. Лазаров, Т. К. Динамика подвижного фосфора в почве под культурами севооборота на выщелоченных черноземах / Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев // Бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института удобрений и агропочвоведения им. Д. Н. Прянишникова. - 2002. - Т. 116. - С. 208.

384. Лазаров, Т. К. Питательный режим выщелоченного чернозема в зависимости от агроэкологических условий / Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Экологически безопасные технологии в сельскохозяйственном производстве XXI века : Материалы международной научно-практической конференции. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2000. – С. 227-228.

385. Лазаров, Т. К. Энергетическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу на выщелоченных черноземах / Т. К. Лазаров, Б. Р. Ханикаев, Р. А. Цуциев // Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции : материалы Всероссийской научно-практической конференции в честь 90-летия факультета технологического менеджмента. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2019. – С. 42-44.

386. Лапа, В. В. Система применения удобрений / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 440 с.

387. Лебедева, Т. И. Влияние протравителей семян озимых культур на урожайность и пораженность болезнями / Т.И. Лебедева, Н. Ю. Каменских // Главный агроном. – 2017. – № 7. – С. 19-22.

388. Леплявченко Л. П. Агрохимические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность полевого севооборота в связи с применением минеральных удобрений / Л. П. Леплявченко, В. П. Суетов, Л. И. Громова [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2009. – № 46. – С. 133-187.

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

390. Лимантова, Е. М. Зависимость урожая озимой пшеницы от доз и сроков внесения азотных удобрений на дерново-подзолистой суглинистой почве / Е. М. Лимантова, О. М. Лашукевич, А. А. Чаховский, Е. С. Малей / Почвенные исследования и применение удобрений: Вып. 17. – Минск, 1986. - С. 124-133.

391. Лисовая, А. П. Влияние удобрений на азотный обмен, урожайность и качества зерна озимой пшеницы на лугово-черноземных карбонатных почвах Северной Лесостепи УССР / А. П. Лисовая, Е. М. Олейник, В. П. Крищенко // Агрохимия. – 1984. - № 6. – С. 39-46.

392. Лисовой, Н. В. Эффективность минеральных удобрений под озимую пшеницу на почвах Украины / Н. В. Лисовой // Агрохимический вестник. – 1998. - №4. - С. 10.

393. Лифаненкова, Т. П. Управление плодородия и орошения чернозема обыкновенного при использовании биологических ресурсов / Т. П. Лифаненкова; Ответственный за выпуск М. Х. Жекамухов. – Нальчик : ООО "Принт-центр", 2013. – 19 с.

394. 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.

395. Ломако, Е. И. Влияние доз и сроков проведения азотных подкормок на урожай и качество зерна озимой пшеницы / Е. И. Ломако // Агрохимия. – 1998. - №11. - С. 31-38.

396. Лукин С. В. Минеральные удобрения в условиях ландшафтного земледелия / С. В. Лукин, И. Е. Солдат, И. Н. Соловей // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. - №6. - С. 34.

397. Лупашку, З. А. Усвоение минерального и биологического азота соей при инокуляции / З. А. Лупашку // Микроорганизмы и продуктивность сельского хозяйства. - Рига. – 1980. – 41 с.

398. Лупашку, М. Ф. Программирование урожаев люцерны / М. Ф. Лупашку, М. Ф. Лала, Н. И. Болоткан, Д. П. Забрмян // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1985. - №6. – С. 94-100.

399. Лыков, А. М. Гумус и плодородие почв / А. М. Лыков. - М. : Московский рабочий, 1985. - 192 с.

400. Лыков, А. М. Органическое вещество пахотных почв Нечерноземья : (Актуальность и состояние проблемы, рабочие гипотезы исследований, сопряженность агрономических и экологических функций, динамика в агроценозах, принципы моделирования и технологии воспроизводства) / А. М. Лыков, А. И. Еськов, М. Н. Новиков. – Москва : РАСХН, 2004. – 630 с.

401. Льгов, Г. К. Орошаемое земледелие Северного Кавказа / Г. К. Льгов. - Орджоникидзе: Ир, 1967. – 192 с.

402. Льгов, Г. К. Эффективность удобрений на выщелоченных черноземах Северной Осетии / Г. К. Льгов / Агрохимическая характеристика почв СССР. Районы Северного Кавказа. - М.: Наука, 1964. – С. 200-204

403. Любарская, Л. С. Влияние длительного и систематического применения удобрений на урожай культур и свойства почвы / Л. С. Любарская /

Влияние длительного применения удобрений на плодородие почв и продуктивность севооборотов: Вып. 3. - М.: Колос, 1968. – С 437-477.

404. Любарская, Л. С. Влияние навоза и минеральных удобрений при длительном систематическом применении на урожай культур и плодородие почв / Л. С. Любарская / Влияние длительного применения удобрений на плодородие почв и продуктивность севооборотов: Вып. 1. - М.: Изд. МСХ СССР, 1960. – С. 430-470.

405. Ляхов, А. И. Зависимость между содержанием в почве подвижного фосфора и эффективностью фосфорных удобрений на слабоэродированных карбонатных черноземах / А. И. Ляхов, А. В. Петрова // Агрохимия. – 1981. - №8. – С. 12-14.

406. 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.

407. Магницкий, К. П. Диагностика потребности растений в удобрениях / К. П. Магницкий. - М.: Московский рабочий, 1972. – 271 с.

408. Мазур, Т. Минеральное питание сельскохозяйственных культур, урожай и качество продукции / Т. Мазур.//Тр. ВИУА. М., 1990. - С. 92.

409. Мазуркевич, Л. И. Влияние удобрений в севообороте на содержание питательных веществ в почве, урожай и качество зерна озимой пшеницы на темно-серых оподзоленных почвах : специальность 06.00.00 сельское хозяйство : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Мазуркевич Людмила Ивановна. – Киев, 1972. – 27 с.

410. Макаров, Р. Ф. Влияние удобрений на продуктивность севооборота и изменение их эффективности во времени на черноземе типичном / Р. Ф. Макаров, В. В. Архипова // Агрохимия. – 2001. - № 4. – С. 31-34.

411. Максименко, А.А. Взаимодействие удобрений и гербицидов в повышении урожайности кукурузы / В. П. Малаканова, А.А. Максименко / Агрохимические аспекты повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Материалы Международной научной конференции. - М.: Агрокок-

салт, 2002.-С. 280-282.

412. Максимов, Н. А. Краткий курс физиологии растений [Текст] / Н. А. Максимов // Москва. - 1958. – 58 с.

413. Максютков, Н. А. Отзывчивость культур на удобрения в зависимости от погодных условий, предшественников и фона питания на черноземах южных Оренбургского Предуралья / Н. А. Максютков, В. М. Жданов, В. Ю. Скороходов [и др.] // Вестник мясного скотоводства. - 2015. - № 3 (91). - С. 131-136.

414. Малкандуев, Х. А. Отзывчивость сортов озимой пшеницы на минеральные удобрения / Х. А. Малкандуев, А. Х. Малкандуева, Р. А. Гажева // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. - 2015. - № 2 (29). - С. 17-21.

415. Малышева, Е. В. Действие минеральных удобрений на урожайность и качество зерна гибридов кукурузы различных по скороспелости / Е. В. Малышева, В. Е. Ториков // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 8. – С. 52-59.

416. Мальцев, В. Т. Влияние систематического применения удобрений на агрохимические свойства серых лесных почв и продуктивность севооборотов / В. Т. Мальцев, В. Н. Мошкарёв // Агрохимия. – 2000. - № 4. – С. 5-11.

417. Малюга, Н. Г. Влияние приемов выращивания на содержание основных элементов питания, тяжелых металлов в почве и урожайность зерна озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края / Н. Г. Малюга, Н. Н. Нецадим, С. В. Гаркуша, Г. Ф. Петрик // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2012.– №35. –С. 135-142.

418. 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.

419. 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.

420. 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.

421. Мамсиров, Н. И. Совершенствование некоторых элементов агротехники возделывания озимой пшеницы / Н. И. Мамсиров // Аграрная Россия. - 2018. - № 6. - С. 9-12.

422. Мамченков И. А. Эффективность сочетания навоза и минеральных удобрений в севооборотах / И. А. Мамченков, В. А. Васильев / Органические удобрения. – М., 1972. - С. 267-284.

423. Манджиева, А. Н. Влияние некоторых приемов агротехники на рост и семенную продуктивность люцерны в Мордовской АССР / А. Н. Манджиева // Интенсификация кормопроизводства Нечерноземной зоны РСФСР. – Саранск : Мордовский Ордена Дружбы Народов Государственный Университет имени Н.П. Огарева, 1986. – С. 46-54.

424. Мансуров, А. Я. Влияние густоты стояния и фона питания на рост, развитие и урожай кукурузы : специальность 06.00.00 Сельское хозяйство : автореф. дис. ... канд. с-х. наук / Мансуров, Якубджан Ахмедович. - Ташкент, 1970. – 24 с.

425. Мардваев, Н. Б. Влияние норм высева на урожай различных сортов суданской травы на корм [Текст] / Н. Б. Мардваев // Агротехника и агроэкология. - Ульяновск, 2008. - Т. 1. - С. 98-101.

426. Мартынов, Б. П. Агротехническая тетрадь для механизаторов: Возделывание зерновых культур и рапса по интенсивным технологиям / Б. П. Мартынов [и др.]. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 255 с.

427. Мартынович Л. И. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного в Центральной лесостепи правобережья Украины / Л. И. Мартынович, Н. Н. Мартынович // Агрохимия. – 1989. - №1. - С. 30-41.

428. Мартынович, Л. И. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного в центральной лесостепи правобережья УССР / Л. И. Мартынович, Н. Н. Мартынович // Агрохимия. - 1989. - № 1. - С. 12-16.

429. Мартынович, Н. Н. Влияние 50-летнего применения органических и минеральных удобрений на плодородие чернозема оподзоленного центральной лесостепи Правобережья Украины / Н. Н. Мартынович, Л. И. Мартынович // Агрохимия. - 1992. - № 10. - С. 49-55.

430. Масло, А. В. Влияние длительного применения удобрений на плодородие серой оподзоленной почвы и продуктивность овощного севооборота / А. В. Масло, А. Т. Гамаюнов // Агрохимия. - 1989. - №1. – С. 73–76.

431. Матвеев, А. Г. Продуктивность озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания и удобрений на черноземе выщелоченном Центрального Предкавказья : специальность 06.01.01 общее земледелие, растениеводство : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Матвеев Алексей Геннадьевич. - Ставрополь, 2015. - 24 с.

432. Медведев, Г. А. Влияние условий возделывания на семенную продуктивность люцерны / Г. А. Медведев // Мелиорация и использование орошаемых земель степной зоны. – М., 1988. – С. 132-139.

433. Медведев, Г. А. Продуктивность сортов озимой пшеницы при внесении минеральных удобрений / Г. А. Медведев, Е. А. Шевякова // Плодородие. - 2007. - № 6. - С. 17–18.

434. Мельниченко, Ю. М. Суданская трава в смешанных посевах / Ю. М. Мельниченко В. И. Перегудов, А. А. Сысойкин // Кормопроизводство. – 2003. - №6. – С. 21-27.

435. Мерзлая, Г. Е. Влияние различных сочетаний и доз органических и минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы / Г. Е. Мерзлая, С. Ф. Полунин, В. А. Гаврилова // *Агрохимия*. – 1991. - №9. - С. 43-48.

436. Мерзлая, Г. Е. Плодородие чернозема при длительном применении удобрений / Г. Е. Мерзлая, В. Ю. Семин, С. М. Надежкин // *Плодородие* – 2007. №3. – С. 11-12.

437. Местешов, Г. С. Выращивание кукурузы на Южном Урале / Г. С. Местешов, Ю. В. Соколов, В. А. Сечин, // *Кормопроизводство*. – 2003. – № 6. – С. 19-21.

438. Метельский, В.В. Влияние длительного применения навоза и минеральных удобрений в севообороте на урожай и свойства почвы / В. В. Метельский, М. С. Жуков / *Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов*. Вып. 3. - М.: Колос, 1968. – С. 180–190.

439. Милащенко, Н. З. Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии Нечерноземья / Н. З. Милащенко [и др.]. – М.: ВИУА, 1993. - 864 с.

440. Мильто, Н.И. Клубеньковые бактерии и продуктивность бобовых растений / Н.И. Мильто. - Минск, 1962. – С. 15-17.

441. Минакова, О. А. Влияние 70-летнего применения удобрений на плодородие чернозема выщелоченного в лесостепи ЦЧР и урожайность культур зерносвекловичного севооборота / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Л. В. Тамбовцева, // *Агрохимия* – 2009. - №4. – С. 31-37.

442. Минакова, О. А. Динамика агрохимических свойств почвы в восьмой и девятой ротациях зерносвекловичного севооборота при длительном применении удобрений в ЦЧР / О. А. Минакова, Л. В. Александрова, Д. А. Куницын // *75 лет Географической сети опытов с удобрениями* : Материалы Всероссийского совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями, Москва, 06 октября 2016 года. – Москва:

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2016. – С. 177-181.

443. Мингалев, С. К. Влияние минерального питания на показатели фотосинтетической активности хлорофилла кукурузы / С. К. Мингалев, А. Ю. Овсянников, Ю. А. Овсянников, И. В. Сурин // Аграрный вестник Урала. – 2014. – № 10(128). – С. 25-27.

444. Минеев, В. Г. Агрохимия / В. Г. Минеев. – М.: изд. МГУ, 2004. – 719 с.

445. Минеев, В. Г. Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Г. Минеев, Б. Дебрецени, Т. Мазур. – М.: Колос, 1993. – 415 с.

446. Минеев, В. Г. Влияние длительного применения удобрений на гумус почвы и урожай культур / В. Г. Минеев, Л. К. Шевцова // Агрохимия. – 1978. – № 7. – С. 134-141.

447. Минеев, В. Г. Географические закономерности действия удобрений на урожай озимых хлебов / В. Г. Минеев, М. М. Ивлев // Географические закономерности действия удобрений : Сборник научных трудов / ВИУА. – М: Колос, 1975. – С. 3-56.

448. Минеев, В. Г. Значение основных минеральных элементов и их соотношений для накопления белков в зерне злаковых растений / В. Г. Минеев, А. Н. Павлов // Агрохимия. – 1979. - №8. – С. 117-130.

449. Минеев, В. Г. Об эффективности удобрения озимой пшеницы в зависимости от климатических условий / В. Г. Минеев, Н. И. Щербакова, О. И. Громыко / Вестник сельскохозяйственной науки. - 1980. - № 12. - С. 28.

450. Минеев, В. Г. Плодородие черноземов Центрального Предкавказья и пути его регулирования / В. Г. Минеев, А. И. Подколзин // Агрохимия. - 2010. - № 8. - С. 87-95.

451. Минеев, В. Г. Плодородие черноземов Центрального Предкавказья и пути его регулирования / В. Г. Минеев, А. И. Подколзин // Агрохимия. – 2010. – № 8. – С. 87-95.

452. Минеев, В. Г. Удобрение и качество зерна пшеницы / В. Г. Минеев,

ев, А. Т. Тищенко, О. Д. Семихова. М.: ВНИИТЭИСХ, 1975. - 111 с.

453. Минеев, В. Г. Удобрение озимой пшеницы / В. Г. Минеев. – М.: Колос, 1973. – 307 с.

454. Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1990.- 288 с.

455. Минеев, В. Г. Эффективно использовать удобрения / В. Г. Минеев // Земледелие. - 1983. - № 1. - С. 40.

456. Миронов, С. К. Сравнительная оценка продуктивности и качества различных по скороспелости гибридов кукурузы в Нечерноземной зоне РСФСР : специальность 06.01.09 растениеводство : автореф. дис. канд. с.-х. наук / Миронов, Сергей Кимович. – Москва, 1988. – 14 с.

457. Михеев, Е. К. Влияние минеральных удобрений на урожай люцерны / Е. К. Михеев, А. П. Шкрибтиенко // Орошаемое земледелие. - 1982. - Вып. 27. - С. 42-46.

458. Моисеенко, В. Ф. Действие зеленых удобрений на плодородие почвы, урожай озимой ржи и его качество / В. Ф. Моисеенко, Н. М. Белоус // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. - №3. - С. 24.

459. Мокроносов, А. Т. Фотосинтез и продукционный процесс / А. Т. Мокроносов // Физиология растений на службе продовольственной программы СССР. - М.: Знание, 1988. - № 2. - С. 3-18.

460. Морозова, Т. С. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от видов и доз удобрений на черноземе типичном в условиях юго-западной части ЦЧР / Т. С. Морозова, С. Д. Лицуков // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2018. – № 4 (20). – С. 119–128.

461. Мосолов, И. В. Питание растений / И. В. Мосолов. – М.: Знание, 1964. – 373 с.

462. Мосур, С. С. Влияние макро-, микроудобрений и регулятора роста на динамику накопления сухого вещества, урожайность зеленой массы кукурузы и вынос элементов питания с урожаем / С. С. Мосур // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 2(67). – С. 132-143.

463. Муминова, З. К. Эффективность минеральных удобрений на эродированных сероземных почвах под озимую пшеницу / З. К. Муминова, Б. М. Холмурзаев / В сб.: Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации / Сборник статей победителей II Международной научно-практической конференции. - 2016. - С. 155-157.
464. Муравин, Э. А. Агрохимия / Э. А. Муравин. - М.: КолосС, 2003. - 384 с.
465. Мурыгин, В. П. Влияние срока и дозы азотной подкормки на урожайность озимых культур / В. П. Мурыгин, В. А. Попов, С. Л. Елисеев // Пермский аграрный вестник. - 2016. - №3 (15) - С.53-59.
466. Мухина, Н. А. Клевер / Н. А. Мухина, З. И. Шестиперова. – Л.: Колос. Ленинград. Отд-ние, 1978. – 168 с.
467. Небольсин, А. Н. Известкование – средство коренного улучшения кислых почв / А. Н. Небольсин. – Л.: Лениздат, 1979. – 134 с.
468. Неверов, В. Н. Совершенствование приемов агротехники суданской травы в степной зоне Оренбургского Предуралья : специальность 06.01.09 растениеводство : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Неверов, Владимир Николаевич / Оренбург. гос. аграр. ун-т. - Оренбург, 2003. - 25 с.
469. Невалина, К. Н. Влияние минеральных удобрений на фотосинтетическую деятельность растений и урожайность зерна озимых зерновых культур / К. Н. Невалина, С. И. Попова, Е. М. Кирякова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2013. – № 2(33). – С. 24-28.
470. Нежнев Ю. Н. Питательный режим светло-каштановых почв Волгоградской области и эффективность удобрений в звене паропропашного севооборота : специальность 06.533 агрохимия : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Нежнев Юрий Николаевич. - Волгоград, 1970. – 24 с.
471. Ненайденко, Г. Н. Удобрение и повышение качества зерна / Г. Н. Ненайденко, Л. И. Ильин // Владимирский земледелец. - 2017. - № 3 (81). - С. 23-28.

472. Нецадим, Н. Н. Современные проблемы качества зерна / Н. Н. Нецадим, К. Н. Горпинченко, А. А. Квашин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – №35. – С. 338-342.

473. Нецадим, Н. Н. Урожайность зерна озимой пшеницы при применении удобрений в севообороте / Н. Н. Нецадим, А. А. Квашин, К. Н. Горпинченко, А. П. Бойко // Colloquium-journal. - 2017. - № 6-1 (6). - С. 68-72.

474. Нецадим, Н. Н. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Антонина на черноземе выщелоченном в условиях Западного Предкавказья / Н. Н. Нецадим, А. С. Скоробогатова, Н. Н. Филипенко // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал). – Краснодар: КубГАУ, 2017. - №129. – С. 1364 – 1381.

475. Никитенко, Г. Ф. Удобрение и качество продукции / Г. Ф. Никитенко В. Е. Русков. – М.: Московский рабочий, 1978. - 128 с.

476. Никитин, В. В. Изменение фосфатного режима чернозема типичного в Юго-Западной части Центрально-Черноземного региона / В. В. Никитин, В. Д. Соловиченко // Проблемы агрохимии и экологии. – 2012. – № 3. – С. 6-8.

477. Никитин, С. Н. Влияние последействия органических удобрений и инокуляции семян на продуктивность яровой пшеницы / С. Н. Никитин // Земледелие. - 2013. - №8. - С. 12-14.

478. Никитин, С. Н. Оценка эффективности применения биопрепаратов в Среднем Поволжье : монография / С. Н. Никитин. – Ульяновск : Ульяновский государственный технический университет, 2014. – 135 с.

479. Никитин, С. Н. Урожайность озимой пшеницы при комплексном использовании органических удобрений с диатомитом и биопрепаратом / С. Н. Никитин, Г. В. Сайдяшева, М. В. Петров // Достижения науки и техники АПК. - 2017. - Т. 31. - № 4. - С. 36-39.

480. Никитин, С. Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических пре-

паратов / С. Н. Никитин // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 1. – С. 33-38.

481. Никитишен, В. И. Питание растений и удобрение агроэкосистем в условиях Ополий Центральной России / В. И. Никитишен. - М.: Наука, 2012. - 484 с.

482. Никитишен, В. И. Формирование ассимиляционного аппарата и продуктивность фотосинтеза растений в различных условиях минерального питания / В. И. Никитишен, Л. М. Терехова, В. И. Личко // Агрехимия. – 2007. – № 8. – С. 35-43.

483. Никитишен, В. И. Фосфатмобилизующая способность клевера при использовании почвенного фосфора культурами севооборота / В. И. Никитишен, В. И. Личко // Плодородие. – 2007. - №6. - С. 2-4.

484. Николаев, Е. В. Пшеница в Крыму / Е. В. Николаев, А. М. Изотов. – Симферополь: СОНАТ, 2001. – 288 с.

485. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев / А. А. Ничипорович. - М.: Издательство АН СССР, 1956. - 93 с.

486. Ничипорович, А. А. Теория фотосинтетической продуктивности растений / А. А. Ничипорович // Физиология растений. 1977. № 8. 38-44 с.

487. Ничипорович, А. А. Физиология фотосинтеза и продуктивность растений [Текст] / А. А. Ничипорович // Физиология фотосинтеза. – М.: Наука, 1982. – С. 7-33.

488. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и вопросы продуктивности растений / А. А. Ничипорович. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - С. 3-56.

489. Ничипорович, А. А. Фотосинтез и урожай. / А. А. Ничипорович. - М.: Знание, 1966. - 48 с.

490. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович. - М.: Изд-во АН СССР, 1965. - 170 с.

491. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности / А. А. Ничипорович / Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. - М., 1982. - С. 511-527.

492. Новоселов, Ю. К. Пути интенсификации кормопроизводства и повышения качества кормов / Ю. К. Новоселов, Г. П. Квитко, Г. Н. Бычков / Под ред. Академика ВАСХНИЛ И. П. Проскуры. – М.: Агропромиздат, 1986. – 335 с.

493. Новоселова, А. С. Влияние повышенных доз фосфорно-калийных удобрений на урожай клевера красного / А. С. Новоселова, И. Ф. Турик // Агрохимия. - 1971. - №10. - С. 46-49.

494. Носко, Б. С. Влияние длительного применения минеральных и органических удобрений на фосфатный фонд чернозема типичного легкосуглинистого / Б. С. Носко, А. И. Шевченко, В. И. Бабынин [и др.] // Агрохимия – 2008. - №9. – С. 23-28.

495. 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.

496. Носко, Б. С. Вынос элементов питания озимой пшеницей из чернозема типичного в зависимости от системы удобрения / Б. С. Носко, Е. Л. Меркулова, Е. В. Бабич // Агрохимия. – 2000. - №2. - С. 45-53.

497. Носко, Б. С. Закономерности поглощения и превращения фосфора удобрений в черноземах типичных разной степени окультуренности / Б. С. Носко, А. А. Христенко // Агрохимия. – 1983. - №8. – С. 12-14.

498. Носко, Б. С. Использование метода моделирования фонов при изучении агрохимических свойств почв / Б. С. Носко // Агрохимия. - 1986. - № 1. - С. 122.

499. Обущенко, С. В. Изучение особенностей потребления питательных веществ культурами зернопарового севооборота в условиях Самарского Заволжья С. В. Обущенко, А.И. Черняков, О.В. Горшкова // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. - 2013. - № 4. - С. 26-29.

500. Овсянников, Ю. А. Флуоресценция хлорофилла кукурузы и механизм повышения ее урожайности при внесении минеральных удобрений / Ю. А. Овсянников // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 2(205). – С. 41-47.

501. Ожередова, А. Ю. Определение доз минеральных удобрений для достижения планируемой урожайности сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном Ставропольской возвышенности : специальность 06.01.04 агрохимия : дис. ... канд. с.-х. наук / Ожередова Алена Юрьевна. - Ставрополь, 2020. - 308 с.

502. Окорков, В. В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. В. Окорков, И. В. Семин // Владимирский земледелец. – 2013. – № 1(63). – С. 18-21.

503. Окорков, В. В. Влияние систем удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы / В. В. Окорков, И. В. Семин // Владимирский земледелец. – 2013. – № 1(63). – С. 18-21.

504. Окорков, В. В. Влияние систем удобрения на продуктивность севооборота и плодородие серой лесной почвы Владимирского ополья / В.В. Окорков, А.А. Григорьев, М.Ф. Аркадьева // Агрохимия. - № 5. - 1997. - С. 55-65.

505. Окорков, В. В. Влияние удобрений на урожайность и качество зерна нового сорта озимой пшеницы «Поэма» на серых лесных почвах Верхневолжья / В. В. Окорков, О. А. Фенова, Л. А. Окоркова // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2017. – № 1–2. – С. 140–148.

506. Окорков, В. В. Изменение физико-химических и химических свойств серых лесных почв при длительном применении удобрений / В. В. Окорков, Л. А. Окоркова, О. А. Фенова // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2015. – Т. 12. – № 3. – С. 14-25.

507. Онищенко, Л. М. Агрохимические основы воспроизводства плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья и повышение продуктивности сельскохозяйственных культур : специальность 03.02.13 Почвоведение : дис.... доктора с.-х. наук / Онищенко Людмила Михайловна.

– Краснодар, 2016. – 668 с.

508. 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. Коцаев. - 2018. - С. 25.

509. Онищенко, Л. М. Баланс гумуса в севообороте и потребность в органических удобрениях / Л. М. Онищенко // Энтузиасты аграрной науки : Сборник статей по материалам международной конференции, посвященной И.Т. Трубилину. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 24-33.

510. Онищенко, Л. М. Влияние минеральной системы удобрения на продуктивность севооборота и баланс элементов питания в почве / Л. М. Онищенко // Энтузиасты аграрной науки : Сборник статей по материалам международной конференции, посвященной И.Т. Трубилину. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. – С. 10-23.

511. Онищенко, Л. М. Динамика подвижного кальция в агроценозе озимой пшеницы, выращиваемой на черноземе выщелоченном Кубани / Л. М. Онищенко // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения : Сборник тезисов по материалам V Национальной конференции, Краснодар, 08–09 июля 2020 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 4-5.

512. Онищенко, Л. М. Изменение физико-химических свойств чернозема выщелоченного в условиях Западного Предкавказья / Л. М. Онищенко, А. Х. Шеуджен // Почвоведение - продовольственной и экологической безопасности страны : Тезисы докладов VII Съезда почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции, Белгород, 15–22 августа 2016 года – Белгород: Издательский дом "Белгород", 2016. – С. 377-378.

513. Онищенко, Л. М. Питательный режим чернозема выщелоченного, урожайность и качество зерна озимой пшеницы в условиях Западного Предкавказья / Л. М. Онищенко // Энтузиасты аграрной науки : Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 310-летию Йогану Готтшальку Валлериусу и 90-летию академика Ефимова Виктора Никифоровича, Краснодар, 05–06 сентября 2019 года / Ответственный за выпуск А.Х. Шеуджен. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2019. – С. 74-80.

514. Онищенко, Л. М. Роль люцерны в накоплении азота в почве / Л. М. Онищенко, Е. Н. Климякина // Институциональные преобразования АПК России в условиях глобальных вызовов : Сборник тезисов по материалам Международной конференции. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 23. – EDN VGUXWX.

515. Онищенко, Л. М. Свойства чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности / Л. М. Онищенко // Научно-технологическое обеспечение агропромышленного комплекса России: проблемы и решения : Сборник тезисов по материалам Национальной конференции, Краснодар, 21–22 марта 2018 года / Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2018. – С. 27.

516. Онищенко, Л. М. Удобрение: минеральный азот в агроценозе озимой пшеницы / Л. М. Онищенко, В. В. Шаляпин, А. К. А. Али // Энтузиасты аграрной науки : Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, посвященная 100-летию со дня рождения ученых агрохимиков Коренькова Дмитрия Александровича и Тонконоженко Евгения Васильевича, Краснодар, 07–08 сентября 2020 года / Отв. за выпуск А.Х. Шеуджен. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – С. 188-199.

517. Орлов, А. Н. Приемы повышения урожайности и качества зерна озимой пшеницы / А. Н. Орлов, Н. Н. Тихонов // Инновации сегодня: образо-

вание, наука, производство: материалы научно-практической конференции, посвященной 70-летию профессора В.И. Костина. - Ульяновск, 2009. - С. 128–129.

518. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. - М.: Изд. МГУ, 1985. – 376 с.

519. 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.

520. Оруджева, Н. И., Севооборот - основной фактор при повышении плодородия почв под овощными культурами / Н. И. Оруджева // Аграрный вестник Урала. - 2009. - № 1 (55). - С. 46-51.

521. Осипов, А. А. Влияние элементов технологий возделывания на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на Юго-Западе Центрального региона России : специальность 06.01.01 Общее земледелие, растениеводство : дис.... канд. с.-х. наук / Осипов Алексей Андреевич. – Кокино, 2018. – 220 с.

522. Османьян, Р. Г. Изменение агрохимических показателей чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в севообороте / Р. Г. Османьян // Экологическая без-опасность в АПК. Реферативный журнал. – 2007. – № 4. – С. 923.

523. Остапов, В. И. Интенсивная технология возделывания многолетних трав на орошаемых землях Украины / В. И. Остапов, С. П. Голобородько, С. В. Яворский / Интенсивные технологии возделывания кормовых культур - М.: Агропромиздат, 1990. - С. 60-64.

524. 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.

525. Павлов, А. Н. Минеральное питание растений и урожайность (современные проблемы) / А. Н. Павлов, В. Д. Панников. – М.: Знание, 1982. – 64 с.
526. Павлов, А. Н. Накопление белка в зерне пшеницы и кукурузы / А. Н. Павлов. – М.: Наука, 1967. - 337 с.
527. Павлов, А. Н. Повышенное содержание белка в зерне / А. Н. Павлов. – М.: Наука, 1984. – 119 с.
528. Павлов, А. Н. Проблема повышения качества зерна: Итоги и перспективы исследований / А. Н. Павлов / Повышение эффективности удобрений в интенсивном земледелии / Труды ВИУА. – М., 1989. – С. 100-108.
529. Панников, В. Д. Почва, климат, удобрения и урожай / В. Д. Панников, В. Г. Минеев. – М.: Колос, 1977. – 413 с.
530. Парамонов, А. В. Урожайность и сбор белка озимой пшеницы в зависимости от предшественника и системы удобрений в десятипольном зернопаропропашном севообороте / А. В. Парамонов, А. В. Федюшкин, В. И. Медведева / Проблемы устойчивого сельскохозяйственного производства растениеводческой продукции в различных агроэкологических условиях / Материалы Всероссийской научной конференции молодых ученых (заочной). Донской зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства. - зерноград, 2017. - С. 84-88.
531. Пелин, А. А. Влияние систематического применения удобрений на агрохимические показатели обыкновенного чернозема / А. А. Пелин, А. Донос, С. Касьян / Агрохимическое обслуживание и пути повышения продуктивности с-х. производства. – Кишинев, 1982. – С. 102-108.
532. Перескоков, М. Ф. Динамика азота и фосфора в почвах АКООС / М. Ф. Перескоков, М. А. Пчелкин, Д. А. Сикстель, Ю. А. Рубинчик / Труды АКООС. – Ташкент, 1930. – С. 24-37.
533. Петербургский, А. В. Баланс питательных веществ в земледелии СССР / А. В. Петербургский, В. И. Никитишен / Регулирование плодородия

почв, круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. – Пушино, 1981. – С. 5-14.

534. Петербургский, А. В. Баланс питательных веществ в земледелии СССР / А. В. Петербургский, В. И. Никитишен / Регулирование плодородия почв, круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. – Пушино, 1981. – С. 5-14.

535. Петербургский, А. В. Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А. В. Петербургский. - М.: Наука, 1979. - 168 с.

536. Петербургский, А. В. Формы калия в почве при много- летнем применении удобрений / А. В. Петербургский, Ф. В. Янишевский // Изв. ТСХА. - 1963. - № 6. - С. 113-124

537. Петров, Л. Н. Внесение минеральных удобрений под люцерну в запас на несколько лет / Л. Н. Петров // Химия в сельском хозяйстве. - 1981. - № 6. - С. 10-13.

538. Пигорев, И. Я. Фотосинтетический потенциал озимой пшеницы и его реализация в условиях Черноземья России [Текст] / И. Я. Пигорев // Вестник Курской ГСХА. – 2008. – №3. – С. 3-6.

539. Пигорев, И. Я. Элементы биологизации в технологии возделывания озимой пшеницы / И. Я. Пигорев, С. А. Тарасов // Вестник ОрелГАУ. – 2014. – № 5 (50). – С.103-109.

540. 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.

541. Плешакова, С. В. Зависимость урожая пшеницы от доз минеральных удобрений и норм высева семян на дерново-подзолистой почве / С. В. Плешакова, Л. К. Мясникова, Л. П. Айрумов / Результаты многофакторных опытов по влиянию минеральных удобрений на продуктивность культур и плодородие почвы /Труды ВИУА: Вып. 63. – М., 1983. - С. 63-72.

542. Подколзин, А. И. Плодородие почвы и эффективность удобрений в земледелии юга России / А. И. Подколзин. - М.: Изд-во МГУ, 1997. - С. 47.
543. 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.
544. 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.
545. Поздухова, П. П. Вопросы применения азотных удобрений под многолетние бобовые травы / П.П. Поздухова, Ю.М. Юрин, А.В. Кузютип // Сельское хозяйство за рубежом. - 1977. - № 9. - С. 11-15.
546. Покудин, Г. П. Влияние длительного применения удобрений на эффективное плодородие выщелоченного чернозема / Г. П. Покудин // Агрохимия. – 1989. - № 5. – С. 12-14.
547. Попов, К. П. Мир растений Северной Осетии. - Владикавказ: Ир, 1991. - 231 с.
548. Попова, И. М. Использование минеральных удобрений на орошаемых землях Украинской ССР / И. М. Попова / Эффективность удобрений на орошаемых землях. - М., Колос, 1967. - С. 21-28.
549. Посыпанов, Г. С. Азотфиксация зернобобовых культур в зависимости от почвенно-климатических условий / Г.С. Посыпанов / Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. М.: Наука, 1985. - С. 75 - 84.
550. Посыпанов, Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: Справочное пособие / Г. С. Посыпанов. М.: Агропромиздат, 1991. -300 с.
551. Посыпанов, Г. С. Растениеводство : Учебник / Г. С. Посыпанов, В. Е. Долгодворов, Г. В. Коренев [и др.]. – Москва : Издательство "Колос", 1997. – 448 с.

552. Потапов, Н. Г. Минеральное питание пшеницы / Н.Г. Потапов // Физиология сельскохозяйственных растений. Т. 4. Физиология пшеницы: сб. науч. тр. МГУ. - Москва: Издательство МГУ, 1969. - С. 242-297.

553. Прасолов, Л. И. О черноземах приазовских степей: (К вопросу о почвенно-географических провинциях) / Л. И. Прасолов // Почвоведение. - 1916. - №1. - С. 23-46.

554. Пресняков, Н. М. Влияние минеральных удобрений на белковость и аминокислотный состав зерна озимой пшеницы / Н. М. Пресняков, Л. И. Гридяева, Г. В. Дубанина / Свойства почв Центрально-Черноземной зоны и удобрения / Науч. труды Воронежского СХИ. – Воронеж, 1983. – С. 48-54.

555. Прокина, Л. Н. Отзывчивость озимой пшеницы на внесение макро- и микроудобрений в условиях лесостепи / Л. Н. Прокина // Зерновое хозяйство России. – 2010. – № 3. – С. 51-53.

556. Пронько, В. В. Эффективность солей гуминовых кислот при возделывании озимой пшеницы на южных черноземах Поволжья / В. В. Пронько, К. В. Корсаков // Агрехимия. – 2011. – № 8. – С. 51-59.

557. Простаков, П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа: в 2 т. Т. 1. / П. Е. Простаков. – М.: Россельхозиздат, 1964. – 310 с.

558. Простаков, П. Е. Агрономическая характеристика почв Северного Кавказа: в 2 т. Т. 2. / П. Е. Простаков, П. В. Носов. – М.: Россельхозиздат, 1964. – 263 с.

559. 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. – № 3(78). – С. 4-6.

560. Прошкин, В. А. Энергетическая эффективность применения минеральных удобрений / В. А. Прошкин, В. А. Величко // Агрехимический вестник. – 2000. - №1. – С. 23-26.

561. Прудников, В. А. Влияние длительного применения удобрений на плодородие выщелоченного чернозема / В. А. Прудников, М. П. Шкель, Н. С. Ращенья // Агрохимия. – 1982. - №10. – С. 21-28.

562. Прянишников, Д. Н. Избр. Сочинения. 2 т. / Д. Н. Прянишников. - М. - Колос. – 1965. – С. 93-108.

563. Прянишников, Д. Н. Популярная агрохимия / Д. Н. Прянишников. - М.: Наука, 1965. – 395 с.

564. Пустовойт И.В. Влияние удобрений на урожай люцерны на светло-каштановых почвах Волгоградской области при орошении / И.В. Пустовойт, В.П. Жидков // Агрохимия. – 1971. – №5. – С. 96-102.

565. Пчелкин, В. У. Почвенный калий и калийные удобрения / В.У. Пчелкин. – Москва : Колос, 1966. – 336 с.

566. Разработка основных агротехнических приемов, обеспечивающих высокий урожай кукурузы на зерно и силос в орошаемых районах Кировабад-Казахской зоны [Текст] : Автореферат дис. на соискание учен. степени кандидата с.-х. наук / М-во сел. хозяйства АзССР. Азербайдж. с.-х. ин-т. - Кировабад : [б. и.], 1962. - 21 с

567. 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.

568. Раманова Т. Д. Влияние удобрений и других агротехнических приемов на урожайность и качество продукции африканского проса и агрохимические свойства дерново-глеевой оподзоленной почвы : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук/ Раманов Татьяна Джемалиевна. - Владикавказ, 2005. - 21 с.

569. Рафаэлян, Р. К. Содержание азота и некоторых зольных элементов в люцерне / Р. К. Рафаэлян / Сообщение Института агротех. проблем и гидропоники. - Ереван: Изд. Ан Армян. ССР, N 10, 1970. - С. 80-87.

570. Рахманов, И.В. Продуктивность суданской травы в зависимости от норм высева и минерального питания в условиях Закамья Татарстана : специальность 06.01.09 растениеводство : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Рахманов Ильдус Васильевич. - Йошкар-Ола, 2004. - 22 с.

571. Рейнфельд, Л. Факторы, определяющие обогащение почвы подвижным фосфором / Л. Рейнфельд // Бюл. ВИУА. – 1978. - №41. – С. 84-89.

572. Ригер, А. Н. Использование стартовых доз азотных удобрений на посевах люцерны / А. Н. Ригер, Л. Г. Горковенко, Н. А. Бедило // Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства. – 2017. – Т. 6. – № 2. – С. 253-258.

573. Ринькис, Г.Я. и др. Система оптимизации и методы диагностики минерального питания растений / Г. Я. Ринькис. - Рига: Зинатне, 1989. - 195 с.

574. Розпутний, М.В. Управление качеством зерна с помощью азотных подкормок / М.В. Розпутний // Научные труды SWorld. - 2012. - Т.34. - №3. - С.9-11.

575. Романенко, Г. А. Удобрения, значение, эффективность применения: Справочное пособие / Г. А. Романенко, А. П. Тютюнников, В. Г. Сычев. - М.: РАСХН, 1998. - 375 с.

576. Романенков, В. А. Длительные опыты Геосети в современных и перспективных агрохимических и агроландшафтных исследованиях / В. А. Романенков, Л. К. Шевцова // Агрохимия. – 2014. – № 11. – С. 3-14. – EDN SYIVVR.

577. Ромашев, П.И. Справочник по удобрениям. Удобрения масличных и эфиромасличных культур. – М.: Колос, 1964. - 609-610 с.

578. Рубилин, Е. В. Почвы предгорий и предгорных равнин Северной Осетии / Е. В. Рубилин. – М. : Изд. АН СССР, 1956. - 231 с.

579. Руднева, Н. И. Продовольственная безопасность. Глава 5. / Н. И. Руднева, С. В. Белякова, А. С. Колотова // Экономическая безопасность : Учебно-методическое пособие. – Мичуринск : Мичуринский государствен-

ный аграрный университет, 2018. – С. 97-126.

580. Русакова, Т.М. Влияние некоторых условий выращивания на нектаропродуктивность и урожай семян гречихи : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук / Русакова Татьяна Михайловна. – Киев, 1974. – 20 с.

581. Рыбак, В. К. Зависимость качества зерна озимой пшеницы от доз минеральных удобрений / В. К. Рыбак // Бюллетень ВИУА. - 1982. - №59. - С. 49-52.

582. Ряховский, А. В. Отзывчивость озимой пшеницы на дробное внесение удобрений / А. В. Ряховский, В. Н. Кравченко, С. И. Лысенко // Плодородие – 2006. - № 6. – С 20-21.

583. Сабанова А. А. Влияние удобрений на поражаемость болезнями, азотфиксирующую активность и урожай люцерны / А. А. Сабанова, А. Т. Фарниев / Оптимизация структур ландшафтного земледелия в условиях адаптивной интенсификации. - Владикавказ, 1996. - С. 27-28.

584. Сабитов, М. М. Севооборот - основа стабилизации плодородия почв и продуктивности культур / М. М. Сабитов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2019. – Т. 21. – № 6(92). – С. 89-94.

585. Савицкий, М. С. Структура урожая зерновых культур / М. С. Савицкий, М. Е. Николаев. – Горки, 1976. – 20 с.

586. Саламов, А. Б. Выращивание высоких урожаев кукурузы / А. Б. Саламов. - Орджоникидзе, 1954. – 256 с.

587. 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.

588. Саленко, Е. А. Влияние минеральных удобрений на формирование параметров структуры урожая и качества зерна озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / Е. А. Саленко // Политематический сетевой элек-

тронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 105. – С. 94-104.

589. Самойленко, С. С. Урожайность и качество зеленой массы люцерны 3-го года при применении микроудобрений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья / С. С. Самойленко, И. А. Булдыкова // Научное обеспечение агропромышленного комплекса : сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2016 год. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2017. – С. 62-64.

590. 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.

591. Сандухадзе Б. И. Влияние азотных подкормок на содержание азота в почве и растениях озимой пшеницы / Б. И. Сандухадзе, Б. П. Лобода, Д. Ф. Асхадуллин [и др.]. // Агрехимический вестник – 2006. №1. – С. 10-12.

592. Саришвили И. Ф. О влиянии на свойства почв систематического и длительного внесения удобрений / И. Ф. Саришвили, Н. В. Залиева, Л. И. Саришвили / Итоги работы государственной агрохимической службы в СССР. – М.: Колос, 1971. – С. 31-34.

593. Сатаров, Г. А. Влияние различных уровней удобрённости на продуктивность звеньев севооборота в лесостепи Поволжья : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Сатаров Гальмедин Айнулович. - М., 1988. - 22 с.

594. 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.

595. Сдобникова О. В. Фосфорное удобрение и урожай / О. В. Сдобникова. - М.: Агропромиздат, 1985. – 110 с.

596. Сдобникова, О. В. Сбалансированное питание макро- и микро-элементов на основе данных многофакторных опытов и методов балансового расчета доз / О. В. Сдобникова, Н. С. Соколов // Химия в сельском хозяйстве. – 1995. - №6. - С. 26.

597. Севостьянова, А. А. Применение минеральных удобрений и бактериальных препаратов под кукурузу на зерно на черноземе обыкновенном Нижнего Дона : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Севостьянова Алиса Александровна. - Саратов, 2019. - 23 с.

598. Семина, С. А. Продуктивность кукурузы в Пензенской области / Семина, С. А. // Нива Поволжья. – 2009. – № 4(13). – С. 55-59.

599. Семина, С. А. Фотосинтетическая деятельность кукурузы в зависимости от условий минерального питания / С. А. Семина, И. В. Гаврюшина // Нива Поволжья. – 2017. – № 4(45). – С. 138-144.

600. Сергеев В. С. Плодородие выщелоченных черноземов при внесении органических удобрений / В. С. Сергеев, И. О. Чанышев, И. К. Хабилов, З. З. Аюпов // Плодородие. - 2008. - №3. - С. 21-22.

601. Сергеев, П. А. Культура клевера на корм и семена / П. А. Сергеев, Г. Д. Харьков, А. С. Новоселова. - М.: Колос, 1973. - С. 69-116.

602. Серебряная, М. И. География Северной Осетии / М. И. Серебряная. - Орджоникидзе: Ир, 1978 - 104 с.

603. Сидакова, М. С. Продуктивность и технологические свойства озимой пшеницы в зависимости от удобрения в условиях предгорной зоны КБР / М. С. Сидакова / Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения / Сборник статей VI Международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 129-131.

604. Сидоров, А. В. Влияние минеральных удобрений на химический состав зерна кукурузы и вынос основных элементов питания в условиях лесостепи среднего Поволжья / А. В. Сидоров, А. А. Моисеев, А. В. Ивойлов // Агрохимия. – 2020. – № 9. – С. 18-23.

605. Симакин, А. И. Пути эффективного использования минеральных удобрений под озимую пшеницу на Северном Кавказе / А. И. Симакин / Методические указания по Географической сети опытов с удобрениями: Вып. 17. - М., 1970. – С. 103-122.
606. Симакин, А. И. Удобрение, плодородие почвы и урожай / А. И. Симакин. - Краснодар: Кн. изд-во, 1983. - 272 с.
607. Синеговская, В. Т. Система удобрений как средство воспроизводства плодородия почвы и стабилизации продуктивности полевого севооборота / В. Т. Синеговская, Е. Т. Наумченко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 1. – С. 38-41.
608. Синявский, И. В. Зависимость продуктивности севооборота от применения фосфогип-са и удобрений / И. В. Синявский, А. М. Плотников, А. В. Созинов, Н. Д. Гущенская // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 1. – С. 37-42.
609. Синягин, И. И. Площадь питания растений / И. И. Синягин. – М.: Россельхозиздат, 1970. – 232 с.
610. Синягин, И. И. Применение удобрений в Сибири / И. И. Синягин, И. Я. Кузнецов. - М.: Колос, 1979. - 370 с.
611. Слабко, Ю. И. Система удобрений, агрохимические свойства почвы и продуктивность звена севооборота / Ю. И. Слабко, С. А. Солонкова // Агрохимический вестник – 2000. - №5. – С. 5-7.
612. 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.
613. Смирнов П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин. – М.: Колос, 1984. – 304 с.
614. Смирнов, П. М. Агрохимия / П. М. Смирнов, Э. А. Муравин. - М.: Агропромиздат, 1991. - 288 с.

615. Смирнова, Л. Г. Производство кукурузы на силос при многолетнем внесении удобрений в почвозащитном севообороте / Л. Г. Смирнова // *Агрохимический вестник*. - 2006. - №5. - С. 26-28.
616. Смольский, Я. В. Уход за пропашными культурами / Я. В. Смольский / *Сборник работ Северо-Осетинской госселекстанции*. – Орджоникидзе, 1951. – С. 182-218.
617. Соборникова, И. Г. К вопросу содержания и определения подвижных форм фосфора и калия в черноземных и каштановых почвах Ростовской области / И. Г. Соборникова, Т. Н. Колесникова / *Итоги работы государственной агрохимической службы в СССР*. – М.: Колос, 1971. – С. 108-110.
618. Созинов, А. А. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А. А. Созинов, Г. П. Жемела. - М.: Колос, 1983. - 268 с.
619. Сокаев К. Е. Удобрение подсолнечника на каштановых почвах Северной Осетии : 06.533 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Сокаев Курман Елканович. - Орджоникидзе, 1980. - 18 с.
620. Сокаев, К. Е. Мониторинг плодородия основных типов и подтипов почв Республики Северная Осетия-Алания на реперных участках / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев // *Плодородие*. – 2013. – № 6(75). – С. 31-33.
621. 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.
622. Соколов, О. А. Все о нитратах / О. А. Соколов. - М.: 1992. – 54 с.
623. Соколов, О. А. Нитраты в окружающей среде / О. А. Соколов, В. М. Семенов, В. А. Агиев. – Пушкино, 1990. – 316 с.
624. Соловьев Б.Ф. Суданская трава - высокопродуктивная кормовая культура. – М.: Колос, 1975. – 11-14 с.
625. 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 Воро-*

нежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фарма-
ция. - 2015. - № 2. - С. 92-95.

626. Стахурлова, Л. Д. Агрохимические свойства черноземов выщело-
ченных в длительном опыте с удобрениями / Л. Д. Стахурлова, Д. И. Щеглов,
А. Ф. Стулин // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия
: Сборник докладов международной научно-практической конференции Кур-
ского отделения МОО "Общество почвоведов имени В.В. Докучаева", Курск,
20 апреля 2018 года. – Курск: Всероссийский научно-исследовательский ин-
ститут земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, 2018. – С.
415-419.

627. Стахурлова, Л. Д. Биологические свойства черноземов выщело-
ченных в длительном опыте с кукурузой / Л. Д. Стахурлова, А. Ф. Стулин //
Почвы в биосфере : Сборник материалов Всероссийской научной конферен-
ции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвове-
дения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10 сентября – 14 2018 года. – Но-
восибирск: Национальный исследовательский Томский государственный
университет, 2018. – С. 145-148.

628. Стахурлова, Л. Д. Влияние длительной агротехногенной нагрузки
на агрохимические показатели черноземов выщелоченных. / Л. Д. Стахурло-
ва, О. А. Минакова / Энтузиасты аграрной науки. Вып.13. - Краснодар, 2011.
– С. 158–161.

629. Стекольников, К.Е. Влияние длительного применения удобрений
и мелиоранта на кислотно-основной режим чернозема выщелоченного / К.Е.
Стекольников, И.С. Горб, О.М. Кольцова // Вестник Воронежского аграрного
университета. – 2013. – № 4. – С. 22-31

630. Стокозов, И. П. Действие удобрений на урожай озимой пшеницы
в зоне, обслуживаемой Краснодарской зональной агрохимической лаборато-
рией / И. П. Стокозов / Итоги работы государственной агрохимической
службы в СССР. – М.: Колос, 1971. – С. 42-47.

631. Столяров А. И. Влияние длительного применения удобрений на плодородие выщелоченного чернозема при орошении / А. И. Столяров, Л. А. Фанина // *Агрохимия*. – 1989. - №7. – С. 18-24.

632. Столяров, А. И. Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и урожай культур при орошении. Мелиорация и орошение почв равнинного Кавказа. / А. И. Столяров // *Доклады АН СССР*, М.: Наука, 1986. – С. 112–121.

633. Столяров, А. И. Изменения плодородия выщелоченных черноземов Кубани и урожайность культур при систематическом применении удобрений / А. И. Столяров, В. И. Сидоренко, С. В. Бодня // *Проблемы черноземов Северного Кавказа*. - Краснодар, 1993. - С.43-44.

634. Столяров, А. И. Плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / А. И. Столяров, Л. М. Онищенко // *Агрохимия в высших учебных заведениях России: материалы всероссийской конференции, посвященной 140-летию кафедры агрохимии в МГУ (Москва. 28–30 мая 2003 г.)* / Под ред. акад. В.Г. Минеева. – М.: МГУ, 2004. – С. 201–212.

635. Стукалов, Р. С., Влияние технологий возделывания и удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на черноземе обыкновенном Центрального Предкавказья 6 специальность 06.01.00 Агрономия : дис.... канд. с.-х. наук / Стукалов Роман Сергеевич. - Ставрополь, 2016 - 202 с.

636. 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.

637. Стулин, А. Ф. Агроэкологическая оценка длительного применения минеральных удобрений в агроценозах кукурузы (*Zea mays L.*) в условиях Центрального Черноземья / А. Ф. Стулин, Н. В. Верховцева, Е. Ю. Милановский, О. А. Амелянчик // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2020. – № 2. – С. 3-10.

638. Стулин, А. Ф. Влияние длительного применения удобрений на плодородие выщелоченного чернозема / А. Ф. Стулин, А. П. Кузьмина, М. С. Саввина, Н. В. Стулина // *Агрохимия*. – 1982. - №4. – С. 50-54.

639. Стулин, А. Ф. Продуктивность кукурузы, возделываемой в севообороте и бессменно в условиях длительного применения удобрений / А. Ф. Стулин // *Агрохимия*. – 1996. - №11. - С. 76.

640. Ступаков, А. Г. Влияние агротехнологических приемов на азотный режим чернозема типичного / А. Г. Ступаков, М. А. Куликова, А. А. Ореховская // *Агропромышленные технологии Центральной России*. – 2020. – № 4(18). – С. 108-116.

641. Ступаков, А. Г. Воспроизводство плодородия почв в системах земледелия : Учебное пособие по дисциплине «Воспроизводство плодородия почв в системах земледелия» для направления подготовки 35.04.03 «Агрохимия и агропочвоведение» / А. Г. Ступаков, А. И. Титовская, А. В. Ширяев, Л. Н. Кузнецова. – Белгород : Издательство Белгородского ГАУ имени В.Я. Горина, 2017. – 79 с.

642. Ступаков, А. Г. Коэффициент использования питательных элементов из удобрений в зависимости от агротехнологии возделывания кукурузы / А. Г. Ступаков // *Вопросы современной генетики, селекции и ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур* : Сборник докладов национальной научной конференции, Белгород, 12 октября 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина, 2021. – С. 276-278.

643. Ступаков, А. Г. Продуктивная влага чернозема типичного в зависимости от предшественников озимой пшеницы / А. Г. Ступаков, Х. Х. Аль Дхухайбави, С. И. Смуров [и др.] // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2020. – № 2. – С. 6-12.

644. Суднов, П. Е. Агротехнические приемы повышения качества зерна пшеницы / П. Е. Суднов. – М.: Колос, 1965. – 199 с.

645. Суднов, П. Е. Повышение качества зерна пшеницы / П. Е. Суднов. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 95 с.

646. Сулимова, А. И. Влияние азотных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы при разных сроках их внесения / А. И. Сулимова, Л. Г. Бабыкина / Труды Харьковского СХИ. Т. 284. – Харьков, 1982. - С. 83-96.

647. 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.

648. Сусидко, П. И. Кукуруза / П. И. Сусидко, В.С. Циков. – Киев: Урожай, 1978. – 296 с.

649. Сыкало, Н. Г. Кукуруза, урожай, качество / Н. Г. Сыкало. – Краснодар: Краснодарское кн. изд-во, 1976. – 124 с.

650. Сычев, В. Г. 45 лет на благо науки. Результаты длительных опытов стационара Ставропольского ГАУ / В. Г. Сычев, А. Н. Есаулко, Ю. И. Гречишкина, Е. В. Голосной // Плодородие. – 2021. – № 3(120). – С. 22-27.

651. Сычев, В. Г. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов Географической сети России / В. Г. Сычев, А. Н. Налиухин, Л. К. Шевцова [и др.] // Почвоведение. – 2020. – № 12. – С. 1521-1536.

652. Сычев, В. Г. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция / В. Г. Сычев, П. Д. Музыкантов, Н. К. Панкова. – Москва : Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства, 2000. – 40 с.

653. 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.

654. Сычев, В. Г. Оценка результатов мониторинга содержания и баланса гумуса в длительных опытах Геосети / В. Г. Сычев, Л. К. Шевцова, Г. Е. Мерзлая, М. В. Беличенко // Плодородие. – 2017. – № 6(99). – С. 28-30.

655. Сычев, В. Г. Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации / В. Г. Сычев. - М.: ВНИИА, 2011. - 372 с.

656. Сычев, В. Г. Роль длительных опытов географической сети в обеспечении устойчиво-го повышения продуктивности севооборотов и оптимизации свойств почв / В. Г. Сычев, В. А. Романенков, М. В. Беличенко // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. – 2018. – № 1. – С. 209-212.

657. Сычев, В. Г. Состояние и стратегия развития агрохимического обслуживания сельскохозяйственного производства России на период до 2010 года / В. Г. Сычев, А. Н. Аристархов // Плодородие. - 2004. - № 5 (20). - С. 2-3.

658. Сычев, В. Г. Этапы развития, результаты исследований и актуальные проблемы длительных агрохимических полевых опытов географической сети опытов с удобрениями / В. Г. Сычев, М. В. Беличенко, В. А. Романенков // Агрохимия. – 2018. – № 1. – С. 3-16.

659. 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.

660. Тарковский, М. И. Люцерна / М. И. Тарковский, А. М. Константинова, М. Ф. Гладкий. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – М.: Колос, 1974. – 316 с.

661. Тарковский, М. И. Многолетние травы в полевых севооборотах. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы / М. И. Тарковский. М. - 1952. – 371 с.

662. Тарчевский, И. А. Основы фотосинтеза / И. А. Тарчевский. - М. : Высш. шк., 1977. - 255 с.

663. Татрова М. Т. Влияние удобрений на урожайность и качество продукции топинамбура на дерново-глеевой оподзоленной почве РСО-Алания : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Татрова Мадина Толиковна. - Владикавказ, 2009. - 22 с.

664. 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.

665. Тиберькова Г. А. Влияние длительного применения удобрений на пищевой режим почвы и урожайность надземной массы кукурузы / Г. А. Тиберькова, Н. Л. Плескова, Т. Н. Комиссарова / В сб. «Удобрения и мелиоранты в земледелии Центрально-Черноземной зоны». - Воронеж, 1989. - С. 4-13.

666. Тимошкина, Н. В. Географическая характеристика, климат и природные ресурсы Северной Осетии / Н. В. Тимошкина - Ульяновск, 2020. - 56 с.

667. Титова, В. И. Фосфор в земледелие Нижегородской области / В. И. Титова, О. Д. Шафронов, Л. Д. Варламова. – Нижний Новгород : Волго-Вятская академия государственной службы, 2005. – 219 с.

668. Тишков, Н. М. Изменение агрохимических свойств чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в севообороте с масличными культурами / Н. М. Тишков // Научно-технический бюллетень Всесоюзного научно-исследовательского института масличных культур. – 2003. – № 2(129). – С. 37-46.

669. Ткаченко, А. В. Оценка влияния минеральных удобрений на обменную кислотность чернозема типичного в условиях склоновых агроландшафтов типичной лесостепи / А. В. Ткаченко, А. А. Кувшинова // Современные решения в развитии сельскохозяйственной науки и производства. Меж-

дународный саммит молодых ученых : сб. тр. конф. – Краснодар, 2016. – С. 202–206.

670. Толорая, Т. Р. Эффективность обработки семян и вегетирующих растений комплексными водорастворимыми удобрениями на продуктивность кукурузы / Т. Р. Толорая, М. В. Петрова, В. Ю. Пацкан // АгроСнабФорум. – 2016. – № 8(148). – С. 88-89.

671. 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.

672. Толстоусов, В. П. Удобрения и качество сельскохозяйственной продукции / В. П. Толстоусов. – М.: Россельхозиздат, 1976. – 55 с.

673. Торилов, В. Е. Производство продукции растениеводства: учеб. пособие для вузов / В. Е. Торилов, О. В. Мельникова. – 5-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2021. - 512 с.

674. Трепачев, Е. П. Значение биологического и минерального азота в проблеме белка/ Е. П. Трепачев / Минеральный и биологический азот в земледелии СССР, М., - 1985. – 23 с.

675. Трепачев, Е. П. О некоторых аспектах симбиотической азотфиксации азота бобовыми культурами / Е. П. Трепачев // Агрохимия. - 1976. - №1. - С. 138-147.

676. Третьяков, Н. Н. Основы агрономии / Н. Н. Третьяков, Б. А. Ягодин, А. М. Туликов. – М.: ИРПО, 1998. – С. 122. – 360 с.

677. Третьяков, Н. Н. Справочник кукурузовода / Н. Н. Третьяков, И. А. Шкурпела. - М.: Россельхозиздат, 1979. - 160 с.

678. Третьяков, Н. Н. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений : учебник для студентов вузов, обучающихся по агрономным специальностям / Н. Н. Третьяков, А. С. Лосева, Н. М. Макрушин [и др.]. – Москва : Издательство КолосС, 1998. – 640 с.

679. 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.

680. 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.

681. Туев, Н. А. Проблема гумуса и его воспроизводства в интенсивном земледелии / Н. А. Туев / Труды ВНИИ с.-х. микробиологии. Т. 58. – М., 1988. – С. 7-12.

682. Тукалова, Е. И. Систематическое применение удобрений при орошении / Е. И. Тукалова, В. Е. Майдурова, В. И. Вуколова [и др.] / Отв. ред. Е. И. Тукалова. - Кишинев : Штиинца, 1982. - 223 с.

683. Турчин Ф. В. О природе действия удобрений / Ф. В. Турчин. – М.: Сельхозгиз, 1936. – 151 с.

684. Тымицкая, Н. В. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество суданской травы при орошении / Н. В. Тымицкая, Г. Ф. Ежов // Химизация в интенсивном земледелии. – Куйбышев : Куйбышевское книжное издательство, 1987. – С. 106-108.

685. 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.

686. Тюрин И. В. Вопросы генезиса и плодородия почв / И. В. Тюрин, М. М. Кононова. - М., 1966. - 288 с.

687. Тюрникова, В. И. 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 // Агрехимический вестник. – 2011. – № 2. – С. 10-12.

688. Тютюнов, С. И. Влияние длительного применения удобрений на динамику калия в черноземе типичном / С.И. Тютюнов [и др.] // Земледелие. – 2014. – № 8. – С. 18-20.

689. Уланов, А. К. / Комплексная оценка систем удобрений в зернопаровом севообороте сухой степи Забайкалья / А.К. Уланов // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. - 2016. - № 2 (33). - С. 81-86.

690. Ураимов, Т. Влияние минеральных удобрений на урожайность озимой пшеницы в условиях орошения / Т. Ураимов, Р. Кодиров, С. Хатамов // Российский электронный научный журнал. - 2013. - № 3 (3). - С. 118-122.

691. Уртаев, А. Л. Микроэлементы в почвах плоскостной части Северо-Осетинской АССР : специальность 06.533 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Уртаев ахсарбек Лазоевич. - Орджоникидзе 1968. - с. 5-20.

692. Усанова, З. И. Ассимилирующая поверхность и Фотосинтетическая деятельность ярового ячменя в посевах разной густоты и при разном уровне минерального питания / З. И. Усанова // Известия ТСХА. - 1985. - Вып. 3 - С. 45-54.

693. Усанова, З. И. Изменение плодородия почвы в севообороте при систематическом внесении удобрений / З. И. Усанова, А. Д. Ширяева / Земледелие и кормопроизводство. – М., 1980. – С. 16-20.

694. Усанова, З. И. Программирование урожайности кукурузы в условиях верхневолжья / З. И. Усанова, И. В. Шальнов // Организация инновационной деятельности в региональном агропромышленном комплексе. – Тверь: ООО "СФК-офис", 2011. – С. 150-153.

695. Усанова, З. И. Теория и практика создания высокопродуктивных посевов некоторых полевых культур (условиях интенсификации земледелия Центральных районов Нечерноземной зоны РСФСР) : специальность 06.01.09 растениеводство : автореф. дис.... доктора с.-х. наук / Усанова Зоя Ивановна.

- М.: МСХА, 1989. - 36 с.

696. Усенко, В. И. Эффективность минеральных и бактериальных удобрений на озимой пшенице в лесостепи Алтайского Приобья / В. И. Усенко, П. А. Литвинцев, А. П. Кузикеева, Т. А. Литвинцева / В сб.: Научное обеспечение зернового производства Алтайского края / Сборник статей ФГБНУ Алтайский НИИСХ. - Барнаул, 2016. - С. 127-133.

697. Фарниев, А. Т. Приемы повышения азотфиксирующей способности и урожая люцерны на выщелоченных черноземах / А. Т. Фарниев, Т. Д. Фарниев, Эколого-географические проблемы Северного Кавказа.- Владикавказ, 1991.- С. 12.

698. Федоров В. А. Чернозем – наше богатство / В. А. Федоров В. А. Воронцов // Вестник Томского государственного университета. - 2009. - Вып. 1. - С. 148-149.

699. Федюшкин, А. В. Продуктивность многолетних трав в зависимости от удобрения покровной культуры на черноземе обыкновенном / А. В. Федюшкин, А. В. Парамонов, В. И. Медведева // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 1(14). – С. 85-92.

700. Фиापшев, Б. Х. Черноземы Центрального и Восточного Предкавказья / Б. Х. Фиапшев, К. И. Трофименко // Черноземы СССР. Предкавказье и Кавказ. М.: Агропромиздат, 1985. - 180 с.

701. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений: учебник для вузов / Н. Н. Третьяков [и др.]. - М.: Колос, 2005. - 640 с.

702. Филипьев, И. Д. Влияние удобрений на урожай люцерны и использование его атмосферного азота / И. Д. Филипьев, А. П. Шкрибтиенко // Агрохимия. – 1983. - №2. - С. 61-65.

703. Филипьев, И. Д. Система удобрений для получения экологически чистого и высококачественного зерна кукурузы в условиях орошения / И. Д. Филипьев, В. В. Гамаюнова, Н. Н. Драчова, А. Н. Дымов // Вестник аграрной науки. – 1996. - №5. - С. 29-32.

704. Фокеев, П. М. Влияние режимов орошения и удобрений на пищевой режим почвы, вынос элементов питания, урожай и качество зерна яровой пшеницы на темно-каштановых почвах Заволжья / П. М. Фокеев, М. А. Колчина // *Агрохимия*. – 1984. - № 11. – С. 16.

705. Фокеев, П. М. Уровень питания, сорт и густота стояния кукурузы при орошении в Заволжье / П. М. Фокеев, В. И. Лопухов // *Агрохимия*. – 1969. - № 9. – С. 20-23.

706. Францессон, В. А. Об окультуренности и окультуривании почв / В. А. Францессон // *Химизация социалистического земледелия*. – 1934. - №11. – С. 63-66.

707. Фридман, Н. Г. Вопросы баланса питательных веществ в темно-каштановых почвах Заволжья в условиях орошения / Н. Г. Фридман, И. И. Антипов-Каратаев / *Применение удобрений в засушливых районах Юго-востока СССР*. - М., 1964. – С. 112-116.

708. Фурсова, А. Ю. Влияние систем удобрения, способов и приемов обработки почвы на плодородие чернозема выщелоченного в посевах озимой пшеницы Ставропольской возвышенности / Фурсова А. Ю., Есаулко А. Н. // *Вестник АПК Ставрополя*. – 2015. – № 4 (20). – С. 175–179.

709. Хадиков, А. Ю. Влияние различных доз удобрений на агрохимические показатели, питательный режим выщелоченного чернозема и урожайность сои в условиях лесостепной зоны РСО–Алания / А. Ю. Хадиков, З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // *Известия Горского государственного аграрного университета*. - 2012. - Т. 43. - №3. - С. 31-37.

710. Хадиков, А. Ю. Влияние удобрений на урожайность, качество зерна сои и плодородие выщелоченного чернозема РСО-Алания : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Хадиков Артур Юрьевич. - Владикавказ, 2012. - 26 с.

711. Хадиков, А. Ю. Горные и предгорные земли Северного Кавказа: пути предотвращения деградации и восстановления их плодородия / А. Ю. Хадиков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров [и др.]. / *Материалы Всероссийской на-*

учно-практической конференции 5 – 6 сентября 2006 г. – Владикавказ, 2006. С – 373.

712. Хадигов, А. Ю. Качественные показатели зерна озимой пшеницы в зависимости от различных доз удобрений / А. Ю. Хадигов, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки : Материалы IV Международной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2008. – С. 28-29.

713. Хадигова, Т. Б. Научное обоснование применения удобрений, в том числе нетрадиционных, под некоторые кормовые культуры в условиях Центрального Предкавказья : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... доктора с.-х. наук / Хадигова Тамара Бековна. - Владикавказ, 2009. - 40 с.

714. Хадигова, Т. Б. Урожайность и качество зерна кукурузы на выщелоченных черноземах в зависимости от уровня азотного питания и ингибиторов нитрификации : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Хадигова Тамара Бековна. - Владикавказ, 1997. - 27 с. 16.

715. Халиев, А. М. Влияние системы удобрения на содержание гумуса на выщелоченных черноземах РСО-Алания / А. М. Халиев, З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров // Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2010. – С. 3-4.

716. Ханикаев, Б. Р. Баланс питательных веществ в системе почва - растение - удобрение под кукурузой в зависимости от применения удобрений / Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов, [...], Т. К. Лазаров [и др.] // Перспективы развития АПК в современных условиях : материалы 6-й международной научно-практической конференции, Владикавказ, 07–08 апреля 2016 года. – Владикавказ: Горский государственный аграрный университет, 2016. – С. 12-16.

717. Ханикаев, Б. Р. Влияние длительного применения удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы и агрохимические свойства чернозема выщелоченного лесостепной зоны РСО-Алания : специальность 06.01.04 агрохимия : дис. ... канд. с.-х. наук / Ханикаев Батраз Робертович. - Владикавказ, 2020. - 202 с.

718. Ханикаев, Б. Р. Влияние разных комбинаций NPK на питательный режим выщелоченного чернозема и урожайность озимой пшеницы / Б. Р. Ханикаев, З. Т. Кануков, Т. К. Лазаров, А. Е. Басиев, С. Х. Дзанагов / Достижения науки - сельскому хозяйству / Мат. регион. науч.-практ. конф. - Владикавказ, 2016. - С. 33-36.

719. Ханикаев, Б. Р. Влияние разных уровней удобренности на показатели плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях лесостепной зоны РСО-Алания / Б. Р. Ханикаев, З. Т. Кануков, А. Е. Басиев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов / Реализация методологических и методических идей профессора Б.А. Доспехова в совершенствовании адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Мат. Междунар. науч.-практ. конф. / Коллективная монография. Редколлегия: Г. Д. Золина, Л. И. Ильин [и др.]. - 2017. - С. 322-326.

720. 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.

721. 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. 25-34.

722. Ханикаев, Б. Р. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от системы удобрения / Б. Р. Ханикаев, С. Х. Дзанагов, Т. К. Ла-

заров // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 57. – № 4. – С. 8-14.

723. 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.

724. Харьков, Г. Д. Особенности питания люцерны на осушаемых землях Нечерноземья / Г. Д. Харьков, Б. В. Тукан // Агрехимия. – 1989. - №1. - С. 57.

725. Хвостиков, Ю. А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность подсолнечника, возделываемого на черноземе обыкновенном : специальность 06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Хвостиков Юрий Анатольевич. - Персиановский, 2007.-24 с.

726. Хекилаев, А. Б. Продуктивность культур звена полевого севооборота в зависимости от удобрений на каштановых почвах Республики Северная Осетия : специальность 06.01.04 агрохимия : дис. ... канд. с.-х. наук / Хекилаев Александр Борисович. – Владикавказ, 1994. – 170 с.

727. Хинчагов, Т. С. Агротехнические основы получения запланированных урожаев зерна кукурузы при орошении / Т. С. Хинчагов, Г. М. Акоев, Э. Д. Адиньяев / Природоохранные технологии землепользования. - Владикавказ, 1999. – С. 13-14.

728. 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.

729. 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.

730. Хлыстовский, А. Д. Влияние длительного применения удобрений

на продуктивность севооборотов, баланс питательных веществ и плодородие дерново-подзолистой почвы / А. Д. Хлыстовский, Ю. И. Касицкий, С. Л. Бахтин // Агрохимия. - 1989. - № 3. – С. 27–39.

731. Хлыстовский, А. Д. Итоги 35 лет применения возрастающих доз минеральных удобрений на фоне навоза и без навоза / А. Д. Хлыстовский, П. А. Вехов, В. П. Бугаев / Влияние длительного применения удобрений на плодородие почвы и продуктивность севооборотов: Вып. 6. – М.: Колос, 1978. – С. 29-48.

732. 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.

733. Церлинг, В. В. Диагностика питания сельскохозяйственных культур : Справочник / В. В. Церлинг. - М. : Агропромиздат, 1990. - 234 с.

734. Цуров, А. М. Эффективность удобрений под кукурузу на слабо выщелоченных черноземах западно-предгорной зоны Чечено-Ингушской АССР : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Цуров, Али Махаевич. - Орджоникидзе, 1967. - 22 с.

735. Цуциев, Р. А. Отзвычивость кукурузы на минеральное питание в условиях РСО-Алания / Р. А. Цуциев, Т. К. Лазаров // Актуальные вопросы науки и образования : материалы II международной научно-практической конференции. – Майкоп: ИП Кучеренко В.О., 2020. – С. 145-148.

736. Цуциев, Р. А. Продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от удобрений в лесостепной зоне РСО-Алания / Р. А. Цуциев, С. Х. Дзанагов / В сб.: Перспективы развития АПК в современных условиях / Материалы 7-й Международной научно-практической конференции. - Владикавказ, 2017. - С. 24-28.

737. Цуциев, Р. А. Рост и развитие растений люцерны в зависимости от удобрений / Р. А. Цуциев, С. Х. Дзанагов, Т. К. Лазаров [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2018. – Т. 55. – № 3. – С. 27-36.

738. Цуциев, Р. А. Эффективность применения удобрений под люцерну на выщелоченных черноземах / Р. А. Цуциев, Т. К. Лазаров, С. Х. Дзанагов // Теоретические и технологические основы биогеохимических потоков веществ в агроландшафтах : Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции приуроченной к 65-летию кафедры агрохимии и физиологии растений Ставропольского ГАУ. – Ставрополь: ООО "СЕКВОЙЯ", 2018. – С. 114-117.

739. Чекаев, Н. П. Изменение кислотных свойств чернозема выщелоченного под влиянием органических удобрений и известкования / Н. П. Чекаев // Бюллетень ВНИИА. - 2002. - №116. – С. 51–53.

740. 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.

741. Челядинов, Г. И. О связывании легкорастворимых фосфатов в Предкавказском черноземе центральной зоны Ставропольского края / Г. И. Челядинов, А. П. Куйдан // Агрохимия. – 1966. - №2. – С. 22-24.

742. Чириков, Ф. В. Агрохимия калия и фосфора / Ф. В. Чириков. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 464 с.

743. 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 [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2015. – № 1. – С. 3-8.

744. Чуб, М. П. Влияние органоминеральных систем удобрения на продуктивность зернопропашного севооборота и плодородие Южного чернозема в засушливом Поволжье / М. П. Чуб, Е. Н. Островская, Э. С. Гюрова, Н. В. Потатурина // Агрохимия. – 1995. - №3. - С. 53.

745. Чумаченко, И. Н. Агрохимия фосфора и нетрадиционного минерального сырья / И. Н. Чумаченко, Б. А. Сушеница, Ш. А. Алиев. - М.: Регентъ, 2001. - 289 с.

746. Чурзин, В. Н. Качественный состав зеленой массы однолетних кормовых культур и люцерны в зависимости от уровня минерального питания / В. Н. Чурзин / Труды Волгоградского СХИ. Т. 79. – Волгоград, 1982. - С. 113-121.

747. 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.

748. Чухиль, А. А. Продуктивность люцерны второго года жизни при оптимизации минерального питания растений на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья : специальность 06.01.04 агрохимия : автореферат дис.... канд. с.-х. наук / Чухиль Анастасия Александровна. - Краснодар, 2017. - 23 с.

749. Чуян, Г. А. Влияние систематического применения удобрений на азотный режим чернозема типичного эродированного / Г. А. Чуян, В. В. Ермаков, С. И. Чуян, С. Н. Мирошниченко // Агрохимия. – 1987. - № 8. – С. 15-21.

750. Шадчина, Т. М. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні / Т. М. Шадчина, Б. І. Гуляев, Д. А. Кірізії [и др.]. - Київ: Фітосоціоцентр, 2006. - 384 с.

751. Шакало, А. Н. Динамика агрохимических свойств и содержания минеральных форм азота в черноземе выщелоченном при возделывании озимой пшеницы / А. Н. Шакало // Энтузиасты аграрной науки. Вып.10. - Краснодар, 2009. – С. 273–281.

752. Шамрай, Л. А. Влияние многолетнего применения удобрений в севообороте на фосфатный режим почвы / Л. А. Шамрай // Агрохимия. – 1991. - №2. – С. 12.

753. Шанталий, И. В. Система применения удобрений под озимый ячмень на черноземе обыкновенном Ростовской области : специальность

06.01.04 агрохимия : автореф. дис.... канд. с.-х. наук / Шанталый, Ирина Владимировна. - п. Персиановский, 2006. - 23 с.

754. Шаповалов В. Ф. Влияние систем удобрения на продуктивность культур и качество урожая / В. Ф. Шаповалов, Н. М. Белоус, Е. Н. Дуканина // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. - №3. - С. 12.

755. Шапошникова, И. М. Продуктивность зернопаропропашного севооборота и плодородие обыкновенного чернозема в зависимости от систематического внесения органических и минеральных удобрений / И. М. Шапошникова, А.И. Гармашев, В.И. Журба [и др.] // Агрохимия. - 1990. - №12. - С.11-23.

756. 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.

757. Шатилов, И. С. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур / И. С. Шатилов. - М.: Колос, 1975. - 167 с.

758. Шатилов, И. С. Программирование урожайности полевых культур и динамика воспроизводства гумуса в дерново-подзолистой почве / И. С. Шатилов // Известия ТСХА. - 1991. - №6. - С. 3-6.

759. Шатилов, И. С. Суданская трава / И. С. Шатилов, А. П. Мовсибянц, И. А. Драненко [и др.] - М.: Колос, 1981. - 205 с.

760. Шатилов, И. С. Фотосинтетическая деятельность овса в зависимости от уровня минерального питания / И. С. Шатилов, А. С. Шаров // Известия ТСХА. - 1994. - Вып. 3 - С. 20-31.

761. Шафран, С. А. Эффективность азотной подкормки различных сортов озимой пшеницы на черноземе выщелоченном / С. А. Шафран, А. И. Васильев, С. С. Андреев // Агрохимия – 2008. № 2. – С. 18-25.

762. Шевелуха, В. С. Закономерности и пути управления формированием зерна злаков [Текст] / В. С. Шевелуха, А. В. Морозова. - М., 1986. - 53 с.

763. Шевелуха, В. С. Периодичность роста сельскохозяйственных

растений и пути ее регулирования / В. С. Шевелуха. - 2-е изд., доп. - М. : Колос, 1980. - 455 с.

764. Шевелуха, В. С. Рост растений и его регуляция в онтогенезе / В. С. Шевелуха. - М. : Колос, 1992. - 598 с.

765. Шевцова, Л. К. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество и соединения азота в почвах разного типа / Л. К. Шевцова, Д. М. Сизова / Удобрение и плодородие почв. - М., 1974. – Вып. 2. – С. 20-64.

766. 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.

767. Шеуджен, А. Х. Агробиогеохимия : Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям «Агрохимия и почвоведение» / А. Х. Шеуджен; Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2010. – 877 с.

768. Шеуджен, А. Х. Агрохимия : учеб. пособие для студентов вузов по агрономическим специальностям / А. Х. Шеуджен; А. Х. Шеуджен, В. Т. Куркаев, Н. С. Котляров; под ред. А. Х. Шеуджена. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Майкоп : Афиша, 2006. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). – 1075 с.

769. Шеуджен, А. Х. Агрохимия чернозема / А. Х. Шеуджен. – Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2015. – 232 с.

770. Шеуджен, А. Х. Азот и формы его соединений в черноземе выщелоченном при длительном применении удобрений / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 43. – С. 87-92.

771. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения минеральных удобрений на плодородие чернозема выщелоченного Западного Предкавказья / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Т. Н. Бондарева [и др.] // Агрохимия. – 2017. – № 5. – С. 3-11

772. Шеуджен, А. Х. Влияние длительного применения удобрений на физико-химические свойства чернозема выщелоченного / А. Х. Шеуджен, М. А. Осипов, И. А. Лебедевский, С. В. Есипенко // Агрохимический вестник. - 2013. - №6. - С. 002-003.

773. Шеуджен, А. Х. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество зерна озимой пшеницы, возделываемой после подсолнечника / А. Х. Шеуджен, Л. И. Громова, Я. Е. Пастарнак // Плодородие. - 2015. - № 1. - С. 4-7.

774. Шеуджен, А. Х. Органическое вещество почвы и его экологические функции / А. Х. Шеуджен, Н. Н. Нецадим, Л. М. Онищенко. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет, 2011. – 202 с.

775. Шеуджен, А. Х. Плодородие и продуктивность чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в севообороте / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, В. П. Суетов [и др.] // 75 лет Географической сети опытов с удобрениями : Материалы Всероссийского совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями, Москва, 06 октября 2016 года. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2016. – С. 326-336.

776. Шеуджен, А. Х. Плодородие и физико-химические свойства чернозема выщелоченного Западного Предкавказья при длительном применении минеральных удобрений / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Ю. А. Исупова // Почвоведение и агрохимия. – 2012. – № 2(49). – С. 233-239.

777. Шеуджен, А. Х. Удобрение люцерны : обзор. информ. / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Х. Д. Хурум; А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, Х. Д. Хурум. – Майкоп : Адыгея, 2005. – 41 с.

778. Шеуджен, А. Х. Эффективность минеральных удобрений на посевах озимой пшеницы, выращиваемой в условиях юга Азово-Кубанской низменности / А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко, В. П. Суетов / В сб.: Научное обеспечение агропромышленного комплекса / Сборник статей по материалам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г. - Краснодар, 2017. - С. 163-164.

779. Шеуджен, А.Х. Агрохимия чернозема / А.Х Шеуджен. – Майкоп: «Полиграф-ЮГ», 2015. – 232 с.

780. Шильников И. А. Известкование почв / И.А. Шильников Л.А. Лебедева; ВАСХНИЛ. - М.: ВО «Агропромиздат», 1987. - 169 с.

781. Шильников, И. А. Влияние известкования и минеральных удобрений на урожайность люцерны синегибридной / И. А. Шильников, А. В. Ивойлов // Агрохимия. – 1991. - №1. - С. 78-85.

782. Шконде, Э. И. К характеристике подвижности фосфатов в длительно удобрявшихся почвах / Э. И. Шконде / О питании растений. - М.: Сельхозгиз, 1955. – С. 274-301.

783. Шмук, А. А. Динамика режима питательных веществ в почве / А. А. Шмук. – М.: Пищепромиздат, 1950. – 370 с.

784. Шорин, П. М. Система ведения агропромышленного производства Северной Осетии: Земледелие и растениеводство. Ч. 2. / П. М. Шорин [и др.]. – Владикавказ: Ир, 1991. – 167 с.

785. Шпаар, Д. Кукуруза / Д. Шпаар, В. Шлапунов, А. Постников [и др.]. – Минск : Фуаинформ, 1999. – 192 с.

786. Шрамко, Н. В. Влияние биологизации на свойства почвы и продуктивность севооборотов / Н. В. Шрамко, Г. В. Вихорева, М. В. Пряхина // Владимирский земледелец. – 2014. – № 1(67). – С. 6-8.

787. Шустикова, Е. П. Продуктивность чернозема обыкновенного при длительном систематическом применении минеральных удобрений / Е. П. Шустикова, Н. Н. Шаповалова // Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации : К

70-летию Геосети. – Москва : ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2011. – С. 331-351.

788. Щербаков, А. П. Антропогенная эволюция черноземов / Под ред. А. П. Щербакова и И. И. Васнева. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 2000. - 412 с.

789. Яговенко, Л. Л. Сравнительная эффективность различных систем удобрения в полевом севообороте на серой лесной почве / Л. Л. Яговенко, Н. Я. Поликарпова // *Агрохимия*. – 1991. - №6. - С. 21-26.

790. Ягодин, Б. А. *Агрохимия* / Б. А. Ягодин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1982. – 574 с.

791. Ягодин, Б. А. *Агрохимия* / Б. А. Ягодин, П. М. Смирнов, А. В. Петербургский [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1989. – С. 109.

792. Ягодин, Б. А. *Агрохимия* / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко / Под ред. Б. А. Ягодина. - М.: Колос, 2002. - 584 с.

793. Якименко, В. Н. Влияние длительного применения калийных удобрений на агрохимические свойства почвы / В. Н. Якименко // *Агрохимия*. – 2012. – № 12. – С. 41-46.

794. Янишевский, Ф. В. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на продуктивность севооборота и азотный режим почв / Ф. В. Янишевский, М. А. Кузьмич, М. К. Боронин // *Агрохимия*. – 1991. - №9. – С. 21-26.

795. Amberger, A. Umsetzungen von was-ser-iouslichen Dungenphosphat in verschiedenencen Boden-Lond-wirtsh / A. Amberger, G. Sommer, A. Sus//*Forschung*. -1969. - № 22. - P. 32-43.

796. Anderson, J. M. Lokalisation of different photosystems in separate regions of chloroplast membranes [Техт] / J. M. Anderson, A. Melis // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1983. – V. 80. – P. 745.

797. Ansorge H. Uber den Einfluss der NPK-Dungung auf Ertrag und Qualitat uon Siomais /*Albrech-Traer-Aschiv*. Bd 7. – Berlin.: Akademie-Verlag, 1963.

798. Balla H. The Effekts of Tertilizazion on Maise Vield and Composition of the Maise (Crop) // *Agrokemia es Talajtar*, 9. – Budapest, 1960.

799. Boutros N. Uticaj dopunske ishrave preko lista na prinose i kvalitet pšenice / N. Boutros // *Agrokemia*. – 1979. - №9-10. - P. 319-340.

800. Cantir, G. Lenfluenge des engrais minéraux et de l'espace nutritif sur la production du Maïs dans les conditions pédoclimatiques du plateau de Birlad / Cantir G. Vasilisa S., Comrovski G. // *Luchrari stiinbifice*. -Bucuresti, 1958.

801. 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. - T. 10. - №1. - P. 114-117.

802. Clairon M. Contrôle de la nutrition minérale des plantes par l'analyse des extraits de tissus conducteurs en application à la Luzerne / M. Clairon, W. Rutchanko // *Ann. agron.* - 1969. - V. 20. - № 2. - P. 201-216.

803. Debreczeni B. Effect of mineral fertilization on soil fertility / B. Debreczeni // *Fight against hunger through improved plant nutrition*. Goettingen: Goltze-Druck, 1985. Vol. 1. - P. 45-48.

804. Debreczeni B. Kis agrokemial utmutato mezogazdasagi Kiadl. – Budapest, 1979.

805. Diener, T. *Phytopathol.* / T. Diener. – 1950. - P. 129-170.

806. Diercks R. *Integrierter Landbau*. 2. Aufl. DLG / R. Diercks, R. Heitefuss. - Verlag Frankfurt - Main, 1995. - 440 s.

807. 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.

808. Dzanagov, S. K. Fertilizers effect on yield and apples' fruits quality on leached chernozem / S. K. Dzanagov, A. V. Gazdanov, T. K. Lazarov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Omsk City, Western Siberia, 04–05 июля 2020 года. – Omsk City, Western Siberia, 2021. – P. 012201.

809. Dzanagov, S. K. Influence of sustained fertilization on the amount of humus and effective fertility of leached chernozem / S. K. Dzanagov, T. K. Lazarov, A. E. Basiev [et al.] // American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture. – 2014. – Vol. 8. – No 9. – P. 35-40.

810. Gavlak, R.C. Establishing alfalfa successfully / R.C. Gavlak / Utah Farmer. – Stockman, 1987. – 107. – P. 5-9.

811. Hamatova, E. Die Herstellung and Anwendung von Leguminosenimpfstoffen in der Tschechoslowakei. Hellriegel / E. Hamatova, H. Mareckova // 1966. – 11 p.

812. Hecht, H. Der Einfluss der Stickstoffspaltung auf den Einweibgehalt reifenden und reifen Weizens / H. Hecht // Bauer Landwirtschaft. - 1964. - Jg. 41. - H. 6.

813. Hera, C. Modificarea unor indici agrochimici ai solului prin aplicarea ingrasamintelor / C. Hera, V. Mihaila. – An. Inst. Cerc. Cereale Plante Tehan, Fundulea, Bucurest. - 1981. - 47. – C. 319-327.

814. Jahn-Delsbach, W. Über einige durch Spaltung verursachte Veränderungen im Joffreidikorv / W. Jahn-Delsbach, D. Weipert // Acker- und Pflanzenbau. – 1967. - №3. - P. 211-218.

815. Joss, D. Improvement of harvesting alfalfa seed in California / D. Joss // Proceedings Alfalfa seed production symposium. - 1977. - № 20. - P. 72-73.

816. Kandra J. The influence of different and different ratios N by different P₂O₅ and K₂O on the yields of maize for cattle / J. Kandra // Polnohospodavstvo. - 1961. - №8. – Bratislava.

817. Körschens M. Effect of mineral and organic fertilization on crop yield, nitrogen up-take, carbon and nitrogen balances, as well as soil organic carbon content and dynamics: results from 20 European long-term field experiments of the twenty-first century / M. Körschens [et al.] // Archives of Agronomy and Soil Science. - 2013. - V. 59. - P. 1017–1040.

818. 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.

819. MacLeod L. B. Effect of nitrogen and potassium fertilization of the yield, regrowth and carbohydrate content of the storage organs of alfalfa and grasses. – *Agron. J.*, 1965, V. 57, № 4. – P. 366-368.

820. Magdoff, F. R. Effect of liming acid soils on potassium availability / F. R. Magdoff, R. J. Bartlett // *Soil Sci.* – 1980. – V. 129. – N 1. – P. 12-14.

821. Masefield, G. B. The effect of irrigation on nodulation of some leguminous crops / G. B. Masefield // *Empire J. Exptl Agric.* – 1961. - № 113. - P. 51-59.

822. Mayer, R. The economic of Fertiff: rinc alfalfa in California / R. Mayer // *Procudinyd Alfalfa seed production symposium.* - 1979. - № 22. - P. 18-23.

823. Mcswency K. Soil structure and associated rooting behavior in minesoils / K. Mcswency, I. J. Jansen / *Soil Sci. Soc. Am.*- 1984. - P. 607-612.

824. Mengel, K. Kaliwirkung auf ertrag und ertragssicherheit im Pflanzenbau / K. Mengel // *Mitteilunden der DLG.* – 1969. - №7. – H. 84.

825. Migbgwa G.W. Depth of sowing foa Larammie medic (*M. rigidula*) seedings emergence / G.W. Migbgwa, J.M. Krall, D.E. Legg // *J. Sustainable Agr.*, 2011. – 35. - № 5-6. – P. 624-638.

826. Montemayor Trejo, J. Al. Produccion de alfaalfa (*Medicago sativa* L.) cultivada con riego sub- super / J. Al. Montemayor Trejo, J. L. Woo Reza, J. L. Munguia Lopez [et al.] // *Rev. mex. cienc. agr.* – 2012. – 3. – № 7. – P. 1321-1322.

827. Rodewyk, A. Nach welchen Masstaben soll man Dundergaben bemesse? / A. Rodewyk, P. Schafer // *Mitteilunden der DLG.* – 1969. - №7. – H. 84.

828. Sankaram, A. Effekt of phosphate on nitrogen fixing ponrr of root nobule bacterias / A. Sankaram, P. V. Rajn // *Soil. Culture.* – 1963. - V. 29. - №8. - P. 406-407.

829. Schachtschabe, P. pH – värdets inflytande på jordens struktur och på omsättningen av göselfosfor i jorden / P. Schachtschabe // Växtnäringsnytt. – 1967. - Ågr. 23. – N 2. – S. 8-16.

830. Selke, W. Die zusätzliche späte Stickstoffdüngung – ein Mittel zur weiteren Steigerung von Ertrag und Qualität des Getreiden / W. Selke // Deutsche Landwirtschaft. - 1959. - Jg. 10. - H. 4.

831. Silva, E. I. L. Some aspects of photosynthetic characteristics in a set of perennial irrigation reservoirs located in five river basins in Sri Lanka // E. I. L. Silva, U. S. Amarasinghe, S. S. De Silva, C. Nissanka, F. Schiemer / Hydrobiologia, 2002. - T. 485. - №1-3. - C. 19-33.

832. Sprengel C. Die Bodenkunde oder die Lehre von Boden / C. Sprengel. – Leipzig, 1837.

833. Tesar, M. B. Alfalfa establishment / M. B. Tesar, V. L. Marble // Agronomy. – 1988. – № 29. – P. 303-332.

834. Tuzimura, K. Saprophytic life of Rhizobium in soils free from the host plants. Ecological studies of Rhizobium in soils / K. Tuzimura, J. Watanabe // Soil and Plant Food. – 1960. - № 1. – 44p.

835. Van Wijk, M. T. Tight coupling between leaf area index and foliage nitrogen content in arctic plant communities // M. T. Van Wijk, M. Williams, G. R. Shaver / Oecologia. - 2005. - T. 142. - № 3. - C. 421-427.

836. Whitear, J. Un élément indispensable à la santé des plantes: le potassium / J. Whitear // Terre romande. – 1978. – V. 12. – N 32. – P. 15.

837. Yruber, P. Düngung und Qualität der Kartoffel / P. Yruber. // Prakt. Landtechn., 1991. - № 24. - P. 9-10.

838. <http://www.activestudy.info/effektivnost-primeneniya-udobrenij>).

839. <http://www.pogodaiklimat.ru>).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Динамика поглощенного аммония в почве под люцерной (1994 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (05.04.94)	ветвление (15.05.94)	1-й укос (25.06.94)	отраст.- ветвление (05.08.94)	2-й укос (05.09.94)	
Контроль	0-20	39,3	43,9	32,8	44,4	32,5	38,6
	20-40	28,4	32,3	22,0	33,4	24,3	28,1
	Ср.	33,9	38,1	27,4	38,9	28,4	33,4
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	58,1	40,2	32,3	46,4	38,8	42,2
	20-40	48,0	32,4	28,7	40,1	28,4	35,5
	Ср.	53,1	36,3	30,5	43,3	33,6	39,4
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	61,9	44,7	34,5	51,6	41,5	46,8
	20-40	51,1	36,5	28,7	39,3	33,8	38,0
	Ср.	56,5	40,6	31,6	45,5	37,7	42,4
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	59,6	41,7	33,7	43,6	35,6	42,8
	20-40	49,1	29,1	21,5	39,9	29,8	34,0
	Ср.	54,4	35,4	27,6	41,8	32,7	38,4
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	59,1	41,3	38,1	51,1	39,1	45,7
	20-40	51,7	35,1	22,8	41,0	31,2	36,5
	Ср.	55,4	38,2	30,5	46,1	35,2	41,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	58,7	37,0	33,0	45,7	34,3	41,7
	20-40	54,1	31,9	25,1	37,5	26,4	35,1
	Ср.	56,4	34,5	29,1	41,6	30,4	38,4
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	62,6	45,5	36,2	47,1	38,4	46,0
	20-40	56,9	35,8	30,3	41,0	28,7	38,1
	Ср.	58,8	40,7	33,3	44,1	33,6	42,1
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	63,3	41,6	33,4	46,4	33,0	43,5
	20-40	51,9	35,2	25,8	38,3	25,1	35,3
	Ср.	57,6	38,4	29,6	42,4	29,1	39,4
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	60,1	35,3	29,7	42,3	34,0	40,3
	20-40	54,2	31,8	21,5	36,3	24,0	33,5
	Ср.	57,2	33,6	25,6	39,3	29,0	36,9
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	59,1	37,1	27,1	43,7	32,3	40,0
	20-40	51,2	29,0	21,2	35,1	28,6	33,0
	Ср.	55,5	33,1	24,2	39,4	30,5	36,5
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	63,8	40,4	31,8	45,0	35,0	42,2
	20-40	53,5	32,8	21,1	39,1	27,0	34,8
	Ср.	58,7	36,6	26,5	42,1	31,0	39,0
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	64,3	44,6	39,4	43,8	38,9	46,2
	20-40	56,5	38,2	31,3	39,1	28,4	38,7
	Ср.	60,4	41,4	35,4	41,5	33,7	42,5
Навоз + НРК	0-20	61,4	38,6	34,5	51,4	36,3	44,4
	20-40	55,5	34,5	24,8	45,3	30,0	38,2
	Ср.	58,5	36,6	29,7	48,4	33,2	41,3
Расчет- ный	0-20	64,3	37,0	28,5	43,8	34,1	41,5
	20-40	54,2	31,1	18,8	35,9	28,1	33,0
	Ср.	59,3	34,1	23,7	39,9	31,1	37,6

Динамика поглощенного аммония в почве под люцерной (2001 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (10.04.01)	ветвление (15.05.01)	1-й укос (28.06.01)	отраст.- ветвление (07.08.01)	2-й укос (10.09.01)	
Контроль	0-20	38,5	43,1	32,0	43,6	31,7	37,8
	20-40	27,7	31,6	21,3	32,4	23,6	27,3
	Ср.	33,1	37,3	26,6	38,0	27,6	32,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	57,3	39,4	31,5	45,6	38,2	42,4
	20-40	47,5	31,9	28,2	36,6	27,6	34,4
	Ср.	52,4	35,6	29,8	41,1	32,9	38,4
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	60,7	43,5	33,3	51,5	40,9	45,9
	20-40	50,9	36,3	27,6	38,7	34,5	37,6
	Ср.	55,8	39,9	30,4	45,1	37,7	41,8
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	59,1	41,0	33,1	42,9	35,1	42,2
	20-40	48,5	28,8	21	39,2	29,6	33,4
	Ср.	53,8	34,9	27,0	41,0	32,3	37,8
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	58,5	39,9	37,6	50,0	38,8	44,9
	20-40	52,4	36,2	23,7	40,2	30,4	36,6
	Ср.	55,4	38,0	30,6	45,1	34,6	40,8
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	58,6	41,5	31,2	48,4	38,2	43,6
	20-40	48,6	33,2	25,4	36,1	30,5	34,8
	Ср.	53,6	37,3	28,3	42,2	34,3	39,2
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	62,2	45,1	35,8	46,7	39,3	45,8
	20-40	58,4	28,2	31,3	40,6	29,2	37,5
	Ср.	60,3	36,6	33,5	43,6	34,2	41,7
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	64,2	42,5	34,2	45,3	33,8	44,0
	20-40	53,2	36,1	26,6	40,2	25,9	36,4
	Ср.	58,7	39,3	30,4	42,7	29,8	40,2
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	60,8	36,0	30,4	43,0	34,7	40,9
	20-40	55,3	32,5	22,2	37,0	24,6	34,3
	Ср.	58,0	34,2	26,3	40,0	29,6	37,7
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	59,5	37,6	27,5	44,1	32,7	40,3
	20-40	51,6	29,4	21,8	35,5	29,0	33,5
	Ср.	55,5	33,5	24,6	39,8	30,8	36,9
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	65,3	42,9	32,3	45,5	35,6	44,3
	20-40	55,3	33,3	22,4	39,6	28,3	35,8
	Ср.	60,3	38,1	27,3	42,5	31,9	40,1
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	63,7	46,4	38,1	43,4	38,7	46,1
	20-40	56,2	37,9	31	38,8	27,9	38,4
	Ср.	59,9	42,1	34,5	41,1	33,3	42,2
Навоз + НРК	0-20	62,3	38,2	34,1	50,9	35,9	44,3
	20-40	54,6	34,0	24,5	45,1	29,8	37,6
	Ср.	58,4	36,1	29,3	48,0	32,8	40,9
Расчет- ный	0-20	63,6	36,3	27,8	43,1	33,4	40,8
	20-40	53,2	30,3	18,1	35,2	27,4	32,8
	Ср.	58,4	33,3	22,9	39,2	30,4	36,8

Динамика поглощенного аммония в почве под клевером луговым
(2006 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К. и др., 2016; Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		всходы (08.04.06)	ветвление (18.05.06)	1-й укос (27.06.06)	отраст.- ветвление (06.08.06)	2-й укос (04.09.06)	
Контроль	0-20	38,7	43,0	31,3	43,4	31,2	37,5
	20-40	27,8	32,7	21,2	32,6	23,3	27,5
	Ср.	33,2	37,8	26,2	38,0	27,2	32,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	57,3	39,4	31,1	45,6	37,8	42,2
	20-40	47,2	31,7	27,2	39,5	27,3	34,6
	Ср.	52,2	35,5	29,1	42,5	32,5	38,4
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	61,0	43,4	34,6	50,9	40,3	46,8
	20-40	50,4	35,5	28,7	38,7	32,7	38,0
	Ср.	55,7	39,5	31,7	44,8	36,5	42,4
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	59,0	41,7	32,4	42,7	34,8	42,8
	20-40	49,1	28,3	20,3	39,0	28,4	34,0
	Ср.	54,1	35,0	26,4	40,9	31,6	38,4
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	58,0	40,7	37,5	50,3	39,7	45,7
	20-40	51,6	34,8	21,6	40,6	30,5	36,5
	Ср.	54,8	37,8	29,6	45,5	35,1	41,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	57,3	36,1	32,6	45,3	33,6	41,0
	20-40	53,4	31,4	24,0	36,5	26,0	34,3
	Ср.	57,3	36,1	32,6	45,3	33,6	41,0
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	62,7	44,5	35,9	46,5	37,3	46,0
	20-40	56,8	35,1	29,4	40,9	27,0	38,1
	Ср.	59,8	39,8	32,7	43,7	32,2	42,1
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	63,1	41,2	33,1	45,6	32,1	43,5
	20-40	50,1	34,3	24,9	37,4	25,2	35,3
	Ср.	56,6	37,8	29,0	41,5	28,7	39,4
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	59,2	34,2	29,2	41,7	33,4	40,3
	20-40	53,9	31,1	20,6	35,3	23,1	33,5
	Ср.	56,6	32,7	24,9	38,5	28,3	36,9
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	58,3	36,8	26,5	42,1	31,4	40,0
	20-40	51,3	27,5	20,1	34,0	57,1	33,0
	Ср.	54,8	32,2	23,3	38,1	44,3	36,5
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	61,3	40,3	32,3	45,1	35,0	42,2
	20-40	52,4	32,0	21,7	38,2	26,2	34,8
	Ср.	56,9	36,2	27,0	41,7	30,6	38,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	63,1	43,2	38,1	43,1	37,1	44,6
	20-40	55,6	37,0	30,7	38,2	27,6	37,8
	Ср.	59,3	40,1	34,4	40,6	32,3	41,3
Навоз + NPK	0-20	61,2	37,0	33,5	50,8	35,6	43,6
	20-40	54,1	33,2	24,1	44,7	29,1	37,0
	Ср.	57,6	35,1	28,8	47,7	32,3	40,3
Расчет- ный	0-20	64,8	36,6	27,9	42,1	33,4	41,0
	20-40	53,7	30,4	18,0	34,3	27,2	32,7
	Ср.	59,2	33,5	22,9	38,2	30,3	36,8

Динамика поглощенного аммония в почве под клевером луговым
(2012 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (09.04.12)	ветвление (16.05.12)	1-й укос (28.06.12)	отраст.- ветвление (08.08.12)	2-й укос (07.09.12)	
Контроль	0-20	35,0	39,1	28,9	39,5	28,7	34,2
	20-40	25,2	29,0	19,4	29,6	21,4	24,9
	Ср.	30,1	34,1	24,1	34,5	25,0	29,6
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	52,8	36,4	29,0	42,1	35,1	39,1
	20-40	43,6	29,3	25,7	35,5	25,5	31,9
	Ср.	48,2	32,9	27,4	38,8	30,3	35,5
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	58,4	38,3	32,4	46,6	35,5	42,2
	20-40	52,2	32,3	24,9	36,8	27,7	34,8
	Ср.	55,3	35,3	28,6	41,7	31,6	38,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	60,2	42,3	36,4	41,0	36,1	43,2
	20-40	53,0	35,6	29,3	36,6	26,4	36,2
	Ср.	56,6	38,9	32,9	38,8	31,3	39,7
Навоз + НРК	0-20	55,2	34,0	30,5	45,7	32,2	39,5
	20-40	49,0	30,4	21,9	40,3	26,6	33,6
	Ср.	52,1	32,2	26,2	43,0	29,4	36,6
Расчет- ный	0-20	71,2	40,6	31,1	47,6	37,3	45,6
	20-40	59,5	33,9	20,3	38,9	30,5	36,6
	Ср.	65,3	37,2	25,7	43,3	33,9	41,1

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 1995 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за вегетацию
		всходы (20.10.94)	кущение (03.04.95)	выход в трубку (23.04.95)	колош.-цветение (23.05.95)	молочная спелость (13.06.95)	восковая спелость (30.06.95)	
Конт-роль	0-20	24,1	36,1	49,7	48,0	31,0	37,7	37,8
	20-40	18,0	28,2	39,1	44,9	25,1	31,5	31,1
	Ср.	21,1	32,2	44,4	46,5	28,1	34,6	34,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	28,1	38,0	44,7	40,8	35,9	39,3	37,8
	20-40	20,7	28,2	36,6	32,4	29,5	31,1	29,8
	Ср.	24,4	33,1	40,7	36,6	32,8	35,2	33,8
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	31,4	37,1	48,0	39,7	34,3	39,0	38,3
	20-40	27,2	33,0	36,6	33,6	28,1	29,1	31,3
	Ср.	29,3	35,1	42,3	36,7	31,2	34,1	34,8
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	30,6	36,2	41,0	40,6	35,1	36,1	36,6
	20-40	20,9	30,5	32,5	28,0	24,6	32,0	28,1
	Ср.	25,8	33,4	36,8	34,3	29,8	34,1	32,4
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	29,6	38,2	56,0	47,7	33,1	39,1	40,6
	20-40	21,1	30,5	51,2	41,2	18,0	27,0	31,5
	Ср.	25,4	34,4	53,6	44,5	30,6	33,1	36,9
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	27,7	38,8	61,0	55,5	30,2	39,1	42,1
	20-40	15,0	34,0	54,7	53,8	26,5	33,2	36,2
	Ср.	21,4	36,4	57,9	54,7	28,3	36,6	39,2
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	27,3	39,0	58,0	59,1	39,1	40,1	43,8
	20-40	20,3	33,3	54,1	53,8	27,5	29,0	36,3
	Ср.	23,8	36,7	56,1	56,5	33,3	34,6	40,2
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	25,5	38,2	57,0	58,7	31,1	36,1	41,1
	20-40	16,9	32,2	51,4	53,1	26,0	31,2	35,1
	Ср.	21,2	35,2	54,2	55,9	28,6	33,7	38,1
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	25,7	34,9	56,1	53,7	33,0	38,0	40,2
	20-40	19,1	32,0	50,0	47,5	30,9	34,1	35,6
	Ср.	22,4	33,5	53,1	50,6	32,0	36,1	38,0
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	26,7	36,1	54,0	50,7	39,1	37,2	40,6
	20-40	18,5	30,0	48,1	44,7	30,5	33,1	34,2
	Ср.	22,6	33,1	51,1	47,7	34,8	35,2	37,4
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	24,4	37,3	45,8	51,1	34,5	40,3	38,9
	20-40	20,3	32,1	35,3	45,6	26,3	32,3	32,0
	Ср.	22,4	34,7	42,1	48,4	30,4	36,3	35,7
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	26,6	40,7	53,2	53,4	34,8	36,1	40,8
	20-40	20,8	30,9	47,6	51,0	28,0	32,7	35,2
	Ср.	23,7	36,3	50,4	52,2	32,4	34,4	38,2
Навоз+ NPK	0-20	26,1	39,6	56,6	43,5	38,4	37,0	40,2
	20-40	22,5	32,7	47,5	37,0	26,6	31,7	33,0
	Ср.	24,3	36,2	52,1	40,3	32,5	34,4	36,6
Расчет- ный	0-20	26,5	38,4	65,8	57,0	34,2	36,1	43,0
	20-40	18,7	34,3	58,1	57,1	27,7	30,9	37,8
	Ср.	22,6	36,4	62,0	54,1	31,0	33,5	39,9

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2002 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за веге- тацию
		всходы (26.10.01)	кущение (11.04.02)	выход в трубку (30.04.02)	колош.- цветение (29.05.02)	молочная спелость (18.06.02)	восковая спелость (05.07.02)	
Конт- роль	0-20	21,5	32,4	44,8	43,2	28,2	34,9	34,2
	20-40	15,2	25,4	36,3	42,1	22,3	28,7	28,3
	Ср.	18,3	28,9	40,5	42,7	25,3	31,8	31,3
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	32,3	41,2	48,2	45,2	39,6	41,5	41,3
	20-40	32,3	32,9	38,8	34,6	31,7	33,2	33,9
	Ср.	32,3	37,1	43,5	39,9	35,7	37,4	37,7
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	34,8	40,5	51,4	43,1	37,7	43,3	41,8
	20-40	31,1	36,9	40,5	37,5	32,6	33,5	35,4
	Ср.	33,0	38,7	46,0	40,3	35,2	38,4	38,6
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	33,4	39,1	43,2	42,6	37,3	38,1	39,0
	20-40	23,2	32,8	34,7	31,2	26,7	35,2	30,6
	Ср.	28,3	36,0	39,0	36,9	32,0	36,7	34,8
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	31,7	39,3	55,8	48,8	34,2	40,3	41,7
	20-40	22,5	32,1	51,6	42,4	19,2	28,6	32,7
	Ср.	27,1	35,7	53,7	45,6	26,7	34,5	37,2
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	26,4	37,5	59,9	54,7	29,1	37,9	40,9
	20-40	16,8	33,2	55,2	52,1	25,2	31,8	35,7
	Ср.	21,6	35,4	57,6	53,4	27,2	34,9	38,4
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	26,5	38,4	57,2	57,9	37,6	39,3	42,8
	20-40	19,8	32,8	52,9	52,5	26,1	27,8	35,3
	Ср.	23,2	35,6	55,1	55,2	31,9	33,6	39,1
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	24,7	37,4	56,2	58,5	29,8	35,5	40,4
	20-40	16,2	31,8	52,6	52,4	26,7	32,3	35,3
	Ср.	20,5	34,6	54,4	55,5	28,3	33,9	37,9
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	24,3	34,5	55,7	53,3	32,7	36,7	39,5
	20-40	18,5	31,8	49,7	47,2	30,6	33,8	35,3
	Ср.	21,4	33,2	52,7	50,3	31,7	35,3	37,4
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	25,2	34,8	52,5	49,8	37,5	35,6	39,2
	20-40	17,8	27,1	47,2	43,5	38,6	31,4	34,3
	Ср.	21,5	31,0	49,9	46,7	38,1	33,5	36,8
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	28,6	41,5	50,0	55,3	38,7	44,5	43,1
	20-40	24,5	36,3	39,5	49,8	30,5	36,5	36,2
	Ср.	26,6	38,9	44,8	52,6	34,6	40,5	39,7
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	29,4	43,5	56,0	56,8	37,6	38,9	43,7
	20-40	23,5	33,7	50,8	53,8	30,8	35,1	38,0
	Ср.	26,5	38,6	53,4	55,3	34,2	37,0	40,8
Навоз+ НРК	0-20	28,3	41,7	57,8	44,7	40,6	39,2	42,1
	20-40	24,3	34,2	49,7	39,2	28,8	33,9	35,0
	Ср.	26,3	38,0	53,8	42,0	34,7	36,6	38,6
Расчет- ный	0-20	32,4	46,1	58,4	46,9	42,8	41,4	44,7
	20-40	25,2	35,3	50,2	40,3	30,1	36,1	36,2
	Ср.	28,8	40,7	54,3	43,6	36,5	38,8	40,5

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2007 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за вегетацию
		всходы (30.10.06)	кущение (09.04.07)	выход в трубку (27.04.07)	колош.- цветение (30.05.07)	молочная спелость (20.06.07)	восковая спелость (08.07.07)	
Конт- роль	0-20	21,9	33,1	42,7	37,8	27,3	32,7	32,6
	20-40	14,8	24,6	35,2	34,6	23,1	29,3	26,9
	Ср.	18,4	28,9	39,0	36,2	25,2	31,0	29,8
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	34,1	42,0	47,4	45,5	41,2	43,2	42,2
	20-40	31,8	31,7	37,6	32,8	33,3	31,7	33,2
	Ср.	33,0	36,9	42,5	39,2	37,3	37,5	37,7
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	36,3	43,5	50,7	41,8	38,8	44,6	42,6
	20-40	31,8	33,9	42,6	35,7	33,7	31,3	34,8
	Ср.	34,1	38,7	46,7	38,8	36,3	38,0	38,8
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	34,1	40,0	41,8	43,2	39,0	41,1	39,9
	20-40	22,7	31,1	35,7	33,1	25,5	34,7	30,5
	Ср.	28,4	35,6	38,8	38,2	32,3	37,9	35,2
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	36,8	42,8	51,2	48,9	36,1	41,2	42,8
	20-40	33,2	36,4	48,7	41,4	24,3	27,	35,2
	Ср.	35,0	39,6	50,0	45,2	30,2	34,4	39,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	29,1	39,8	58,7	55,7	30,4	36,3	41,7
	20-40	25,7	35,4	53,9	51,1	22,9	29,7	36,5
	Ср.	27,4	37,6	56,3	52,4	26,7	33,0	38,9
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	24,4	40,4	56,8	59,0	34,8	37,3	42,1
	20-40	24,9	34,2	51,3	53,3	27,7	29,1	36,8
	Ср.	24,7	37,3	54,1	56,2	31,3	33,2	39,5
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	23,9	38,7	55,7	57,4	27,9	36,6	40,0
	20-40	18,7	32,4	54,5	54,2	27,2	33,1	36,7
	Ср.	21,3	35,6	55,1	55,8	27,6	34,9	38,4
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	21,8	34,7	52,7	53,5	34,6	33,5	38,5
	20-40	16,4	30,7	47,4	45,9	25,1	28,8	32,4
	Ср.	19,1	32,7	50,1	49,7	29,9	31,2	35,5
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	23,7	35,4	56,4	54,7	36,9	34,6	40,3
	20-40	17,6	28,5	44,8	48,3	30,7	29,7	33,3
	Ср.	20,7	32,0	50,6	51,5	33,8	32,2	36,8
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	27,4	36,8	54,9	56,1	37,2	45,0	42,9
	20-40	21,3	37,9	43,8	48,3	34,1	35,6	36,8
	Ср.	24,4	37,4	49,4	52,2	35,7	40,3	39,9
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	28,3	45,1	57,3	51,8	35,2	40,4	43,0
	20-40	24,7	34,3	48,7	47,5	31,2	36,0	37,1
	Ср.	26,5	29,7	53,0	49,7	33,2	38,2	38,4
Навоз+ НРК	0-20	26,0	40,3	58,1	45,2	37,8	39,0	41,1
	20-40	22,1	32,7	44,2	47,7	31,4	36,1	35,7
	Ср.	24,1	36,5	51,2	46,5	34,6	37,6	38,4
Расчет- ный	0-20	34,1	44,8	57,7	47,9	43,6	42,0	45,0
	20-40	24,7	36,9	52,4	41,7	31,2	35,6	37,1
	Ср.	29,4	40,9	55,1	44,8	37,4	38,8	41,1

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2013 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С. Х., 2014;
Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за веге- тацию
		всходы (26.10.12)	кущение (30.03.13)	выход в трубку (17.04.13)	колош.- цветение (18.05.13)	молочная спелость (13.06.13)	восковая спелость (05.07.13)	
Конт- роль	0-20	20,1	31,1	44,0	34,5	35,4	35,7	36,1
	20- 40	18,1	23,7	33,2	36,9	21,4	27,1	28,5
	Ср.	19,1	27,4	38,6	35,7	28,4	31,4	30,1
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	41,5	44,7	63,3	46,5	31,9	52,3	47,7
	20- 40	26,9	28,1	33,9	30,3	28,7	29,1	30,0
	Ср.	34,2	36,4	48,6	38,4	30,3	40,7	38,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	38,7	43,3	49,7	33,4	40,6	57,1	44,8
	20- 40	32,1	31,1	49,1	47,6	22,6	28,7	35,8
	Ср.	35,4	37,2	49,4	40,5	31,6	42,9	39,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	40,0	46,2	56,5	36,0	38,9	54,9	46,5
	20- 40	32,0	30,0	44,1	46,2	27,3	31,5	35,8
	Ср.	36,0	38,1	50,3	41,1	33,1	43,2	40,3
Навоз+ НРК	0-20	38,5	42,2	53,4	41,8	38,7	58,4	46,9
	20- 40	28,9	30,2	42,4	37,6	26,3	30,8	33,5
	Ср.	33,7	36,2	47,9	39,7	32,5	44,6	39,1
Расчет- ный	0-20	41,8	45,7	54,2	42,6	41,0	58,3	48,4
	20- 40	32,4	32,3	48,2	42,2	27,0	31,1	36,2
	Ср.	37,1	39	51,2	42,4	34	44,7	41,4

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 1998 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		кущение (05.04.98)	выход в трубку (25.04.98)	колош.-цветение (25.05.98)	молочная спелость (15.06.98)	восковая спелость (05.07.98)	
Контроль	0-20	34,1	47,0	45,4	29,5	36,1	39,5
	20-40	26,7	37,5	43,3	23,6	29,9	33,6
	Ср.	30,4	42,3	44,3	26,5	33,0	36,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	39,4	46,2	42,8	37,6	40,2	41,7
	20-40	30,4	37,5	33,3	30,4	32,0	33,3
	Ср.	34,9	41,9	38,1	34,0	36,1	37,5
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	38,0	60,1	54,8	29,5	38,3	45,7
	20-40	33,4	54,7	52,7	25,7	32,3	41,4
	Ср.	35,7	57,4	53,8	27,6	35,3	43,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	41,9	54,3	54,8	36,0	37,3	45,6
	20-40	32,1	49,0	52,1	29,3	33,7	41,0
	Ср.	37,0	51,6	53,5	32,6	35,5	43,3
Навоз + NPK	0-20	40,4	56,9	43,9	39,3	37,9	44,5
	20-40	33,3	48,4	37,9	27,6	32,6	36,6
	Ср.	36,9	52,6	40,9	33,4	35,3	40,6
Расчетный	0-20	42,0	61,8	51,7	38,3	38,6	47,6
	20-40	34,6	53,9	48,5	28,8	33,3	41,1
	Ср.	38,3	57,8	50,1	33,5	35,9	44,3

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2005 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (09.04.05)	выход в трубку (29.04.05)	колош.- цветение (30.05.05)	молочная спелость (18.06.05)	восковая спелость (08.07.05)	
Контроль	0-20	29,5	39,9	33,3	28,8	30,8	32,5
	20-40	22,2	31,5	32,9	20,5	26,0	26,6
	Ср.	25,9	35,7	33,1	24,7	28,4	29,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	42,0	53,7	44,6	35,5	46,3	44,4
	20-40	29,0	35,0	30,9	30,4	29,8	31,0
	Ср.	35,5	44,4	37,8	32,9	38,1	37,7
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	40,3	50,9	43,2	34,4	45,3	42,8
	20-40	32,3	48,4	47,9	22,1	28,3	35,8
	Ср.	36,3	49,7	45,5	28,3	36,8	39,3
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	43,8	53,5	42,1	35,6	45,8	44,2
	20-40	32,0	45,0	45,4	28,1	32,4	36,6
	Ср.	37,9	49,2	43,8	31,8	39,1	40,4
Навоз + NPK	0-20	39,6	52,4	41,3	36,3	44,8	42,9
	20-40	31,3	40,7	40,5	27,4	32,1	34,4
	Ср.	35,4	46,6	40,9	31,9	38,5	38,7
Расчет- ный	0-20	44,8	53,7	43,4	41,0	48,1	46,2
	20-40	34,3	48,3	40,3	28,2	32,0	36,6
	Ср.	39,5	51,0	41,9	34,6	40,1	41,4

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2010 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2011)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (04.04.10)	выход в трубку (22.04.10)	колош.- цветение (26.05.10)	молочная спелость (13.06.10)	восковая спелость (02.07.10)	
Конт- роль	0-20	31,4	41,6	38,5	26,4	32,1	34,0
	20-40	24,0	34,0	36,4	21,6	27,6	28,7
	Ср.	27,7	37,8	37,5	24,0	29,8	31,3
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	39,9	45,9	43,5	38,8	40,7	41,8
	20-40	31,0	36,7	32,4	31,2	31,2	32,5
	Ср.	35,5	41,3	37,9	35,0	35,9	37,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	38,5	52,2	49,7	26,8	33,4	40,1
	20-40	34,1	48,5	46,4	21,6	27,7	35,7
	Ср.	36,3	50,4	48,1	24,2	30,5	37,9
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	44,1	51,0	48,9	32,8	35,7	42,5
	20-40	33,8	44,8	48,1	30,8	35,4	38,6
	Ср.	39,0	47,9	48,5	31,8	35,5	40,5
Навоз + НРК	0-20	40,8	53,9	40,9	35,7	35,6	41,4
	20-40	33,3	42,7	39,5	27,4	31,9	35,0
	Ср.	37,0	48,3	40,2	31,5	33,7	38,2
Расчет- ный	0-20	45,2	55,1	45,0	38,9	39,6	44,8
	20-40	35,9	48,7	39,0	29,1	34,1	37,4
	Ср.	40,6	51,9	42,0	34,0	36,8	41,1

Динамика поглощенного аммония в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2016 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за вегетацию
		всходы (28.10.15)	кущение (02.04.16)	выход в трубку (20.04.16)	колош.- цветение (25.05.16)	молочная спелость (15.06.16)	восковая спелость (05.07.16)	
Конт- роль	0-20	19,4	30,6	43,1	36,1	32,3	33,3	32,5
	20-40	18,4	23,4	34,5	34,7	25,1	28,1	27,4
	Ср.	18,9	27,0	38,8	35,4	28,7	30,7	29,9
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	38,2	41,4	55,8	43,9	33,7	47,4	43,4
	20-40	29,8	30,8	41,8	32,3	27,7	34,6	32,9
	Ср.	34,0	36,1	48,8	38,1	30,7	41,0	38,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	37,1	40,2	51,5	40,9	35,8	49,1	42,4
	20-40	33,3	34,4	47,9	40,7	27,4	37,1	36,8
	Ср.	35,2	37,3	49,7	40,8	31,6	43,1	39,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	37,6	43,7	53,9	41,4	36,4	53,9	44,5
	20-40	34,2	32,9	47,1	41,4	30,8	46,1	38,7
	Ср.	35,9	38,3	50,5	41,4	33,6	50,0	41,6
Навоз + NPK	0-20	36,6	39,8	53,2	41,3	37,6	48,9	42,9
	20-40	31,6	32,2	43,0	38,7	27,8	39,9	35,5
	Ср.	34,1	36,0	48,1	40,0	32,7	44,4	39,2
Расчет- ный	0-20	39,2	44,3	54,7	44,9	40,0	56,2	46,5
	20-40	34,0	35,1	48,3	40,9	29,2	44,2	38,6
	Ср.	36,6	39,7	51,5	42,9	34,6	50,2	42,6

Динамика поглощенного аммония в почве под кукурузой на зерно
(1996 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (15.05.96)	5-6 листьев (05.06.96)	выметы- вание (15.07.96)	молочная спелость (15.08.96)	восковая спелость (25.09.96)	
Контроль	0-20	52,4	47,0	29,0	21,7	26,1	35,2
	20-40	43,1	40,9	25,1	15,5	21,0	29,2
	Ср.	47,8	43,9	27,1	18,6	23,6	32,2
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	59,1	54,7	33,1	25,0	30,1	40,4
	20-40	50,8	45,5	29,0	17,9	36,0	34,0
	Ср.	55,0	50,1	31,1	21,5	28,1	37,2
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	63,2	57,7	39,1	26,2	35,0	44,2
	20-40	57,1	48,7	29,5	20,7	24,3	36,1
	Ср.	60,2	53,2	34,3	23,5	29,7	40,2
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	59,9	56,1	34,0	25,0	34,0	41,8
	20-40	53,5	46,5	29,1	23,5	26,8	36,4
	Ср.	56,7	51,3	32,6	24,3	30,4	39,1
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	64,0	58,4	35,5	26,6	34,7	43,8
	20-40	57,3	54,8	27,3	22,9	31,8	38,9
	Ср.	60,6	56,6	31,4	24,8	33,3	41,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	68,1	61,0	36,1	25,2	38,7	45,8
	20-40	56,2	55,1	29,0	14,9	30,5	37,2
	Ср.	62,2	58,1	32,6	20,2	34,6	41,5
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	73,7	65,1	54,2	26,6	34,7	50,9
	20-40	65,1	57,3	34,3	23,8	30,4	44,0
	Ср.	69,4	61,2	48,8	25,2	32,6	47,4
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	70,1	68,2	54,0	26,9	34,8	50,8
	20-40	66,0	56,5	48,6	21,4	26,5	43,8
	Ср.	68,1	62,4	51,3	24,2	30,7	47,3
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	69,2	59,0	35,6	26,2	34,0	44,8
	20-40	57,5	53,5	26,0	22,5	30,2	38,0
	Ср.	63,4	56,3	30,8	24,4	32,1	41,4
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	65,7	55,1	36,0	22,7	33,2	42,5
	20-40	58,2	50,0	28,6	20,6	28,5	37,4
	Ср.	62,0	52,6	32,3	21,7	30,9	40,0
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	68,0	63,2	49,3	25,0	33,2	47,7
	20-40	65,4	57,6	45,1	23,1	29,5	44,1
	Ср.	66,6	60,4	47,2	24,1	31,4	45,9
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	69,7	60,6	52,0	24,1	34,1	48,1
	20-40	65,2	57,3	54,8	22,1	31,9	44,2
	Ср.	67,5	58,9	48,4	23,1	33,0	46,2
Навоз + НПК	0-20	69,4	58,3	39,9	20,6	34,7	44,6
	20-40	59,4	52,2	37,8	20,0	30,4	40,0
	Ср.	64,4	55,2	38,9	20,3	32,6	42,3
Расчет- ный	0-20	74,3	66,4	53,9	25,8	34,7	50,9
	20-40	75,8	56,2	43,0	20,4	25,3	42,1
	Ср.	70,1	61,7	48,2	23,1	30,0	46,5

Динамика поглощенного аммония в почве под кукурузой на зерно
(2003 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за веге- тацию
		всходы (10.05.03)	5-6 листьев (5.06.03)	выметы- вание (10.07.03)	восковая спелость (27.08.03)	
Контроль	0-20	50,2	45,8	28,7	21,1	34,3
	20-40	41,6	39,5	24,3	16,5	28,5
	Ср.	45,9	42,7	26,5	18,8	31,4
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	54,7	51,6	33,2	25,6	39,1
	20-40	47,4	44,3	29,0	21,0	33,3
	Ср.	51,1	48,0	31,1	23,3	36,2
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	57,7	54,6	36,2	29,4	42,3
	20-40	50,4	47,9	32,3	24,0	36,5
	Ср.	54,1	51,3	34,3	26,7	39,4
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	56,6	53,4	35,1	27,9	41,2
	20-40	49,6	47,1	31,7	23,8	35,9
	Ср.	53,1	50,3	33,4	25,9	38,5
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	59,0	55,9	37,5	30,7	43,4
	20-40	50,9	48,2	32,6	24,0	36,8
	Ср.	55,0	52,1	35,1	27,4	40,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	59,5	56,4	38,0	31,2	43,9
	20-40	51,2	48,7	33,1	24,8	37,3
	Ср.	55,4	52,6	35,6	28,0	40,6
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	71,5	62,9	52,0	24,4	48,7
	20-40	62,9	55,2	32,1	21,6	40,0
	Ср.	67,2	59,1	42,1	23,0	44,3
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	70,9	62,3	51,4	23,8	48,1
	20-40	62,6	54,7	31,8	21,0	39,5
	Ср.	66,8	58,5	41,6	22,4	43,8
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	59,4	56,3	37,9	31,1	43,8
	20-40	51,3	48,6	33,0	24,4	37,2
	Ср.	55,4	52,5	35,5	27,8	40,5
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	57,7	54,9	37,2	30,4	42,7
	20-40	50,6	47,9	32,3	23,7	36,5
	Ср.	54,2	51,4	34,8	27,1	39,6
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	70,2	61,6	50,7	23,1	47,4
	20-40	61,9	54,0	31,1	20,3	38,8
	Ср.	66,1	57,8	40,9	21,7	43,1
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	71,8	63,4	52,6	25,0	49,1
	20-40	63,8	55,9	33,1	22,3	40,7
	Ср.	67,8	59,7	42,9	23,7	44,9
Навоз+NPK	0-20	60,1	57,0	38,6	31,8	44,5
	20-40	52,0	49,3	33,7	25,1	37,9
	Ср.	56,1	53,2	36,2	28,5	41,2
Расчетный	0-20	71,8	63,7	51,5	27,1	49,1
	20-40	64,3	56,6	34,2	22,9	41,3
	Ср.	68,1	60,2	42,9	25,0	45,2

Динамика поглощенного аммония в почве под кукурузой на зерно
(2008 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за вегета- цию
		всходы (10.05.08)	5-6 листьев (05.06.08)	выметы- вание (10.07.08)	восковая спелость (27.08.08)	
Контроль	0-20	49,4	43,7	29,4	20,6	35,8
	20-40	40,2	39,8	23,5	17,3	30,2
	Ср.	44,8	41,8	26,5	19,0	33,0
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	53,0	50,3	36,2	24,3	41,0
	20-40	46,6	42,1	28,6	20,8	34,5
	Ср.	49,8	46,2	32,4	22,6	37,8
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	58,2	52,6	35,4	28,5	43,7
	20-40	51,0	47,1	32,0	23,7	38,5
	Ср.	54,6	49,9	33,7	26,1	41,1
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	55,8	52,1	34,8	29,4	43,0
	20-40	48,6	48,0	30,2	25,0	38,0
	Ср.	52,2	50,1	32,5	27,2	40,5
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	59,2	53,1	37,8	29,4	44,9
	20-40	52,0	46,1	31,2	23,1	38,1
	Ср.	55,6	49,6	34,5	26,3	41,5
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	59,9	56,6	37,1	30,6	46,1
	20-40	52,8	49,3	32,4	22,0	39,1
	Ср.	56,4	53,0	34,8	26,3	42,6
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	69,3	63,2	51,2	22,9	51,7
	20-40	61,7	51,6	30,0	20,1	40,9
	Ср.	65,5	57,4	40,6	21,5	46,3
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	70,5	61,1	51,4	23,2	51,6
	20-40	60,9	53,2	30,2	19,8	41,0
	Ср.	65,7	57,2	40,8	21,5	46,3
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	58,3	55,8	38,6	30,2	45,7
	20-40	50,4	47,4	32,8	22,6	38,3
	Ср.	54,4	51,6	35,7	26,4	42,0
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	56,2	54,2	36,8	31,2	44,6
	20-40	49,6	46,3	31,5	24,0	37,9
	Ср.	52,9	29,3	34,2	27,6	36,0
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	69,3	60,3	51,0	21,8	50,6
	20-40	60,8	53,2	29,3	19,9	40,8
	Ср.	65,1	56,8	40,2	20,9	45,8
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	71,2	62,8	53,2	27,1	53,6
	20-40	64,6	54,7	34,0	22,6	44,0
	Ср.	67,9	58,8	43,6	24,9	48,8
Навоз + НРК	0-20	59,6	56,3	39,4	30,9	46,6
	20-40	51,2	47,2	33,9	24,0	39,1
	Ср.	55,4	46,8	36,7	27,5	41,6
Расчет- ный	0-20	70,6	62,6	50,9	29,3	53,4
	20-40	62,9	55,8	34,7	24,2	44,4
	Ср.	66,8	59,2	42,8	26,8	48,9

Динамика поглощенного аммония в почве под кукурузой на зерно
(2014 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (17.05.14)	5-6 листьев (07.06.14)	выметы- вание (17.07.14)	молочная спелость (18.08.14)	восковая спелость 15.09.14	
Контроль	0-20	33,9	33,7	39,3	36,7	28,9	34,5
	20-40	27,9	31,5	33,1	28,7	23,7	29
	Ср.	30,9	32,6	36,2	32,7	26,3	31,7
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	36,9	38,8	41,5	40,3	31,1	37,7
	20-40	32,1	34,6	35,1	32,1	30,3	32,8
	Ср.	34,5	36,7	38,3	36,2	30,7	35,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	38,5	38,6	43	44,6	36	40,2
	20-40	32,9	36	36,6	31,8	27,4	32,9
	Ср.	35,7	37,3	39,8	38,2	31,7	36,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	38,7	39,6	45,6	41,8	35,2	40,2
	20-40	35,3	37,6	35,2	36,8	30,4	35
	Ср.	37	38,6	40,4	39,3	32,8	37,6
Навоз + NPK	0-20	37,5	37,6	40,2	40,7	36,5	38,5
	20-40	32,1	34,6	36	33,7	29,7	33,2
	Ср.	34,8	36,1	38,1	37,2	33,1	35,9
Расчет- ный	0-20	39,4	41,6	53,9	47,5	38,4	44,2
	20-40	37	38,6	38,7	39,1	30,2	36,7
	Ср.	38,2	40,1	46,3	43,3	34,3	40,4

Динамика поглощенного аммония в почве под кукурузой на силос
(2009 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (09.06.09)	выметы- вание (14.07.09)	молочная спелость (18.08.09)	восковая спелость (29.08.09)	
Контроль	0-20	49,2	45,8	28,7	20,5	22,2	49,2
	20-40	54,7	51,1	34,5	24,9	26,4	54,7
	Ср.	60,6	57,2	38,1	29,5	31,2	60,6
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	73,6	64,2	46,9	26,3	28,2	73,6
	20-40	60,5	56,9	39,5	30,3	32,8	60,5
	Ср.	73,1	64,8	46,5	28,1	29,7	73,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	49,2	45,8	28,7	20,5	22,2	49,2
	20-40	54,7	51,1	34,5	24,9	26,4	54,7
	Ср.	60,6	57,2	38,1	29,5	31,2	60,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	73,6	64,2	46,9	26,3	28,2	73,6
	20-40	60,5	56,9	39,5	30,3	32,8	60,5
	Ср.	73,1	64,8	46,5	28,1	29,7	73,1
Навоз + NPK	0-20	49,2	45,8	28,7	20,5	22,2	49,2
	20-40	54,7	51,1	34,5	24,9	26,4	54,7
	Ср.	60,6	57,2	38,1	29,5	31,2	60,6
Расчет- ный	0-20	73,6	64,2	46,9	26,3	28,2	73,6
	20-40	60,5	56,9	39,5	30,3	32,8	60,5
	Ср.	73,1	64,8	46,5	28,1	29,7	73,1

Динамика поглощенного аммония в почве под кукурузой на силос
(2015 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., 2021)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (16.06.15)	выметы- вание (16.07.15)	молочная спелость (17.08.15)	восковая спелость (29.08.15)	
Контроль	0-20	40,3	39,2	23,4	18,7	25,8	30,4
	20-40	50,2	47,1	33,0	26,9	30,5	39,3
	Ср.	56,7	52,9	37,1	30,2	32,5	44,2
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	58,5	53,3	45,0	26,7	31,2	45,9
	20-40	55,9	50,8	38,5	31,6	33,1	44,2
	Ср.	59,1	54,0	44,3	27,4	30,9	46,2
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	40,3	39,2	23,4	18,7	25,8	30,4
	20-40	50,2	47,1	33,0	26,9	30,5	39,3
	Ср.	56,7	52,9	37,1	30,2	32,5	44,2
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	58,5	53,3	45,0	26,7	31,2	45,9
	20-40	55,9	50,8	38,5	31,6	33,1	44,2
	Ср.	59,1	54,0	44,3	27,4	30,9	46,2
Навоз + NPK	0-20	40,3	39,2	23,4	18,7	25,8	30,4
	20-40	50,2	47,1	33,0	26,9	30,5	39,3
	Ср.	56,7	52,9	37,1	30,2	32,5	44,2
Расчет- ный	0-20	58,5	53,3	45,0	26,7	31,2	45,9
	20-40	55,9	50,8	38,5	31,6	33,1	44,2
	Ср.	59,1	54,0	44,3	27,4	30,9	46,2

Динамика поглощенного аммония в почве под суданской травой (1997 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		кущение (06.05.97)	выход в трубку (12.06.97)	1-й укос (08.07.97)	2-й укос (06.08.97)	3-й укос (03.09.97)	
Контроль	0-20	42,4	46,7	36,3	32,2	32,0	36,8
	20-40	33,0	37,1	30,5	24,5	25,4	29,4
	Ср.	37,7	41,9	33,4	28,4	28,7	33,1
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	51,5	46,4	35,1	35,6	36,0	38,3
	20-40	42,0	37,9	29,8	29,0	31,6	32,1
	Ср.	46,8	42,1	32,5	32,3	33,8	35,2
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	54,9	52,8	41,2	33,5	37,3	41,2
	20-40	47,8	46,9	35,7	26,2	29,8	34,6
	Ср.	51,3	49,8	38,4	29,9	33,5	37,9
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	57,9	52,6	47,8	34,1	36,3	42,7
	20-40	50,5	47,3	45,4	29,6	30,8	38,3
	Ср.	54,2	50,0	46,6	31,8	33,5	40,5
Навоз + NPK	0-20	56,5	51,0	38,9	36,6	35,9	40,6
	20-40	48,9	44,4	33,0	30,5	30,5	34,6
	Ср.	52,7	47,7	36,0	33,5	33,2	37,6
Расчетный	0-20	58,7	56,2	46,0	34,4	34,9	42,9
	20-40	54,4	48,1	39,4	27,9	27,9	35,8
	Ср.	56,5	52,2	42,7	31,1	31,4	39,3

Динамика поглощенного аммония в почве под суданской травой (2004 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (03.05.04)	выход в трубку (09.05.04)	1-й укос (11.07.04)	2-й укос (08.08.04)	3-й укос (05.09.04)	
Контроль	0-20	54,0	48,6	31,5	22,6	24,2	36,2
	20-40	44,4	43,0	25,9	18,3	20,1	30,4
	Ср.	49,2	45,8	28,7	20,5	22,2	33,3
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	58,4	55,3	37,7	27,1	28,5	41,4
	20-40	51,0	46,9	31,3	22,7	24,2	35,2
	Ср.	54,7	51,1	34,5	24,9	26,4	38,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	64,8	61,3	40,7	33,5	35,6	47,2
	20-40	56,4	53,2	35,5	25,4	26,7	39,4
	Ср.	60,6	57,2	38,1	29,5	31,2	43,3
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	77,6	68,5	57,4	28,3	31,0	52,6
	20-40	69,7	60,0	36,4	24,4	25,4	43,2
	Ср.	73,6	64,2	46,9	26,3	28,2	47,9
Навоз + НРК	0-20	64,9	61,5	42,3	34,0	36,7	47,9
	20-40	56,0	52,4	36,7	26,6	28,9	40,1
	Ср.	60,5	56,9	39,5	30,3	32,8	44,0
Расчет- ный	0-20	77,3	68,5	55,6	30,6	32,7	52,9
	20-40	69,0	61,0	37,4	25,6	26,6	43,9
	Ср.	73,1	64,8	46,5	28,1	29,7	48,4

Динамика нитратов в почве под люцерной (1994 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (05.04.94)	ветвление (15.05.94)	1-й укос (25.06.94)	отраст.- ветвление (05.08.94)	2-й укос (05.09.94)	
Контроль	0-20	7,4	14,5	9,9	14,6	4,8	10,2
	20-40	11,8	8,5	5,7	9,5	6,4	8,4
	Ср.	9,6	11,5	7,8	12,1	5,6	9,3
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	23,1	19,3	12,6	19,5	12,3	17,4
	20-40	20,9	15,1	16,8	16,4	8,6	15,9
	Ср.	22,0	17,2	14,7	18,9	10,5	16,7
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	28,7	23,0	19,9	21,3	10,6	20,7
	20-40	24,1	17,2	16,7	25,8	16,4	20,1
	Ср.	26,4	20,1	18,3	23,6	13,5	20,4
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	25,8	20,3	16,3	21,4	13,6	19,5
	20-40	21,7	16,8	12,6	19,5	9,1	16,0
	Ср.	23,8	18,6	14,5	20,5	11,4	17,8
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	30,0	22,5	19,4	22,0	11,3	21,0
	20-40	25,6	20,4	12,7	26,3	13,6	19,8
	Ср.	27,8	21,5	16,1	24,2	12,5	20,4
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	31,4	22,9	16,0	22,8	15,7	21,8
	20-40	22,5	18,3	17,9	23,6	10,4	18,6
	Ср.	27,0	20,6	17,0	23,2	13,2	20,2
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	38,7	27,6	20,4	31,0	17,3	27,0
	20-40	32,3	20,2	17,1	25,3	15,4	22,2
	Ср.	35,5	23,9	18,8	28,2	16,4	24,6
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	39,1	27,3	21,0	27,0	13,7	25,6
	20-40	35,8	21,1	18,9	31,1	14,5	24,4
	Ср.	37,5	24,2	20,0	29,1	14,1	25,0
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	31,1	24,1	15,7	23,2	11,0	21,0
	20-40	25,0	20,2	12,1	20,5	13,2	18,3
	Ср.	28,1	22,2	13,9	21,9	12,1	19,6
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	25,7	19,1	15,0	27,7	15,1	20,5
	20-40	29,2	23,7	10,2	22,6	12,0	19,7
	Ср.	27,5	21,4	12,7	25,2	13,6	20,1
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	37,1	30,1	18,6	21,2	13,0	24,0
	20-40	39,6	26,0	20,1	26,5	17,5	26,0
	Ср.	38,3	28,1	19,4	23,8	15,3	25,0
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	39,0	26,7	17,9	25,1	10,7	23,9
	20-40	32,6	24,6	19,0	20,0	11,5	21,6
	Ср.	35,8	25,7	18,5	22,6	11,1	22,7
Навоз + НРК	0-20	24,6	17,0	9,0	21,5	7,2	15,6
	20-40	20,0	18,8	13,7	18,8	14,5	17,5
	Ср.	22,3	17,9	11,4	20,2	10,9	16,5
Расчет- ный	0-20	37,1	26,3	14,0	20,0	9,1	21,3
	20-40	33,2	19,3	11,3	16,1	5,8	17,2
	Ср.	35,2	22,7	12,6	18,1	7,5	19,2

Динамика нитратов в почве под люцерной (2001 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (10.04.01)	ветвление (15.05.01)	1-й укос (28.06.01)	отраст.- ветвление (07.08.01)	2-й укос (10.09.01)	
Контроль	0-20	6,8	13,9	9,3	14,1	4,5	9,7
	20-40	11,2	7,9	5,6	8,9	5,8	7,8
	Ср.	9,0	10,9	7,4	11,5	5,0	8,8
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	22,5	18,7	12,0	18,9	11,7	16,8
	20-40	20,3	14,5	16,2	15,8	8,0	15,0
	Ср.	21,4	16,6	14,1	17,4	9,9	15,9
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	28,2	22,8	19,5	20,7	10,2	20,3
	20-40	23,9	16,7	16,2	25,4	16,0	19,6
	Ср.	26,1	19,8	17,9	23,1	13,1	20,0
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	25,2	19,8	15,7	20,8	13,2	18,9
	20-40	21,0	16,3	12,0	19,1	8,7	15,4
	Ср.	23,1	18,1	13,9	20,0	11,0	17,2
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	23,1	21,8	18,7	21,3	10,6	19,1
	20-40	24,9	19,5	12,1	25,6	12,9	19,0
	Ср.	24,0	20,7	15,4	23,5	11,8	19,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	29,6	22,4	15,5	22,3	15,2	21,0
	20-40	21,5	17,4	17,4	23,0	9,9	17,8
	Ср.	25,6	19,9	16,5	22,6	12,5	19,4
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	38,2	27,1	19,9	30,5	16,8	26,5
	20-40	31,8	19,7	16,6	24,8	14,9	21,6
	Ср.	35,0	23,4	18,3	27,7	15,9	24,1
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	38,5	26,7	20,4	26,4	13,1	25,0
	20-40	35,1	20,5	18,3	30,5	13,9	23,7
	Ср.	36,8	23,6	19,4	28,5	13,5	24,4
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	30,5	23,5	15,1	22,6	10,4	20,4
	20-40	14,4	19,6	11,5	19,9	12,6	15,6
	Ср.	22,5	21,6	13,3	21,3	11,5	18,0
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	25,2	18,6	14,5	27,2	14,6	20,0
	20-40	28,8	23,1	9,7	22,1	11,5	19,0
	Ср.	27,0	20,9	12,1	24,7	13,1	19,5
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	36,3	29,4	18,2	20,8	12,9	23,5
	20-40	39,0	25,7	19,8	26,1	17,0	25,5
	Ср.	37,7	27,6	19,0	23,5	14,9	24,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	37,9	25,7	17,3	24,5	10,1	23,1
	20-40	31,5	23,9	18,1	19,5	10,9	20,8
	Ср.	34,7	24,8	17,7	22,0	10,5	21,9
Навоз + НРК	0-20	26,5	20,2	14,4	26,1	15,5	20,5
	20-40	23,9	17,4	16,3	18,6	16,5	18,5
	Ср.	25,2	18,8	15,4	22,3	16,0	19,5
Расчет- ный	0-20	36,3	25,5	13,2	19,2	8,3	20,5
	20-40	32,7	18,5	10,5	15,3	5,0	16,4
	Ср.	34,5	22,0	11,9	17,3	6,7	18,5

Динамика нитратов в почве под клевером луговым
(2006 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К. и др., 2016; Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (08.04.06)	ветвление (18.05.06)	1-й укос (27.06.06)	отраст.- ветвление (06.08.06)	2-й укос (04.09.06)	
Контроль	0-20	6,9	13,9	9,7	13,8	4,7	9,8
	20-40	11,7	7,8	5,3	9,2	5,9	8,0
	Ср.	9,3	10,8	7,5	11,5	5,3	8,9
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	22,4	19,0	12,1	19,2	11,7	16,9
	20-40	20,9	14,5	15,8	15,7	8,4	15,1
	Ср.	21,6	16,7	13,9	17,4	10,0	16,0
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	27,6	22,3	19,1	21,0	9,9	20,7
	20-40	23,4	16,4	15,8	24,7	15,7	20,1
	Ср.	25,5	19,4	17,5	22,9	12,8	20,4
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	25,9	22,4	15,7	19,8	13,2	19,5
	20-40	20,4	16,1	12,3	19,7	8,8	16,0
	Ср.	23,2	19,3	14,0	19,8	11,0	17,8
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	30,1	21,4	19,0	21,5	11,0	21,0
	20-40	25,4	19,6	12,2	25,7	12,7	19,8
	Ср.	27,8	20,5	15,6	23,6	11,9	20,4
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	31,5	22,1	15,6	20,4	14,9	20,7
	20-40	21,8	17,8	17,2	23,7	9,8	18,1
	Ср.	26,0	20,0	16,4	22,0	12,3	19,4
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	37,6	27,7	19,7	31,0	17,0	27,0
	20-40	31,7	18,9	16,0	24,8	15,2	22,2
	Ср.	34,7	23,3	17,9	27,9	16,1	24,6
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	38,4	26,8	20,7	26,3	13,4	25,6
	20-40	35,1	20,2	18,1	30,7	14,6	24,4
	Ср.	36,8	23,5	19,4	28,5	14,0	25,0
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	29,9	23,9	15,2	22,9	10,2	21,0
	20-40	25,1	18,0	12,3	19,4	11,8	18,3
	Ср.	27,5	21,0	13,8	21,2	11,0	19,7
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	24,7	18,2	15,1	26,6	14,3	20,5
	20-40	28,6	22,0	9,4	21,7	11,4	19,7
	Ср.	26,7	20,1	12,3	24,2	12,9	20,1
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	38,1	29,4	18,1	20,4	12,4	24,0
	20-40	38,6	25,8	19,2	25,1	18,0	26,0
	Ср.	38,4	27,6	18,7	22,8	15,2	25,0
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	30,3	22,1	15,6	20,4	14,9	20,7
	20-40	21,8	17,8	17,2	23,7	9,8	18,1
	Ср.	26,0	19,9	16,4	22,0	12,3	19,4
Навоз + NPK	0-20	23,8	16,8	10,2	20,4	6,1	15,5
	20-40	19,6	18,6	13,6	17,9	13,8	16,7
	Ср.	21,7	17,7	11,9	19,1	9,9	16,1
Расчет- ный	0-20	37,4	25,6	13,4	18,6	9,3	20,9
	20-40	32,8	18,4	10,8	15,8	6,0	16,8
	Ср.	35,1	22,0	12,1	17,2	7,6	18,8

Динамика нитратов в почве под клевером луговым (2012 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		всходы (09.04.12)	ветвление (16.05.12)	1-й укос (28.06.12)	отраст.- ветвление (08.08.12)	2-й укос (07.09.12)	
Контроль	0-20	7,8	15,7	10,7	15,7	5,2	11,0
	20-40	12,8	9,0	6,1	10,2	6,7	9,0
	Ср.	10,3	12,4	8,4	13,0	6,0	10,0
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	27,0	22,6	14,6	22,8	14,2	20,2
	20-40	24,6	17,5	19,4	19,0	9,9	18,1
	Ср.	25,8	20,1	17,0	20,9	12,1	19,2
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	34,9	25,5	17,8	24,7	17,3	24,0
	20-40	24,8	20,2	19,8	26,5	11,3	20,5
	Ср.	29,9	22,9	18,8	25,6	14,3	22,3
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	40,7	28,3	19,3	26,6	13,6	25,7
	20-40	32,6	25,2	20,6	24,0	12,2	22,9
	Ср.	36,7	26,8	20,0	25,3	12,9	24,3
Навоз + НРК	0-20	25,7	18,5	11,5	23,3	9,9	17,8
	20-40	21,8	18,8	15,0	19,0	15,4	18,0
	Ср.	23,8	18,7	13,3	21,2	12,7	17,9
Расчет- ный	0-20	40,8	28,5	15,0	21,3	9,8	23,1
	20-40	36,4	20,7	12,0	17,4	6,2	18,5
	Ср.	38,6	24,6	13,5	19,4	8,0	20,8

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 1995 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за вегетацию
		всходы (20.10.94)	кущение (03.04.95)	выход в трубку (23.04.95)	колош.-цветение (23.05.95)	молочная спелость (13.06.95)	восковая спелость (30.06.95)	
Конт-роль	0-20	8,7	3,2	12,3	11,0	5,1	6,5	7,8
	20-40	12,1	6,4	17,4	10,0	4,6	4,2	9,1
	Ср.	10,4	4,8	14,8	10,5	4,8	5,8	8,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	17,4	20,1	18,1	12,3	4,5	6,9	13,2
	20-40	15,0	21,1	15,1	4,4	4,3	3,2	10,6
	Ср.	16,2	20,6	16,9	8,3	4,4	5,0	11,9
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	23,3	27,1	20,4	8,4	6,1	8,0	15,6
	20-40	17,3	22,5	15,8	5,2	3,7	5,0	11,6
	Ср.	20,3	24,8	18,1	6,8	4,9	6,5	13,6
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	15,9	20,0	16,1	7,3	5,6	6,4	11,9
	20-40	18,1	22,8	14,7	3,5	3,2	5,2	11,3
	Ср.	17,0	21,4	15,4	5,4	4,4	5,8	11,6
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	17,4	25,3	17,0	6,3	5,3	5,0	12,7
	20-40	16,4	20,9	13,2	2,1	2,7	5,8	10,3
	Ср.	16,9	23,1	15,1	4,2	4,0	5,4	11,5
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	19,2	24,0	13,3	4,7	3,3	3,8	11,4
	20-40	15,6	24,6	19,5	4,9	4,9	6,8	12,8
	Ср.	17,4	24,3	16,4	4,8	4,1	5,3	12,1
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	18,3	24,3	16,4	25,3	6,4	8,2	16,5
	20-40	17,3	27,5	18,6	18,3	3,4	4,6	14,9
	Ср.	17,8	25,9	17,5	21,8	4,9	6,4	15,7
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	17,9	29,1	19,4	26,3	6,4	7,8	17,8
	20-40	16,3	25,7	15,2	20,7	3,8	4,8	14,4
	Ср.	17,1	27,4	17,3	23,5	5,1	6,3	16,1
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	18,1	23,1	16,2	6,4	5,2	6,4	12,6
	20-40	14,7	20,5	13,6	4,8	2,8	5,2	10,2
	Ср.	16,4	21,8	14,9	5,6	4,0	5,8	11,4
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	21,4	26,9	14,3	8,4	6,0	8,4	14,6
	20-40	14,6	21,3	10,5	4,2	2,6	3,6	9,2
	Ср.	18,0	24,1	12,4	6,3	4,3	6,0	11,9
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	19,2	28,1	16,9	29,1	7,3	7,5	18,0
	20-40	15,6	24,3	14,3	23,7	4,3	5,5	14,6
	Ср.	17,4	26,2	15,6	26,4	5,8	6,5	16,3
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	18,4	31,4	16,0	28,0	5,9	5,1	17,5
	20-40	15,4	26,8	16,5	22,4	3,1	5,4	14,9
	Ср.	16,9	29,1	16,2	25,2	4,8	5,2	16,2
Навоз+ NPK	0-20	18,9	28,4	18,9	8,2	6,0	6,3	14,5
	20-40	13,5	22,4	16,0	9,6	4,0	4,5	11,7
	Ср.	16,2	25,4	17,4	8,9	5,0	5,4	13,1
Расчет- ный	0-20	17,3	27,6	13,1	14,3	6,9	10,5	15,0
	20-40	15,1	24,5	7,7	14,7	3,9	8,9	12,4
	Ср.	16,2	25,7	10,4	14,5	5,4	9,7	13,7

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 2002 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за веге- тацию
		всходы (26.10.01)	кущение (11.04.02)	выход в трубку (30.04.02)	колош.- цветение (29.05.02)	молочная спелость (18.06.02)	восковая спелость (05.07.02)	
Конт- роль	0-20	9,1	4,1	11,2	10,5	5,8	6,3	7,8
	20-40	12,4	7,2	14,2	10,2	4,7	4,8	8,9
	Ср.	10,7	5,6	12,7	10,3	5,3	5,5	8,3
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	19,7	23,2	20,9	17	6,1	9,2	16
	20-40	18,3	25,4	18,2	9,5	6,8	6,2	14,1
	Ср.	19,0	24,3	19,6	13,3	6,5	7,7	15,1
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	26,5	30,3	23,2	11,6	9,7	11,2	18,8
	20-40	20,5	25,7	19,0	8,4	6,9	8,7	14,9
	Ср.	23,5	28,0	21,1	10,0	8,3	10,0	16,8
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	19,1	23,2	19,3	10,2	8,8	9,6	15,0
	20-40	21,3	26,0	18,0	6,7	6,4	8,4	14,5
	Ср.	20,2	24,6	18,7	8,5	7,6	9,0	14,8
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	23,5	31,4	23,1	13,4	12,4	12,1	19,3
	20-40	20,5	25,0	17,3	6,2	6,8	9,9	14,3
	Ср.	22,0	28,2	20,2	9,8	9,6	11,0	16,8
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	24,5	30,3	22,6	14,0	12,6	13,1	19,5
	20-40	18,9	27,9	24,6	12,2	12,0	13,9	18,3
	Ср.	21,7	29,1	23,6	13,1	12,3	13,5	18,9
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	25,2	31,5	23,4	32,5	13,6	15,4	23,6
	20-40	24,5	32,1	25,8	25,5	10,6	11,8	21,7
	Ср.	24,9	31,8	24,6	29,0	12,1	13,6	22,7
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	25,2	36,4	26,7	33,6	23,7	15,1	26,8
	20-40	23,6	32,9	22,5	28,0	11,0	12,1	21,7
	Ср.	24,4	34,7	24,6	30,8	17,4	13,6	24,3
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	24,5	29,6	22,7	12,9	11,7	12,9	19,1
	20-40	21,2	27,0	20,1	11,3	9,3	11,7	16,8
	Ср.	22,9	28,3	21,4	12,1	10,5	12,3	17,9
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	27,6	33,1	22,5	14,6	12,2	14,6	20,8
	20-40	20,8	27,5	18,7	10,4	8,8	9,8	16,0
	Ср.	24,2	30,3	20,6	12,5	10,5	12,2	18,4
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	26,4	35,3	24,1	36,3	14,5	14,2	25,1
	20-40	22,8	31,5	21,5	30,9	11,5	12,7	21,8
	Ср.	24,6	33,4	22,8	33,6	13,0	13,5	23,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	25,7	34,7	23,3	30,3	13,2	12,4	23,3
	20-40	22,7	31,3	23,8	25,7	10,4	12,7	21,1
	Ср.	24,0	33,0	23,6	28,0	11,8	12,3	22,2
Навоз+ НРК	0-20	24,1	33,5	27,2	13,3	11,1	11,4	20,1
	20-40	20,1	27,5	21,1	14,7	9,1	9,6	17,0
	Ср.	22,1	30,5	24,2	14,0	10,1	10,5	18,6
Расчет- ный	0-20	34,2	34,8	20,3	21,5	14,1	17,7	23,8
	20-40	22,3	31,7	14,9	21,9	11,2	16,1	19,7
	Ср.	28,3	33,3	17,6	21,7	12,7	16,9	21,7

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 2007 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за веге- тацию
		всходы (30.10.06)	кущение (09.04.07)	выход в трубку (27.04.07)	колош.- цветение (30.05.07)	молочная спелость (20.06.07)	восковая спелость (08.07.07)	
Конт- роль	0-20	10,3	5,6	11,7	10,3	5,3	5,9	8,2
	20-40	11,9	7,3	14,8	9,8	5,0	4,9	9,0
	Ср.	11,1	6,5	13,3	10,1	5,2	5,4	8,6
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	20,1	23,6	20,5	18,1	5,9	8,9	16,2
	20-40	18,9	25,3	17,0	11,4	6,3	5,4	14,1
	Ср.	19,5	24,5	18,8	14,8	6,1	7,2	15,2
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	26,1	31,2	24,0	11,1	10,3	11,7	19,1
	20-40	19,9	26,2	19,6	7,9	6,8	9,1	14,9
	Ср.	23,0	23,7	21,8	9,5	8,6	10,4	17,0
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	18,8	34,1	21,0	9,9	8,2	10,2	17,0
	20-40	18,1	24,7	18,4	7,1	5,9	8,9	13,9
	Ср.	18,5	29,4	19,7	8,5	7,1	9,6	15,5
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	24,3	31,2	24,9	14,6	12,7	13,3	20,2
	20-40	20,0	26,1	18,1	5,9	8,1	10,2	14,7
	Ср.	22,2	28,7	21,5	10,3	10,4	11,8	17,5
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	25,8	29,8	22,1	15,2	13,1	15,2	20,2
	20-40	19,1	26,9	21,5	11,4	11,6	14,0	17,4
	Ср.	22,5	28,4	21,8	13,3	12,4	14,6	18,8
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	26,6	30,3	25,7	30,8	14,7	17,0	24,2
	20-40	22,1	31,0	21,3	27,4	11,1	12,9	21,0
	Ср.	24,4	30,7	23,5	29,1	12,9	15,0	22,6
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	27,5	37,1	27,3	35,2	24,2	15,7	27,8
	20-40	22,9	30,8	23,1	26,0	15,0	10,9	21,5
	Ср.	25,2	34,0	25,2	30,6	19,6	13,3	24,7
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	27,9	31,1	23,4	13,5	13,4	14,8	20,7
	20-40	20,1	26,0	21,3	14,7	9,8	12,7	17,4
	Ср.	24,0	28,6	22,4	28,2	11,6	13,8	19,1
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	25,1	32,6	24,0	15,2	13,5	15,3	21,0
	20-40	21,3	28,2	17,6	11,7	11,2	11,0	20,1
	Ср.	23,2	30,4	20,8	13,5	12,4	13,2	20,6
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	26,8	36,8	22,1	31,9	17,2	16,9	25,3
	20-40	22,0	32,1	21,4	26,0	9,3	11,6	20,4
	Ср.	24,4	34,5	21,8	29,0	13,3	14,3	22,9
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	25,9	35,3	32,1	24,2	15,1	14,3	24,5
	20-40	20,1	32,1	24,3	20,9	12,3	13,4	20,5
	Ср.	23,0	33,7	28,2	22,6	13,7	13,9	22,5
Навоз+ НРК	0-20	23,1	32,8	25,8	13,4	10,3	11,7	19,5
	20-40	18,9	25,7	22,0	12,6	8,0	8,4	15,9
	Ср.	21,0	29,3	23,9	13,0	9,2	10,1	17,7
Расчет- ный	0-20	32,8	33,9	19,4	22,1	13,3	14,2	22,6
	20-40	21,1	29,8	14,0	17,0	12,0	17,1	18,5
	Ср.	27,0	31,9	16,7	19,6	12,7	15,7	20,6

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 2013 г.)
 в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
 (Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С. Х., 2014;
 Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за вегетацию
		всходы (26.10.12)	кущение (30.03.13)	выход в трубку (17.04.13)	колош.- цветение (18.05.13)	молочная спелость (13.06.13)	восковая спелость (05.07.13)	
Конт- роль	0-20	9,4	11,9	13,9	13,9	9,5	11,5	12,1
	20-40	11,2	19,3	18,3	13,1	8,3	8,5	13,5
	Ср.	10,3	15,6	16,1	13,5	8,9	10,0	12,4
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	24,9	22,4	21,6	19,7	7,1	12,9	16,7
	20-40	17,9	24,0	18,2	10,5	7,5	7,7	13,6
	Ср.	21,4	23,2	19,9	15,1	7,3	10,3	16,2
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	23,6	29,9	20,9	17,0	13,0	14,3	19,0
	20-40	22,0	28,3	23,7	14,3	12,8	15,5	18,9
	Ср.	22,8	29,1	22,3	15,6	12,9	14,9	19,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	26,2	34,5	29,8	25,6	16,2	15,1	24,2
	20-40	22,4	30,7	27,0	21,4	12,2	14,9	21,2
	Ср.	24,3	32,6	28,4	23,5	14,2	15,0	23,0
Навоз+ NPK	0-20	24,4	30,9	26,6	13,2	11,5	13,3	19,1
	20-40	19,0	24,7	21,8	14,0	8,9	10,1	15,9
	Ср.	21,7	27,8	24,2	13,6	10,2	11,7	18,2
Расчет- ный	0-20	31,4	34,2	20,2	21,0	15,5	16,5	21,5
	20-40	24,2	30,6	14,0	19,4	12,3	16,3	18,5
	Ср.	27,8	32,4	17,1	20,2	13,9	16,4	21,3

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 1998 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (05.04.98)	выход в трубку (25.04.98)	колош.- цветение (25.05.98)	молочная спелость (15.06.98)	восковая спелость (05.07.98)	
Контроль	0-20	3,6	11,7	10,7	5,4	6,4	8,5
	20-40	6,8	15,7	10,0	4,6	4,5	8,7
	Ср.	5,2	13,7	10,4	5,0	5,4	8,6
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	21,5	19,4	14,6	5,3	8,0	11,8
	20-40	23,1	16,6	6,9	5,5	4,7	8,4
	Ср.	22,3	18,0	10,7	5,4	6,3	10,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	27,0	17,9	9,3	7,9	8,4	10,9
	20-40	26,1	21,9	8,5	8,4	10,3	12,3
	Ср.	26,6	19,9	8,9	8,2	9,4	11,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	32,9	19,6	29,0	9,5	8,7	16,7
	20-40	28,9	20,0	23,9	6,7	9,0	14,9
	Ср.	30,9	19,8	26,5	8,1	8,9	15,8
Навоз + NPK	0-20	30,8	22,9	10,7	8,5	8,8	12,7
	20-40	24,8	18,5	12,1	6,5	7,0	11,0
	Ср.	27,8	20,7	11,4	7,5	7,9	11,9
Расчет- ный	0-20	31,0	16,6	17,8	10,4	14,0	14,7
	20-40	28,0	11,2	18,2	7,5	12,4	12,4
	Ср.	29,5	13,9	18,0	9,0	13,2	13,5

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 2005 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		кущение (09.04.05)	выход в трубку (29.04.05)	колош.-цветение (30.05.05)	молочная спелость (18.06.05)	восковая спелость (08.07.05)	
Контроль	0-20	5,4	12,7	10,4	5,5	6,1	8,0
	20-40	7,2	14,5	10,0	4,8	4,8	8,3
	Ср.	6,3	13,6	10,2	5,2	5,5	8,1
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	26,0	23,0	17,5	6,0	9,0	16,3
	20-40	24,3	19,5	11,6	6,5	5,8	13,6
	Ср.	25,2	21,3	14,6	6,3	7,4	14,9
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	33,4	24,8	14,6	12,8	14,1	19,9
	20-40	30,4	20,5	10,6	10,6	13,9	17,2
	Ср.	31,9	22,7	12,6	11,7	14,0	18,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	34,8	27,6	27,1	14,1	13,3	23,4
	20-40	31,5	23,9	22,1	11,3	13,0	20,4
	Ср.	33,2	25,7	24,6	12,7	13,1	21,9
Навоз + NPK	0-20	33,0	26,4	13,3	10,6	11,5	19,0
	20-40	26,5	21,4	13,6	8,5	9,0	15,8
	Ср.	29,7	23,9	13,4	9,6	10,2	17,4
Расчетный	0-20	32,6	18,3	19,6	12,3	14,7	19,5
	20-40	29,2	13,3	17,5	10,7	15,3	17,2
	Ср.	30,9	15,8	18,6	11,5	15,0	18,3

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 2010 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2011)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (04.04.10)	выход в трубку (22.04.10)	колош.- цветение (26.05.10)	молочная спелость (13.06.10)	восковая спелость (02.07.10)	
Конт- роль	0-20	7,0	10,2	9,7	5,9	6,9	8,0
	20-40	11,0	13,2	9,2	5,5	5,6	8,9
	Ср.	9,0	11,7	9,4	5,7	6,3	8,4
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	25,1	22,9	20,6	7,1	10,8	17,3
	20-40	26,9	19,2	11,9	7,5	7,1	14,5
	Ср.	26,0	21,1	16,3	7,3	9,0	15,9
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	30,2	21,7	16,2	13,2	14,9	19,2
	20-40	29,0	23,7	14,7	12,8	15,5	19,1
	Ср.	29,6	22,7	15,5	13,0	15,2	19,2
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	33,5	27,9	23,9	15,0	14,1	22,9
	20-40	31,2	30,8	23,3	12,1	16,3	22,7
	Ср.	32,4	29,3	23,6	13,6	15,2	22,8
Навоз + НРК	0-20	30,6	24,6	13,2	10,8	12,4	18,3
	20-40	26,5	23,0	14,0	12,2	13,4	17,8
	Ср.	28,5	23,8	13,6	11,5	12,9	18,1
Расчет- ный	0-20	33,7	19,0	20,7	14,0	14,7	20,4
	20-40	33,2	14,7	19,1	13,3	18,4	19,8
	Ср.	33,5	16,9	19,9	13,7	16,6	20,1

Динамика нитратов в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 2016 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за веге- тацию
		всходы (28.10.15)	кущение (02.04.16)	выход в трубку (20.04.16)	колош.- цветение (25.05.16)	молочная спелость (15.06.16)	восковая спелость (05.07.16)	
Конт- роль	0-20	11,5	12,6	14,5	12,6	11,6	13,1	12,7
	20-40	12,9	19,6	18,1	12,0	10,4	10,1	13,8
	Ср.	12,2	16,1	16,3	12,3	11,0	11,6	13,3
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	25,1	22,5	22,0	19,6	10,3	14,7	19,0
	20-40	18,7	23,1	18,6	11,4	10,9	9,3	15,3
	Ср.	21,9	22,8	20,3	15,5	10,6	12,0	17,2
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	23,6	30,6	21,5	17,2	11,8	14,9	19,9
	20-40	21,4	28,8	22,1	14,6	11,0	15,7	18,9
	Ср.	22,5	29,7	21,8	15,9	11,4	15,3	19,4
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	24,4	34,4	29,1	25,8	16,8	14,2	24,1
	20-40	22,4	31,2	29,1	22,4	13,2	15,0	22,2
	Ср.	23,4	32,8	29,1	24,1	15,0	14,6	23,2
Навоз + NPK	0-20	22,8	30,2	27,3	14,3	12,3	46,7	25,6
	20-40	21,0	24,8	23,3	15,3	11,1	42,1	22,9
	Ср.	21,9	27,5	25,3	14,8	11,7	44,4	24,3
Расчет- ный	0-20	29,7	33,3	22,7	19,4	15,9	15,1	22,7
	20-40	24,1	30,9	16,5	18,4	13,7	16,1	19,9
	Ср.	26,9	32,1	19,6	18,9	14,8	15,6	21,3

Динамика нитратов в почве под кукурузой на зерно (1996 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (15.05.96)	5-6 листьев (05.06.96)	выметы- вание (15.07.96)	молочная спелость (15.08.96)	восковая спелость (25.09.96)	
Контроль	0-20	2,6	9,0	8,1	4,9	10,0	6,9
	20-40	8,1	10,6	4,3	4,1	7,2	6,8
	Ср.	5,4	9,8	6,2	4,5	8,6	6,9
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	23,8	16,9	8,6	5,9	12,4	13,5
	20-40	18,4	14,3	4,2	2,7	8,3	9,7
	Ср.	21,1	15,6	6,4	4,3	10,4	11,6
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	23,6	16,2	6,4	5,5	13,4	13,0
	20-40	21,2	12,2	9,2	4,1	10,4	12,6
	Ср.	22,4	14,2	7,8	4,8	11,9	12,2
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	21,4	15,8	5,5	5,0	12,4	12,0
	20-40	18,8	8,4	6,4	4,6	8,5	9,4
	Ср.	20,1	12,1	6,0	4,8	10,5	10,7
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	19,3	15,0	8,1	6,9	14,6	12,8
	20-40	24,5	11,7	5,7	3,3	10,2	11,0
	Ср.	21,9	13,4	6,9	5,1	12,4	11,9
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	24,5	17,1	6,4	5,7	13,1	11,1
	20-40	21,1	13,0	8,2	4,3	10,5	13,7
	Ср.	22,8	15,1	7,3	5,0	11,8	12,4
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	27,1	17,0	18,6	8,9	15,1	17,3
	20-40	21,5	14,8	15,4	5,9	11,5	13,9
	Ср.	24,3	15,9	17,0	7,4	13,3	15,6
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	26,4	15,0	22,4	9,0	13,8	17,3
	20-40	23,4	14,6	11,4	6,2	12,0	13,5
	Ср.	24,9	14,8	16,9	7,6	12,9	15,4
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	20,4	12,5	8,6	6,4	12,1	12,0
	20-40	16,0	7,7	4,2	3,4	9,7	8,2
	Ср.	18,2	10,1	6,4	4,9	10,9	10,1
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	23,4	18,6	10,1	7,1	14,4	14,7
	20-40	22,2	14,4	5,9	4,5	10,8	11,5
	Ср.	22,8	16,4	8,0	5,8	12,6	13,1
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	25,9	15,4	19,6	10,8	13,6	17,1
	20-40	22,7	12,8	14,5	6,0	11,1	13,5
	Ср.	24,3	14,1	17,1	8,4	12,4	15,3
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	26,1	16,9	20,0	11,5	15,6	18,0
	20-40	23,7	13,9	17,8	6,7	10,4	14,6
	Ср.	24,9	15,4	18,9	9,1	13,0	16,3
Навоз + НРК	0-20	23,4	15,0	9,5	6,9	14,1	13,8
	20-40	20,7	9,8	5,7	4,2	10,5	10,4
	Ср.	22,1	12,4	7,9	5,6	12,3	12,1
Расчет- ный	0-20	25,9	17,4	18,9	9,9	15,0	15,7
	20-40	23,7	12,6	11,8	6,1	12,1	15,1
	Ср.	24,3	15,0	15,4	8,0	13,6	15,4

Динамика нитратов в почве под кукурузой на зерно (2003 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за веге- тацию
		всходы (10.05.03)	5-6 листьев (5.06.03)	выметы- вание (10.07.03)	восковая спелость (27.08.03)	
Контроль	0-20	3,2	7,2	6,5	5,1	6,4
	20-40	6,9	9,0	3,8	3,5	5,9
	Ср.	5,1	8,1	5,2	4,3	6,2
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	22,4	15,3	7,8	5,2	12,4
	20-40	17,6	15,5	3,6	1,9	9,2
	Ср.	20,0	15,4	5,7	3,5	10,8
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	22,8	15,4	5,6	4,9	12,3
	20-40	20,4	11,4	8,6	3,9	10,9
	Ср.	21,6	13,4	7,1	4,4	11,6
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	20,9	15,3	5,0	4,5	11,5
	20-40	18,3	7,9	5,9	4,2	8,8
	Ср.	19,6	11,6	5,4	4,3	10,2
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	18,7	14,4	7,5	6,3	12,2
	20-40	23,9	11,1	5,1	4,2	10,8
	Ср.	21,3	12,7	6,3	5,2	11,5
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	23,2	15,8	6,2	6,1	12,7
	20-40	20,4	12,0	7,6	5,4	10,7
	Ср.	21,8	13,9	6,9	5,7	11,7
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	25,8	15,8	17,3	7,6	16,1
	20-40	20,2	13,5	14,1	4,6	12,5
	Ср.	23,0	14,6	15,7	6,1	14,3
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	25,2	13,8	21,2	7,8	16,1
	20-40	22,2	13,4	10,2	5,0	12,2
	Ср.	23,7	13,6	15,7	6,4	14,2
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	19,9	12,1	8,9	7,2	11,8
	20-40	16,8	8,5	5,0	4,2	8,9
	Ср.	18,3	10,3	6,9	5,7	10,4
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	22,1	16,8	8,9	6,6	13,3
	20-40	19,7	12,8	4,6	4,1	10,1
	Ср.	20,9	14,8	6,7	5,3	11,7
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	25,3	14,8	19,0	11,7	17,0
	20-40	21,9	12,2	15,8	7,3	13,5
	Ср.	23,6	13,5	17,4	9,5	15,2
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	25,0	15,8	18,9	10,4	16,9
	20-40	22,9	13,2	16,7	6,4	14,2
	Ср.	23,9	14,5	17,8	8,4	15,5
Навоз+NPK	0-20	22,6	14,2	8,9	6,3	13,0
	20-40	19,8	9,1	4,8	3,8	9,4
	Ср.	21,2	11,6	6,8	5,1	11,2
Расчетный	0-20	24,9	16,6	18,1	9,2	16,6
	20-40	22,3	12,1	11,4	5,7	12,6
	Ср.	23,6	14,4	14,7	7,5	14,6

Динамика нитратов в почве под кукурузой на зерно (2008 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за вегетацию
		всходы (10.05.08)	5-6 листьев (05.06.08)	выметывание (10.07.08)	восковая спелость (27.08.08)	
Контроль	0-20	4,3	6,8	6,1	4,8	5,5
	20-40	7,2	9,1	4,6	3,0	6,0
	Ср.	5,8	8,1	5,4	3,9	5,8
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	21,7	13,2	7,3	4,8	11,8
	20-40	17,1	18,6	4,0	2,4	10,5
	Ср.	19,4	15,9	5,7	3,6	11,2
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	21,6	14,9	7,9	3,7	12,0
	20-40	20,9	10,4	6,3	5,2	10,7
	Ср.	21,3	12,7	7,1	4,5	11,4
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	19,8	14,0	7,4	4,2	11,4
	20-40	18,0	10,3	6,7	3,5	9,6
	Ср.	18,9	12,2	7,1	3,9	10,5
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	22,8	10,8	8,2	5,9	11,9
	20-40	19,0	13,9	4,0	3,7	10,2
	Ср.	20,9	12,4	6,1	4,8	11,1
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	22,7	15,4	5,3	4,9	12,1
	20-40	19,6	11,6	7,1	5,3	10,9
	Ср.	21,2	13,5	6,7	5,1	11,6
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	24,9	14,6	16,9	8,0	16,1
	20-40	20,0	13,1	13,2	4,4	12,7
	Ср.	22,5	13,9	15,1	6,7	14,6
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	24,7	13,0	19,1	7,4	16,1
	20-40	21,9	13,6	9,3	4,6	12,4
	Ср.	23,3	13,3	14,2	6,0	14,2
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	18,8	11,6	9,6	6,8	11,7
	20-40	16,4	7,9	5,2	4,0	8,4
	Ср.	17,6	9,8	7,4	5,4	10,1
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	21,6	16,9	5,1	5,9	12,4
	20-40	18,8	10,7	7,4	3,7	10,2
	Ср.	20,2	13,8	6,3	4,8	11,3
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	26,1	13,7	18,4	11,0	17,3
	20-40	21,6	11,9	15,3	8,0	14,2
	Ср.	23,9	12,8	11,9	9,5	14,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	25,4	15,3	18,1	9,9	17,2
	20-40	23,0	12,9	15,9	5,8	14,4
	Ср.	24,2	14,1	17,0	7,9	15,8
Навоз + NPK	0-20	21,9	13,8	9,4	5,9	12,8
	20-40	19,0	8,8	5,5	3,5	9,2
	Ср.	20,5	11,3	7,5	4,7	11,0
Расчетный	0-20	24,5	16,0	17,9	9,0	16,9
	20-40	21,9	11,1	10,5	5,4	12,2
	Ср.	23,2	13,6	14,2	7,2	14,6

Динамика нитратов в почве под кукурузой на зерно (2014 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		всходы (17.05.14)	5-6 листьев (07.06.14)	выметывание (17.07.14)	молочная спелость (18.08.14)	восковая спелость 15.09.14	
Контроль	0-20	3,8	8,7	7,9	5,6	10,2	7,2
	20-40	8,4	10,9	4,9	4,0	6,6	7,0
	Ср.	6,1	9,8	6,4	4,8	8,4	7,1
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	24,9	16,6	8,7	5,8	11,1	13,4
	20-40	19,5	17,8	4,3	2,6	7,5	10,3
	Ср.	22,2	17,2	6,5	4,2	9,3	11,9
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	27,0	18,5	6,8	6,4	12,6	14,3
	20-40	23,4	14,1	8,8	5,8	12,6	12,9
	Ср.	25,2	16,3	7,8	6,1	12,6	13,6
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	29,3	18,4	21,9	12,2	16,5	19,7
	20-40	26,7	15,4	19,3	7,2	13,1	16,3
	Ср.	28,0	16,9	20,6	9,7	14,8	18,0
Навоз + NPK	0-20	26,0	16,5	10,7	7,4	14,3	15,0
	20-40	22,8	10,7	6,1	4,4	10,5	10,9
	Ср.	24,4	13,6	8,4	5,9	12,4	12,9
Расчетный	0-20	30,1	20,0	21,9	11,3	17,5	20,2
	20-40	27,1	14,4	13,5	6,9	13,9	15,1
	Ср.	28,6	17,2	17,7	9,1	15,7	17,7

Динамика нитратов в почве под кукурузой на силос (2009 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (09.06.09)	выметы- вание (14.07.09)	молочная спелость (18.08.09)	восковая спелость (29.08.09)	
Контроль	0-20	4,1	7,7	7,0	5,5	9,3	6,7
	20-40	7,8	10,0	4,6	3,6	5,7	6,4
	Ср.	6,0	8,9	5,8	4,5	7,5	6,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	24,4	15,7	8,3	5,5	9,0	12,6
	20-40	19,2	18,8	4,2	2,4	6,0	10,1
	Ср.	21,8	17,3	6,3	4,0	7,5	11,4
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	25,4	17,2	6,4	6,1	11,0	13,2
	20-40	22,1	13,0	8,1	5,9	12,3	12,3
	Ср.	23,7	15,1	7,2	6,0	11,7	12,8
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	27,8	17,2	20,4	11,2	15,2	18,4
	20-40	25,4	14,4	18,0	6,7	13,1	15,5
	Ср.	26,6	15,8	19,2	9,0	14,1	17,0
Навоз + NPK	0-20	24,6	15,5	10,1	6,7	12,8	13,9
	20-40	21,4	9,9	5,7	4,0	9,3	10,1
	Ср.	23,0	12,7	7,9	5,4	11,0	12,0
Расчет- ный	0-20	27,3	18,0	19,9	10,1	15,9	18,2
	20-40	24,4	12,8	12,1	6,1	12,5	13,6
	Ср.	25,9	15,4	16,0	8,1	14,2	15,9

Динамика нитратов в почве под кукурузой на силос (2015 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., 2021)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (16.06.15)	выметы- вание (16.07.15)	молочная спелость (17.08.15)	восковая спелость (29.08.15)	
Контроль	0-20	7,1	15,6	17,8	13,4	7,7	12,3
	20-40	13,3	16,6	12,6	9,4	5,7	11,5
	Ср.	10,2	16,1	15,2	11,4	6,7	11,9
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	23,4	25,3	23,2	14,3	9,6	19,2
	20-40	20,4	24,1	16,4	10,3	6,2	15,5
	Ср.	21,9	24,7	19,8	12,3	7,9	17,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	24,9	29,6	19,4	13,2	11,8	19,8
	20-40	21,3	25,6	22,0	13,2	11,1	18,6
	Ср.	23,1	27,6	20,7	13,2	11,5	19,2
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	25,4	29,7	22,7	16,8	12,4	21,4
	20-40	22,4	26,7	20,3	11,6	11,0	18,4
	Ср.	23,9	28,2	21,5	14,2	11,7	19,9
Навоз + NPK	0-20	24,2	29,6	20,7	14,5	11,6	20,1
	20-40	20,6	22,6	18,1	10,5	10,2	16,4
	Ср.	22,4	26,1	19,4	12,5	10,9	18,3
Расчет- ный	0-20	23,6	31,6	23,8	17,6	13,4	22,0
	20-40	21,2	22,4	17,6	12,4	10,6	16,8
	Ср.	22,4	27,0	20,7	15,0	12,0	19,4

Динамика нитратов в почве под суданской травой (1997 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (06.05.97)	выход в трубку (12.06.97)	1-й укос (08.07.97)	2-й укос (06.08.97)	3-й укос (03.09.97)	
Контроль	0-20	4,4	11,9	9,6	8,2	7,1	9,2
	20-40	8,7	12,1	6,6	6,0	5,9	7,7
	Ср.	6,5	12,0	8,1	7,1	6,5	8,4
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	22,2	18,0	11,1	9,9	10,5	12,4
	20-40	20,0	14,7	8,4	7,8	6,6	9,4
	Ср.	21,1	16,4	9,7	8,8	8,6	10,9
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	26,5	17,7	9,0	10,5	10,8	12,0
	20-40	22,6	16,8	10,3	10,9	9,2	11,8
	Ср.	24,5	17,3	9,6	10,7	10,0	11,9
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	32,0	19,8	21,8	14,1	10,4	16,5
	20-40	27,5	18,2	19,6	9,9	9,0	14,2
	Ср.	29,8	19,0	20,7	12,0	9,7	15,3
Навоз + NPK	0-20	25,3	16,9	8,8	11,4	9,2	11,6
	20-40	20,9	14,7	9,6	9,0	9,8	10,8
	Ср.	23,1	15,8	9,2	10,2	9,5	11,2
Расчет- ный	0-20	30,0	18,9	15,6	12,2	11,5	14,5
	20-40	26,9	13,1	12,5	8,7	8,9	10,8
	Ср.	28,5	16,0	14,1	10,4	10,2	12,7

Динамика нитратов в почве под суданской травой (2004 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (03.05.04)	выход в трубку (09.05.04)	1-й укос (11.07.04)	2-й укос (08.08.04)	3-й укос (05.09.04)	
Контроль	0-20	4,7	10,7	8,7	8,3	6,7	7,8
	20-40	8,4	10,3	6,5	5,7	5,3	7,2
	Ср.	6,5	10,5	7,6	7,0	6,0	7,5
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	22,6	18,2	12,2	10,0	9,3	14,5
	20-40	21,0	15,9	9,7	8,1	5,9	12,1
	Ср.	21,8	17,1	10,9	9,1	7,6	13,3
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	27,6	20,2	11,8	13,6	13,6	17,4
	20-40	23,1	17,9	12,3	13,4	11,8	15,7
	Ср.	25,3	19,0	12,1	13,5	12,7	16,5
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	32,4	21,5	22,0	16,0	11,7	20,7
	20-40	28,4	20,1	20,0	12,0	10,8	18,3
	Ср.	30,4	20,8	21,0	14,0	11,2	19,5
Навоз + NPK	0-20	27,4	20,5	12,1	14,4	12,8	17,4
	20-40	23,6	15,7	11,8	10,4	11,5	14,6
	Ср.	25,5	18,1	12,0	12,4	12,1	16,0
Расчет- ный	0-20	31,8	20,7	17,4	14,1	12,8	19,4
	20-40	28,7	15,0	14,5	10,7	10,3	15,9
	Ср.	30,3	17,9	16,0	12,4	11,6	17,6

Динамика подвижного фосфора в почве под люцерной (1994 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		всходы (05.04.94)	ветвление (15.05.94)	1-й укос (25.06.94)	отраст.- ветвление (05.08.94)	2-й укос (05.09.94)	
Контроль	0-20	105	124	78	116	81	101
	20-40	63	107	44	70	54	67
	Ср.	84	116	61	93	68	84
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	95	151	90	144	99	116
	20-40	80	116	58	108	67	186
	Ср.	88	134	74	126	83	101
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	116	144	85	124	93	112
	20-40	56	111	54	106	76	82
	Ср.	86	128	70	115	85	97
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	120	148	97	140	124	126
	20-40	68	121	61	108	56	115
	Ср.	94	135	79	124	90	104
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	113	151	83	128	95	114
	20-40	89	114	55	83	67	82
	Ср.	101	133	69	106	81	98
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	134	163	81	122	90	118
	20-40	46	132	65	70	65	76
	Ср.	90	148	73	96	78	97
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	126	162	96	130	101	123
	20-40	95	128	66	95	62	89
	Ср.	111	145	81	113	82	106
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	135	149	85	120	100	118
	20-40	94	127	63	76	48	82
	Ср.	115	138	74	98	74	100
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	138	174	94	131	119	131
	20-40	110	137	82	103	66	101
	Ср.	124	156	88	117	93	116
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	140	173	99	136	107	131
	20-40	117	129	69	84	70	95
	Ср.	129	151	84	110	89	113
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	128	161	134	138	95	131
	20-40	100	137	87	110	81	103
	Ср.	114	149	111	124	88	117
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	138	171	114	131	103	131
	20-40	102	137	68	97	65	94
	Ср.	120	154	91	114	84	112
Навоз + НРК	0-20	83	124	93	121	106	105
	20-40	104	99	63	75	61	81
	Ср.	94	112	78	98	84	93
Расчет- ный	0-20	149	173	124	138	97	136
	20-40	113	142	63	102	73	100
	Ср.	131	158	94	120	85	118

Динамика подвижного фосфора в почве под люцерной (2001 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (10.04.01)	ветвление (15.05.01)	1-й укос (28.06.01)	отраст.- ветвление (07.08.01)	2-й укос (10.09.01)	
Контроль	0-20	101	121	75	114	84	99
	20-40	65	103	41	72	57	68
	Ср.	83	112	58	93	71	83
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	87	138	84	130	91	106
	20-40	72	102	50	99	59	76
	Ср.	80	120	67	115	75	91
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	95	136	81	129	91	106
	20-40	71	112	66	108	64	84
	Ср.	83	124	74	119	78	95
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	117	144	95	138	122	123
	20-40	66	115	58	110	58	81
	Ср.	92	130	77	124	90	102
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	97	134	86	133	92	108
	20-40	74	115	67	105	66	85
	Ср.	86	125	77	119	79	97
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	95	131	88	130	88	106
	20-40	71	112	64	112	70	86
	Ср.	83	122	76	121	79	96
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	123	140	100	143	115	124
	20-40	71	109	64	105	74	85
	Ср.	97	125	82	124	95	104
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	133	145	87	116	95	115
	20-40	91	122	66	74	55	82
	Ср.	112	134	77	95	75	98
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	146	158	100	128	107	128
	20-40	112	141	78	91	71	99
	Ср.	129	150	89	110	89	113
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	141	153	95	124	104	123
	20-40	108	137	74	86	65	94
	Ср.	125	145	85	105	85	109
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	141	174	117	134	106	134
	20-40	105	140	71	100	68	97
	Ср.	123	157	94	117	87	116
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	145	159	95	130	110	128
	20-40	104	138	77	86	58	93
	Ср.	125	149	86	108	84	110
Навоз + НРК	0-20	93	148	95	141	104	116
	20-40	74	113	54	105	72	84
	Ср.	84	131	75	123	88	100
Расчет- ный	0-20	148	164	142	143	101	140
	20-40	104	135	94	115	91	108
	Ср.	126	150	118	129	96	124

Динамика подвижного фосфора в почве под клевером луговым
(2006 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К. и др., 2016; Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		всходы (08.04.06)	ветвление (18.05.06)	1-й укос (27.06.06)	отраст.- ветвление (06.08.06)	2-й укос (04.09.06)	
Контроль	0-20	103	120	75	114	77	98
	20-40	60	106	42	67	53	66
	Ср.	81	113	58	90	65	82
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	94	147	89	143	96	114
	20-40	78	110	60	106	64	84
	Ср.	86	128	74	124	80	99
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	120	145	83	102	90	112
	20-40	58	110	51	124	77	82
	Ср.	89	128	67	113	84	97
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	117	147	94	140	120	126
	20-40	66	118	62	102	55	115
	Ср.	92	133	78	121	88	121
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	110	147	80	126	93	114
	20-40	89	109	55	79	60	82
	Ср.	100	128	68	103	77	98
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	135	160	77	118	88	116
	20-40	44	128	63	71	62	74
	Ср.	89	144	70	94	75	95
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	127	158	93	126	100	123
	20-40	96	124	62	96	59	89
	Ср.	112	141	78	111	80	106
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	134	146	83	115	99	118
	20-40	95	124	60	73	47	82
	Ср.	115	135	72	94	73	100
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	132	170	90	124	117	131
	20-40	107	131	79	104	62	101
	Ср.	120	151	85	114	90	116
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	140	178	97	132	103	131
	20-40	114	120	66	81	68	95
	Ср.	127	149	82	107	86	113
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	120	158	131	136	92	131
	20-40	100	136	80	111	80	103
	Ср.	110	147	106	124	86	117
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	135	170	113	127	100	129
	20-40	99	130	67	94	62	90
	Ср.	117	150	90	110	81	109
Навоз + NPK	0-20	79	121	90	124	101	103
	20-40	99	95	57	72	57	76
	Ср.	89	108	73	98	79	89
Расчет- ный	0-20	140	165	120	133	96	131
	20-40	105	138	60	100	74	95
	Ср.	122	151	90	116	85	113

Динамика подвижного фосфора в почве под клевером луговым (2012 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (09.04.12)	ветвление (16.05.12)	1-й укос (28.06.12)	отраст.- ветвление (08.08.12)	2-й укос (07.09.12)	
Контроль	0-20	91	107	67	101	71	87
	20-40	55	93	37	61	48	59
	Ср.	73	100	52	81	60	73
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	80	114	70	109	75	89
	20-40	59	89	43	77	49	64
	Ср.	70	102	56	93	62	76
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	111	139	75	113	81	104
	20-40	49	114	59	77	60	72
	Ср.	80	126	67	95	71	88
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	120	144	93	112	90	112
	20-40	88	117	61	80	53	80
	Ср.	104	130	77	96	72	96
Навоз + NPK	0-20	74	113	80	111	90	94
	20-40	80	89	50	73	55	69
	Ср.	77	101	65	92	72	81
Расчет- ный	0-20	124	143	110	118	84	116
	20-40	92	118	62	90	68	86
	Ср.	108	131	86	104	76	101

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 1995 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за вегетацию
		всходы (20.10.94)	кущение (03.04.95)	выход в трубку (23.04.95)	колош.-цветение (23.05.95)	молочная спелость (13.06.95)	восковая спелость (30.06.95)	
Конт-роль	0-20	76	90	84	106	86	72	86
	20-40	71	78	72	98	70	83	75
	Ср.	74	84	78	102	78	68	81
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	86	62	132	99	85	74	90
	20-40	74	58	89	110	98	66	83
	Ср.	80	60	111	105	98	70	87
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	98	71	133	124	70	94	98
	20-40	71	63	97	98	63	76	78
	Ср.	85	67	115	111	67	85	83
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	111	119	134	148	84	116	118
	20-40	96	106	121	128	71	72	99
	Ср.	105	113	128	138	78	94	109
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	94	122	140	144	81	114	116
	20-40	92	109	119	123	76	84	101
	Ср.	93	116	130	134	129	99	109
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	88	130	144	150	84	100	116
	20-40	77	93	123	127	77	84	97
	Ср.	83	112	134	139	80	92	107
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	102	118	144	158	88	83	116
	20-40	74	121	113	131	79	73	99
	Ср.	88	120	129	145	84	78	108
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	116	129	144	150	74	99	119
	20-40	108	119	125	138	62	61	102
	Ср.	112	124	130	144	68	80	110
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	123	120	151	128	88	111	120
	20-40	79	91	127	134	106	95	105
	Ср.	101	106	139	131	97	103	112
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	116	128	148	131	94	89	118
	20-40	72	93	138	84	102	111	100
	Ср.	94	111	143	108	98	100	109
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	111	125	151	149	118	104	126
	20-40	96	107	125	132	98	86	107
	Ср.	104	116	138	141	108	95	117
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	111	130	141	149	101	104	123
	20-40	100	106	125	120	117	92	110
	Ср.	106	118	133	135	109	98	117
Навоз+ NPK	0-20	98	100	144	136	124	101	117
	20-40	74	116	109	102	92	96	98
	Ср.	86	108	127	119	108	99	112
Расчет- ный	0-20	114	122	137	154	134	104	127
	20-40	128	122	111	120	136	96	119
	Ср.	121	122	124	137	135	100	124

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2002 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за веге- тацию
		всходы (26.10.01)	кущение (11.04.02)	выход в трубку (30.04.02)	колош.- цветение (29.05.02)	молочная спелость (18.06.02)	восковая спелость (05.07.02)	
Конт- роль	0-20	78	88	80	101	85	69	84
	20-40	75	81	75	95	74	81	80
	Ср.	77	85	78	98	80	75	82
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	89	65	135	102	88	77	93
	20-40	77	61	92	113	101	69	86
	Ср.	83	63	114	108	95	73	89
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	84	60	130	97	83	72	88
	20-40	72	56	87	108	96	64	81
	Ср.	78	58	109	103	90	68	84
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	92	68	137	105	91	80	96
	20-40	80	64	95	116	104	72	89
	Ср.	86	66	116	111	98	76	92
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	79	107	125	129	66	99	101
	20-40	77	94	104	108	61	69	86
	Ср.	78	101	115	119	64	84	93
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	95	71	140	108	94	83	99
	20-40	96	61	95	113	102	76	91
	Ср.	96	66	118	111	98	80	95
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	97	73	143	110	96	85	101
	20-40	85	70	99	120	109	77	93
	Ср.	91	72	121	115	103	81	97
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	102	110	125	139	75	107	110
	20-40	87	97	112	119	62	63	90
	Ср.	95	104	119	129	69	85	100
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	105	113	128	142	78	110	113
	20-40	90	100	115	122	65	66	93
	Ср.	98	107	122	132	72	88	103
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	106	119	133	141	64	85	108
	20-40	100	109	114	127	52	50	92
	Ср.	103	114	124	134	58	68	100
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	106	118	128	146	83	110	115
	20-40	95	103	115	127	68	77	98
	Ср.	101	111	122	137	76	94	106
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	113	126	140	148	71	92	115
	20-40	105	116	123	132	61	57	99
	Ср.	109	121	132	140	66	75	107
Навоз+ НРК	0-20	96	106	117	135	72	100	104
	20-40	84	92	104	116	57	66	87
	Ср.	90	99	111	126	65	83	95
Расчет- ный	0-20	102	112	123	141	78	106	110
	20-40	90	98	110	122	63	72	93
	Ср.	96	105	117	132	71	89	101

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2007 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за веге- тацию
		всходы (30.10.06)	кущение (09.04.07)	выход в трубку (27.04.07)	колош.- цветение (30.05.07)	молочная спелость (20.06.07)	восковая спелость (08.07.07)	
Конт- роль	0-20	75	83	73	102	81	64	80
	20-40	72	76	71	93	76	74	77
	Ср.	74	80	72	98	79	69	79
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	80	66	129	99	91	75	90
	20-40	78	57	94	109	103	64	84
	Ср.	79	62	112	104	97	70	87
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	83	64	117	103	87	75	88
	20-40	67	52	99	98	99	69	81
	Ср.	75	58	108	101	93	72	85
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	91	69	139	100	93	84	96
	20-40	78	61	89	111	102	66	85
	Ср.	85	65	114	106	98	75	91
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	82	103	126	127	71	88	100
	20-40	79	89	108	110	80	76	90
	Ср.	81	96	117	119	76	82	95
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	93	85	136	121	99	90	104
	20-40	87	62	99	109	97	69	87
	Ср.	90	74	118	115	98	80	96
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	94	91	150	120	106	87	108
	20-40	88	80	95	105	103	83	94
	Ср.	91	86	123	113	105	85	101
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	100	114	132	144	83	95	111
	20-40	89	91	109	120	71	79	93
	Ср.	95	103	121	132	77	85	102
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	101	120	141	129	69	108	111
	20-40	97	103	117	130	77	71	99
	Ср.	99	112	129	130	73	90	105
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	107	115	142	137	70	72	107
	20-40	89	101	117	118	54	70	92
	Ср.	98	108	130	128	62	71	100
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	104	121	136	149	79	107	116
	20-40	94	106	124	134	63	84	101
	Ср.	99	114	130	142	71	96	109
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	117	120	148	139	68	98	115
	20-40	103	113	130	118	73	51	98
	Ср.	110	117	139	126	71	75	107
Навоз+ НРК	0-20	98	110	124	129	67	84	102
	20-40	86	98	107	109	59	65	87
	Ср.	92	104	116	118	63	75	95
Расчет- ный	0-20	96	117	143	121	68	109	109
	20-40	92	101	124	105	74	69	94
	Ср.	94	109	134	113	71	89	102

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2013 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С. Х., 2014;
Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за веге- тацию
		всходы (26.10.12)	кущение (30.03.13)	выход в трубку (17.04.13)	колош.- цветение (18.05.13)	молочная спелость (13.06.13)	восковая спелость (05.07.13)	
Конт- роль	0-20	72	62	73	99	95	61	77
	20-40	70	56	67	91	83	71	73
	Ср.	71	59	70	95	89	66	75
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	80	66	130	98	90	70	89
	20-40	77	60	90	108	102	62	83
	Ср.	78	63	110	103	96	66	86
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	93	82	131	118	100	84	101
	20-40	81	62	99	108	100	70	87
	Ср.	87	72	115	113	100	77	94
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	130	115	137	135	99	98	119
	20-40	110	103	121	115	103	66	103
	Ср.	120	109	129	125	101	82	111
Навоз+ NPK	0-20	109	93	125	114	102	83	104
	20-40	91	91	103	94	80	67	88
	Ср.	100	92	114	104	91	75	96
Расчет- ный	0-20	122	101	137	131	94	93	113
	20-40	102	93	117	109	92	69	97
	Ср.	112	97	127	120	93	81	105

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 1998 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (05.04.98)	выход в трубку (25.04.98)	колош.- цветение (25.05.98)	молочная спелость (15.06.98)	восковая спелость (05.07.98)	
Контроль	0-20	89	82	103	85	70	85
	20-40	79	73	96	72	82	81
	Ср.	84	77	100	78	76	83
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	63	133	100	86	75	99
	20-40	59	90	111	99	67	92
	Ср.	61	111	105	93	71	95
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	100	141	128	89	91	112
	20-40	77	108	119	89	80	99
	Ср.	88	125	124	89	85	106
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	127	140	148	86	98	118
	20-40	110	123	125	89	74	103
	Ср.	119	132	137	87	86	110
Навоз + NPK	0-20	102	130	135	98	100	116
	20-40	103	106	108	74	81	92
	Ср.	103	118	122	86	90	104
Расчет- ный	0-20	116	129	147	105	104	122
	20-40	109	110	120	99	84	103
	Ср.	113	120	134	102	94	112

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2005 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (09.04.05)	выход в трубку (29.04.05)	колош.- цветение (30.05.05)	молочная спелость (18.06.05)	восковая спелость (08.07.05)	
Контроль	0-20	86	77	103	84	67	83
	20-40	78	72	93	74	77	79
	Ср.	82	75	98	79	72	81
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	65	131	99	89	75	92
	20-40	58	91	109	100	65	85
	Ср.	61	111	104	94	70	88
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	82	145	120	101	91	108
	20-40	61	86	100	90	65	80
	Ср.	72	116	110	95	78	94
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	124	145	145	70	96	116
	20-40	106	118	116	62	50	91
	Ср.	115	132	131	66	73	103
Навоз + NPK	0-20	112	125	137	72	96	109
	20-40	96	107	114	59	66	88
	Ср.	104	116	125	65	81	98
Расчет- ный	0-20	118	137	135	69	102	112
	20-40	102	121	117	71	73	97
	Ср.	110	129	126	70	87	104

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2010 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2011)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (04.04.10)	выход в трубку (22.04.10)	колош.- цветение (26.05.10)	молочная спелость (13.06.10)	восковая спелость (02.07.10)	
Конт- роль	0-20	72	72	99	87	62	79
	20-40	65	68	91	79	72	75
	Ср.	69	70	95	83	67	77
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	67	131	99	91	73	92
	20-40	59	93	110	104	64	86
	Ср.	63	112	105	97	68	89
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	84	135	121	100	88	106
	20-40	63	100	110	99	70	88
	Ср.	73	117	115	100	79	97
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	122	148	142	87	99	120
	20-40	112	131	121	92	59	103
	Ср.	117	139	132	89	79	111
Навоз + НРК	0-20	104	128	125	87	86	106
	20-40	97	108	104	71	68	89
	Ср.	100	118	114	79	77	98
Расчет- ный	0-20	111	143	129	83	103	114
	20-40	99	123	109	85	70	97
	Ср.	72	72	99	87	62	79

Динамика подвижного фосфора в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2016 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за веге- тацию
		всходы (28.10.15)	кущение (02.04.16)	выход в трубку (20.04.16)	колош.- цветение (25.05.16)	молочная спелость (15.06.16)	восковая спелость (05.07.16)	
Конт- роль	0-20	71	59	75	96	92	64	76
	20-40	67	53	69	88	80	74	72
	Ср.	68	56	72	92	86	69	74
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	80	72	135	101	96	71	93
	20-40	75	66	93	111	110	63	86
	Ср.	75	69	114	106	103	67	89
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	99	87	138	123	101	90	106
	20-40	80	65	96	109	97	72	87
	Ср.	88	76	117	116	99	81	96
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	131	118	137	135	109	106	123
	20-40	111	104	117	113	109	66	103
	Ср.	123	111	127	124	109	86	113
Навоз + NPK	0-20	112	98	122	119	107	86	107
	20-40	93	92	102	97	85	66	89
	Ср.	104	95	112	108	96	76	99
Расчет- ный	0-20	125	111	138	131	101	97	117
	20-40	109	99	120	111	99	71	102
	Ср.	119	105	129	121	100	84	110

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой на зерно (1996 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (15.05.96)	5-6 листьев (05.06.96)	выметы- вание (15.07.96)	молочная спелость (15.08.96)	восковая спелость (25.09.96)	
Контроль	0-20	116	94	103	61	65	88
	20-40	84	62	78	85	78	77
	Ср.	100	78	91	73	72	83
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	121	109	114	86	91	104
	20-40	126	92	81	76	83	92
	Ср.	124	101	98	81	87	98
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	114	118	120	90	95	107
	20-40	128	109	99	86	86	102
	Ср.	122	114	110	88	96	105
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	131	130	138	106	112	123
	20-40	125	119	120	94	101	92
	Ср.	128	125	129	100	107	108
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	129	131	144	109	115	126
	20-40	116	109	116	93	106	108
	Ср.	123	120	130	101	111	117
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	128	145	129	98	125	125
	20-40	94	118	149	88	97	109
	Ср.	111	132	139	93	111	117
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	128	143	144	108	107	126
	20-40	89	123	119	94	111	107
	Ср.	109	133	132	101	109	117
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	126	142	146	108	115	127
	20-40	101	124	130	99	98	110
	Ср.	114	133	138	104	107	119
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	141	148	155	109	112	133
	20-40	114	124	135	101	119	119
	Ср.	128	136	145	105	116	126
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	140	144	155	111	120	134
	20-40	127	128	131	102	108	120
	Ср.	134	136	143	107	114	127
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	140	148	154	117	110	134
	20-40	111	122	124	106	94	111
	Ср.	126	135	139	112	102	123
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	138	150	158	114	118	137
	20-40	129	138	133	112	81	119
	Ср.	134	144	146	113	100	127
Навоз + NPK	0-20	110	119	124	123	114	118
	20-40	108	121	120	106	101	111
	Ср.	109	120	122	115	108	115
Расчет- ный	0-20	138	146	150	121	116	134
	20-40	127	130	138	117	109	124
	Ср.	133	138	144	119	113	129

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой на зерно (2003 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за веге- тацию
		всходы (10.05.03)	5-6 листьев (5.06.03)	выметы- вание (10.07.03)	восковая спелость (27.08.03)	
Контроль	0-20	100	78	91	73	83
	20-40	82	60	76	83	76
	Ср.	91	69	84	78	79
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	113	91	104	86	96
	20-40	95	73	89	96	89
	Ср.	104	82	97	91	92
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	118	96	110	88	101
	20-40	100	77	96	102	94
	Ср.	109	87	103	95	97
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	121	101	111	88	103
	20-40	103	80	100	105	98
	Ср.	112	91	106	97	100
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	130	109	119	96	109
	20-40	112	89	107	113	106
	Ср.	121	99	113	105	108
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	120	138	121	91	117
	20-40	88	110	141	79	101
	Ср.	104	124	131	85	109
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	131	144	125	86	119
	20-40	93	105	143	69	98
	Ср.	112	125	134	78	109
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	136	147	125	89	122
	20-40	96	108	146	72	101
	Ср.	116	128	136	81	112
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	140	166	176	106	140
	20-40	98	126	128	76	103
	Ср.	119	146	152	91	122
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	131	147	151	113	132
	20-40	106	129	135	98	114
	Ср.	119	138	143	106	123
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	126	141	146	108	127
	20-40	100	124	130	93	109
	Ср.	113	133	138	101	118
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	138	164	174	102	139
	20-40	96	122	127	75	102
	Ср.	117	143	151	89	120
Навоз+НРК	0-20	124	150	160	90	124
	20-40	82	110	112	60	87
	Ср.	103	130	136	75	106
Расчетный	0-20	127	140	147	103	125
	20-40	116	125	125	96	106
	Ср.	122	133	136	100	116

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой на зерно (2008 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за вегета- цию
		всходы (10.05.08)	5-6 листьев (05.06.08)	выметы- вание (10.07.08)	восковая спелость (27.08.08)	
Контроль	0-20	103	75	70	85	83
	20-40	84	67	88	75	79
	Ср.	94	71	79	80	81
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	110	88	106	84	97
	20-40	90	70	85	90	84
	Ср.	100	79	96	87	91
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	114	99	107	101	105
	20-40	96	73	90	81	85
	Ср.	105	86	99	91	95
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	119	104	107	85	104
	20-40	107	87	96	101	98
	Ср.	113	96	102	93	101
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	124	106	100	92	106
	20-40	105	85	111	107	102
	Ср.	115	91	106	100	103
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	116	134	117	87	114
	20-40	85	115	130	109	110
	Ср.	97	129	124	98	112
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	127	139	122	83	118
	20-40	101	100	134	79	104
	Ср.	114	120	128	81	111
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	131	140	122	82	119
	20-40	111	109	142	68	108
	Ср.	121	125	132	75	113
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	138	163	170	103	144
	20-40	117	129	123	92	115
	Ср.	128	146	147	98	130
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	125	152	149	119	136
	20-40	114	136	131	90	118
	Ср.	120	144	140	105	127
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	123	137	143	111	129
	20-40	107	125	134	95	115
	Ср.	115	131	139	103	122
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	130	160	171	100	140
	20-40	118	120	123	113	119
	Ср.	124	140	147	107	130
Навоз + НРК	0-20	121	147	155	94	129
	20-40	87	106	109	63	91
	Ср.	104	127	132	79	111
Расчет- ный	0-20	134	144	150	105	133
	20-40	109	120	118	99	112
	Ср.	122	132	134	102	123

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой на зерно (2014 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		всходы (17.05.14)	5-6 листьев (07.06.14)	выметывание (17.07.14)	молочная спелость (18.08.14)	восковая спелость 15.09.14	
Контроль	0-20	82	78	72	86	77	79
	20-40	64	60	66	96	97	76
	Ср.	73	69	69	91	87	78
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	83	72	125	94	90	93
	20-40	75	58	99	96	94	84
	Ср.	79	65	112	95	92	89
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	99	81	109	112	115	103
	20-40	73	67	125	112	87	93
	Ср.	86	74	117	112	101	98
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	133	123	143	125	129	131
	20-40	113	99	109	119	77	103
	Ср.	123	111	126	122	103	117
Навоз + NPK	0-20	110	102	129	115	106	112
	20-40	86	82	101	85	82	87
	Ср.	98	92	115	100	94	100
Расчетный	0-20	121	103	134	133	104	119
	20-40	107	89	114	127	92	106
	Ср.	114	96	124	130	98	112

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой на силос (2009 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (09.06.09)	выметы- вание (14.07.09)	молочная спелость (18.08.09)	восковая спелость (29.08.09)	
Контроль	0-20	104	76	71	86	49	77
	20-40	85	68	89	76	85	81
	Ср.	95	72	80	81	67	79
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	111	89	107	85	85	96
	20-40	91	71	86	91	90	86
	Ср.	101	80	97	88	87	91
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	117	136	118	88	109	114
	20-40	86	116	132	110	80	105
	Ср.	102	126	125	99	94	109
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	132	162	173	101	111	136
	20-40	119	121	124	114	62	108
	Ср.	125	142	149	108	87	122
Навоз + NPK	0-20	122	149	157	95	104	126
	20-40	88	107	110	64	72	88
	Ср.	105	128	134	79	88	107
Расчет- ный	0-20	136	146	152	106	105	129
	20-40	110	121	119	100	86	107
	Ср.	123	134	136	103	95	118

Динамика подвижного фосфора в почве под кукурузой на силос (2015 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., 2021)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (16.06.15)	выметы- вание (16.07.15)	молочная спелость (17.08.15)	восковая спелость (29.08.15)	
Контроль	0-20	104	76	83	88	65	88
	20-40	80	64	75	76	75	74
	Ср.	92	70	79	82	70	81
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	114	92	108	90	83	101
	20-40	96	70	90	86	77	86
	Ср.	105	81	99	88	80	93
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	146	114	115	99	102	119
	20-40	100	94	117	97	78	102
	Ср.	123	104	116	98	90	110
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	140	117	135	104	106	124
	20-40	116	95	103	98	65	103
	Ср.	128	106	119	101	85	114
Навоз + NPK	0-20	128	111	126	109	101	119
	20-40	110	87	94	79	73	92
	Ср.	119	99	110	94	87	106
Расчет- ный	0-20	137	116	132	105	103	123
	20-40	115	98	102	95	86	102
	Ср.	126	107	117	100	94	113

Динамика подвижного фосфора в почве под суданской травой (1997 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (06.05.97)	выход в трубку (12.06.97)	1-й укос (08.07.97)	2-й укос (06.08.97)	3-й укос (03.09.97)	
Контроль	0-20	103	100	95	87	72	89
	20-40	74	80	73	75	71	75
	Ср.	89	90	84	81	72	82
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	96	121	96	95	82	99
	20-40	82	95	78	81	67	80
	Ср.	89	108	87	88	74	89
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	130	150	119	101	105	119
	20-40	77	123	113	78	81	99
	Ср.	104	137	116	89	93	109
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	135	154	139	115	108	129
	20-40	112	132	106	108	79	106
	Ср.	123	143	123	111	93	118
Навоз + NPK	0-20	97	129	117	122	107	118
	20-40	109	109	94	91	85	95
	Ср.	103	119	105	106	96	107
Расчет- ный	0-20	136	152	141	130	105	132
	20-40	120	127	106	118	92	111
	Ср.	128	139	124	124	99	121

Динамика подвижного фосфора в почве под суданской травой (2004 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (03.05.04)	выход в трубку (09.05.04)	1-й укос (11.07.04)	2-й укос (08.08.04)	3-й укос (05.09.04)	
Контроль	0-20	96	93	88	90	74	88
	20-40	75	79	70	76	68	74
	Ср.	86	86	79	83	71	81
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	88	121	96	101	83	98
	20-40	75	88	83	98	74	84
	Ср.	82	105	90	100	78	91
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	95	136	105	104	92	106
	20-40	73	105	105	97	74	91
	Ср.	84	120	105	101	83	99
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	136	154	138	100	99	125
	20-40	105	127	111	74	54	94
	Ср.	120	140	124	87	76	110
Навоз + НРК	0-20	107	138	129	100	93	113
	20-40	82	108	93	74	63	84
	Ср.	95	123	111	87	78	99
Расчет- ный	0-20	128	142	142	107	98	124
	20-40	105	122	113	91	81	102
	Ср.	117	132	127	99	89	113

Динамика обменного калия в почве под люцерной (1994 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (05.04.94)	ветвление (15.05.94)	1-й укос (25.06.94)	отраст.- ветвление (05.08.94)	2-й укос (05.09.94)	
Контроль	0-20	176	170	158	159	141	161
	20-40	160	159	130	136	123	142
	Ср.	168	165	144	148	132	151
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	181	174	158	163	148	165
	20-40	167	168	144	149	130	155
	Ср.	174	171	151	156	139	158
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	184	181	162	159	154	168
	20-40	172	165	150	148	128	153
	Ср.	178	173	156	154	141	160
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	180	177	156	164	151	166
	20-40	164	163	148	152	139	153
	Ср.	173	170	152	158	145	160
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	179	174	168	172	151	169
	20-40	169	162	139	148	125	149
	Ср.	174	168	154	160	138	159
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	186	179	161	168	144	168
	20-40	176	169	153	150	124	154
	Ср.	181	174	157	159	134	161
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	184	176	158	161	144	165
	20-40	168	162	140	153	138	152
	Ср.	176	169	149	157	141	158
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	190	183	155	159	150	167
	20-40	178	165	143	149	134	154
	Ср.	184	174	149	154	142	161
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	180	176	160	168	149	167
	20-40	168	164	156	156	125	154
	Ср.	174	170	158	162	137	160
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	184	180	175	163	151	171
	20-40	174	164	145	153	137	155
	Ср.	179	172	160	158	144	163
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	178	173	165	161	152	166
	20-40	162	155	147	145	134	149
	Ср.	170	164	156	153	143	157
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	196	178	166	160	149	170
	20-40	176	180	156	152	143	161
	Ср.	186	179	161	156	156	166
Навоз + НРК	0-20	181	176	164	169	155	169
	20-40	165	160	138	139	137	148
	Ср.	173	168	151	154	146	155
Расчет- ный	0-20	186	184	168	164	155	171
	20-40	176	168	150	160	141	159
	Ср.	181	176	159	162	148	165

Динамика обменного калия в почве под люцерной (2001 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (10.04.01)	ветвление (15.05.01)	1-й укос (28.06.01)	отраст.- ветвление (07.08.01)	2-й укос (10.09.01)	
Контроль	0-20	170	163	159	161	142	159
	20-40	160	151	128	139	114	138
	Ср.	165	157	144	150	128	149
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	176	169	160	167	148	164
	20-40	167	157	134	145	120	145
	Ср.	172	163	147	156	134	154
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	172	177	147	151	142	158
	20-40	168	157	135	141	126	145
	Ср.	170	167	141	146	134	152
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	178	175	157	152	147	162
	20-40	165	158	143	141	121	146
	Ср.	172	167	150	147	134	154
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	178	171	155	160	145	162
	20-40	163	165	141	146	127	148
	Ср.	171	168	148	153	136	155
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	179	186	156	159	152	166
	20-40	165	152	137	150	135	148
	Ср.	172	169	147	155	144	157
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	176	173	151	159	146	161
	20-40	159	154	143	147	134	147
	Ср.	168	164	147	153	140	154
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	183	176	158	165	141	165
	20-40	173	166	150	147	118	151
	Ср.	178	171	154	156	130	158
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	181	174	156	163	139	163
	20-40	171	164	148	145	119	149
	Ср.	176	169	152	154	129	156
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	180	175	167	163	154	168
	20-40	164	157	149	147	136	151
	Ср.	172	166	158	155	145	159
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	173	168	160	156	147	161
	20-40	157	150	142	140	129	144
	Ср.	165	159	151	148	138	152
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	191	173	161	155	144	165
	20-40	173	175	149	147	138	156
	Ср.	182	174	155	151	141	161
Навоз + НРК	0-20	187	180	162	169	145	169
	20-40	173	166	150	147	121	151
	Ср.	180	173	156	158	133	160
Расчет- ный	0-20	180	176	171	159	147	167
	20-40	170	160	141	149	133	151
	Ср.	175	168	156	154	140	159

Динамика обменного калия в почве под клевером луговым
(2006 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Дзанагов С. Х., Лазаров Т. К. и др., 2016; Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (08.04.06)	ветвление (18.05.06)	1-й укос (27.06.06)	отраст.- ветвление (06.08.06)	2-й укос (04.09.06)	
Контроль	0-20	170	168	154	153	135	156
	20-40	156	153	126	134	124	139
	Ср.	163	160	140	143	129	147
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	178	170	152	165	143	162
	20-40	168	166	146	147	124	150
	Ср.	173	168	149	156	133	156
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	188	177	157	156	151	168
	20-40	167	161	148	145	123	153
	Ср.	178	173	156	154	141	160
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	185	180	159	161	148	167
	20-40	166	164	150	154	136	154
	Ср.	176	172	155	158	142	160
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	187	180	167	171	148	171
	20-40	166	160	136	145	122	146
	Ср.	177	170	152	158	135	158
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	182	171	164	165	142	165
	20-40	173	160	152	148	121	151
	Ср.	177	165	158	156	133	158
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	181	178	157	163	140	164
	20-40	165	163	137	155	136	151
	Ср.	173	171	147	159	138	158
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	193	185	159	162	147	169
	20-40	180	170	145	151	131	155
	Ср.	187	178	152	157	139	162
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	183	175	163	169	146	167
	20-40	170	162	157	160	134	157
	Ср.	177	169	160	165	140	162
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	187	177	172	168	147	170
	20-40	175	162	148	154	132	154
	Ср.	181	170	160	161	140	162
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	181	175	162	158	149	165
	20-40	165	149	145	142	130	146
	Ср.	173	162	154	150	140	156
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	193	174	170	152	145	167
	20-40	172	168	155	148	137	156
	Ср.	182	171	162	150	141	161
Навоз + NPK	0-20	176	177	167	171	152	169
	20-40	162	156	140	137	133	146
	Ср.	169	166	153	154	142	157
Расчет- ный	0-20	182	180	162	160	153	167
	20-40	174	167	151	156	138	157
	Ср.	170	168	154	153	135	156

Динамика обменного калия в почве под клевером луговым (2012 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегетацию
		всходы (09.04.12)	ветвление (16.05.12)	1-й укос (28.06.12)	отраст.- ветвление (08.08.12)	2-й укос (07.09.12)	
Контроль	0-20	147	143	134	135	119	136
	20-40	136	132	109	117	103	119
	Ср.	141	137	122	126	111	127
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	157	150	138	145	129	144
	20-40	147	144	124	129	110	131
	Ср.	152	147	131	137	119	137
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	174	171	153	157	139	159
	20-40	164	153	141	143	121	144
	Ср.	169	162	147	150	130	151
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	189	171	162	152	142	163
	20-40	169	170	150	145	136	154
	Ср.	179	170	156	149	139	158
Навоз + НРК	0-20	167	164	152	157	139	156
	20-40	154	148	132	130	120	137
	Ср.	161	156	142	143	130	146
Расчет- ный	0-20	187	184	171	165	155	172
	20-40	177	169	151	159	140	159
	Ср.	182	176	161	162	148	166

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 1995 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за вегетацию
		всходы (20.10.94)	кущение (03.04.95)	выход в трубку (23.04.95)	колош.-цветение (23.05.95)	молочная спелость (13.06.95)	восковая спелость (30.06.95)	
Конт-роль	0-20	156	174	171	168	152	146	161
	20-40	140	134	157	132	142	128	139
	Ср.	148	154	164	150	146	137	150
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	169	178	186	172	165	158	171
	20-40	159	138	172	140	137	132	146
	Ср.	164	158	179	156	151	148	159
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	176	164	180	161	166	155	167
	20-40	160	148	168	147	152	141	153
	Ср.	168	156	174	154	159	148	160
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	188	171	186	159	156	154	169
	20-40	172	157	166	151	140	134	153
	Ср.	180	164	176	155	148	144	161
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	183	169	186	170	161	144	168
	20-40	172	161	176	152	145	136	157
	Ср.	176	165	181	161	153	140	162
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	182	184	187	181	170	166	178
	20-40	176	146	171	138	148	139	153
	Ср.	179	165	179	160	159	152	166
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	191	184	172	168	160	153	171
	20-40	179	158	160	140	144	139	153
	Ср.	185	171	166	154	152	146	162
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	186	174	195	168	168	156	175
	20-40	170	164	181	148	152	146	160
	Ср.	178	169	188	158	160	151	167
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	193	181	186	171	160	156	175
	20-40	185	166	170	155	148	142	161
	Ср.	189	174	178	163	154	149	168
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	188	176	189	180	164	161	176
	20-40	174	160	179	162	158	145	163
	Ср.	181	168	184	171	161	153	170
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	187	183	189	164	160	145	171
	20-40	173	169	173	154	142	135	158
	Ср.	180	176	181	159	151	140	165
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	190	189	187	182	170	174	182
	20-40	178	143	177	142	158	150	158
	Ср.	184	166	182	162	164	162	170
Навоз+ NPK	0-20	171	188	176	183	153	175	174
	20-40	157	148	164	142	143	140	149
	Ср.	164	168	170	162	148	157	162
Расчет- ный	0-20	194	192	195	186	168	169	184
	20-40	188	151	187	146	158	150	163
	Ср.	191	172	191	167	163	160	174

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2002 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за вегетацию
		всходы (26.10.01)	кущение (11.04.02)	выход в трубку (30.04.02)	колош.- цветение (29.05.02)	молочная спелость (18.06.02)	восковая спелость (05.07.02)	
Конт- роль	0-20	158	168	175	161	154	147	161
	20-40	148	129	163	131	127	132	138
	Ср.	153	149	169	146	141	140	149
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	160	178	172	167	157	146	163
	20-40	148	132	157	132	142	128	140
	Ср.	154	155	165	150	150	137	152
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	178	161	176	149	146	144	159
	20-40	162	147	156	141	130	124	143
	Ср.	170	154	166	145	138	134	151
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	163	172	180	166	159	152	165
	20-40	153	132	166	134	131	126	140
	Ср.	158	152	173	150	145	139	153
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	168	160	174	157	162	151	162
	20-40	156	144	164	143	148	137	149
	Ср.	162	152	169	150	155	144	155
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	176	162	179	163	154	137	162
	20-40	165	154	171	145	138	129	150
	Ср.	171	158	175	154	146	133	156
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	170	172	175	169	158	154	166
	20-40	164	135	160	127	137	127	142
	Ср.	167	154	168	148	148	141	154
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	186	179	167	163	155	148	166
	20-40	174	153	155	135	139	134	148
	Ср.	180	166	161	149	147	141	157
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	174	162	183	156	158	146	163
	20-40	158	152	164	136	140	134	147
	Ср.	166	157	174	146	149	140	155
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	185	173	178	163	152	148	167
	20-40	177	156	162	147	140	134	153
	Ср.	181	165	170	155	146	141	160
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	171	159	172	163	147	144	159
	20-40	157	143	162	145	141	128	146
	Ср.	164	151	167	154	144	136	153
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	182	180	184	159	155	140	167
	20-40	158	164	168	149	139	130	151
	Ср.	170	172	176	154	147	135	159
Навоз+ НРК	0-20	176	175	173	168	156	159	168
	20-40	164	129	163	128	144	136	144
	Ср.	170	152	168	148	150	148	156
Расчет- ный	0-20	167	184	172	179	149	171	170
	20-40	153	144	160	138	139	136	145
	Ср.	160	164	166	159	144	154	158

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2007 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за веге- тацию
		всходы (30.10.06)	кущение (09.04.07)	выход в трубку (27.04.07)	колош.- цветение (30.05.07)	молочная спелость (20.06.07)	восковая спелость (08.07.07)	
Конт- роль	0-20	149	162	171	157	150	144	156
	20-40	141	122	158	125	119	126	132
	Ср.	145	142	165	141	135	135	144
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	153	177	176	164	154	149	162
	20-40	145	136	150	128	140	123	137
	Ср.	149	157	163	146	147	136	150
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	172	156	173	153	149	150	159
	20-40	160	140	151	142	126	120	140
	Ср.	166	148	162	148	138	135	150
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	159	168	179	164	161	150	163
	20-40	147	129	170	133	127	128	139
	Ср.	153	149	175	149	144	139	151
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	165	161	177	153	169	149	162
	20-40	153	140	167	140	147	130	146
	Ср.	159	151	172	147	158	140	154
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	172	158	181	159	150	137	160
	20-40	162	150	176	149	142	135	152
	Ср.	167	154	179	154	146	136	156
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	160	169	176	165	155	149	162
	20-40	158	144	168	140	132	120	144
	Ср.	159	157	172	153	144	135	153
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	181	174	164	159	156	150	164
	20-40	167	148	156	140	134	127	145
	Ср.	174	161	160	150	145	139	155
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	164	156	170	158	144	140	155
	20-40	158	138	159	147	139	131	145
	Ср.	161	147	165	153	142	141	150
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	180	171	183	169	155	146	167
	20-40	174	152	165	144	137	129	150
	Ср.	177	162	174	157	146	138	159
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	166	157	178	160	146	141	158
	20-40	154	139	156	142	139	132	144
	Ср.	160	148	167	151	143	137	151
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	183	179	186	157	153	142	167
	20-40	162	160	170	140	136	121	148
	Ср.	173	170	178	149	145	132	158
Навоз+ НРК	0-20	174	171	167	165	157	164	166
	20-40	169	138	150	133	146	131	145
	Ср.	172	155	159	149	152	148	156
Расчет- ный	0-20	165	178	169	171	153	168	167
	20-40	148	151	156	149	137	145	148
	Ср.	157	165	163	160	145	157	158

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(2-е поле, 2013 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С. Х., 2014;
Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации						Среднее за веге- тацию
		всходы (26.10.12)	кущение (30.03.13)	выход в трубку (17.04.13)	колош.- цветение (18.05.13)	молочная спелость (13.06.13)	восковая спелость (05.07.13)	
Конт- роль	0-20	149	163	160	156	144	139	152
	20-40	127	125	148	124	122	123	128
	Ср.	138	144	154	140	133	131	140
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	165	181	172	169	153	148	165
	20-40	137	137	154	135	135	126	137
	Ср.	151	159	163	152	144	137	151
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	181	178	175	167	156	149	167
	20-40	159	158	165	143	140	137	151
	Ср.	170	168	170	155	148	143	159
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	211	209	204	182	175	178	193
	20-40	137	129	146	122	119	120	129
	Ср.	174	169	175	152	147	149	161
Навоз+ NPK	0-20	186	180	164	168	157	163	170
	20-40	152	140	152	132	145	133	142
	Ср.	169	160	158	150	151	148	156
Расчет- ный	0-20	185	182	171	167	152	163	170
	20-40	155	146	161	135	140	139	146
	Ср.	170	164	166	151	146	151	158

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 1998 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (05.04.98)	выход в трубку (25.04.98)	колош.- цветение (25.05.98)	молочная спелость (15.06.98)	восковая спелость (05.07.98)	
Контроль	0-20	170	172	164	152	146	158
	20-40	131	159	131	134	129	138
	Ср.	150	166	147	143	138	148
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	177	178	169	160	151	165
	20-40	134	164	135	139	129	142
	Ср.	156	171	152	149	140	153
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	172	182	171	161	151	166
	20-40	149	170	141	142	133	147
	Ср.	161	176	156	152	142	156
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	184	185	170	162	156	168
	20-40	88	113	97	94	92	99
	Ср.	136	149	134	128	124	134
Навоз + NPK	0-20	181	174	175	154	166	167
	20-40	138	163	134	143	137	144
	Ср.	159	168	154	148	152	156
Расчет- ный	0-20	187	183	182	158	169	173
	20-40	147	173	141	148	142	151
	Ср.	167	178	161	153	156	162

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2005 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (09.04.05)	выход в трубку (29.04.05)	колош.- цветение (30.05.05)	молочная спелость (18.06.05)	восковая спелость (08.07.05)	
Контроль	0-20	162	170	156	149	143	156
	20-40	120	152	122	117	123	127
	Ср.	141	161	139	133	133	141
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	181	177	169	159	150	167
	20-40	137	157	133	144	128	140
	Ср.	159	167	151	151	139	153
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	170	191	171	161	145	167
	20-40	161	184	156	148	140	158
	Ср.	165	187	163	155	143	163
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	206	213	182	177	162	188
	20-40	140	160	141	121	113	135
	Ср.	173	186	161	149	138	162
Навоз + NPK	0-20	172	169	166	156	161	165
	20-40	160	156	144	160	147	153
	Ср.	166	162	155	158	154	159
Расчет- ный	0-20	190	179	184	159	178	178
	20-40	155	166	151	137	140	150
	Ср.	172	172	167	148	159	164

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2010 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2011)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (04.04.10)	выход в трубку (22.04.10)	колош.- цветение (26.05.10)	молочная спелость (13.06.10)	восковая спелость (02.07.10)	
Конт- роль	0-20	168	170	161	151	146	159
	20-40	127	158	128	124	128	133
	Ср.	147	164	145	138	137	146
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	177	172	165	152	147	163
	20-40	139	155	134	140	127	139
	Ср.	158	164	149	146	137	151
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	169	180	161	151	142	161
	20-40	156	172	145	140	135	149
	Ср.	163	176	153	146	138	155
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	196	197	171	166	162	178
	20-40	146	159	133	129	122	138
	Ср.	171	178	152	147	142	158
Навоз + NPK	0-20	177	167	168	158	165	167
	20-40	140	152	134	138	127	138
	Ср.	159	160	151	148	146	153
Расчет- ный	0-20	191	180	179	162	176	177
	20-40	158	168	150	147	150	155
	Ср.	174	174	165	154	163	166

Динамика обменного калия в почве под озимой пшеницей
(5-е поле, 2016 г.) в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Ханикаев Б.Р., 2020)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)						Среднее за веге- тацию
		всходы (28.10.15)	кущение (02.04.16)	выход в трубку (20.04.16)	колош.- цветение (25.05.16)	молочная спелость (15.06.16)	восковая спелость (05.07.16)	
Конт- роль	0-20	144	159	164	152	143	135	150
	20-40	120	121	150	120	119	119	125
	Ср.	132	140	157	136	131	127	137
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	162	183	174	173	156	151	167
	20-40	136	141	156	139	140	129	140
	Ср.	149	162	165	156	148	140	153
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	172	177	177	169	157	150	167
	20-40	158	161	169	149	143	140	153
	Ср.	165	169	173	159	150	145	160
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	202	210	207	181	181	174	193
	20-40	138	134	151	129	123	118	132
	Ср.	170	172	179	155	152	146	162
Навоз + NPK	0-20	178	184	177	168	152	156	169
	20-40	154	152	163	136	144	130	147
	Ср.	166	168	170	152	148	143	158
Расчет- ный	0-20	182	191	184	174	162	158	175
	20-40	156	155	172	142	146	130	150
	Ср.	169	173	178	158	154	144	163

Динамика обменного калия в почве под кукурузой на зерно (1996 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		всходы (15.05.96)	5-6 листьев (05.06.96)	выметы- вание (15.07.96)	молочная спелость (15.08.96)	восковая спелость (25.09.96)	
Контроль	0-20	168	161	154	143	137	153
	20-40	160	159	144	137	131	146
	Ср.	164	160	149	140	134	149
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	178	182	165	156	150	166
	20-40	174	174	157	150	142	159
	Ср.	176	178	161	153	146	163
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	171	178	174	162	148	167
	20-40	177	180	168	156	140	164
	Ср.	174	179	171	159	144	165
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	174	176	170	159	149	166
	20-40	164	172	164	153	147	160
	Ср.	169	174	167	156	148	163
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	174	171	166	161	144	163
	20-40	168	165	160	155	138	157
	Ср.	171	168	163	158	141	160
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	182	188	173	165	147	171
	20-40	176	180	167	157	139	164
	Ср.	179	184	170	161	143	167
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	170	166	163	154	148	160
	20-40	162	160	155	148	140	153
	Ср.	166	163	159	151	144	157
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	179	183	169	161	145	167
	20-40	173	173	165	157	137	196
	Ср.	176	178	167	159	141	164
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	173	170	169	158	149	164
	20-40	167	166	159	156	145	159
	Ср.	170	168	164	157	147	161
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	177	179	171	162	148	167
	20-40	171	173	165	160	140	162
	Ср.	174	176	168	161	144	165
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	173	175	172	162	144	165
	20-40	167	171	166	154	140	160
	Ср.	170	173	169	158	140	162
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	184	186	178	169	142	173
	20-40	178	182	168	163	151	167
	Ср.	181	184	173	166	145	170
Навоз + НПК	0-20	166	161	164	160	148	160
	20-40	158	195	156	148	148	159
	Ср.	162	178	160	154	138	159
Расчет- ный	0-20	185	184	170	162	143	170
	20-40	181	176	168	158	149	165
	Ср.	183	180	169	160	146	168

Динамика обменного калия в почве под кукурузой на зерно (2003 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за веге- тацию
		всходы (10.05.03)	5-6 листьев (5.06.03)	выметы- вание (10.07.03)	восковая спелость (27.08.03)	
Контроль	0-20	168	173	156	147	157
	20-40	165	168	148	141	151
	Ср.	167	171	152	144	154
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	185	190	175	165	175
	20-40	178	182	165	156	166
	Ср.	182	186	170	161	170
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	177	184	180	168	173
	20-40	183	186	176	162	171
	Ср.	180	185	178	165	172
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	181	178	174	167	170
	20-40	175	172	167	162	164
	Ср.	178	175	171	165	167
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	182	192	171	162	173
	20-40	170	183	165	156	164
	Ср.	176	188	168	159	169
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	189	193	180	170	177
	20-40	181	187	172	164	170
	Ср.	185	190	176	167	173
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	178	184	169	161	168
	20-40	172	176	167	156	162
	Ср.	175	180	168	159	165
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	184	180	177	168	174
	20-40	176	174	167	164	167
	Ср.	180	177	172	166	171
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	183	187	173	165	171
	20-40	175	177	169	161	165
	Ср.	179	182	171	163	168
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	185	187	179	170	175
	20-40	179	181	175	170	171
	Ср.	182	184	177	170	173
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	185	189	175	167	173
	20-40	177	181	172	162	167
	Ср.	181	185	174	165	170
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	188	190	187	177	180
	20-40	182	186	179	172	175
	Ср.	185	188	183	175	177
Навоз+NPK	0-20	177	172	175	171	171
	20-40	169	203	167	160	171
	Ср.	173	188	171	166	171
Расчетный	0-20	188	190	182	173	176
	20-40	182	186	172	167	172
	Ср.	185	188	177	170	174

Динамика обменного калия в почве под кукурузой на зерно (2008 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)				Среднее за вегета- цию
		всходы (10.05.08)	5-6 листьев (05.06.08)	выметы- вание (10.07.08)	восковая спелость (27.08.08)	
Контроль	0-20	162	171	151	140	156
	20-40	158	163	146	137	151
	Ср.	160	167	149	139	154
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	184	187	170	163	176
	20-40	173	180	166	154	168
	Ср.	179	184	168	159	173
N ₂ P ₁ K ₁	0-20	181	183	177	170	178
	20-40	173	179	170	155	169
	Ср.	177	181	174	163	174
N ₁ P ₂ K ₁	0-20	173	175	169	163	170
	20-40	179	169	165	159	168
	Ср.	176	172	167	161	169
N ₂ P ₂ K ₁	0-20	178	187	157	159	170
	20-40	168	179	170	152	167
	Ср.	172	183	164	156	169
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	186	190	177	160	178
	20-40	177	185	167	166	174
	Ср.	182	188	172	163	176
N ₃ P ₂ K ₁	0-20	174	188	167	158	172
	20-40	169	180	163	152	166
	Ср.	172	184	165	155	169
N ₃ P ₂ K ₂	0-20	183	187	170	165	176
	20-40	172	178	161	159	168
	Ср.	178	183	166	162	172
N ₂ P ₃ K ₁	0-20	179	173	169	161	171
	20-40	174	185	165	157	170
	Ср.	177	179	167	159	171
N ₂ P ₃ K ₂	0-20	183	185	174	168	178
	20-40	176	177	172	170	174
	Ср.	179	181	173	169	176
N ₃ P ₃ K ₁	0-20	183	182	177	165	177
	20-40	179	178	173	160	173
	Ср.	181	180	175	163	175
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	185	191	185	174	184
	20-40	178	183	177	170	177
	Ср.	182	187	182	172	181
Навоз + НРК	0-20	174	186	178	169	177
	20-40	165	188	165	163	170
	Ср.	170	187	172	166	174
Расчет- ный	0-20	186	192	178	170	182
	20-40	179	189	169	165	176
	Ср.	183	191	174	168	179

Динамика обменного калия в почве под кукурузой на зерно (2014 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т. К., Дзанагов С. Х., 2014)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (17.05.14)	5-6 листьев (07.06.14)	выметы- вание (17.07.14)	молочная спелость (18.08.14)	восковая спелость 15.09.14	
Контроль	0-20	138	142	156	141	133	142
	20-40	134	138	148	137	129	137
	Ср.	136	140	152	139	131	140
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	157	163	168	160	145	159
	20-40	151	157	160	152	137	151
	Ср.	154	160	164	156	141	155
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	176	168	176	158	148	165
	20-40	168	162	168	156	140	159
	Ср.	172	165	172	157	144	162
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	178	169	180	155	143	165
	20-40	172	165	172	151	153	162
	Ср.	175	167	176	153	148	164
Навоз + НРК	0-20	172	151	171	157	153	161
	20-40	164	171	161	147	153	159
	Ср.	168	161	166	152	153	160
Расчет- ный	0-20	176	168	172	156	147	164
	20-40	170	164	166	152	151	161
	Ср.	173	166	169	154	149	162

Динамика обменного калия в почве под кукурузой на силос (2009 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (09.06.09)	выметы- вание (14.07.09)	молочная спелость (18.08.09)	восковая спелость (29.08.09)	
Контроль	0-20	164	173	153	142	130	152
	20-40	160	165	148	139	128	148
	Ср.	162	169	150	140	129	150
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	186	189	172	165	148	172
	20-40	175	182	168	156	143	165
	Ср.	181	186	170	160	146	169
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	188	192	179	162	144	173
	20-40	179	187	169	168	134	168
	Ср.	184	190	174	165	139	170
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	187	193	187	176	141	177
	20-40	180	185	179	172	152	174
	Ср.	184	189	183	174	147	175
Навоз + NPK	0-20	176	188	180	171	154	174
	20-40	167	190	167	165	151	168
	Ср.	172	189	174	168	153	171
Расчет- ный	0-20	188	194	180	172	144	176
	20-40	181	191	171	167	146	171
	Ср.	185	193	176	170	145	173

Динамика обменного калия в почве под кукурузой на силос (2015 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Гагиев Б.В., 2021)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за вегета- цию
		всходы (12.05.09)	5-6 листьев (16.06.15)	выметы- вание (16.07.15)	молочная спелость (17.08.15)	восковая спелость (29.08.15)	
Контроль	0-20	165	166	153	145	136	157
	20-40	151	156	137	133	125	144
	Ср.	158	161	145	139	131	151
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	191	191	178	165	148	181
	20-40	173	181	162	151	134	167
	Ср.	182	186	170	158	141	174
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	193	195	181	162	146	183
	20-40	179	183	165	156	133	171
	Ср.	186	189	173	159	139	177
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	206	203	189	176	145	194
	20-40	174	181	165	156	134	169
	Ср.	190	192	177	166	140	181
Навоз + NPK	0-20	198	188	190	167	154	186
	20-40	178	190	168	155	141	173
	Ср.	188	189	179	161	148	179
Расчет- ный	0-20	195	196	188	166	150	186
	20-40	179	186	168	160	143	173
	Ср.	187	191	178	163	146	180

Динамика обменного калия в почве под суданской травой (1997 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (06.05.97)	выход в трубку (12.06.97)	1-й укос (08.07.97)	2-й укос (06.08.97)	3-й укос (03.09.97)	
Контроль	0-20	172	167	159	151	141	154
	20-40	150	157	134	138	126	139
	Ср.	161	162	146	144	134	147
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	178	180	164	161	152	164
	20-40	159	170	146	145	134	149
	Ср.	168	175	155	153	143	156
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	183	184	170	167	152	168
	20-40	165	172	152	151	133	152
	Ср.	174	178	161	159	142	160
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	189	183	174	166	155	169
	20-40	165	178	154	157	147	159
	Ср.	177	181	164	161	151	164
Навоз + НРК	0-20	177	170	169	160	159	165
	20-40	156	172	144	143	141	150
	Ср.	167	171	157	151	150	157
Расчет- ный	0-20	187	187	173	164	155	170
	20-40	168	176	154	158	145	158
	Ср.	177	181	163	161	150	164

Динамика обменного калия в почве под суданской травой (2004 г.)
в зависимости от удобрений, мг/кг почвы
(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Слой, см	Фазы вегетации (сроки отбора образцов)					Среднее за веге- тацию
		кущение (03.05.04)	выход в трубку (09.05.04)	1-й укос (11.07.04)	2-й укос (08.08.04)	3-й укос (05.09.04)	
Контроль	0-20	168	170	157	153	138	157
	20-40	150	159	135	135	121	140
	Ср.	159	165	146	144	130	149
N ₁ P ₁ K ₁	0-20	179	176	166	162	145	166
	20-40	158	164	143	147	126	147
	Ср.	168	170	154	155	136	157
N ₂ P ₂ K ₂	0-20	176	185	165	160	141	166
	20-40	166	169	150	150	131	153
	Ср.	171	177	158	155	136	159
N ₃ P ₃ K ₃	0-20	185	182	167	162	139	167
	20-40	129	136	126	116	105	122
	Ср.	157	159	147	139	122	145
Навоз + НРК	0-20	179	174	167	165	148	167
	20-40	156	176	147	150	133	152
	Ср.	167	175	157	157	140	159
Расчет- ный	0-20	183	179	176	160	151	170
	20-40	164	167	149	151	136	154
	Ср.	174	173	163	155	144	162

Высота растений многолетних трав (1-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	5,8	18,6	52,6	24,6	61,3
N ₁ P ₁ K ₁	6,7	21,4	64,3	28,7	76,2
N ₂ P ₂ K ₂	6,9	24,6	68,7	31,2	84,5
N ₃ P ₃ K ₃	7,2	26,2	72,3	36,4	98,3
Навоз+NPK	6,8	25,0	70,1	33,0	85,8
Расчетный	7,6	27,4	73,6	38,7	106,4
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	4,7	25,4	53,8	29,7	60,1
N ₁ P ₁ K ₁	5,0	27,1	61,5	31,3	73,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,3	27,5	72,1	31,8	81,4
N ₃ P ₃ K ₃	5,4	29,4	74,2	33,6	93,5
Навоз+NPK	5,1	28,1	70,6	32,4	83,3
Расчетный	5,6	30,5	79,7	34,9	102,7
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	5,0	16,8	57,4	22,5	69,0
N ₁ P ₁ K ₁	6,2	19,5	63,8	26,1	75,7
N ₂ P ₂ K ₂	7,0	25,9	69,7	30,7	87,4
N ₃ P ₃ K ₃	7,4	27,4	73,1	34,8	101,4
Навоз+NPK	6,5	25,3	71,4	31,7	93,6
Расчетный	7,8	28,0	76,9	37,6	109,2
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	5,7	16,0	54,8	20,1	61,6
N ₁ P ₁ K ₁	6,9	18,8	61,6	24,1	69,9
N ₂ P ₂ K ₂	7,3	24,5	65,8	26,8	76,4
N ₃ P ₃ K ₃	8,0	26,0	69,3	29,1	84,9
Навоз+NPK	7,0	23,6	66,7	27,5	81,2
Расчетный	8,8	26,1	71,8	32,3	93,8

Высота растений озимой пшеницы (2-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	13,4	34,9	88,1	88,5	87,9
N ₁ P ₁ K ₁	16,3	41,9	96,1	102,0	100,8
N ₂ P ₂ K ₂	18,5	48,4	110,2	113,6	111,4
N ₃ P ₃ K ₃	20,9	53,0	114,3	115,6	113,0
Навоз+NPK	16,6	52,6	104,6	109,8	108,3
Расчетный	21,2	52,8	114,7	115,8	114,1
2002 г.					
Контроль	11,9	33,4	81,8	85,9	84,7
N ₁ P ₁ K ₁	15,1	40,5	95,3	101,4	99,2
N ₂ P ₂ K ₂	17,1	46,9	109,0	112,3	110,1
N ₃ P ₃ K ₃	20,1	51,8	113,1	113,3	112,2
Навоз+NPK	19,4	48,3	111,6	112,8	111,1
Расчетный	19,8	51,4	113,2	113,7	113,3
2007 г.					
Контроль	11,7	28,7	69,8	72,8	71,2
N ₁ P ₁ K ₁	13,2	34,6	71,4	79,4	77,6
N ₂ P ₂ K ₂	17,0	38,9	77,4	86,4	84,3
N ₃ P ₃ K ₃	18,9	42,6	81,6	90,1	89,0
Навоз+NPK	18,1	40,8	79,1	88,2	86,4
Расчетный	19,4	41,0	84,5	91,6	89,7
2013 г.					
Контроль	11,6	31,4	62,4	71,1	69,9
N ₁ P ₁ K ₁	12,7	35,0	68,9	79,3	78,6
N ₂ P ₂ K ₂	14,6	36,2	71,7	89,0	88,1
N ₃ P ₃ K ₃	17,2	39,7	76,4	93,1	92,4
Навоз+NPK	14,3	35,7	70,2	87,0	86,3
Расчетный	18,0	42,3	80,7	96,3	95,6

Высота растений кукурузы на зерно (3-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации			
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость
1996 г.				
Контроль	21,4	32,4	169	171
N ₁ P ₁ K ₁	24,6	40,6	188	192
N ₂ P ₂ K ₂	24,7	44,2	196	198
N ₃ P ₃ K ₃	23,0	46,6	206	210
Навоз+NPK	24,8	44,8	199	203
Расчетный	27,5	47,6	217	219
2003 г.				
Контроль	19,3	34,6	173	179
N ₁ P ₁ K ₁	22,9	43,9	193	197
N ₂ P ₂ K ₂	23,5	49,3	200	203
N ₃ P ₃ K ₃	22,3	50,1	215	216
Навоз+NPK	23,6	50,7	196	208
Расчетный	26,8	51,2	228	230
2008 г.				
Контроль	20,6	37,0	175	178
N ₁ P ₁ K ₁	22,3	43,8	191	195
N ₂ P ₂ K ₂	22,8	47,6	209	211
N ₃ P ₃ K ₃	23,0	51,4	213	217
Навоз+NPK	23,2	48,1	210	215
Расчетный	26,4	50,7	221	225
2014 г.				
Контроль	10,2	39,6	182	170
N ₁ P ₁ K ₁	12,2	41,2	193	191
N ₂ P ₂ K ₂	14,8	52,4	208	201
N ₃ P ₃ K ₃	17,8	59,0	211	207
Навоз+NPK	14,3	51,0	200	198
Расчетный	18,2	64,0	223	220

Высота растений суданской травы и кукурузы на силос (4-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, см

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	10,9	57	96	126	107
N ₁ P ₁ K ₁	14,8	69	111	143	131
N ₂ P ₂ K ₂	16,6	78	124	158	149
N ₃ P ₃ K ₃	16,9	84	137	172	155
Навоз+NPK	16,0	81	122	164	151
Расчетный	18,7	85	144	179	171
2004 г.					
Контроль	11,6	62	104	135	121
N ₁ P ₁ K ₁	15,4	74	123	163	148
N ₂ P ₂ K ₂	17,2	85	136	176	161
N ₃ P ₃ K ₃	18,7	93	149	184	169
Навоз+NPK	17,4	88	142	181	168
Расчетный	18,9	97	154	194	177

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации			
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость
2009 г.				
Контроль	20,9	37,4	182	187
N ₁ P ₁ K ₁	23,6	45,9	201	205
N ₂ P ₂ K ₂	24,2	50,7	214	217
N ₃ P ₃ K ₃	23,7	53,1	224	227
Навоз+NPK	24,5	51,7	212	221
Расчетный	27,8	53,3	235	238
2015 г.				
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	23,1	49,0	192	202

Высота растений озимой пшеницы (5-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, см

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1999 г.					
Контроль	12,0	33,2	83,2	85,4	84,6
N ₁ P ₁ K ₁	15,1	40,2	93,9	99,8	98,2
N ₂ P ₂ K ₂	17,2	46,6	107,6	110,9	108,7
N ₃ P ₃ K ₃	19,9	51,3	111,7	112,4	110,6
Навоз+НРК	17,4	49,3	106,1	109,3	107,7
Расчетный	19,9	51,0	111,9	112,7	111,7
2005 г.					
Контроль	11,2	30,1	74,2	77,7	76,3
N ₁ P ₁ K ₁	13,6	36,6	81,7	88,7	86,7
N ₂ P ₂ K ₂	16,4	41,9	91,5	97,5	95,4
N ₃ P ₃ K ₃	18,9	46,2	95,6	99,9	98,8
Навоз+НРК	18,1	43,5	93,6	98,6	96,9
Расчетный	19,0	45,2	97,1	100,8	99,7
2010 г.					
Контроль	12,4	30,7	70,5	74,8	73,6
N ₁ P ₁ K ₁	13,2	34,6	71,4	79,4	78,6
N ₂ P ₂ K ₂	18,1	40,2	78,6	93,9	93,3
N ₃ P ₃ K ₃	19,8	44,6	82,6	98,1	97,2
Навоз+НРК	17,7	42,8	80,1	94,2	93,8
Расчетный	20,4	45,0	85,5	99,6	98,9
2016 г.					
Контроль	12,3	31,6	64,1	73,4	71,3
N ₁ P ₁ K ₁	13,1	35,7	70,8	79,9	77,2
N ₂ P ₂ K ₂	15,0	37,9	74,4	89,2	88,0
N ₃ P ₃ K ₃	17,1	40,3	76,0	91,3	89,6
Навоз+НРК	14,8	37,1	72,5	88,3	85,8
Расчетный	18,2	41,4	79,3	93,2	91,0

Площадь листьев многолетних трав (1-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание-ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	2,15	8,84	17,89	11,33	23,58
N ₁ P ₁ K ₁	2,87	10,70	25,77	13,71	34,44
N ₂ P ₂ K ₂	3,47	16,41	34,41	20,01	43,49
N ₃ P ₃ K ₃	3,90	17,69	36,26	22,41	50,21
Навоз+NPK	3,61	17,05	35,29	21,53	46,43
Расчетный	4,10	18,91	38,42	24,73	54,08
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	1,99	8,32	17,30	11,26	20,16
N ₁ P ₁ K ₁	2,65	10,33	24,47	14,18	28,17
N ₂ P ₂ K ₂	3,31	15,86	33,61	20,59	38,73
N ₃ P ₃ K ₃	3,68	17,11	34,93	24,33	39,79
Навоз+NPK	3,43	16,04	34,48	21,67	39,62
Расчетный	3,87	18,26	36,80	26,40	41,97
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	1,97	7,99	16,32	5,08	18,47
N ₁ P ₁ K ₁	2,65	10,14	24,85	7,14	26,97
N ₂ P ₂ K ₂	3,36	15,87	33,91	9,87	34,28
N ₃ P ₃ K ₃	3,69	17,14	35,96	10,87	36,89
Навоз+NPK	3,54	16,16	34,43	10,18	35,21
Расчетный	3,98	18,13	37,87	11,23	38,10
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	5,70	22,36	54,80	21,18	61,60
N ₁ P ₁ K ₁	6,90	20,95	61,60	23,13	69,90
N ₂ P ₂ K ₂	7,30	25,66	65,80	27,50	76,40
N ₃ P ₃ K ₃	8,00	27,53	69,30	31,27	84,90
Навоз+NPK	7,00	26,09	66,70	29,35	81,20
Расчетный	8,80	28,64	71,80	34,56	93,80

Площадь листьев озимой пшеницы (2-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Фазы вегетации			
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость
1995 г.				
Контроль	19,96	22,69	31,41	27,98
N ₁ P ₁ K ₁	24,34	30,40	38,80	37,70
N ₂ P ₂ K ₂	32,92	39,20	51,80	49,33
N ₃ P ₃ K ₃	34,26	42,04	52,43	48,44
Навоз+NPK	32,25	41,66	51,15	46,13
Расчетный	35,00	42,20	51,10	45,85
2002 г.				
Контроль	17,75	20,48	29,18	25,77
N ₁ P ₁ K ₁	22,14	28,20	36,70	32,50
N ₂ P ₂ K ₂	30,72	37,00	49,50	47,13
N ₃ P ₃ K ₃	32,05	39,97	50,22	46,23
Навоз+NPK	31,85	38,23	52,94	48,04
Расчетный	32,80	40,95	49,00	43,65
2007 г.				
Контроль	17,24	20,18	28,76	26,13
N ₁ P ₁ K ₁	22,12	28,00	36,30	32,30
N ₂ P ₂ K ₂	29,87	36,43	49,20	47,30
N ₃ P ₃ K ₃	31,97	39,87	49,97	45,77
Навоз+NPK	30,42	37,80	49,63	45,23
Расчетный	31,30	40,36	51,10	46,81
2013 г.				
Контроль	17,80	20,20	29,10	27,00
N ₁ P ₁ K ₁	20,70	22,80	36,80	34,50
N ₂ P ₂ K ₂	27,40	29,60	40,30	38,00
N ₃ P ₃ K ₃	30,70	33,10	47,70	45,20
Навоз+NPK	28,10	32,60	42,50	40,10
Расчетный	32,00	34,20	48,70	46,20

Площадь листьев кукурузы на зерно (3-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Фазы вегетации			
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость
1996 г.				
Контроль	1,82	3,85	21,32	26,01
N ₁ P ₁ K ₁	2,05	4,29	23,44	30,22
N ₂ P ₂ K ₂	2,29	4,36	27,27	32,77
N ₃ P ₃ K ₃	2,71	4,76	31,02	37,91
Навоз+NPK	2,16	4,40	29,19	35,07
Расчетный	2,74	4,96	30,65	38,11
2003 г.				
Контроль	1,64	4,11	21,81	25,74
N ₁ P ₁ K ₁	1,91	4,64	24,05	28,72
N ₂ P ₂ K ₂	2,18	4,86	27,83	31,82
N ₃ P ₃ K ₃	2,62	5,12	31,20	35,92
Навоз+NPK	2,06	4,98	28,73	32,83
Расчетный	2,67	5,34	32,26	37,59
2008 г.				
Контроль	1,97	3,99	21,84	27,24
N ₁ P ₁ K ₁	2,26	4,37	24,07	31,02
N ₂ P ₂ K ₂	2,37	4,52	28,31	33,27
N ₃ P ₃ K ₃	2,62	4,68	32,12	39,08
Навоз+NPK	2,21	4,61	29,76	36,72
Расчетный	2,65	4,89	31,03	39,45
2014 г.				
Контроль	1,87	3,13	27,80	30,50
N ₁ P ₁ K ₁	2,14	4,33	35,50	37,90
N ₂ P ₂ K ₂	2,81	6,06	38,40	41,40
N ₃ P ₃ K ₃	3,14	6,46	46,30	49,00
Навоз+NPK	2,94	6,32	41,50	43,00
Расчетный	3,29	6,56	47,20	49,30

Площадь листьев суданской травы и кукурузы на силос (4-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	2,84	7,89	26,12	30,35	28,88
N ₁ P ₁ K ₁	3,18	8,56	32,76	34,37	34,24
N ₂ P ₂ K ₂	3,29	8,68	39,78	42,33	41,35
N ₃ P ₃ K ₃	3,88	11,03	50,84	55,01	52,77
Навоз+NPK	3,62	10,25	43,53	44,86	43,74
Расчетный	3,96	11,18	51,63	60,04	57,51
2004 г.					
Контроль	2,91	8,38	28,67	33,10	31,95
N ₁ P ₁ K ₁	3,29	9,33	35,90	39,91	38,35
N ₂ P ₂ K ₂	3,77	10,12	46,83	51,07	49,19
N ₃ P ₃ K ₃	3,96	10,58	54,57	58,78	56,39
Навоз+NPK	3,82	10,50	50,19	54,49	52,08
Расчетный	4,04	10,96	56,14	62,90	60,37

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации			
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость
2009 г.				
Контроль	1,89	4,24	22,83	14,25
N ₁ P ₁ K ₁	2,18	4,71	25,16	16,22
N ₂ P ₂ K ₂	2,38	4,91	29,36	17,40
N ₃ P ₃ K ₃	2,74	5,12	33,11	20,44
Навоз+NPK	2,23	5,02	30,59	19,20
Расчетный	2,78	5,35	33,10	20,63
2015 г.				
Контроль	1,83	4,85	21,40	22,90
N ₁ P ₁ K ₁	2,11	5,22	26,70	28,20
N ₂ P ₂ K ₂	2,34	5,47	27,40	29,80
N ₃ P ₃ K ₃	2,49	5,74	30,70	32,60
Навоз+NPK	2,25	5,33	26,80	29,00
Расчетный	2,54	5,80	32,00	33,70

Площадь листьев озимой пшеницы (5-е поле) по фазам вегетации
в зависимости от удобрений, тыс. м²/га

Вариант	Фазы вегетации			
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость
1995 г.				
Контроль	18,57	21,26	27,80	26,47
N ₁ P ₁ K ₁	22,89	25,90	31,20	28,90
N ₂ P ₂ K ₂	31,34	37,53	49,90	47,51
N ₃ P ₃ K ₃	32,66	40,39	50,56	46,62
Навоз+NPK	31,57	39,35	51,26	46,38
Расчетный	32,40	39,40	49,30	44,08
2002 г.				
Контроль	17,23	20,03	27,50	25,56
N ₁ P ₁ K ₁	21,80	27,68	31,00	27,90
N ₂ P ₂ K ₂	29,84	36,16	48,60	46,51
N ₃ P ₃ K ₃	31,53	39,32	49,34	45,31
Навоз+NPK	30,67	37,44	50,52	45,94
Расчетный	32,00	39,00	49,30	44,55
2007 г.				
Контроль	19,57	21,95	29,30	27,95
N ₁ P ₁ K ₁	23,62	29,40	38,60	35,70
N ₂ P ₂ K ₂	31,28	37,50	51,10	49,30
N ₃ P ₃ K ₃	33,66	41,35	55,32	51,26
Навоз+NPK	31,99	39,54	52,65	48,62
Расчетный	33,40	41,30	55,64	51,91
2013 г.				
Контроль	18,40	20,20	28,80	27,20
N ₁ P ₁ K ₁	19,70	21,80	35,40	34,90
N ₂ P ₂ K ₂	26,90	30,20	39,40	38,10
N ₃ P ₃ K ₃	31,40	34,20	45,80	44,70
Навоз+NPK	29,80	31,40	38,70	37,90
Расчетный	31,70	35,90	47,10	45,20

Накопление сухого вещества многолетними травами (1-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	0,24	0,69	1,52	0,67	1,50
N ₁ P ₁ K ₁	0,36	1,06	2,39	1,10	2,67
N ₂ P ₂ K ₂	0,39	1,11	2,55	1,38	3,27
N ₃ P ₃ K ₃	0,48	1,34	3,12	1,82	4,44
Навоз+NPK	0,40	1,22	2,63	1,41	3,31
Расчетный	0,48	1,37	3,18	1,76	4,33
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	0,13	0,36	0,77	0,36	0,73
N ₁ P ₁ K ₁	0,16	0,46	1,00	0,41	0,87
N ₂ P ₂ K ₂	0,22	0,66	1,47	0,56	1,17
N ₃ P ₃ K ₃	0,33	1,01	2,21	0,74	1,57
Навоз+NPK	0,24	0,74	1,58	0,60	1,26
Расчетный	0,34	1,04	2,32	0,79	1,67
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	0,14	0,40	0,94	0,38	0,88
N ₁ P ₁ K ₁	0,21	0,67	1,54	0,62	1,49
N ₂ P ₂ K ₂	0,25	0,76	1,72	0,74	1,76
N ₃ P ₃ K ₃	0,31	1,03	2,30	0,96	2,22
Навоз+NPK	0,26	0,83	1,81	0,76	1,75
Расчетный	0,32	1,06	2,29	0,95	2,22
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	0,14	0,52	1,04	0,43	1,02
N ₁ P ₁ K ₁	0,26	0,86	1,73	0,53	1,57
N ₂ P ₂ K ₂	0,29	1,07	2,24	0,79	1,86
N ₃ P ₃ K ₃	0,37	1,42	3,06	1,00	2,35
Навоз+NPK	0,31	1,17	2,52	0,76	1,76
Расчетный	0,37	1,36	2,93	1,00	2,34

Накопление сухого вещества озимой пшеницей (2-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	0,61	1,72	4,13	5,48	6,45
N ₁ P ₁ K ₁	0,79	2,29	5,75	7,67	9,13
N ₂ P ₂ K ₂	1,12	3,29	8,24	11,16	13,51
N ₃ P ₃ K ₃	1,18	3,27	8,45	11,19	13,83
Навоз+НРК	1,08	3,15	8,26	11,29	13,34
Расчетный	1,14	3,17	8,08	10,36	12,83
2002 г.					
Контроль	0,65	1,65	3,85	5,00	5,82
N ₁ P ₁ K ₁	0,85	2,22	5,29	6,95	8,37
N ₂ P ₂ K ₂	1,27	3,21	7,57	10,25	12,19
N ₃ P ₃ K ₃	1,11	2,91	7,14	9,61	11,98
Навоз+НРК	1,30	3,32	7,93	10,70	12,65
Расчетный	1,22	3,06	7,35	9,81	11,80
2007 г.					
Контроль	0,68	1,72	3,99	5,11	6,07
N ₁ P ₁ K ₁	0,79	1,83	4,37	5,71	6,91
N ₂ P ₂ K ₂	1,02	2,73	6,64	8,45	10,50
N ₃ P ₃ K ₃	1,09	2,68	6,74	8,79	11,01
Навоз+НРК	0,91	2,77	6,91	9,02	11,10
Расчетный	1,11	2,82	6,66	8,83	10,70
2013 г.					
Контроль	0,70	2,18	4,49	6,56	7,07
N ₁ P ₁ K ₁	0,75	2,48	5,32	8,16	8,76
N ₂ P ₂ K ₂	1,07	3,70	8,64	13,20	14,44
N ₃ P ₃ K ₃	1,03	3,86	8,85	13,36	14,69
Навоз+НРК	1,15	3,61	8,56	12,89	14,07
Расчетный	1,18	3,98	9,25	14,18	15,62

Накопление сухого вещества кукурузой на зерно (3-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	0,05	0,18	2,64	6,84	8,42
N ₁ P ₁ K ₁	0,08	0,24	3,43	8,36	10,34
N ₂ P ₂ K ₂	0,11	0,26	4,38	10,69	13,62
N ₃ P ₃ K ₃	0,16	0,29	5,10	11,93	15,57
Навоз+НРК	0,14	0,27	4,59	10,98	14,18
Расчетный	0,17	0,31	5,18	12,63	15,94
2003 г.					
Контроль	0,07	0,19	3,12	5,88	7,12
N ₁ P ₁ K ₁	0,11	0,27	4,00	7,55	9,11
N ₂ P ₂ K ₂	0,13	0,36	4,98	9,57	11,92
N ₃ P ₃ K ₃	0,17	0,44	6,03	11,12	14,01
Навоз+НРК	0,15	0,37	5,29	10,05	12,46
Расчетный	0,18	0,39	5,62	10,47	12,82
2008 г.					
Контроль	0,08	0,21	2,85	5,67	6,88
N ₁ P ₁ K ₁	0,10	0,25	3,36	7,74	9,44
N ₂ P ₂ K ₂	0,13	0,28	4,45	9,92	12,35
N ₃ P ₃ K ₃	0,15	0,31	4,96	11,37	14,27
Навоз+НРК	0,14	0,27	5,21	10,84	13,56
Расчетный	0,16	0,30	5,04	11,04	13,56
2014 г.					
Контроль	0,08	0,19	3,13	7,24	8,66
N ₁ P ₁ K ₁	0,10	0,22	3,54	8,27	10,03
N ₂ P ₂ K ₂	0,12	0,30	4,53	10,91	13,36
N ₃ P ₃ K ₃	0,16	0,34	5,28	12,30	15,56
Навоз+НРК	0,13	0,32	4,95	11,46	14,39
Расчетный	0,17	0,30	4,96	11,31	13,70

Накопление сухого вещества суданской травой и кукурузой на силос
(4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	0,14	0,41	1,27	1,28	1,43
N1P1K1	0,17	0,50	1,55	1,76	1,84
N2P2K2	0,18	0,55	1,72	2,27	2,34
N3P3K3	0,24	0,73	2,32	2,88	2,82
Навоз+NPK	0,22	0,69	2,13	2,66	2,54
Расчетный	0,27	0,77	2,47	3,21	3,15
2004 г.					
Контроль	0,15	0,43	1,22	1,51	1,49
N1P1K1	0,19	0,55	1,66	2,07	1,92
N2P2K2	0,22	0,63	1,92	2,52	2,38
N3P3K3	0,28	0,82	2,54	3,22	3,02
Навоз+NPK	0,27	0,79	2,45	3,31	2,96
Расчетный	0,29	0,86	2,67	3,40	3,17

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	0,08	0,13	3,64	7,07	7,53
N ₁ P ₁ K ₁	0,11	0,16	4,44	8,64	9,31
N ₂ P ₂ K ₂	0,13	0,19	5,60	10,74	11,69
N ₃ P ₃ K ₃	0,16	0,24	6,75	13,26	14,56
Навоз+NPK	0,13	0,20	5,74	10,86	11,87
Расчетный	0,17	0,28	8,02	15,33	16,87
2015 г.					
Контроль	0,08	0,16	3,25	5,63	6,87
N ₁ P ₁ K ₁	0,10	0,20	4,24	7,24	9,05
N ₂ P ₂ K ₂	0,13	0,26	5,53	9,55	11,95
N ₃ P ₃ K ₃	0,16	0,30	6,75	11,83	14,99
Навоз+NPK	0,12	0,26	5,58	9,60	12,08
Расчетный	0,17	0,30	7,10	12,12	15,45

Накопление сухого вещества озимой пшеницей (5-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, т/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1999 г.					
Контроль	0,57	1,48	3,76	4,90	5,62
N ₁ P ₁ K ₁	0,78	2,09	5,39	7,00	8,21
N ₂ P ₂ K ₂	1,16	3,06	7,86	10,24	12,17
N ₃ P ₃ K ₃	1,04	2,84	7,37	9,77	11,76
Навоз+НРК	1,16	3,17	8,00	10,64	12,52
Расчетный	1,08	2,94	7,74	10,18	12,19
2005 г.					
Контроль	0,67	1,65	3,28	5,21	5,71
N ₁ P ₁ K ₁	0,80	2,18	4,56	7,24	8,22
N ₂ P ₂ K ₂	0,97	3,13	6,57	10,41	12,03
N ₃ P ₃ K ₃	1,08	3,17	5,88	10,32	11,97
Навоз+НРК	0,97	3,36	6,64	10,85	12,62
Расчетный	1,10	3,34	6,31	10,49	11,81
2010 г.					
Контроль	0,59	1,51	3,08	4,72	5,61
N ₁ P ₁ K ₁	0,82	2,29	4,74	7,58	8,78
N ₂ P ₂ K ₂	1,09	3,18	6,91	10,98	12,96
N ₃ P ₃ K ₃	1,11	3,06	6,55	10,57	12,42
Навоз+НРК	1,08	2,98	6,53	10,24	12,40
Расчетный	1,10	3,03	6,64	10,36	12,09
2016 г.					
Контроль	0,70	1,90	4,68	5,97	6,71
N ₁ P ₁ K ₁	0,95	2,48	5,99	7,76	8,97
N ₂ P ₂ K ₂	1,37	3,76	8,96	11,65	13,79
N ₃ P ₃ K ₃	1,30	3,42	7,54	10,89	12,50
Навоз+НРК	1,40	3,78	9,05	12,03	13,99
Расчетный	1,36	3,72	9,22	12,06	13,79

Содержание общего азота в растениях многолетних трав
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	3,17	2,66	2,98	2,84	2,94
N ₁ P ₁ K ₁	3,36	2,81	3,08	2,87	3,00
N ₂ P ₂ K ₂	3,92	2,85	3,18	2,89	3,08
N ₃ P ₃ K ₃	4,11	2,93	3,28	2,91	3,21
Навоз+NPK	3,98	2,86	3,19	2,81	3,13
Расчетный	4,12	2,99	3,32	2,93	3,26
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	3,48	2,64	2,86	2,86	2,92
N ₁ P ₁ K ₁	3,83	2,65	2,84	2,99	3,04
N ₂ P ₂ K ₂	4,29	2,87	3,05	3,22	3,22
N ₃ P ₃ K ₃	4,58	2,91	3,12	3,27	3,52
Навоз+NPK	4,41	2,82	3,08	3,14	3,28
Расчетный	4,56	2,94	3,17	3,35	3,56
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	3,12	1,66	1,77	1,91	1,99
N ₁ P ₁ K ₁	3,58	1,69	1,80	1,99	2,04
N ₂ P ₂ K ₂	3,84	2,02	2,18	2,10	2,24
N ₃ P ₃ K ₃	4,18	2,26	2,31	2,11	2,41
Навоз+NPK	4,01	2,09	2,18	2,16	2,29
Расчетный	4,13	2,19	2,33	2,23	2,44
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	2,91	1,42	1,51	2,58	1,91
N ₁ P ₁ K ₁	3,50	1,72	1,92	2,74	1,74
N ₂ P ₂ K ₂	3,57	1,74	1,78	2,78	2,34
N ₃ P ₃ K ₃	3,83	1,80	1,87	2,83	2,49
Навоз+NPK	3,69	1,76	1,79	2,82	2,41
Расчетный	3,91	1,86	1,91	2,87	2,57

Накопление общего азота в биомассе многолетних трав
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	7,6	18,3	45,4	18,9	44,2
N ₁ P ₁ K ₁	12,1	29,8	73,5	31,4	80,0
N ₂ P ₂ K ₂	15,3	31,6	81,1	39,9	100,6
N ₃ P ₃ K ₃	19,7	39,3	102,2	53,1	142,4
Навоз+НРК	15,9	34,8	83,8	39,6	103,5
Расчетный	19,8	41,1	105,7	51,6	141,3
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	4,5	9,4	21,9	10,3	21,3
N ₁ P ₁ K ₁	6,1	12,1	28,4	12,4	26,4
N ₂ P ₂ K ₂	9,4	18,8	44,7	17,9	37,7
N ₃ P ₃ K ₃	15,1	29,3	68,9	24,1	55,1
Навоз+НРК	10,6	20,8	48,7	18,9	41,3
Расчетный	15,5	30,4	73,7	26,4	59,5
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	4,4	6,6	16,6	7,3	17,5
N ₁ P ₁ K ₁	7,5	11,3	27,7	12,3	30,4
N ₂ P ₂ K ₂	9,6	15,4	37,5	15,5	39,4
N ₃ P ₃ K ₃	13,0	23,3	53,1	20,3	53,5
Навоз+НРК	10,4	17,3	39,5	16,4	40,1
Расчетный	13,2	23,2	53,4	21,2	54,2
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	4,1	7,4	15,7	11,2	19,4
N ₁ P ₁ K ₁	9,0	14,8	33,2	14,5	27,3
N ₂ P ₂ K ₂	10,2	18,5	39,9	22,1	43,6
N ₃ P ₃ K ₃	14,3	25,5	57,1	28,4	58,6
Навоз+НРК	11,5	20,6	45,1	21,4	42,4
Расчетный	14,6	25,4	56,0	28,8	60,1

Содержание общего фосфора в растениях многолетних трав
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	0,91	0,81	0,80	0,80	0,78
N ₁ P ₁ K ₁	0,93	0,85	0,83	0,82	0,78
N ₂ P ₂ K ₂	0,95	0,88	0,86	0,85	0,80
N ₃ P ₃ K ₃	0,98	0,91	0,88	0,87	0,82
Навоз+NPK	0,94	0,88	0,85	0,88	0,80
Расчетный	0,96	0,92	0,87	0,91	0,85
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	0,67	0,74	0,71	0,77	0,70
N ₁ P ₁ K ₁	0,71	0,80	0,79	0,82	0,73
N ₂ P ₂ K ₂	0,83	0,89	0,85	0,89	0,83
N ₃ P ₃ K ₃	0,89	0,93	0,92	0,94	0,88
Навоз+NPK	0,83	0,90	0,85	0,91	0,83
Расчетный	0,89	0,92	0,92	0,95	0,90
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	0,67	0,59	0,52	0,61	0,48
N ₁ P ₁ K ₁	0,71	0,62	0,56	0,65	0,50
N ₂ P ₂ K ₂	0,78	0,74	0,69	0,81	0,67
N ₃ P ₃ K ₃	0,85	0,83	0,79	0,84	0,73
Навоз+NPK	0,80	0,72	0,70	0,77	0,69
Расчетный	0,84	0,81	0,81	0,83	0,75
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	0,70	0,57	0,45	0,55	0,45
N ₁ P ₁ K ₁	0,71	0,58	0,46	0,71	0,48
N ₂ P ₂ K ₂	0,84	0,71	0,56	0,74	0,62
N ₃ P ₃ K ₃	0,94	0,81	0,65	0,91	0,77
Навоз+NPK	0,85	0,70	0,53	0,84	0,71
Расчетный	0,92	0,83	0,66	0,93	0,78

Накопление общего фосфора в биомассе многолетних трав
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	2,18	5,6	12,2	5,3	11,7
N ₁ P ₁ K ₁	3,35	9,0	19,8	9,0	20,8
N ₂ P ₂ K ₂	3,71	9,8	21,9	11,7	26,1
N ₃ P ₃ K ₃	4,70	12,2	27,4	15,9	36,4
Навоз+НРК	3,76	10,7	22,3	12,4	26,4
Расчетный	4,61	12,6	27,7	16,0	36,8
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	0,87	2,6	5,4	2,8	5,1
N ₁ P ₁ K ₁	1,14	3,7	7,9	3,4	6,3
N ₂ P ₂ K ₂	1,83	5,8	12,5	5,0	9,7
N ₃ P ₃ K ₃	2,94	9,4	20,3	6,9	13,8
Навоз+НРК	2,00	6,6	13,4	5,5	10,4
Расчетный	3,02	9,5	21,4	7,5	15,0
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	0,94	2,4	4,9	2,3	4,2
N ₁ P ₁ K ₁	1,49	4,2	8,6	4,0	7,5
N ₂ P ₂ K ₂	1,95	5,6	11,9	6,0	11,8
N ₃ P ₃ K ₃	2,64	8,5	18,2	8,1	16,2
Навоз+НРК	2,08	6,0	12,7	5,9	12,1
Расчетный	2,69	8,6	18,5	7,9	16,7
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	1,00	3,0	4,7	2,4	4,6
N ₁ P ₁ K ₁	1,83	5,0	8,0	3,8	7,5
N ₂ P ₂ K ₂	2,39	7,6	12,5	5,9	11,6
N ₃ P ₃ K ₃	3,51	11,5	19,9	9,1	18,1
Навоз+НРК	2,65	8,2	13,3	6,4	12,5
Расчетный	3,44	11,3	19,4	9,3	18,2

Содержание общего калия в растениях многолетних трав
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	3,21	2,81	2,68	2,64	2,54
N ₁ P ₁ K ₁	3,34	2,96	2,80	2,68	2,56
N ₂ P ₂ K ₂	3,41	2,98	2,80	2,70	2,62
N ₃ P ₃ K ₃	3,44	3,04	2,82	2,99	2,72
Навоз+NPK	3,20	2,82	2,71	2,92	2,66
Расчетный	3,38	3,11	2,85	3,09	2,81
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	2,65	2,54	2,35	2,36	2,24
N ₁ P ₁ K ₁	2,93	2,77	2,56	2,67	2,52
N ₂ P ₂ K ₂	3,32	3,07	2,75	2,89	2,71
N ₃ P ₃ K ₃	3,64	3,20	2,91	3,25	2,87
Навоз+NPK	3,29	3,08	2,83	2,98	2,67
Расчетный	3,67	3,19	2,95	3,23	2,91
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	2,31	1,81	1,47	1,60	1,35
N ₁ P ₁ K ₁	2,48	1,84	1,53	1,78	1,47
N ₂ P ₂ K ₂	2,53	1,91	1,64	1,79	1,52
N ₃ P ₃ K ₃	2,98	1,93	1,68	1,82	1,54
Навоз+NPK	2,74	1,87	1,66	1,78	1,52
Расчетный	3,02	1,92	1,71	1,81	1,51
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	2,28	1,48	1,26	1,61	1,36
N ₁ P ₁ K ₁	2,30	1,53	1,35	1,79	1,43
N ₂ P ₂ K ₂	2,79	1,59	1,40	1,81	1,54
N ₃ P ₃ K ₃	3,15	1,66	1,51	1,84	1,55
Навоз+NPK	2,93	1,61	1,43	1,78	1,57
Расчетный	3,12	1,67	1,52	1,86	1,56

Накопление общего калия в биомассе многолетних трав
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание- ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	7,7	19,3	40,8	17,6	38,2
N ₁ P ₁ K ₁	12,0	31,4	66,9	29,4	68,3
N ₂ P ₂ K ₂	13,3	33,0	71,4	37,3	85,6
N ₃ P ₃ K ₃	16,5	40,7	87,9	54,5	120,6
Навоз+НРК	12,8	34,3	71,2	41,1	87,9
Расчетный	16,2	42,7	90,7	54,4	121,8
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	3,4	9,1	18,0	8,5	16,3
N ₁ P ₁ K ₁	4,7	12,7	25,6	11,1	21,9
N ₂ P ₂ K ₂	7,3	20,1	40,3	16,1	31,7
N ₃ P ₃ K ₃	12,0	32,2	64,2	24,0	45,0
Навоз+НРК	7,9	22,7	44,7	17,9	33,6
Расчетный	12,5	33,0	68,5	25,5	48,6
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	3,2	7,2	13,8	6,1	11,9
N ₁ P ₁ K ₁	5,2	12,3	23,6	11,0	21,9
N ₂ P ₂ K ₂	6,3	14,5	28,2	13,2	26,8
N ₃ P ₃ K ₃	9,2	19,9	38,6	17,5	34,2
Навоз+НРК	7,1	15,5	30,0	13,5	26,6
Расчетный	9,7	20,4	39,2	17,2	33,5
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	3,3	7,7	13,1	7,0	13,8
N ₁ P ₁ K ₁	5,9	13,2	23,4	9,5	22,5
N ₂ P ₂ K ₂	8,0	16,9	31,4	14,4	28,7
N ₃ P ₃ K ₃	11,8	23,6	46,1	18,5	36,5
Навоз+НРК	9,2	18,8	36,0	13,5	27,6
Расчетный	11,7	22,8	44,6	18,7	36,5

Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе многолетних трав
по фазам вегетации в зависимости от удобрений

Вариант	Фазы вегетации				
	всходы	ветвление	1-й укос	отрастание -ветвление	2-й укос
Люцерна - 1994 г.					
Контроль	3,5 : 1 : 3,5	3,3 : 1 : 3,5	3,7 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,3	3,8 : 1 : 3,3
N ₁ P ₁ K ₁	3,6 : 1 : 3,6	3,3 : 1 : 3,5	3,7 : 1 : 3,4	3,5 : 1 : 3,3	3,8 : 1 : 3,3
N ₂ P ₂ K ₂	4,1 : 1 : 3,6	3,2 : 1 : 3,4	3,7 : 1 : 3,3	3,4 : 1 : 3,2	3,9 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₃	4,2 : 1 : 3,5	3,2 : 1 : 3,3	3,7 : 1 : 3,2	3,3 : 1 : 3,4	3,9 : 1 : 3,3
Навоз+НРК	4,2 : 1 : 3,4	3,3 : 1 : 3,2	3,8 : 1 : 3,2	3,2 : 1 : 3,3	3,9 : 1 : 3,3
Расчетный	4,3 : 1 : 3,5	3,3 : 1 : 3,4	3,8 : 1 : 3,3	3,2 : 1 : 3,4	3,8 : 1 : 3,3
Люцерна - 2001 г.					
Контроль	5,2 : 1 : 4,0	3,6 : 1 : 3,4	4,0 : 1 : 3,3	3,7 : 1 : 3,1	4,2 : 1 : 3,2
N ₁ P ₁ K ₁	5,4 : 1 : 4,1	3,3 : 1 : 3,5	3,6 : 1 : 3,2	3,6 : 1 : 3,3	4,2 : 1 : 3,5
N ₂ P ₂ K ₂	5,2 : 1 : 4,0	3,2 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,2	3,6 : 1 : 3,2	3,9 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₃	5,1 : 1 : 4,1	3,1 : 1 : 3,4	3,4 : 1 : 3,2	3,5 : 1 : 3,5	4,0 : 1 : 3,3
Навоз+НРК	5,3 : 1 : 3,9	3,1 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,3	3,5 : 1 : 3,3	4,0 : 1 : 3,2
Расчетный	5,1 : 1 : 4,1	3,2 : 1 : 3,5	3,4 : 1 : 3,2	3,5 : 1 : 3,4	4,0 : 1 : 3,2
Клевер луговой - 2006 г.					
Контроль	5,3 : 1 : 3,9	2,5 : 1 : 2,7	3,4 : 1 : 2,8	3,1 : 1 : 2,6	4,2 : 1 : 2,8
N ₁ P ₁ K ₁	5,8 : 1 : 4,0	2,4 : 1 : 2,6	3,2 : 1 : 2,7	3,1 : 1 : 2,7	4,1 : 1 : 2,9
N ₂ P ₂ K ₂	5,2 : 1 : 3,4	2,6 : 1 : 2,5	3,2 : 1 : 2,4	2,6 : 1 : 2,2	3,3 : 1 : 2,3
N ₃ P ₃ K ₃	5,0 : 1 : 3,6	2,7 : 1 : 2,3	2,9 : 1 : 2,1	2,5 : 1 : 2,2	3,3 : 1 : 2,1
Навоз+НРК	5,6 : 1 : 3,8	2,6 : 1 : 2,3	3,1 : 1 : 2,4	2,8 : 1 : 2,3	3,3 : 1 : 2,2
Расчетный	5,1 : 1 : 3,7	2,6 : 1 : 2,3	2,9 : 1 : 2,1	2,7 : 1 : 2,2	3,3 : 1 : 2,0
Клевер луговой - 2012 г.					
Контроль	4,2 : 1 : 3,3	2,5 : 1 : 2,6	3,4 : 1 : 2,8	4,7 : 1 : 2,9	4,2 : 1 : 3,0
N ₁ P ₁ K ₁	4,9 : 1 : 3,2	3,0 : 1 : 2,6	4,2 : 1 : 2,9	3,9 : 1 : 2,5	3,6 : 1 : 3,0
N ₂ P ₂ K ₂	4,3 : 1 : 3,3	2,5 : 1 : 2,2	3,2 : 1 : 2,5	3,8 : 1 : 2,5	3,8 : 1 : 2,5
N ₃ P ₃ K ₃	4,1 : 1 : 3,4	2,2 : 1 : 2,1	2,9 : 1 : 2,3	3,1 : 1 : 2,0	3,2 : 1 : 2,0
Навоз+НРК	4,3 : 1 : 3,5	2,5 : 1 : 2,3	3,4 : 1 : 2,7	3,3 : 1 : 2,1	3,4 : 1 : 2,2
Расчетный	4,3 : 1 : 3,4	2,2 : 1 : 2,0	2,9 : 1 : 2,3	3,1 : 1 : 2,0	3,3 : 1 : 2,0

Содержание общего азота в растениях озимой пшеницы (2-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	3,86	2,55	1,66	1,41	1,23
N ₁ P ₁ K ₁	4,68	2,73	1,78	1,48	1,29
N ₂ P ₂ K ₂	5,56	3,23	2,09	1,68	1,48
N ₃ P ₃ K ₃	5,28	3,54	2,25	1,87	1,59
Навоз+НРК	5,23	3,26	2,01	1,62	1,43
Расчетный	5,05	3,47	2,17	1,88	1,58
2002 г.					
Контроль	4,15	2,61	1,65	1,46	1,29
N ₁ P ₁ K ₁	4,34	2,55	1,69	1,48	1,24
N ₂ P ₂ K ₂	5,02	3,13	1,99	1,64	1,44
N ₃ P ₃ K ₃	5,63	3,41	2,26	1,86	1,59
Навоз+НРК	5,01	3,27	2,04	1,69	1,48
Расчетный	5,26	3,25	2,16	1,83	1,60
2007 г.					
Контроль	3,78	2,26	1,56	1,32	1,13
N ₁ P ₁ K ₁	4,47	2,90	1,92	1,59	1,35
N ₂ P ₂ K ₂	5,49	3,25	2,13	1,82	1,50
N ₃ P ₃ K ₃	5,51	3,48	2,21	1,86	1,51
Навоз+НРК	5,48	3,34	2,11	1,82	1,48
Расчетный	5,41	3,24	2,18	1,81	1,53
2013 г.					
Контроль	3,63	2,06	1,61	1,23	1,19
N ₁ P ₁ K ₁	4,93	2,61	1,96	1,42	1,40
N ₂ P ₂ K ₂	5,76	2,77	1,98	1,43	1,37
N ₃ P ₃ K ₃	5,87	2,86	2,00	1,49	1,41
Навоз+НРК	5,70	3,06	2,08	1,51	1,46
Расчетный	5,80	2,98	2,06	1,50	1,41

Накопление общего азота в биомассе озимой пшеницы (2-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	23,5	43,9	68,6	77,3	79,3
N ₁ P ₁ K ₁	37,0	62,5	102,4	113,5	117,8
N ₂ P ₂ K ₂	62,3	106,3	172,2	187,5	199,9
N ₃ P ₃ K ₃	62,3	115,8	190,1	209,3	219,9
Навоз+НРК	56,5	102,7	166,0	182,9	190,8
Расчетный	57,6	110,0	175,3	194,8	202,7
2002 г.					
Контроль	27,0	43,1	63,5	73,0	75,1
N ₁ P ₁ K ₁	36,9	56,6	89,4	102,9	103,8
N ₂ P ₂ K ₂	63,8	100,5	150,6	168,1	175,5
N ₃ P ₃ K ₃	62,5	99,2	161,4	178,7	190,5
Навоз+НРК	65,1	108,6	161,8	180,8	187,2
Расчетный	64,2	99,5	158,8	179,5	188,8
2007 г.					
Контроль	25,7	38,9	62,2	67,5	68,6
N ₁ P ₁ K ₁	35,3	53,1	83,9	90,8	93,3
N ₂ P ₂ K ₂	56,0	88,7	141,4	153,8	157,5
N ₃ P ₃ K ₃	60,1	93,3	149,0	163,5	166,3
Навоз+НРК	49,9	92,5	145,8	164,2	164,3
Расчетный	60,1	91,4	145,2	159,8	163,7
2013 г.					
Контроль	25,4	44,9	72,3	80,7	84,1
N ₁ P ₁ K ₁	37,0	64,7	104,3	115,9	122,6
N ₂ P ₂ K ₂	61,6	102,5	171,1	188,8	197,8
N ₃ P ₃ K ₃	60,5	110,4	177,0	199,1	207,1
Навоз+НРК	65,6	110,5	178,0	194,6	205,4
Расчетный	68,4	118,6	190,6	212,7	220,2

Содержание общего фосфора в растениях озимой пшеницы (2-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	0,62	0,60	0,55	0,51	0,50
N ₁ P ₁ K ₁	0,67	0,63	0,57	0,53	0,52
N ₂ P ₂ K ₂	0,72	0,72	0,65	0,59	0,58
N ₃ P ₃ K ₃	0,77	0,77	0,70	0,65	0,63
Навоз+НРК	0,74	0,70	0,65	0,59	0,58
Расчетный	0,78	0,73	0,71	0,66	0,64
2002 г.					
Контроль	0,55	0,54	0,50	0,49	0,48
N ₁ P ₁ K ₁	0,59	0,57	0,52	0,50	0,48
N ₂ P ₂ K ₂	0,66	0,65	0,60	0,57	0,54
N ₃ P ₃ K ₃	0,79	0,78	0,69	0,65	0,60
Навоз+НРК	0,67	0,66	0,59	0,56	0,54
Расчетный	0,73	0,69	0,63	0,51	0,60
2007 г.					
Контроль	0,80	0,53	0,49	0,47	0,46
N ₁ P ₁ K ₁	0,91	0,63	0,60	0,57	0,54
N ₂ P ₂ K ₂	1,22	0,68	0,66	0,64	0,60
N ₃ P ₃ K ₃	1,24	0,75	0,70	0,65	0,62
Навоз+НРК	1,26	0,70	0,67	0,63	0,59
Расчетный	1,23	0,74	0,65	0,64	0,62
2013 г.					
Контроль	0,73	0,48	0,46	0,45	0,44
N ₁ P ₁ K ₁	0,99	0,62	0,55	0,53	0,52
N ₂ P ₂ K ₂	1,25	0,72	0,61	0,59	0,57
N ₃ P ₃ K ₃	1,28	0,73	0,61	0,59	0,57
Навоз+НРК	1,19	0,75	0,63	0,61	0,59
Расчетный	1,24	0,77	0,65	0,61	0,58

Накопление общего фосфора в биомассе озимой пшеницы (2-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	3,8	10,2	22,8	27,9	32,3
N ₁ P ₁ K ₁	5,3	14,4	33,0	40,7	47,5
N ₂ P ₂ K ₂	8,1	23,8	53,5	65,8	78,4
N ₃ P ₃ K ₃	9,0	25,0	59,3	72,7	87,1
Навоз+НРК	8,0	22,1	53,6	66,6	77,4
Расчетный	8,9	23,3	57,6	68,4	82,1
2002 г.					
Контроль	3,6	8,9	19,3	24,5	27,9
N ₁ P ₁ K ₁	5,0	12,7	27,5	34,8	40,2
N ₂ P ₂ K ₂	8,4	20,8	45,4	58,4	65,8
N ₃ P ₃ K ₃	8,8	22,6	49,3	62,5	71,9
Навоз+НРК	8,8	21,9	46,8	59,9	68,3
Расчетный	8,9	21,2	46,3	50,0	70,8
2007 г.					
Контроль	5,4	9,1	19,6	24,0	27,6
N ₁ P ₁ K ₁	7,2	11,5	26,2	32,5	37,6
N ₂ P ₂ K ₂	12,4	18,6	43,8	54,1	63,0
N ₃ P ₃ K ₃	13,5	20,0	47,2	57,1	67,7
Навоз+НРК	11,5	19,5	46,3	56,8	65,5
Расчетный	13,7	20,8	43,3	56,5	65,8
2013 г.					
Контроль	5,1	10,5	20,7	29,5	30,8
N ₁ P ₁ K ₁	7,4	15,4	29,3	43,2	45,6
N ₂ P ₂ K ₂	13,4	26,6	52,7	77,9	82,0
N ₃ P ₃ K ₃	13,2	28,2	54,0	78,8	83,0
Навоз+НРК	13,7	27,1	53,9	78,6	83,0
Расчетный	14,6	30,6	60,1	86,5	90,6

Содержание общего калия в растениях озимой пшеницы (2-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	2,51	2,38	1,46	1,09	0,85
N ₁ P ₁ K ₁	2,88	2,65	1,57	1,16	0,91
N ₂ P ₂ K ₂	3,45	3,31	1,97	1,44	1,12
N ₃ P ₃ K ₃	4,01	3,95	2,32	1,74	1,32
Навоз+NPK	3,61	3,57	1,98	1,43	1,13
Расчетный	3,82	3,93	2,21	1,71	1,30
2002 г.					
Контроль	2,09	1,97	1,26	0,96	0,77
N ₁ P ₁ K ₁	2,32	2,17	1,41	1,05	0,81
N ₂ P ₂ K ₂	2,99	2,70	1,78	1,29	1,00
N ₃ P ₃ K ₃	3,57	3,27	2,14	1,56	1,13
Навоз+NPK	3,07	2,75	1,81	1,31	1,02
Расчетный	3,61	3,25	2,15	1,59	1,23
2007 г.					
Контроль	2,33	2,18	1,39	1,08	0,85
N ₁ P ₁ K ₁	2,42	2,30	1,48	1,12	0,86
N ₂ P ₂ K ₂	2,81	2,78	1,78	1,37	1,03
N ₃ P ₃ K ₃	3,35	2,89	2,12	1,60	1,16
Навоз+NPK	3,54	3,31	1,95	1,48	1,10
Расчетный	3,33	3,00	2,06	1,53	1,18
2013 г.					
Контроль	2,36	2,1	1,42	0,96	0,82
N ₁ P ₁ K ₁	2,71	2,31	1,51	0,97	0,83
N ₂ P ₂ K ₂	4,17	3,28	2,05	1,32	1,10
N ₃ P ₃ K ₃	4,77	3,74	2,35	1,51	1,24
Навоз+NPK	4,1	3,57	2,08	1,35	1,12
Расчетный	4,23	3,64	2,21	1,42	1,18

Накопление общего калия в биомассе озимой пшеницы (2-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	15,3	40,9	60,3	59,7	54,8
N ₁ P ₁ K ₁	22,8	60,7	90,3	89,0	83,1
N ₂ P ₂ K ₂	38,6	108,9	162,3	160,7	151,3
N ₃ P ₃ K ₃	47,3	129,2	196,0	194,7	182,6
Навоз+НРК	39,0	112,5	163,5	161,4	150,7
Расчетный	43,5	124,6	178,6	177,2	166,8
2002 г.					
Контроль	13,6	32,5	48,5	48,0	44,8
N ₁ P ₁ K ₁	19,7	48,2	74,6	73,0	67,8
N ₂ P ₂ K ₂	38,0	86,7	134,7	132,2	121,9
N ₃ P ₃ K ₃	39,6	95,2	152,8	149,9	135,4
Навоз+НРК	39,9	91,3	143,5	140,2	129,0
Расчетный	44,0	99,5	158,0	156,0	145,1
2007 г.					
Контроль	15,8	37,5	55,5	55,2	51,6
N ₁ P ₁ K ₁	19,1	42,1	64,7	64,0	59,4
N ₂ P ₂ K ₂	28,7	75,9	118,2	115,8	108,2
N ₃ P ₃ K ₃	36,5	77,5	142,9	140,6	127,7
Навоз+НРК	32,2	91,7	134,7	133,5	122,1
Расчетный	37,0	84,6	137,2	135,1	126,3
2013 г.					
Контроль	16,5	45,8	63,8	63,0	58,0
N ₁ P ₁ K ₁	20,3	57,3	80,3	79,2	72,7
N ₂ P ₂ K ₂	44,6	121,4	177,1	174,2	158,8
N ₃ P ₃ K ₃	49,1	144,4	208,0	201,7	182,2
Навоз+НРК	47,2	128,9	178,0	174,0	157,6
Расчетный	49,9	144,9	204,4	201,4	184,3

Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе озимой пшеницы (2-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1995 г.					
Контроль	6,3 : 1 : 4,1	4,3 : 1 : 4,0	3,0 : 1 : 2,6	2,8 : 1 : 2,1	2,5 : 1 : 1,7
N ₁ P ₁ K ₁	7,0 : 1 : 4,3	4,4 : 1 : 4,2	3,1 : 1 : 2,7	2,8 : 1 : 2,2	2,5 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	7,7 : 1 : 4,8	4,5 : 1 : 4,6	3,2 : 1 : 3,0	2,8 : 1 : 2,4	2,6 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	6,9 : 1 : 5,2	4,6 : 1 : 5,2	3,2 : 1 : 3,3	2,9 : 1 : 2,7	2,5 : 1 : 2,1
Навоз+NPK	7,0 : 1 : 4,8	4,6 : 1 : 5,1	3,1 : 1 : 3,1	2,7 : 1 : 2,4	2,5 : 1 : 1,9
Расчетный	6,5 : 1 : 4,9	4,7 : 1 : 5,4	3,0 : 1 : 3,1	2,8 : 1 : 2,6	2,5 : 1 : 2,0
2002 г.					
Контроль	7,6 : 1 : 3,8	4,8 : 1 : 3,6	3,3 : 1 : 2,5	3,0 : 1 : 2,0	2,7 : 1 : 1,6
N ₁ P ₁ K ₁	7,4 : 1 : 3,9	4,4 : 1 : 3,8	3,3 : 1 : 2,7	3,0 : 1 : 2,1	2,6 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₂	7,6 : 1 : 4,5	4,8 : 1 : 4,2	3,3 : 1 : 3,0	2,9 : 1 : 2,3	2,7 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	7,1 : 1 : 4,5	4,4 : 1 : 4,2	3,3 : 1 : 3,1	2,9 : 1 : 2,4	2,7 : 1 : 1,9
Навоз+NPK	7,4 : 1 : 4,6	5,0 : 1 : 4,2	3,5 : 1 : 3,1	3,0 : 1 : 2,3	2,7 : 1 : 1,9
Расчетный	7,2 : 1 : 5,0	4,7 : 1 : 4,7	3,4 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,1	2,7 : 1 : 2,1
2007 г.					
Контроль	4,7 : 1 : 2,9	4,3 : 1 : 4,1	3,2 : 1 : 2,8	2,8 : 1 : 2,3	2,5 : 1 : 1,9
N ₁ P ₁ K ₁	4,9 : 1 : 2,7	4,6 : 1 : 3,7	3,2 : 1 : 2,5	2,8 : 1 : 2,0	2,5 : 1 : 1,6
N ₂ P ₂ K ₂	4,5 : 1 : 2,3	4,8 : 1 : 4,1	3,2 : 1 : 2,7	2,8 : 1 : 2,1	2,5 : 1 : 1,7
N ₃ P ₃ K ₃	4,4 : 1 : 2,7	4,7 : 1 : 3,9	3,2 : 1 : 3,0	2,9 : 1 : 2,5	2,5 : 1 : 1,9
Навоз+NPK	4,3 : 1 : 2,8	4,7 : 1 : 4,7	3,1 : 1 : 2,9	2,9 : 1 : 2,3	2,5 : 1 : 1,9
Расчетный	4,4 : 1 : 2,7	4,4 : 1 : 4,1	3,4 : 1 : 3,2	2,8 : 1 : 2,4	2,5 : 1 : 1,9
2013 г.					
Контроль	5,0 : 1 : 3,2	4,3 : 1 : 4,4	3,5 : 1 : 3,1	2,7 : 1 : 2,1	2,7 : 1 : 1,9
N ₁ P ₁ K ₁	5,0 : 1 : 2,7	4,2 : 1 : 3,7	3,6 : 1 : 2,7	2,7 : 1 : 1,8	2,7 : 1 : 1,6
N ₂ P ₂ K ₂	4,6 : 1 : 3,3	3,8 : 1 : 4,6	3,2 : 1 : 3,4	2,4 : 1 : 2,2	2,4 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	4,6 : 1 : 3,7	3,9 : 1 : 5,1	3,3 : 1 : 3,9	2,5 : 1 : 2,6	2,5 : 1 : 2,2
Навоз+NPK	4,8 : 1 : 3,4	4,1 : 1 : 4,8	3,3 : 1 : 3,3	2,5 : 1 : 2,2	2,5 : 1 : 1,9
Расчетный	4,7 : 1 : 3,4	3,9 : 1 : 4,7	3,2 : 1 : 3,4	2,5 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 2,0

Содержание общего азота в растениях кукурузы на зерно
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	3,81	3,32	2,04	1,10	1,05
N ₁ P ₁ K ₁	4,12	3,71	2,12	1,18	1,09
N ₂ P ₂ K ₂	4,25	3,82	2,28	1,24	1,12
N ₃ P ₃ K ₃	4,40	3,98	2,34	1,36	1,22
Навоз+НРК	4,31	3,88	2,30	1,22	1,11
Расчетный	4,38	4,01	2,37	1,34	1,23
2003 г.					
Контроль	3,29	2,35	1,63	1,21	1,13
N ₁ P ₁ K ₁	4,72	2,39	1,87	1,37	1,31
N ₂ P ₂ K ₂	5,15	2,53	2,16	1,52	1,42
N ₃ P ₃ K ₃	5,41	2,51	2,03	1,48	1,32
Навоз+НРК	4,67	2,52	1,98	1,41	1,31
Расчетный	5,56	2,84	2,18	1,62	1,52
2008 г.					
Контроль	3,33	1,91	1,75	1,18	1,12
N ₁ P ₁ K ₁	4,63	2,30	2,21	1,27	1,23
N ₂ P ₂ K ₂	4,99	2,93	2,41	1,40	1,37
N ₃ P ₃ K ₃	5,14	2,94	2,38	1,38	1,30
Навоз+НРК	4,98	3,22	2,18	1,35	1,31
Расчетный	4,92	3,25	2,47	1,50	1,46
2014 г.					
Контроль	3,60	3,34	1,62	0,95	0,91
N ₁ P ₁ K ₁	4,15	3,73	1,91	1,11	1,05
N ₂ P ₂ K ₂	4,30	3,87	2,09	1,16	1,11
N ₃ P ₃ K ₃	4,43	4,00	2,33	1,32	1,20
Навоз+НРК	4,42	3,98	2,12	1,23	1,12
Расчетный	4,41	4,03	2,32	1,36	1,29

Накопление общего азота в биомассе кукурузы на зерно
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	1,91	6,0	53,9	75,2	88,4
N ₁ P ₁ K ₁	3,30	8,9	72,7	98,6	112,7
N ₂ P ₂ K ₂	4,68	9,9	99,9	132,6	152,5
N ₃ P ₃ K ₃	7,04	11,5	119,3	162,2	190,0
Навоз+NPK	6,03	10,5	105,6	134,0	157,4
Расчетный	7,45	12,4	122,8	169,2	196,1
2003 г.					
Контроль	2,3	4,5	50,9	71,1	80,5
N ₁ P ₁ K ₁	5,2	6,5	74,8	103,4	119,3
N ₂ P ₂ K ₂	6,7	9,1	107,6	145,5	169,3
N ₃ P ₃ K ₃	9,2	11,0	122,4	164,6	184,9
Навоз+NPK	7,0	9,3	104,7	141,7	163,2
Расчетный	10,0	11,1	122,5	169,6	194,9
2008 г.					
Контроль	2,7	4,0	49,9	66,9	77,1
N ₁ P ₁ K ₁	4,6	5,8	74,3	98,3	116,1
N ₂ P ₂ K ₂	6,5	8,2	107,2	138,9	169,2
N ₃ P ₃ K ₃	7,7	9,1	118,0	156,9	185,5
Навоз+NPK	7,0	8,7	113,6	146,3	177,6
Расчетный	7,9	9,8	124,5	165,6	198,0
2014 г.					
Контроль	2,88	6,4	50,7	68,8	78,8
N ₁ P ₁ K ₁	4,15	8,2	67,6	91,8	105,3
N ₂ P ₂ K ₂	5,16	11,6	94,7	126,6	148,3
N ₃ P ₃ K ₃	7,09	13,6	123,0	162,4	186,7
Навоз+NPK	5,75	12,7	104,9	141,0	161,2
Расчетный	7,50	12,1	115,1	153,8	176,7

Содержание общего фосфора в растениях кукурузы на зерно
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	0,96	0,89	0,79	0,47	0,46
N ₁ P ₁ K ₁	0,98	0,94	0,80	0,50	0,49
N ₂ P ₂ K ₂	1,01	0,96	0,82	0,54	0,51
N ₃ P ₃ K ₃	1,10	0,99	0,85	0,57	0,53
Навоз+NPK	1,03	0,95	0,83	0,53	0,50
Расчетный	1,08	0,98	0,88	0,56	0,54
2003 г.					
Контроль	1,00	0,76	0,63	0,54	0,52
N ₁ P ₁ K ₁	1,21	0,82	0,68	0,58	0,56
N ₂ P ₂ K ₂	1,31	0,85	0,70	0,59	0,55
N ₃ P ₃ K ₃	1,27	0,90	0,76	0,68	0,63
Навоз+NPK	1,27	0,85	0,70	0,59	0,57
Расчетный	1,17	0,88	0,79	0,73	0,70
2008 г.					
Контроль	1,03	0,71	0,64	0,52	0,51
N ₁ P ₁ K ₁	1,16	0,86	0,79	0,56	0,54
N ₂ P ₂ K ₂	1,20	0,98	0,85	0,63	0,60
N ₃ P ₃ K ₃	1,22	1,06	0,88	0,64	0,60
Навоз+NPK	1,21	1,01	0,74	0,58	0,55
Расчетный	1,24	1,11	0,91	0,69	0,67
2014 г.					
Контроль	1,14	1,00	0,76	0,40	0,38
N ₁ P ₁ K ₁	1,23	1,14	0,91	0,47	0,44
N ₂ P ₂ K ₂	1,29	1,18	1,01	0,50	0,47
N ₃ P ₃ K ₃	1,35	1,25	1,05	0,55	0,50
Навоз+NPK	1,30	1,17	0,94	0,49	0,45
Расчетный	1,23	1,22	1,05	0,58	0,52

Накопление общего фосфора в биомассе кукурузы на зерно
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	0,48	1,60	20,9	32,1	38,7
N ₁ P ₁ K ₁	0,78	2,26	27,4	41,8	50,1
N ₂ P ₂ K ₂	1,11	2,50	35,9	57,7	69,5
N ₃ P ₃ K ₃	1,76	2,87	43,4	68,0	82,5
Навоз+NPK	1,44	2,57	38,1	58,2	70,9
Расчетный	1,84	3,04	45,6	70,7	86,1
2003 г.					
Контроль	0,70	1,44	19,7	31,8	36,7
N ₁ P ₁ K ₁	1,33	2,21	27,2	43,8	51,0
N ₂ P ₂ K ₂	1,70	3,06	34,9	56,5	65,6
N ₃ P ₃ K ₃	2,16	3,96	45,8	75,6	88,3
Навоз+NPK	1,91	3,15	37,0	59,3	70,4
Расчетный	2,11	3,43	44,4	76,4	89,7
2008 г.					
Контроль	0,82	1,50	18,2	29,5	34,7
N ₁ P ₁ K ₁	1,16	2,15	26,5	43,3	51,0
N ₂ P ₂ K ₂	1,56	2,73	37,8	62,5	74,1
N ₃ P ₃ K ₃	1,83	3,29	43,6	72,8	85,6
Навоз+NPK	1,69	2,73	38,6	62,9	74,6
Расчетный	1,98	3,33	45,9	76,2	90,9
2014 г.					
Контроль	0,91	1,90	23,8	29,0	32,9
N ₁ P ₁ K ₁	1,23	2,51	32,2	38,9	44,1
N ₂ P ₂ K ₂	1,55	3,54	45,8	54,6	62,8
N ₃ P ₃ K ₃	2,16	4,25	55,4	67,7	77,8
Навоз+NPK	1,69	3,74	46,5	56,2	64,8
Расчетный	2,09	3,66	52,1	65,6	71,2

Содержание общего калия в растениях кукурузы на зерно
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	4,36	3,86	2,76	1,50	1,19
N ₁ P ₁ K ₁	4,39	3,88	2,82	1,62	1,27
N ₂ P ₂ K ₂	4,41	4,51	3,00	1,75	1,33
N ₃ P ₃ K ₃	4,41	4,60	3,06	1,77	1,29
Навоз+НРК	4,40	4,54	3,02	1,72	1,28
Расчетный	4,42	4,61	3,09	1,75	1,36
2003 г.					
Контроль	3,07	2,34	1,69	1,05	0,75
N ₁ P ₁ K ₁	3,09	2,50	2,03	1,27	0,89
N ₂ P ₂ K ₂	3,21	2,72	2,38	1,48	1,00
N ₃ P ₃ K ₃	3,26	2,84	2,52	1,66	1,09
Навоз+НРК	3,17	2,68	2,29	1,42	0,95
Расчетный	3,02	2,72	2,36	1,44	0,97
2008 г.					
Контроль	3,11	2,73	1,93	1,16	0,89
N ₁ P ₁ K ₁	3,72	3,31	2,54	1,33	1,01
N ₂ P ₂ K ₂	3,81	4,06	2,68	1,46	1,09
N ₃ P ₃ K ₃	4,34	4,41	2,98	1,61	1,18
Навоз+НРК	4,11	4,35	2,57	1,53	1,13
Расчетный	4,06	4,42	2,59	1,42	1,10
2014 г.					
Контроль	3,80	3,96	2,55	1,28	1,00
N ₁ P ₁ K ₁	3,82	4,18	2,62	1,32	1,01
N ₂ P ₂ K ₂	4,26	4,50	3,23	1,60	1,20
N ₃ P ₃ K ₃	4,61	4,60	3,32	1,69	1,22
Навоз+НРК	4,38	4,54	3,01	1,52	1,13
Расчетный	4,18	4,60	3,02	1,55	1,15

Накопление общего калия в биомассе кукурузы на зерно
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	2,18	6,9	72,9	102,6	100,2
N ₁ P ₁ K ₁	3,51	9,3	96,7	135,4	131,3
N ₂ P ₂ K ₂	4,85	11,7	131,4	187,1	181,1
N ₃ P ₃ K ₃	7,06	13,3	156,1	211,2	200,9
Навоз+NPK	6,16	12,3	138,6	188,9	181,5
Расчетный	7,51	14,3	160,1	221,0	216,8
2003 г.					
Контроль	2,15	4,4	52,7	61,7	53,4
N ₁ P ₁ K ₁	3,40	6,8	81,2	95,9	81,1
N ₂ P ₂ K ₂	4,17	9,8	118,5	141,6	119,2
N ₃ P ₃ K ₃	5,54	12,5	152,0	184,6	152,7
Навоз+NPK	4,76	9,9	121,1	142,7	118,4
Расчетный	5,44	10,6	132,6	150,8	124,4
2008 г.					
Контроль	2,49	5,7	55,0	65,8	61,2
N ₁ P ₁ K ₁	3,72	8,3	85,3	102,9	95,3
N ₂ P ₂ K ₂	4,95	11,4	119,3	144,8	134,6
N ₃ P ₃ K ₃	6,51	13,7	147,8	183,1	168,4
Навоз+NPK	5,75	11,7	133,9	165,9	153,2
Расчетный	6,50	13,3	130,5	156,8	149,2
2014 г.					
Контроль	3,04	7,5	79,8	92,7	86,6
N ₁ P ₁ K ₁	3,82	9,2	92,7	109,2	101,3
N ₂ P ₂ K ₂	5,11	13,5	146,3	174,6	160,3
N ₃ P ₃ K ₃	7,38	15,6	175,3	207,9	189,8
Навоз+NPK	5,69	14,5	149,0	174,2	162,6
Расчетный	7,11	13,8	149,8	175,3	157,6

Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе кукурузы на зерно
по фазам вегетации в зависимости от удобрений

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
1996 г.					
Контроль	4,0 : 1 : 4,5	3,7 : 1 : 4,3	2,6 : 1 : 3,5	2,3 : 1 : 3,2	2,3 : 1 : 2,6
N ₁ P ₁ K ₁	4,2 : 1 : 4,5	3,9 : 1 : 4,1	2,7 : 1 : 3,5	2,4 : 1 : 3,2	2,2 : 1 : 2,6
N ₂ P ₂ K ₂	4,2 : 1 : 4,4	4,0 : 1 : 4,7	2,8 : 1 : 3,7	2,3 : 1 : 3,2	2,2 : 1 : 2,6
N ₃ P ₃ K ₃	4,0 : 1 : 4,0	4,0 : 1 : 4,6	2,8 : 1 : 3,6	2,4 : 1 : 3,1	2,3 : 1 : 2,4
Навоз+NPK	4,2 : 1 : 4,3	4,1 : 1 : 4,8	2,8 : 1 : 3,6	2,3 : 1 : 3,2	2,2 : 1 : 2,6
Расчетный	4,1 : 1 : 4,1	4,1 : 1 : 4,7	2,7 : 1 : 3,5	2,4 : 1 : 3,1	2,3 : 1 : 2,5
2003 г.					
Контроль	3,3 : 1 : 3,1	3,1 : 1 : 3,1	2,6 : 1 : 2,7	2,2 : 1 : 1,9	2,2 : 1 : 1,5
N ₁ P ₁ K ₁	3,9 : 1 : 2,6	2,9 : 1 : 3,0	2,8 : 1 : 3,0	2,4 : 1 : 2,2	2,3 : 1 : 1,6
N ₂ P ₂ K ₂	3,9 : 1 : 2,5	3,0 : 1 : 3,2	3,1 : 1 : 3,4	2,6 : 1 : 2,5	2,6 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₃	4,3 : 1 : 2,6	2,8 : 1 : 3,2	2,7 : 1 : 3,3	2,2 : 1 : 2,4	2,1 : 1 : 1,7
Навоз+NPK	3,7 : 1 : 2,5	3,0 : 1 : 3,2	2,8 : 1 : 3,3	2,4 : 1 : 2,4	2,3 : 1 : 1,7
Расчетный	4,8 : 1 : 2,6	3,2 : 1 : 3,1	2,8 : 1 : 3,0	2,2 : 1 : 2,0	2,2 : 1 : 1,4
2008 г.					
Контроль	3,2 : 1 : 3,0	2,7 : 1 : 3,8	2,7 : 1 : 3,0	2,3 : 1 : 2,2	2,2 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	4,0 : 1 : 3,2	2,7 : 1 : 3,8	2,8 : 1 : 3,2	2,3 : 1 : 2,4	2,3 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₂	4,2 : 1 : 3,2	3,0 : 1 : 4,2	2,8 : 1 : 3,2	2,2 : 1 : 2,3	2,3 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₃	4,2 : 1 : 3,6	2,8 : 1 : 4,2	2,7 : 1 : 3,4	2,2 : 1 : 2,5	2,2 : 1 : 2,0
Навоз+NPK	4,1 : 1 : 3,4	3,2 : 1 : 4,3	2,9 : 1 : 3,5	2,3 : 1 : 2,6	2,4 : 1 : 2,1
Расчетный	4,0 : 1 : 3,3	2,9 : 1 : 4,0	2,7 : 1 : 2,8	2,2 : 1 : 2,1	2,2 : 1 : 1,6
2014 г.					
Контроль	3,2 : 1 : 3,3	3,3 : 1 : 4,0	2,1 : 1 : 3,4	2,4 : 1 : 3,2	2,4 : 1 : 2,6
N ₁ P ₁ K ₁	3,4 : 1 : 3,1	3,3 : 1 : 3,7	2,1 : 1 : 2,9	2,4 : 1 : 2,8	2,4 : 1 : 2,3
N ₂ P ₂ K ₂	3,3 : 1 : 3,3	3,3 : 1 : 3,8	2,1 : 1 : 3,2	2,3 : 1 : 3,2	2,4 : 1 : 2,6
N ₃ P ₃ K ₃	3,3 : 1 : 3,4	3,2 : 1 : 3,7	2,2 : 1 : 3,2	2,4 : 1 : 3,1	2,4 : 1 : 2,4
Навоз+NPK	3,4 : 1 : 3,4	3,4 : 1 : 3,9	2,3 : 1 : 3,2	2,5 : 1 : 3,1	2,5 : 1 : 2,5
Расчетный	3,6 : 1 : 3,4	3,3 : 1 : 3,8	2,2 : 1 : 2,9	2,3 : 1 : 2,7	2,5 : 1 : 2,2

Содержание общего азота в растениях суданской травы и кукурузы на силос (4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	3,24	3,06	1,45	1,36	1,41
N ₁ P ₁ K ₁	3,56	3,26	1,49	1,39	1,44
N ₂ P ₂ K ₂	4,29	3,59	1,61	1,40	1,52
N ₃ P ₃ K ₃	5,26	4,16	1,82	1,55	1,79
Навоз+НРК	4,38	3,58	1,64	1,44	1,60
Расчетный	5,21	4,18	1,82	1,57	1,80
2004 г.					
Контроль	3,21	3,04	1,72	1,66	1,69
N ₁ P ₁ K ₁	3,54	3,32	1,75	1,71	1,73
N ₂ P ₂ K ₂	4,16	3,58	1,85	1,70	1,82
N ₃ P ₃ K ₃	4,73	3,96	1,94	1,77	1,90
Навоз+НРК	4,20	3,72	1,91	1,72	1,89
Расчетный	4,74	3,98	1,94	1,77	1,93

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	3,46	3,13	1,57	1,14	1,12
N ₁ P ₁ K ₁	4,59	3,55	1,84	1,35	1,31
N ₂ P ₂ K ₂	5,30	4,06	2,11	1,55	1,51
N ₃ P ₃ K ₃	5,52	4,15	2,17	1,56	1,51
Навоз+НРК	5,05	4,00	2,08	1,54	1,49
Расчетный	5,48	4,08	2,04	1,49	1,43
2015 г.					
Контроль	3,22	2,23	1,19	0,98	0,90
N ₁ P ₁ K ₁	3,55	3,27	1,68	1,38	1,27
N ₂ P ₂ K ₂	3,69	3,62	1,91	1,54	1,45
N ₃ P ₃ K ₃	4,13	3,59	1,94	1,56	1,44
Навоз+НРК	3,62	3,41	1,87	1,52	1,41
Расчетный	4,12	3,67	1,92	1,54	1,40

Накопление общего азота в биомассе суданской травы и кукурузы на силос
(4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущеника	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	4,5	12,5	18,4	17,4	20,2
N ₁ P ₁ K ₁	6,1	16,3	23,1	24,5	26,5
N ₂ P ₂ K ₂	7,7	19,7	27,7	31,8	35,6
N ₃ P ₃ K ₃	12,6	30,4	42,2	44,6	50,5
Навоз+NPK	9,6	24,7	34,9	38,3	40,6
Расчетный	14,1	32,2	45,0	50,4	56,7
2004 г.					
Контроль	4,8	13,1	21,0	25,1	25,2
N ₁ P ₁ K ₁	6,7	18,3	29,1	35,4	33,2
N ₂ P ₂ K ₂	9,2	22,6	35,5	42,8	43,3
N ₃ P ₃ K ₃	13,2	32,5	49,3	57,0	57,4
Навоз+NPK	11,3	29,4	46,8	56,9	55,9
Расчетный	13,7	34,2	51,8	60,2	61,2

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	2,8	4,1	57,1	80,6	84,3
N ₁ P ₁ K ₁	5,0	5,7	81,7	116,6	122,0
N ₂ P ₂ K ₂	6,9	7,7	118,2	166,5	176,5
N ₃ P ₃ K ₃	8,8	10,0	146,5	206,9	219,9
Навоз+NPK	6,6	8,0	119,4	167,2	176,9
Расчетный	9,3	11,4	163,6	228,4	241,2
2015 г.					
Контроль	2,6	3,6	38,7	55,2	61,8
N ₁ P ₁ K ₁	3,6	6,5	71,2	99,9	114,9
N ₂ P ₂ K ₂	4,8	9,4	105,6	147,1	173,3
N ₃ P ₃ K ₃	6,6	10,8	131,0	184,5	215,9
Навоз+NPK	4,3	8,9	104,3	145,9	170,3
Расчетный	7,0	11,0	136,3	186,6	216,3

Содержание общего фосфора в растениях суданской травы и кукурузы на силос (4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений,
% к сухому веществу

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	0,74	0,69	0,26	0,24	0,25
N ₁ P ₁ K ₁	0,75	0,72	0,27	0,25	0,26
N ₂ P ₂ K ₂	0,81	0,74	0,28	0,25	0,27
N ₃ P ₃ K ₃	0,83	0,77	0,29	0,26	0,29
Навоз+НРК	0,81	0,73	0,28	0,25	0,28
Расчетный	0,84	0,81	0,30	0,26	0,28
2004 г.					
Контроль	0,70	0,65	0,27	0,24	0,27
N ₁ P ₁ K ₁	0,77	0,71	0,28	0,24	0,27
N ₂ P ₂ K ₂	0,82	0,77	0,30	0,26	0,29
N ₃ P ₃ K ₃	0,88	0,83	0,32	0,27	0,31
Навоз+НРК	0,84	0,78	0,30	0,27	0,30
Расчетный	0,89	0,82	0,31	0,27	0,31

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	1,19	0,91	0,64	0,42	0,41
N ₁ P ₁ K ₁	1,21	0,94	0,67	0,44	0,43
N ₂ P ₂ K ₂	1,31	1,11	0,81	0,54	0,53
N ₃ P ₃ K ₃	1,30	1,12	0,83	0,53	0,52
Навоз+НРК	1,30	1,07	0,82	0,54	0,53
Расчетный	1,26	1,06	0,76	0,49	0,48
2015 г.					
Контроль	1,02	0,82	0,48	0,35	0,31
N ₁ P ₁ K ₁	1,13	0,93	0,64	0,48	0,41
N ₂ P ₂ K ₂	1,20	0,99	0,66	0,50	0,43
N ₃ P ₃ K ₃	1,39	1,05	0,66	0,48	0,41
Навоз+НРК	1,28	0,96	0,63	0,47	0,40
Расчетный	1,35	1,08	0,62	0,46	0,39

Накопление общего фосфора в биомассе суданской травы и кукурузы на силос (4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущеника	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	1,04	2,83	3,30	3,07	3,58
N ₁ P ₁ K ₁	1,28	3,60	4,19	4,40	4,78
N ₂ P ₂ K ₂	1,46	4,07	4,82	5,68	6,32
N ₃ P ₃ K ₃	1,99	5,62	6,73	7,49	8,18
Навоз+НРК	1,78	5,04	5,96	6,65	7,11
Расчетный	2,27	6,24	7,41	8,35	8,82
2004 г.					
Контроль	1,05	2,80	3,29	3,62	4,02
N ₁ P ₁ K ₁	1,46	3,91	4,65	4,97	5,18
N ₂ P ₂ K ₂	1,80	4,85	5,76	6,55	6,90
N ₃ P ₃ K ₃	2,46	6,81	8,13	8,69	9,36
Навоз+НРК	2,27	6,16	7,35	8,94	8,88
Расчетный	2,58	7,05	8,28	9,18	9,83

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	0,95	1,18	23,3	29,7	31,0
N ₁ P ₁ K ₁	1,33	1,50	29,7	38,0	40,0
N ₂ P ₂ K ₂	1,71	2,11	45,4	58,0	62,0
N ₃ P ₃ K ₃	2,08	2,69	56,0	70,3	76,0
Навоз+НРК	1,69	2,14	47,1	58,6	63,0
Расчетный	2,14	2,97	61,0	75,1	81,0
2015 г.					
Контроль	0,82	1,31	15,6	19,7	21,0
N ₁ P ₁ K ₁	1,13	1,86	27,1	34,8	37,0
N ₂ P ₂ K ₂	1,56	2,57	36,5	47,8	51,0
N ₃ P ₃ K ₃	2,22	3,15	44,6	56,8	61,0
Навоз+НРК	1,54	2,50	35,2	45,1	48,0
Расчетный	2,30	3,24	44,0	55,8	60,0

Содержание общего калия в растениях суданской травы и кукурузы на силос (4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	4,77	3,36	1,35	1,27	1,33
N ₁ P ₁ K ₁	4,79	3,43	1,40	1,31	1,35
N ₂ P ₂ K ₂	5,34	3,62	1,49	1,44	1,47
N ₃ P ₃ K ₃	5,59	3,81	1,55	1,49	1,49
Навоз+НРК	5,38	3,64	1,51	1,47	1,49
Расчетный	5,52	3,94	1,58	1,51	1,58
2004 г.					
Контроль	4,93	3,45	1,49	1,40	1,49
N ₁ P ₁ K ₁	5,54	3,82	1,58	1,49	1,53
N ₂ P ₂ K ₂	6,11	4,22	1,73	1,49	1,71
N ₃ P ₃ K ₃	6,35	4,38	1,78	1,53	1,75
Навоз+НРК	6,19	4,27	1,75	1,53	1,71
Расчетный	6,48	4,43	1,80	1,55	1,78

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	3,23	2,65	1,99	1,22	1,09
N ₁ P ₁ K ₁	3,56	3,04	2,34	1,45	1,25
N ₂ P ₂ K ₂	3,67	3,55	2,85	1,81	1,55
N ₃ P ₃ K ₃	3,97	3,79	2,73	1,61	1,39
Навоз+НРК	3,81	3,68	2,64	1,69	1,47
Расчетный	3,70	3,73	2,39	1,45	1,24
2015 г.					
Контроль	2,55	2,12	1,85	1,26	0,98
N ₁ P ₁ K ₁	3,68	3,19	2,70	1,89	1,44
N ₂ P ₂ K ₂	4,18	3,36	2,91	2,02	1,51
N ₃ P ₃ K ₃	3,91	3,02	2,41	1,59	1,18
Навоз+НРК	4,20	3,14	2,58	1,76	1,30
Расчетный	3,86	3,10	2,31	1,61	1,17

Накопление общего калия в биомассе суданской травы и кукурузы на силос
(4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	6,7	13,8	17,1	16,3	19,0
N ₁ P ₁ K ₁	8,1	17,2	21,7	23,1	24,8
N ₂ P ₂ K ₂	9,6	19,9	25,6	32,7	34,4
N ₃ P ₃ K ₃	13,4	27,8	36,0	42,9	42,0
Навоз+НРК	11,8	25,1	32,2	39,1	37,8
Расчетный	14,9	30,3	39,0	48,5	49,8
2004 г.					
Контроль	7,4	14,8	18,2	21,1	22,2
N ₁ P ₁ K ₁	10,5	21,0	26,2	30,8	29,4
N ₂ P ₂ K ₂	13,4	26,6	33,2	37,5	40,7
N ₃ P ₃ K ₃	17,8	35,9	45,2	49,3	52,9
Навоз+НРК	16,7	33,7	42,9	50,6	50,6
Расчетный	18,8	38,1	48,1	52,7	56,4

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выме- тывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	2,6	3,4	72,4	86,3	82,1
N ₁ P ₁ K ₁	3,9	4,9	103,9	125,3	116,4
N ₂ P ₂ K ₂	4,8	6,7	159,6	194,4	181,2
N ₃ P ₃ K ₃	6,4	9,1	184,3	213,5	202,4
Навоз+НРК	4,9	7,4	151,5	183,5	174,5
Расчетный	6,3	10,5	191,7	222,3	209,2
2015 г.					
Контроль	2,0	3,4	60,1	70,9	67,3
N ₁ P ₁ K ₁	3,7	6,4	114,5	136,8	130,3
N ₂ P ₂ K ₂	5,4	8,7	160,9	192,9	180,4
N ₃ P ₃ K ₃	6,3	9,1	162,7	188,1	176,9
Навоз+НРК	5,0	8,2	144,0	169,0	157,0
Расчетный	6,6	9,3	164,0	195,1	180,8

Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе суданской травы и кукурузы на силос (4-е поле) по фазам вегетации в зависимости от удобрений

Суданская трава

Вариант	Фазы вегетации				
	начало кущения	выход в трубку	1-й укос	2-й укос	3-й укос
1997 г.					
Контроль	4,4 : 1 : 6,4	4,4 : 1 : 4,9	5,6 : 1 : 5,2	5,7 : 1 : 5,3	5,6 : 1 : 5,3
N ₁ P ₁ K ₁	4,7 : 1 : 6,4	4,5 : 1 : 4,8	5,5 : 1 : 5,2	5,6 : 1 : 5,2	5,5 : 1 : 5,2
N ₂ P ₂ K ₂	5,3 : 1 : 6,6	4,9 : 1 : 4,9	5,8 : 1 : 5,3	5,6 : 1 : 5,8	5,6 : 1 : 5,4
N ₃ P ₃ K ₃	6,3 : 1 : 6,7	5,4 : 1 : 4,9	6,3 : 1 : 5,3	6,0 : 1 : 5,7	6,2 : 1 : 5,1
Навоз+NPK	5,4 : 1 : 6,6	4,9 : 1 : 5,0	5,9 : 1 : 5,4	5,8 : 1 : 5,9	5,7 : 1 : 5,3
Расчетный	6,2 : 1 : 6,6	5,2 : 1 : 4,9	6,1 : 1 : 5,3	6,0 : 1 : 5,8	6,4 : 1 : 5,6
2004 г.					
Контроль	4,6 : 1 : 7,0	4,7 : 1 : 5,3	6,4 : 1 : 5,5	6,9 : 1 : 5,8	6,3 : 1 : 5,5
N ₁ P ₁ K ₁	4,6 : 1 : 7,2	4,7 : 1 : 5,4	6,3 : 1 : 5,6	7,1 : 1 : 6,2	6,4 : 1 : 5,7
N ₂ P ₂ K ₂	5,1 : 1 : 7,5	4,6 : 1 : 5,5	6,2 : 1 : 5,8	6,5 : 1 : 5,7	6,3 : 1 : 5,9
N ₃ P ₃ K ₃	5,4 : 1 : 7,2	4,8 : 1 : 5,3	6,1 : 1 : 5,6	6,6 : 1 : 5,7	6,1 : 1 : 5,6
Навоз+NPK	5,0 : 1 : 7,4	4,8 : 1 : 5,5	6,4 : 1 : 5,8	6,4 : 1 : 5,7	6,3 : 1 : 5,7
Расчетный	5,3 : 1 : 7,3	4,9 : 1 : 5,4	6,3 : 1 : 5,8	6,6 : 1 : 5,7	6,2 : 1 : 5,7

Кукуруза на силос

Вариант	Фазы вегетации				
	3-4 листа	5-6 листьев	выметывание	молочная спелость	восковая спелость
2009 г.					
Контроль	2,9 : 1 : 2,7	3,4 : 1 : 2,9	2,5 : 1 : 3,1	2,7 : 1 : 2,9	2,7 : 1 : 2,6
N ₁ P ₁ K ₁	3,8 : 1 : 2,9	3,8 : 1 : 3,2	2,7 : 1 : 3,5	3,1 : 1 : 3,3	3,0 : 1 : 2,9
N ₂ P ₂ K ₂	4,0 : 1 : 2,8	3,7 : 1 : 3,2	2,6 : 1 : 3,5	2,9 : 1 : 3,4	2,8 : 1 : 2,9
N ₃ P ₃ K ₃	4,2 : 1 : 3,1	3,7 : 1 : 3,4	2,6 : 1 : 3,3	2,9 : 1 : 3,0	2,9 : 1 : 2,7
Навоз+NPK	3,9 : 1 : 2,9	3,7 : 1 : 3,4	2,5 : 1 : 3,2	2,9 : 1 : 3,1	2,8 : 1 : 2,8
Расчетный	4,3 : 1 : 2,9	3,8 : 1 : 3,5	2,7 : 1 : 3,1	3,0 : 1 : 3,0	3,0 : 1 : 2,6
2015 г.					
Контроль	3,2 : 1 : 2,5	2,7 : 1 : 2,6	2,5 : 1 : 3,9	2,8 : 1 : 3,6	2,9 : 1 : 3,2
N ₁ P ₁ K ₁	3,1 : 1 : 3,3	3,5 : 1 : 3,4	2,6 : 1 : 4,2	2,9 : 1 : 3,9	3,1 : 1 : 3,5
N ₂ P ₂ K ₂	3,1 : 1 : 3,5	3,7 : 1 : 3,4	2,9 : 1 : 4,4	3,1 : 1 : 4,0	3,4 : 1 : 3,5
N ₃ P ₃ K ₃	3,0 : 1 : 2,8	3,4 : 1 : 2,9	2,9 : 1 : 3,7	3,3 : 1 : 3,3	3,5 : 1 : 2,9
Навоз+NPK	2,8 : 1 : 3,3	3,6 : 1 : 3,3	3,0 : 1 : 4,1	3,2 : 1 : 3,7	3,5 : 1 : 3,3
Расчетный	3,1 : 1 : 2,9	3,4 : 1 : 2,9	3,1 : 1 : 3,7	3,3 : 1 : 3,5	3,6 : 1 : 3,0

Содержание общего азота в растениях озимой пшеницы (5-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1998 г.					
Контроль	3,94	2,54	1,58	1,36	1,24
N ₁ P ₁ K ₁	4,44	2,70	1,71	1,46	1,31
N ₂ P ₂ K ₂	5,21	2,95	1,86	1,61	1,41
N ₃ P ₃ K ₃	5,82	3,48	2,16	1,88	1,60
Навоз+НРК	5,04	3,11	1,89	1,59	1,42
Расчетный	5,87	3,41	2,13	1,84	1,61
2005 г.					
Контроль	3,91	2,50	1,94	1,35	1,30
N ₁ P ₁ K ₁	4,34	2,68	2,03	1,42	1,32
N ₂ P ₂ K ₂	5,18	2,76	2,19	1,59	1,45
N ₃ P ₃ K ₃	5,78	3,21	2,55	1,66	1,52
Навоз+НРК	5,64	3,16	2,38	1,62	1,48
Расчетный	5,75	3,02	2,42	1,63	1,53
2010 г.					
Контроль	3,46	2,91	1,77	1,31	1,16
N ₁ P ₁ K ₁	4,30	3,44	2,06	1,42	1,31
N ₂ P ₂ K ₂	5,19	3,88	2,23	1,59	1,43
N ₃ P ₃ K ₃	5,15	4,06	2,37	1,66	1,49
Навоз+НРК	5,19	4,07	2,32	1,65	1,45
Расчетный	5,21	3,78	2,35	1,72	1,54
2016 г.					
Контроль	3,75	2,22	1,45	1,27	1,16
N ₁ P ₁ K ₁	3,69	2,47	1,65	1,41	1,28
N ₂ P ₂ K ₂	4,57	2,77	1,94	1,65	1,44
N ₃ P ₃ K ₃	4,42	3,07	2,23	1,74	1,55
Навоз+НРК	4,62	2,88	1,94	1,60	1,43
Расчетный	4,89	3,10	2,01	1,71	1,53

Накопление общего азота в биомассе озимой пшеницы (5-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1998 г.					
Контроль	22,3	37,6	59,4	66,6	69,7
N ₁ P ₁ K ₁	34,7	56,4	92,0	102,1	107,6
N ₂ P ₂ K ₂	60,2	90,2	146,2	164,8	171,6
N ₃ P ₃ K ₃	60,8	99,0	159,3	183,7	188,2
Навоз+НРК	58,7	98,6	151,3	169,2	177,8
Расчетный	63,3	100,1	165,1	187,3	196,3
2005 г.					
Контроль	26,2	41,3	63,6	70,3	74,2
N ₁ P ₁ K ₁	34,7	58,4	92,6	102,8	108,5
N ₂ P ₂ K ₂	50,2	86,4	143,9	165,5	174,4
N ₃ P ₃ K ₃	62,4	101,8	149,9	171,3	181,9
Навоз+НРК	54,7	106,2	158,0	175,8	186,8
Расчетный	63,3	100,9	152,7	171,0	180,7
2010 г.					
Контроль	20,4	43,9	54,5	61,8	65,1
N ₁ P ₁ K ₁	35,4	78,8	97,6	107,6	115,0
N ₂ P ₂ K ₂	56,6	123,4	154,1	174,6	185,3
N ₃ P ₃ K ₃	56,9	124,2	155,2	175,5	185,1
Навоз+НРК	56,0	121,3	151,4	169,0	179,8
Расчетный	57,3	114,5	156,0	178,2	186,2
2016 г.					
Контроль	26,3	42,3	68,0	75,9	78,2
N ₁ P ₁ K ₁	35,0	61,3	98,8	109,7	114,7
N ₂ P ₂ K ₂	62,6	104,2	173,8	191,8	198,5
N ₃ P ₃ K ₃	57,4	104,9	168,2	189,1	194,4
Навоз+НРК	64,7	109,1	175,8	192,2	200,4
Расчетный	66,5	115,2	185,2	206,7	211,4

Содержание общего фосфора в растениях озимой пшеницы (5-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1998 г.					
Контроль	0,77	0,69	0,59	0,56	0,55
N ₁ P ₁ K ₁	0,82	0,72	0,63	0,59	0,57
N ₂ P ₂ K ₂	0,88	0,75	0,65	0,61	0,59
N ₃ P ₃ K ₃	1,08	0,84	0,78	0,73	0,70
Навоз+NPK	0,90	0,76	0,68	0,63	0,61
Расчетный	1,16	0,88	0,79	0,74	0,71
2005 г.					
Контроль	0,66	0,60	0,59	0,55	0,54
N ₁ P ₁ K ₁	0,74	0,64	0,61	0,57	0,54
N ₂ P ₂ K ₂	0,93	0,71	0,67	0,64	0,60
N ₃ P ₃ K ₃	1,00	0,75	0,79	0,69	0,64
Навоз+NPK	0,95	0,74	0,73	0,68	0,62
Расчетный	0,96	0,74	0,73	0,67	0,64
2010 г.					
Контроль	0,73	0,57	0,53	0,51	0,50
N ₁ P ₁ K ₁	0,86	0,64	0,59	0,56	0,54
N ₂ P ₂ K ₂	1,08	0,72	0,65	0,63	0,60
N ₃ P ₃ K ₃	1,12	0,75	0,74	0,71	0,68
Навоз+NPK	1,09	0,75	0,69	0,67	0,62
Расчетный	1,14	0,78	0,72	0,69	0,67
2016 г.					
Контроль	0,69	0,61	0,50	0,46	0,45
N ₁ P ₁ K ₁	0,73	0,69	0,58	0,52	0,50
N ₂ P ₂ K ₂	0,82	0,79	0,70	0,63	0,59
N ₃ P ₃ K ₃	0,85	0,82	0,75	0,63	0,61
Навоз+NPK	0,86	0,82	0,69	0,64	0,61
Расчетный	0,89	0,85	0,71	0,65	0,62

Накопление общего фосфора в биомассе озимой пшеницы (5-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1998 г.					
Контроль	4,4	10,2	22,2	27,4	30,9
N ₁ P ₁ K ₁	6,4	15,0	33,9	41,3	46,8
N ₂ P ₂ K ₂	10,2	22,9	51,1	62,5	71,8
N ₃ P ₃ K ₃	11,3	23,9	57,5	71,3	82,3
Навоз+НРК	10,5	24,1	54,4	67,1	76,4
Расчетный	12,5	25,8	61,2	75,3	86,5
2005 г.					
Контроль	4,4	9,9	19,4	28,7	30,8
N ₁ P ₁ K ₁	5,9	14,0	27,8	41,3	44,4
N ₂ P ₂ K ₂	9,0	22,2	44,0	66,6	72,2
N ₃ P ₃ K ₃	10,8	23,8	46,5	71,2	76,6
Навоз+НРК	9,2	24,9	48,5	73,8	78,2
Расчетный	10,6	24,7	46,1	70,3	75,6
2010 г.					
Контроль	4,3	8,6	16,3	24,1	28,1
N ₁ P ₁ K ₁	7,1	14,6	28,0	42,4	47,4
N ₂ P ₂ K ₂	11,8	22,9	44,9	69,2	77,8
N ₃ P ₃ K ₃	12,4	23,1	48,5	75,0	84,5
Навоз+НРК	11,7	22,2	45,0	68,6	76,9
Расчетный	12,5	23,6	47,8	71,5	81,0
2016 г.					
Контроль	4,8	11,6	23,4	27,5	29,9
N ₁ P ₁ K ₁	6,9	17,1	34,7	40,4	44,9
N ₂ P ₂ K ₂	11,2	29,7	62,7	73,4	81,4
N ₃ P ₃ K ₃	11,1	28,1	56,6	68,6	76,3
Навоз+НРК	12,0	31,0	62,5	77,0	85,3
Расчетный	12,1	31,6	65,5	78,4	85,5

Содержание общего калия в растениях озимой пшеницы (5-е поле)
по фазам вегетации в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1998 г.					
Контроль	2,87	2,71	1,59	1,21	0,99
N ₁ P ₁ K ₁	3,02	2,82	1,67	1,27	1,02
N ₂ P ₂ K ₂	3,17	2,98	1,80	1,36	1,07
N ₃ P ₃ K ₃	4,13	3,96	2,48	1,83	1,43
Навоз+NPK	3,29	3,11	1,89	1,39	1,12
Расчетный	4,06	3,94	2,35	1,75	1,39
2005 г.					
Контроль	2,18	2,04	1,51	0,94	0,80
N ₁ P ₁ K ₁	3,03	2,70	1,92	1,19	0,96
N ₂ P ₂ K ₂	3,76	3,12	2,25	1,39	1,10
N ₃ P ₃ K ₃	3,91	3,43	2,88	1,59	1,24
Навоз+NPK	4,16	3,18	2,45	1,47	1,16
Расчетный	3,92	3,23	2,57	1,52	1,22
2010 г.					
Контроль	2,18	2,12	1,52	0,98	0,78
N ₁ P ₁ K ₁	3,17	2,84	2,09	1,27	1,01
N ₂ P ₂ K ₂	3,81	3,52	2,49	1,51	1,17
N ₃ P ₃ K ₃	4,12	3,77	2,75	1,62	1,28
Навоз+NPK	3,74	3,60	2,52	1,58	1,18
Расчетный	3,82	3,68	2,48	1,56	1,21
2016 г.					
Контроль	2,37	2,30	1,26	0,97	0,80
N ₁ P ₁ K ₁	2,72	2,72	1,54	1,17	0,93
N ₂ P ₂ K ₂	3,11	3,28	1,92	1,46	1,12
N ₃ P ₃ K ₃	3,22	3,78	2,39	1,62	1,26
Навоз+NPK	3,14	3,77	2,11	1,55	1,21
Расчетный	3,20	3,64	1,96	1,49	1,18

Накопление общего калия в биомассе озимой пшеницы (5-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений, кг/га

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1998 г.					
Контроль	16,3	40,1	59,8	59,3	55,6
N ₁ P ₁ K ₁	23,6	58,9	89,9	88,9	83,7
N ₂ P ₂ K ₂	36,6	91,1	141,5	139,2	130,2
N ₃ P ₃ K ₃	43,1	112,6	182,9	178,8	168,2
Навоз+НРК	38,3	98,7	151,3	147,9	140,2
Расчетный	43,8	115,6	182,0	178,1	169,4
2005 г.					
Контроль	14,6	33,7	49,5	49,0	45,6
N ₁ P ₁ K ₁	24,2	58,9	87,6	86,2	78,9
N ₂ P ₂ K ₂	36,5	97,7	147,8	144,7	132,3
N ₃ P ₃ K ₃	42,2	108,7	169,3	164,1	148,4
Навоз+НРК	40,4	106,8	162,7	159,5	146,4
Расчетный	43,1	107,9	162,2	159,4	144,1
2010 г.					
Контроль	12,9	32,0	46,8	46,3	43,8
N ₁ P ₁ K ₁	26,1	65,0	99,1	96,3	88,7
N ₂ P ₂ K ₂	41,5	111,9	172,1	165,8	151,6
N ₃ P ₃ K ₃	45,5	115,4	180,1	171,2	159,0
Навоз+НРК	40,4	107,3	164,5	161,8	146,3
Расчетный	42,0	111,5	164,7	161,6	146,3
2016 г.					
Контроль	16,6	43,7	59,0	57,9	53,7
N ₁ P ₁ K ₁	25,8	67,5	92,2	90,8	83,4
N ₂ P ₂ K ₂	42,6	123,4	172,0	170,1	154,4
N ₃ P ₃ K ₃	41,9	129,3	180,3	176,5	157,5
Навоз+НРК	44,0	142,6	191,0	186,4	169,3
Расчетный	43,5	135,5	180,8	179,6	162,7

Соотношение N : P₂O₅ : K₂O в биомассе озимой пшеницы (5-е поле)

по фазам вегетации в зависимости от удобрений

Вариант	Фазы вегетации				
	весеннее кущение	выход в трубку	колошение- цветение	молочная спелость	восковая спелость
1998 г.					
Контроль	5,1 : 1 : 3,7	3,7 : 1 : 3,9	2,7 : 1 : 2,7	2,4 : 1 : 2,2	2,3 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	5,4 : 1 : 3,7	3,8 : 1 : 3,9	2,7 : 1 : 2,7	2,5 : 1 : 2,2	2,3 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,9 : 1 : 3,6	3,9 : 1 : 4,0	2,9 : 1 : 2,8	2,6 : 1 : 2,2	2,4 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₃	5,4 : 1 : 3,8	4,1 : 1 : 4,7	2,8 : 1 : 3,2	2,6 : 1 : 2,5	2,3 : 1 : 2,0
Навоз+NPK	5,6 : 1 : 3,7	4,1 : 1 : 4,1	2,8 : 1 : 2,8	2,5 : 1 : 2,2	2,3 : 1 : 1,8
Расчетный	5,1 : 1 : 3,5	3,9 : 1 : 4,5	2,7 : 1 : 3,0	2,5 : 1 : 2,4	2,3 : 1 : 2,0
2005 г.					
Контроль	5,9 : 1 : 3,3	4,2 : 1 : 3,4	3,3 : 1 : 2,6	2,5 : 1 : 1,7	2,4 : 1 : 1,5
N ₁ P ₁ K ₁	5,9 : 1 : 4,1	4,2 : 1 : 4,2	3,3 : 1 : 3,1	2,5 : 1 : 2,1	2,4 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,6 : 1 : 4,1	3,9 : 1 : 4,4	3,3 : 1 : 3,4	2,5 : 1 : 2,2	2,4 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₃	5,8 : 1 : 3,9	4,3 : 1 : 4,6	3,2 : 1 : 3,6	2,4 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 1,9
Навоз+NPK	5,9 : 1 : 4,4	4,3 : 1 : 4,3	3,3 : 1 : 3,4	2,4 : 1 : 2,2	2,4 : 1 : 1,9
Расчетный	6,0 : 1 : 4,1	4,1 : 1 : 4,4	3,3 : 1 : 3,5	2,4 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 1,9
2010 г.					
Контроль	4,7 : 1 : 3,0	5,1 : 1 : 3,7	3,3 : 1 : 2,9	2,6 : 1 : 1,9	2,3 : 1 : 1,6
N ₁ P ₁ K ₁	5,0 : 1 : 3,7	5,4 : 1 : 4,5	3,5 : 1 : 3,5	2,5 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₂	4,8 : 1 : 3,5	5,4 : 1 : 4,9	3,4 : 1 : 3,8	2,5 : 1 : 2,4	2,4 : 1 : 2,0
N ₃ P ₃ K ₃	4,6 : 1 : 3,7	5,4 : 1 : 5,0	3,2 : 1 : 3,7	2,3 : 1 : 2,3	2,2 : 1 : 1,9
Навоз+NPK	4,8 : 1 : 3,4	5,5 : 1 : 4,8	3,4 : 1 : 3,7	2,5 : 1 : 2,4	2,3 : 1 : 1,9
Расчетный	4,6 : 1 : 3,4	4,8 : 1 : 4,7	3,3 : 1 : 3,4	2,5 : 1 : 2,3	2,3 : 1 : 1,8
2016 г.					
Контроль	5,4 : 1 : 3,4	3,6 : 1 : 3,8	2,9 : 1 : 2,5	2,8 : 1 : 2,1	2,6 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	5,0 : 1 : 3,7	3,6 : 1 : 3,9	2,8 : 1 : 2,7	2,7 : 1 : 2,3	2,6 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₂	5,6 : 1 : 3,8	3,5 : 1 : 4,2	2,8 : 1 : 2,7	2,6 : 1 : 2,3	2,4 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	5,2 : 1 : 3,8	3,7 : 1 : 4,6	3,0 : 1 : 3,2	2,8 : 1 : 2,6	2,5 : 1 : 2,1
Навоз+NPK	5,4 : 1 : 3,7	3,5 : 1 : 4,6	2,8 : 1 : 3,1	2,5 : 1 : 2,4	2,3 : 1 : 2,0
Расчетный	5,5 : 1 : 3,6	3,6 : 1 : 4,3	2,8 : 1 : 2,8	2,6 : 1 : 2,3	2,5 : 1 : 1,9

Урожайность и продуктивность люцерны (1994 г.) в зависимости от удобрений
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	17,8	-	-	3,20	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	29,7	11,9	66,9	5,35	2,15	67,2
N ₂ P ₁ K ₁	31,9	14,1	79,2	5,74	2,54	79,4
N ₁ P ₂ K ₁	31,6	13,8	77,5	5,69	2,49	77,8
N ₂ P ₂ K ₁	32,7	14,9	83,7	5,89	2,69	84,1
N ₂ P ₂ K ₂	34,2	16,4	92,1	6,16	2,96	92,5
N ₃ P ₂ K ₁	37,7	19,9	111,8	6,79	3,59	112,2
N ₃ P ₂ K ₂	37,6	19,8	111,2	6,77	3,57	111,6
N ₂ P ₃ K ₁	41,0	23,2	130,3	7,38	4,18	130,6
N ₂ P ₃ K ₂	40,9	23,1	129,8	7,36	4,16	130,0
N ₃ P ₃ K ₁	41,1	23,3	130,9	7,40	4,20	131,3
N ₃ P ₃ K ₃	44,4	26,6	149,4	7,99	4,79	149,7
Навоз+NPK	34,9	17,1	96,1	6,28	3,08	96,3
Расчетный	44,2	26,4	148,3	7,96	4,76	148,8
HCP _{0,5}	1,7	-	-	0,31	-	-

Урожайность и продуктивность люцерны (2001 г.) в зависимости от удобрений
(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	8,8	-	-	1,58		
N ₁ P ₁ K ₁	11,0	2,2	25,0	1,98	0,40	25,3
N ₂ P ₁ K ₁	12,6	3,8	43,2	2,27	0,69	43,7
N ₁ P ₂ K ₁	13,5	4,7	53,4	2,43	0,85	53,8
N ₂ P ₂ K ₁	14,2	5,4	61,4	2,56	0,98	62,0
N ₂ P ₂ K ₂	15,5	6,7	76,1	2,79	1,21	76,6
N ₃ P ₂ K ₁	19,2	10,4	118,2	3,46	1,88	119,0
N ₃ P ₂ K ₂	19,7	10,9	123,9	3,55	1,97	124,7
N ₂ P ₃ K ₁	19,4	10,6	120,5	3,49	1,91	120,9
N ₂ P ₃ K ₂	19,6	10,8	122,7	3,53	1,95	123,4
N ₃ P ₃ K ₁	21,4	12,6	143,2	3,85	2,27	143,7
N ₃ P ₃ K ₃	22,2	13,4	152,3	4,00	2,42	153,2
Навоз+NPK	16,7	7,9	89,8	3,01	1,43	90,5
Расчетный	23,5	14,7	167,0	4,23	2,65	167,7
HCP _{0,5}	1,6	-	-	0,29	-	-

Урожайность и продуктивность клевера лугового (2006 г.) в зависимости от удобрений

(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К. и др., 2009; Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	10,7	-	-	1,93	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	17,8	7,1	66,4	3,20	1,27	65,8
N ₂ P ₁ K ₁	19,1	8,4	78,5	3,44	1,51	78,2
N ₁ P ₂ K ₁	18,9	8,2	76,6	3,40	1,47	76,2
N ₂ P ₂ K ₁	19,6	8,9	83,2	3,53	1,60	82,9
N ₂ P ₂ K ₂	20,5	9,8	91,6	3,69	1,76	91,2
N ₃ P ₂ K ₁	22,6	11,9	111,2	4,07	2,14	110,9
N ₃ P ₂ K ₂	22,6	11,9	111,2	4,07	2,14	110,9
N ₂ P ₃ K ₁	24,6	13,9	129,9	4,43	2,50	129,5
N ₂ P ₃ K ₂	24,5	13,8	129,0	4,41	2,48	128,5
N ₃ P ₃ K ₁	24,7	14,0	130,8	4,45	2,52	130,6
N ₃ P ₃ K ₃	26,6	15,9	148,6	4,79	2,86	148,2
Навоз+NPK	20,9	10,2	95,3	3,76	1,83	94,8
Расчетный	26,5	15,8	147,7	4,77	2,84	147,2
HCP _{0,5}	1,21	-	-	0,22	-	-

Урожайность и продуктивность клевера лугового (2012 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2014)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	12,1	-	-	2,18	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	19,4	7,3	60,3	3,49	1,31	60,1
N ₂ P ₁ K ₁	22,6	10,5	86,8	4,07	1,89	86,7
N ₁ P ₂ K ₁	21,1	9,0	74,4	3,80	1,62	74,3
N ₂ P ₂ K ₁	23,7	11,6	95,9	4,27	2,09	95,9
N ₂ P ₂ K ₂	24,1	12,0	99,2	4,34	2,16	99,1
N ₃ P ₂ K ₁	25,6	13,5	111,6	4,61	2,43	111,5
N ₃ P ₂ K ₂	25,1	13,0	107,4	4,52	2,34	107,3
N ₂ P ₃ K ₁	28,0	15,9	131,4	5,04	2,86	131,2
N ₂ P ₃ K ₂	27,0	14,9	123,1	4,86	2,68	122,9
N ₃ P ₃ K ₁	28,5	16,4	135,5	5,13	2,95	135,3
N ₃ P ₃ K ₃	31,8	19,7	162,8	5,72	3,54	162,4
Навоз+NPK	25,2	13,1	108,3	4,54	2,36	108,3
Расчетный	31,0	18,9	156,2	5,58	3,40	156,0
HCP _{0,5}	1,9	-	-	0,34	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (2-е поле, 1995 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	2,90	-	-	4,76	-	-	4,80	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	4,02	1,12	38,6	6,83	2,07	43,5	6,75	1,95	40,6
N ₂ P ₁ K ₁	4,53	1,63	56,2	8,13	3,37	70,8	7,78	2,98	62,1
N ₁ P ₂ K ₁	4,68	1,78	61,4	8,19	3,43	72,1	7,96	3,16	65,8
N ₂ P ₂ K ₁	5,54	2,64	91,0	9,65	4,89	102,7	9,40	4,60	95,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,80	2,90	100,0	10,27	5,51	115,8	9,91	5,11	106,5
N ₃ P ₂ K ₁	4,94	2,04	70,3	8,94	4,18	87,8	8,52	3,72	77,5
N ₃ P ₂ K ₂	5,48	2,58	89,0	10,25	5,49	115,3	9,58	4,78	99,6
N ₂ P ₃ K ₁	5,26	2,36	81,4	9,63	4,87	102,3	9,11	4,31	89,8
N ₂ P ₃ K ₂	5,39	2,49	85,9	9,65	4,89	102,7	9,25	4,45	92,7
N ₃ P ₃ K ₁	5,30	2,40	82,8	9,81	5,05	106,1	9,22	4,42	92,1
N ₃ P ₃ K ₃	5,75	2,85	98,3	10,70	5,94	124,8	10,03	5,23	109,0
Навоз+NPК	5,79	2,89	99,7	10,07	5,31	111,6	9,82	5,02	104,6
Расчетный	5,53	2,63	90,7	9,73	4,97	104,4	9,42	4,62	96,3
НСР _{0,5}	0,20	-	-	1,19	-	-	0,68	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (2-е поле, 2002 г.) в зависимости от удобрений

(Басиев А.Е, 2005; Ханикаев Б.Р., Кануков З.Т., Лазаров Т.К. и др., 2016)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	2,68	-	-	4,24	-	-	4,38	-	
N ₁ P ₁ K ₁	3,55	0,87	32,5	6,41	2,17	51,2	6,11	1,73	39,5
N ₂ P ₁ K ₁	4,37	1,69	63,1	7,68	3,44	81,1	7,44	3,06	69,9
N ₁ P ₂ K ₁	4,07	1,39	51,9	7,43	3,19	75,2	7,04	2,66	60,7
N ₂ P ₂ K ₁	4,91	2,23	83,2	8,87	4,63	109,2	8,46	4,08	93,2
N ₂ P ₂ K ₂	5,24	2,56	95,5	9,26	5,02	118,4	8,94	4,56	104,1
N ₃ P ₂ K ₁	4,41	1,73	64,6	7,72	3,48	82,1	7,50	3,12	71,2
N ₃ P ₂ K ₂	4,99	2,31	86,2	8,90	4,66	109,9	8,55	4,17	95,2
N ₂ P ₃ K ₁	4,75	2,07	77,2	8,49	4,25	100,2	8,15	3,77	86,1
N ₂ P ₃ K ₂	4,62	1,94	72,4	8,05	3,81	89,9	7,84	3,46	79,0
N ₃ P ₃ K ₁	5,05	2,37	88,4	8,98	4,74	111,8	8,64	4,26	97,3
N ₃ P ₃ K ₃	5,18	2,50	93,3	9,07	4,83	113,9	8,81	4,43	101,1
Навоз+NPK	5,60	2,92	109,0	9,44	5,20	122,6	9,38	5,00	114,2
Расчетный	5,01	2,33	86,9	9,03	4,79	113,0	8,62	4,24	96,8
HCP _{0,5}	0,20	-	-	1,16	-	-	0,66	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (2-е поле, 2007 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	2,41	-	-	4,81	-	-	4,33	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	3,57	1,16	48,1	5,62	0,81	16,8	5,82	1,49	34,4
N ₂ P ₁ K ₁	3,86	1,45	60,2	5,81	1,00	20,8	6,18	1,85	42,7
N ₁ P ₂ K ₁	4,21	1,80	74,7	6,26	1,45	30,1	6,71	2,38	55,0
N ₂ P ₂ K ₁	5,01	2,60	107,9	7,59	2,78	57,8	8,05	3,72	85,9
N ₂ P ₂ K ₂	5,39	2,98	123,7	7,07	2,26	47,0	8,22	3,89	89,8
N ₃ P ₂ K ₁	4,53	2,12	88,0	7,31	2,50	52,0	7,45	3,12	72,1
N ₃ P ₂ K ₂	4,85	2,44	101,2	7,34	2,53	52,6	7,79	3,46	79,9
N ₂ P ₃ K ₁	4,73	2,32	96,3	6,84	2,03	42,2	7,47	3,14	72,5
N ₂ P ₃ K ₂	4,97	2,56	106,2	6,92	2,11	43,9	7,74	3,41	78,8
N ₃ P ₃ K ₁	4,82	2,41	100,0	7,35	2,54	52,8	7,76	3,43	79,2
N ₃ P ₃ K ₃	5,20	2,79	115,8	7,88	3,07	63,8	8,35	4,02	92,8
Навоз+NPК	5,22	2,81	116,6	7,96	3,15	65,5	8,40	4,07	94,0
Расчетный	4,99	2,58	107,1	7,72	2,91	60,5	8,08	3,75	86,6
НСР _{0,5}	0,19	-	-	0,81	-	-	0,51	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (2-е поле, 2013 г.) в зависимости от удобрений

(Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2014)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	3,21	-	-	5,19	-	-	5,29	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	4,82	1,61	50,2	5,56	0,37	7,1	7,04	1,75	33,1
N ₂ P ₁ K ₁	5,39	2,18	67,9	10,55	5,36	103,3	9,61	4,32	81,7
N ₁ P ₂ K ₁	5,12	1,91	59,5	10,04	4,85	93,4	9,14	3,85	72,8
N ₂ P ₂ K ₁	5,58	2,37	73,8	10,42	5,23	100,8	9,75	4,46	84,3
N ₂ P ₂ K ₂	6,41	3,20	99,7	10,76	5,57	107,3	10,71	5,42	102,5
N ₃ P ₂ K ₁	5,54	2,33	72,6	10,35	5,16	99,4	9,68	4,39	83,0
N ₃ P ₂ K ₂	5,63	2,42	75,4	10,89	5,70	109,8	9,99	4,70	88,8
N ₂ P ₃ K ₁	5,59	2,38	74,1	10,59	5,40	104,0	9,83	4,54	85,8
N ₂ P ₃ K ₂	5,53	2,32	72,3	9,15	3,96	76,3	9,19	3,90	73,7
N ₃ P ₃ K ₁	5,67	2,46	76,6	9,74	4,55	87,7	9,57	4,28	80,9
N ₃ P ₃ K ₃	5,92	2,71	84,4	11,56	6,37	122,7	10,54	5,25	99,2
Навоз+NPK	6,62	3,41	106,2	10,09	4,90	94,4	10,66	5,37	101,5
Расчетный	6,14	2,93	91,3	12,46	7,27	140,1	11,12	5,83	110,2
HCP _{0,5}	0,29	-	-	1,21	-	-	0,77	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (5-е поле, 1998 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	2,56	-	-	4,12	-	-	4,21	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	3,63	1,07	41,8	6,13	2,01	48,8	6,08	1,87	44,4
N ₂ P ₁ K ₁	4,16	1,60	62,5	7,34	3,22	78,2	7,10	2,89	68,6
N ₁ P ₂ K ₁	4,49	1,93	75,4	7,52	3,40	82,5	7,50	3,29	78,1
N ₂ P ₂ K ₁	5,22	2,66	103,9	8,74	4,62	112,1	8,72	4,51	107,1
N ₂ P ₂ K ₂	5,44	2,88	112,5	9,02	4,90	118,9	9,05	4,84	115,0
N ₃ P ₂ K ₁	4,78	2,22	86,7	7,92	3,80	92,2	7,95	3,74	88,8
N ₃ P ₂ K ₂	4,98	2,42	94,5	8,62	4,50	109,2	8,43	4,22	100,2
N ₂ P ₃ K ₁	4,89	2,33	91,0	8,26	4,14	100,5	8,19	3,98	94,5
N ₂ P ₃ K ₂	4,96	2,40	93,8	8,02	3,90	94,7	8,17	3,96	94,1
N ₃ P ₃ K ₁	5,03	2,47	96,5	8,48	4,36	105,8	8,42	4,21	100,0
N ₃ P ₃ K ₃	5,28	2,72	106,3	8,70	4,58	111,2	8,76	4,55	108,1
Навоз+NPK	5,59	3,03	118,4	9,29	5,17	125,5	9,31	5,10	121,1
Расчетный	5,39	2,83	110,5	9,10	4,98	120,9	9,03	4,82	114,5
HCP _{0,5}	0,21	-	-	1,05	-	-	0,63	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (5-е поле, 2005 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	2,64	-	-	4,15	-	-	4,30	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	3,49	0,85	32,2	6,29	2,14	51,6	6,01	1,71	39,8
N ₂ P ₁ K ₁	4,24	1,60	60,6	7,43	3,28	79,0	7,21	2,91	67,7
N ₁ P ₂ K ₁	4,31	1,67	63,3	7,86	3,71	89,4	7,45	3,15	73,3
N ₂ P ₂ K ₁	4,87	2,23	84,5	8,78	4,63	111,6	8,38	4,08	94,9
N ₂ P ₂ K ₂	5,18	2,54	96,2	9,13	4,98	120,0	8,83	4,53	105,3
N ₃ P ₂ K ₁	4,57	1,93	73,1	7,97	3,82	92,0	7,76	3,46	80,5
N ₃ P ₂ K ₂	4,91	2,27	86,0	8,70	4,55	109,6	8,39	4,09	95,1
N ₂ P ₃ K ₁	4,70	2,06	78,0	8,38	4,23	101,9	8,05	3,75	87,2
N ₂ P ₃ K ₂	4,58	1,94	73,5	7,94	3,79	91,3	7,76	3,46	80,5
N ₃ P ₃ K ₁	5,01	2,37	89,8	8,88	4,73	114,0	8,56	4,26	99,1
N ₃ P ₃ K ₃	5,19	2,55	96,6	9,05	4,90	118,1	8,81	4,51	104,9
Навоз+NPК	5,59	2,95	111,7	9,41	5,26	126,7	9,35	5,05	117,4
Расчетный	5,03	2,39	90,5	9,02	4,87	117,3	8,64	4,34	100,9
HCP _{0,5}	0,19	-	-	1,12	-	-	0,64	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (5-е поле, 2010 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т., Дзанагов С.Х., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., 2012)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	2,58	-	-	4,08	-	-	4,21	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	3,72	1,14	44,2	6,72	2,64	64,7	6,41	2,20	52,3
N ₂ P ₁ K ₁	4,06	1,48	57,4	7,14	3,06	75,0	6,92	2,71	64,4
N ₁ P ₂ K ₁	4,34	1,76	68,2	7,92	3,84	94,1	7,51	3,30	78,4
N ₂ P ₂ K ₁	5,18	2,60	100,8	9,36	5,28	129,4	8,92	4,71	111,9
N ₂ P ₂ K ₂	5,57	2,99	115,9	9,84	5,76	141,2	9,51	5,30	125,9
N ₃ P ₂ K ₁	4,75	2,17	84,1	8,32	4,24	103,9	8,08	3,87	91,9
N ₃ P ₂ K ₂	4,85	2,27	88,0	8,65	4,57	112,0	8,31	4,10	97,4
N ₂ P ₃ K ₁	4,91	2,33	90,3	8,78	4,70	115,2	8,42	4,21	100,0
N ₂ P ₃ K ₂	5,09	2,51	97,3	8,87	4,79	117,4	8,64	4,43	105,2
N ₃ P ₃ K ₁	5,00	2,42	93,8	8,89	4,81	117,9	8,56	4,35	103,3
N ₃ P ₃ K ₃	5,37	2,79	108,1	9,40	5,32	130,4	9,13	4,92	116,9
Навоз+NPK	5,49	2,91	112,8	9,25	5,17	126,7	9,19	4,98	118,3
Расчетный	5,13	2,55	98,8	9,25	5,17	126,7	8,83	4,62	109,7
HCP _{0,5}	0,24	-	-	0,96	-	-	0,62	-	-

Урожайность и продуктивность озимой пшеницы (5-е поле, 2016 г.) в зависимости от удобрений

(Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К., Калоев Б.С. и др., 2019)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	3,04	-	-	4,93	-	-	5,01	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	4,14	1,10	36,2	6,52	1,59	32,3	6,75	1,74	34,7
N ₂ P ₁ K ₁	4,71	1,67	54,9	8,31	3,38	68,6	8,03	3,02	60,3
N ₁ P ₂ K ₁	5,39	2,35	77,3	8,01	3,08	62,5	8,59	3,58	71,5
N ₂ P ₂ K ₁	6,25	3,21	105,6	9,47	4,54	92,1	10,04	5,03	100,4
N ₂ P ₂ K ₂	6,56	3,52	115,8	9,82	4,89	99,2	10,49	5,48	109,4
N ₃ P ₂ K ₁	5,61	2,57	84,5	8,43	3,50	71,0	8,98	3,97	79,2
N ₃ P ₂ K ₂	5,79	2,75	90,5	9,36	4,43	89,9	9,53	4,52	90,2
N ₂ P ₃ K ₁	5,68	2,64	86,8	8,69	3,76	76,3	9,16	4,15	82,8
N ₂ P ₃ K ₂	5,82	2,78	91,4	8,34	3,41	69,2	9,16	4,15	82,8
N ₃ P ₃ K ₁	5,71	2,67	87,8	8,71	3,78	76,7	9,19	4,18	83,4
N ₃ P ₃ K ₃	6,04	3,00	98,7	8,80	3,87	78,5	9,56	4,55	90,8
Навоз+NPK	6,39	3,35	110,2	10,23	5,30	107,5	10,48	5,47	109,2
Расчетный	6,43	3,39	111,5	9,95	5,02	101,8	10,41	5,40	107,8
HCP _{0,5}	0,18	-	-	1,09	-	-	0,62	-	-

Урожайность и продуктивность кукурузы на зерно (1996 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	3,83	-	-	6,47	-	-	6,95	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	5,09	1,26	32,9	7,84	1,37	21,2	8,94	1,99	28,6
N ₂ P ₁ K ₁	5,53	1,70	44,4	8,74	2,27	35,1	9,80	2,85	41,0
N ₁ P ₂ K ₁	5,81	1,98	51,7	9,18	2,71	41,9	10,30	3,35	48,2
N ₂ P ₂ K ₁	6,42	2,59	67,6	10,02	3,55	54,9	11,33	4,38	63,0
N ₂ P ₂ K ₂	6,68	2,85	74,4	10,35	3,88	60,0	11,76	4,81	69,2
N ₃ P ₂ K ₁	6,70	2,87	74,9	10,52	4,05	62,6	11,85	4,90	70,5
N ₃ P ₂ K ₂	6,77	2,94	76,8	10,56	4,09	63,2	11,94	4,99	71,8
N ₂ P ₃ K ₁	6,98	3,15	82,2	10,57	4,10	63,4	12,19	5,24	75,4
N ₂ P ₃ K ₂	7,18	3,35	87,5	10,91	4,44	68,6	12,55	5,60	80,6
N ₃ P ₃ K ₁	7,34	3,51	91,6	11,16	4,69	72,5	12,83	5,88	84,6
N ₃ P ₃ K ₃	7,86	4,03	105,2	11,71	5,24	81,0	13,64	6,69	96,3
Навоз+NPK	7,08	3,25	84,9	10,62	4,15	64,1	12,32	5,37	77,3
Расчетный	8,13	4,30	112,3	12,03	5,56	85,9	14,08	7,13	102,6
НСР _{0,5}	0,20	-	-	0,32	-	-	0,36	-	-

Урожайность и продуктивность кукурузы на зерно (2003 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2004)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	3,72	-	-	4,86	-	-	6,18	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	4,60	0,88	23,7	6,56	1,70	35,0	7,87	1,69	27,3
N ₂ P ₁ K ₁	5,07	1,35	36,3	7,98	3,12	64,2	8,97	2,79	45,1
N ₁ P ₂ K ₁	4,95	1,23	33,1	7,39	2,53	52,1	8,60	2,42	39,2
N ₂ P ₂ K ₁	5,48	1,76	47,3	8,52	3,66	75,3	9,66	3,48	56,3
N ₂ P ₂ K ₂	5,60	1,88	50,5	9,14	4,28	88,1	10,04	3,86	62,5
N ₃ P ₂ K ₁	6,17	2,45	65,9	9,65	4,79	98,6	10,89	4,71	76,2
N ₃ P ₂ K ₂	6,26	2,54	68,3	9,93	5,07	104,3	11,11	4,93	79,8
N ₂ P ₃ K ₁	6,12	2,40	64,5	8,73	3,87	79,6	10,47	4,29	69,4
N ₂ P ₃ K ₂	6,19	2,47	66,4	8,17	3,31	68,1	10,32	4,14	67,0
N ₃ P ₃ K ₁	6,03	2,31	62,1	9,13	4,27	87,9	10,53	4,35	70,4
N ₃ P ₃ K ₃	6,98	3,26	87,6	10,36	5,50	113,2	12,10	5,92	95,8
Навоз+NPK	5,69	1,97	53,0	9,50	4,64	95,5	10,29	4,11	66,5
Расчетный	8,34	4,62	124,2	7,29	2,43	50,0	12,42	6,24	101,0
HCP _{0,5}	0,21	-	-	0,28	-	-	0,35	-	-

Урожайность и продуктивность кукурузы на зерно (2008 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	3,81	-	-	4,53	-	-	6,16	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	4,72	0,91	23,9	6,85	2,32	51,2	8,12	1,96	31,8
N ₂ P ₁ K ₁	5,22	1,41	37,0	8,73	4,20	92,7	9,44	3,28	53,2
N ₁ P ₂ K ₁	5,09	1,28	33,6	7,59	3,06	67,5	8,84	2,68	43,5
N ₂ P ₂ K ₁	5,84	2,03	53,3	9,14	4,61	101,8	10,31	4,15	67,4
N ₂ P ₂ K ₂	6,14	2,33	61,2	9,12	4,59	101,3	10,65	4,49	72,9
N ₃ P ₂ K ₁	6,72	2,91	76,4	10,17	5,64	124,5	11,73	5,57	90,4
N ₃ P ₂ K ₂	6,95	3,14	82,4	8,86	4,33	95,6	11,47	5,31	86,2
N ₂ P ₃ K ₁	6,55	2,74	71,9	8,59	4,06	89,6	10,90	4,74	76,9
N ₂ P ₃ K ₂	6,83	3,02	79,3	9,23	4,70	103,8	11,48	5,32	86,4
N ₃ P ₃ K ₁	6,71	2,90	76,1	9,81	5,28	116,6	11,57	5,41	87,8
N ₃ P ₃ K ₃	7,64	3,83	100,5	10,12	5,59	123,4	12,76	6,60	107,1
Навоз+NPK	6,21	2,40	63,0	10,50	5,97	131,8	11,28	5,12	83,1
Расчетный	8,57	4,76	124,9	8,00	3,47	76,6	12,97	6,81	110,6
HCP _{0,5}	0,19	-	-	0,41	-	-	0,38	-	-

Урожайность и продуктивность кукурузы на зерно (2014 г.) в зависимости от удобрений

(Гагиев Б.В., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015)

Вариант	Урожайность зерна, т/га	Прибавка		Урожайность соломы, т з.е./га	Прибавка		Продуктив- ность т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	3,71	-	-	6,91	-	-	6,99	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	5,08	1,37	36,9	7,25	0,34	4,9	8,69	1,70	24,3
N ₂ P ₁ K ₁	5,73	2,02	54,4	8,28	1,37	19,8	9,84	2,85	40,8
N ₁ P ₂ K ₁	5,52	1,81	48,8	8,69	1,78	25,8	9,77	2,78	39,8
N ₂ P ₂ K ₁	6,19	2,48	66,8	9,73	2,82	40,8	10,95	3,96	56,7
N ₂ P ₂ K ₂	6,48	2,77	74,7	10,10	3,19	46,2	11,43	4,44	63,5
N ₃ P ₂ K ₁	6,71	3,00	80,9	11,86	4,95	71,6	12,39	5,40	77,3
N ₃ P ₂ K ₂	6,88	3,17	85,4	12,45	5,54	80,2	12,82	5,83	83,4
N ₂ P ₃ K ₁	7,12	3,41	91,9	9,81	2,90	42,0	12,04	5,05	72,2
N ₂ P ₃ K ₂	7,24	3,53	95,1	10,97	4,06	58,8	12,64	5,65	80,8
N ₃ P ₃ K ₁	7,41	3,70	99,7	11,47	4,56	66,0	13,04	6,05	86,6
N ₃ P ₃ K ₃	7,72	4,01	108,1	11,61	4,70	68,0	13,44	6,45	92,3
Навоз+NPK	6,94	3,23	87,1	10,84	3,93	56,9	12,25	5,26	75,3
Расчетный	8,30	4,59	123,7	8,69	1,78	25,8	12,94	5,95	85,1
HCP _{0,5}	0,31	-	-	0,36	-	-	0,50	-	-

Урожайность и продуктивность кукурузы на силос (2009 г.) в зависимости от удобрений
(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	21,5	-	-	3,66	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	26,6	5,1	23,7	4,52	0,86	23,5
N ₂ P ₁ K ₁	29,3	7,8	36,3	4,98	1,32	36,1
N ₁ P ₂ K ₁	28,6	7,1	33,0	4,86	1,20	32,8
N ₂ P ₂ K ₁	32,3	10,8	50,2	5,49	1,83	50,0
N ₂ P ₂ K ₂	33,4	11,9	55,3	5,68	2,02	55,2
N ₃ P ₂ K ₁	36,7	15,2	70,7	6,24	2,58	70,5
N ₃ P ₂ K ₂	37,6	16,1	74,9	6,39	2,73	74,6
N ₂ P ₃ K ₁	36,1	14,6	67,9	6,14	2,48	67,8
N ₂ P ₃ K ₂	37,1	15,6	72,6	6,31	2,65	72,4
N ₃ P ₃ K ₁	36,3	14,8	68,8	6,17	2,51	68,6
N ₃ P ₃ K ₃	41,6	20,1	93,5	7,07	3,41	93,2
Навоз+NPK	33,9	12,4	57,7	5,76	2,10	57,4
Расчетный	48,2	26,7	124,2	8,19	4,53	123,8
HCP _{0,5}	2,5	-	-	0,43	-	-

Урожайность и продуктивность кукурузы на силос (2015 г.) в зависимости от удобрений

(Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., 2017)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	19,6	-	-	3,34	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	25,9	6,3	32,1	4,40	1,06	31,7
N ₂ P ₁ K ₁	28,8	9,2	46,9	4,90	1,56	46,7
N ₁ P ₂ K ₁	28,1	8,5	43,4	4,78	1,44	43,1
N ₂ P ₂ K ₁	32,3	12,7	64,8	5,50	2,16	64,7
N ₂ P ₂ K ₂	34,1	14,5	74,0	5,80	2,46	73,7
N ₃ P ₂ K ₁	37,5	17,9	91,3	6,37	3,03	90,7
N ₃ P ₂ K ₂	38,9	19,3	98,5	6,61	3,27	97,9
N ₂ P ₃ K ₁	36,5	16,9	86,2	6,20	2,86	85,6
N ₂ P ₃ K ₂	38,1	18,5	94,4	6,47	3,13	93,7
N ₃ P ₃ K ₁	37,4	17,8	90,8	6,35	3,01	90,1
N ₃ P ₃ K ₃	42,8	23,2	118,4	7,28	3,94	118,0
Навоз+NPK	34,5	14,9	76,0	5,87	2,53	75,7
Расчетный	44,2	24,6	125,5	7,51	4,17	124,9
HCP _{0,5}	2,6	-	-	0,44	-	-

Урожайность и продуктивность суданской травы (1997 г.) в зависимости от удобрений
(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	23,4	-	-	3,28	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	30,3	6,9	29,5	4,24	0,96	29,3
N ₂ P ₁ K ₁	33,0	9,6	41,0	4,62	1,34	40,9
N ₁ P ₂ K ₁	33,4	10,0	42,7	4,68	1,40	42,7
N ₂ P ₂ K ₁	36,1	12,7	54,3	5,05	1,77	54,0
N ₂ P ₂ K ₂	37,2	13,8	59,0	5,21	1,93	58,8
N ₃ P ₂ K ₁	40,3	16,9	72,2	5,64	2,36	72,0
N ₃ P ₂ K ₂	41,0	17,6	75,2	5,74	2,46	75,0
N ₂ P ₃ K ₁	40,4	17,0	72,6	5,66	2,38	72,6
N ₂ P ₃ K ₂	41,3	17,9	76,5	5,78	2,50	76,2
N ₃ P ₃ K ₁	42,7	19,3	82,5	5,98	2,70	82,3
N ₃ P ₃ K ₃	47,2	23,8	101,7	6,61	3,33	101,5
Навоз+NPK	43,1	19,7	84,2	6,03	2,75	83,8
Расчетный	51,9	28,5	121,8	7,27	3,99	121,6
НСР _{0,5}	2,4	-	-	0,34	-	-

Урожайность и продуктивность суданской травы (2004 г.) в зависимости от удобрений
(Лазаров Т.К., 2005)

Вариант	Урожайность зеленой массы, т/га	Прибавка		Продуктив- ность, т з.е./га	Прирост	
		т/га	%		т з.е./га	%
Контроль	24,8	-	-	3,47	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	33,2	8,4	33,9	4,65	1,18	34,0
N ₂ P ₁ K ₁	35,9	11,1	44,8	5,03	1,56	45,0
N ₁ P ₂ K ₁	37,4	12,6	50,8	5,24	1,77	51,0
N ₂ P ₂ K ₁	39,0	14,2	57,3	5,46	1,99	57,3
N ₂ P ₂ K ₂	40,1	15,3	61,7	5,61	2,14	61,7
N ₃ P ₂ K ₁	42,8	18,0	72,6	5,99	2,52	72,6
N ₃ P ₂ K ₂	43,3	18,5	74,6	6,06	2,59	74,6
N ₂ P ₃ K ₁	43,7	18,9	76,2	6,12	2,65	76,4
N ₂ P ₃ K ₂	44,5	19,7	79,4	6,23	2,76	79,5
N ₃ P ₃ K ₁	48,1	23,3	94,0	6,73	3,26	93,9
N ₃ P ₃ K ₃	51,6	26,8	108,1	7,22	3,75	108,1
Навоз+NPK	51,2	26,4	106,5	7,17	3,70	106,6
Расчетный	54,3	29,5	119,0	7,60	4,13	119,0
HCP _{0,5}	2,6	-	-	0,36	-	-

Структура урожая озимой пшеницы (2-е поле)
в зависимости от удобрений

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Коэффициент продуктивной кустистости	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерен в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
1995 г. (Лазаров Т.К., 2001)							
Контроль	365	412	1,13	6,11	23,1	0,74	32,0
N ₁ P ₁ K ₁	372	474	1,27	8,28	32,1	1,07	33,2
N ₂ P ₂ K ₂	390	482	1,24	9,26	35,0	1,20	34,3
N ₃ P ₃ K ₃	394	502	1,27	9,66	34,5	1,13	32,8
Навоз+NPK	389	491	1,26	9,37	35,9	1,19	33,1
Расчетный	392	504	1,29	9,63	34,7	1,19	34,3
2002 г. (Басиев А.Е., 2005)							
Контроль	271	376	1,39	5,44	25,8	0,78	30,2
N ₁ P ₁ K ₁	285	431	1,51	7,64	29,4	0,93	31,6
N ₂ P ₂ K ₂	290	457	1,58	8,75	35,9	1,16	32,3
N ₃ P ₃ K ₃	297	481	1,62	9,21	37,0	1,18	31,9
Навоз+NPK	280	455	1,63	8,88	33,2	1,08	32,5
Расчетный	310	514	1,66	9,37	32,2	1,05	32,6
2007 г. (Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)							
Контроль	280	355	1,27	6,07	21,6	0,68	31,5
N ₁ P ₁ K ₁	287	420	1,46	7,82	25,8	0,85	33,0
N ₂ P ₂ K ₂	295	465	1,58	8,62	33,7	1,16	34,4
N ₃ P ₃ K ₃	297	456	1,54	9,01	35,7	1,14	31,9
Навоз+NPK	303	439	1,45	8,75	35,5	1,19	33,5
Расчетный	314	458	1,46	9,13	34,4	1,09	32,7
2013 г. (Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2014)							
Контроль	263	373	1,42	8,52	27,6	0,86	31,0
N ₁ P ₁ K ₁	273	386	1,41	9,60	38,2	1,25	32,6
N ₂ P ₂ K ₂	280	396	1,41	11,20	46,3	1,62	34,9
N ₃ P ₃ K ₃	284	387	1,36	11,40	46,7	1,53	32,7
Навоз+NPK	279	399	1,43	10,71	49,5	1,66	33,5
Расчетный	298	409	1,37	11,54	45,6	1,50	32,9

Структура урожая озимой пшеницы (5-е поле)

в зависимости от удобрений

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Коэффициент продуктивной кустистости	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерен в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
1998 г. (Лазаров Т.К., 2002)							
Контроль	262	337	1,29	6,30	25,9	0,76	29,3
N ₁ P ₁ K ₁	259	363	1,40	8,27	33,2	1,00	30,0
N ₂ P ₂ K ₂	321	461	1,44	9,32	45,8	1,18	25,6
N ₃ P ₃ K ₃	319	459	1,44	9,70	45,6	1,15	25,2
Навоз+НРК	345	495	1,43	9,36	46,7	1,13	24,2
Расчетный	337	481	1,43	9,73	46,5	1,12	24,0
2005 г. (Лазаров Т.К., 2006)							
Контроль	290	362	1,25	5,75	24,4	0,73	29,9
N ₁ P ₁ K ₁	284	392	1,38	7,93	30,6	0,89	28,9
N ₂ P ₂ K ₂	320	447	1,40	8,97	35,3	1,16	32,7
N ₃ P ₃ K ₃	312	447	1,43	9,40	35,6	1,16	32,4
Навоз+НРК	344	495	1,44	9,09	34,4	1,13	32,9
Расчетный	322	470	1,46	9,46	33,3	1,07	32,0
2010 г. (Кануков З.Т., Дзанагов С.Х., Басиев А.Е., Лазаров Т.К., 2012)							
Контроль	254	335	1,32	5,73	24,5	0,77	31,3
N ₁ P ₁ K ₁	240	354	1,48	7,70	31,5	1,05	33,2
N ₂ P ₂ K ₂	256	403	1,57	8,65	39,9	1,38	34,7
N ₃ P ₃ K ₃	257	404	1,57	9,07	41,6	1,33	32,0
Навоз+НРК	253	386	1,53	8,78	41,9	1,42	33,9
Расчетный	256	398	1,55	9,21	39,6	1,29	32,6
2016 (Ханикаев Б.В., Лазаров Т.К., 2020)							
Контроль	273	366	1,34	8,71	26,5	0,83	31,4
N ₁ P ₁ K ₁	262	376	1,44	9,80	33,9	1,10	32,5
N ₂ P ₂ K ₂	259	386	1,49	11,34	50,4	1,70	33,6
N ₃ P ₃ K ₃	270	389	1,44	11,62	48,2	1,55	32,2
Навоз+НРК	273	392	1,44	10,90	50,1	1,63	32,5
Расчетный	285	402	1,41	11,82	52,1	1,60	30,7

Структура урожая кукурузы на зерно в зависимости от удобрений

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Коэффициент продуктивной кустистости	Длина колоса, см	Озерненность колоса, шт.	Масса зерен в колосе, г	Масса 1000 зерен, г
1996 г. (Лазаров Т.К., 2001)							
Контроль	262	337	1,29	6,30	25,9	0,76	29,3
N ₁ P ₁ K ₁	259	363	1,40	8,27	33,2	1,00	30,0
N ₂ P ₂ K ₂	321	461	1,44	9,32	45,8	1,18	25,6
N ₃ P ₃ K ₃	319	459	1,44	9,70	45,6	1,15	25,2
Навоз+НРК	345	495	1,43	9,36	46,7	1,13	24,2
Расчетный	337	481	1,43	9,73	46,5	1,12	24,0
2003 г. (Лазаров Т.К., 2004)							
Контроль	290	362	1,25	5,75	24,4	0,73	29,9
N ₁ P ₁ K ₁	284	392	1,38	7,93	30,6	0,89	28,9
N ₂ P ₂ K ₂	320	447	1,40	8,97	35,3	1,16	32,7
N ₃ P ₃ K ₃	312	447	1,43	9,40	35,6	1,16	32,4
Навоз+НРК	344	495	1,44	9,09	34,4	1,13	32,9
Расчетный	322	470	1,46	9,46	33,3	1,07	32,0
2008 г. (Лазаров Т.К., 2010)							
Контроль	254	335	1,32	5,73	24,5	0,77	31,3
N ₁ P ₁ K ₁	240	354	1,48	7,70	31,5	1,05	33,2
N ₂ P ₂ K ₂	256	403	1,57	8,65	39,9	1,38	34,7
N ₃ P ₃ K ₃	257	404	1,57	9,07	41,6	1,33	32,0
Навоз+НРК	253	386	1,53	8,78	41,9	1,42	33,9
Расчетный	256	398	1,55	9,21	39,6	1,29	32,6
2015 г. (Гагиев Б.В., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015)							
Контроль	273	366	1,34	8,71	26,5	0,83	31,4
N ₁ P ₁ K ₁	262	376	1,44	9,80	33,9	1,10	32,5
N ₂ P ₂ K ₂	259	386	1,49	11,34	50,4	1,70	33,6
N ₃ P ₃ K ₃	270	389	1,44	11,62	48,2	1,55	32,2
Навоз+НРК	273	392	1,44	10,90	50,1	1,63	32,5
Расчетный	285	402	1,41	11,82	52,1	1,60	30,7

Структура урожая озимой пшеницы (1995 г.) в зависимости от удобрений (Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Количество растений, шт./м ²	Количество вегетативных стеблей, шт./м ²	Количество продуктивных стеблей, шт./м ²	Кустистость		Длина колоса, см	Число колосков в колосе, шт.	Число зерен в колосе, шт.	Масса зерна с 1 колоса, г	Отношение основной продукции к побочной	Выход зерна, %
				Общая	Продуктивная						
Контроль	365	489	412	1,34	1,13	6,11	13,6	23,1	0,74	1:1,64	37,8
N ₁ P ₁ K ₁	372	520	474	1,40	1,27	8,28	18,3	32,1	1,07	1:1,70	37,0
N ₂ P ₁ K ₁	378	522	476	1,38	1,26	8,34	17,9	30,8	1,01	1:1,79	35,8
N ₁ P ₂ K ₁	381	526	476	1,38	1,24	8,66	18,4	31,7	1,06	1:1,75	36,4
N ₂ P ₂ K ₁	384	536	480	1,40	1,25	8,91	19,3	33,6	1,16	1:1,74	36,5
N ₂ P ₂ K ₂	390	538	492	1,38	1,26	9,26	21,9	34,9	1,20	1:1,77	36,1
N ₃ P ₂ K ₁	381	536	486	1,41	1,28	8,24	18,6	32,3	1,02	1:1,81	35,6
N ₃ P ₂ K ₂	386	531	488	1,38	1,26	9,12	21,0	34,1	1,12	1:1,87	34,8
N ₂ P ₃ K ₁	388	538	491	1,39	1,27	9,21	21,4	34,4	1,07	1:1,83	35,3
N ₂ P ₃ K ₂	382	536	486	1,40	1,27	9,21	21,4	34,6	1,10	1:1,79	35,8
N ₃ P ₃ K ₁	380	536	478	1,41	1,26	9,24	21,6	34,2	1,08	1:1,85	35,1
N ₃ P ₃ K ₃	394	539	482	1,36	1,22	9,25	21,6	34,6	1,13	1:1,86	35,0
Навоз+NPK	389	533	491	1,37	1,26	9,23	21,4	34,8	1,15	1:1,74	36,5
Расчетный	392	538	480	1,37	1,22	9,23	21,9	34,7	1,09	1:1,76	36,2

Структура урожая кукурузы на зерно (1996 г.) в зависимости от удобрений (Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Число расте- ний в рядке, шт/лм	Густота стояния растений, тыс. шт/га	Число початков в ряду, шт/лм	Продук- тивность расте- ний, пч/раст	Длина початка, см	Диаметр початка, см	Масса початка, г	Масса зерен початка, г	Число зерен в почат- ке, шт.	Отноше- ние основ- ной про- дукции к побочной	Выход зерна из по- чатка, %	Выход зерна от рас- тения %
Контроль	2,43	34,7	2,26	0,93	15,1	3,95	196,4	152,1	550,3	1:1,49	77,4	40,1
N ₁ P ₁ K ₁	2,74	39,1	3,36	1,29	21,4	5,12	224,6	179,3	643,6	1:1,54	79,8	39,4
N ₂ P ₁ K ₁	2,75	39,3	3,36	1,22	21,8	4,98	221,2	179,9	653,0	1:1,58	80,9	38,8
N ₁ P ₂ K ₁	2,76	39,4	3,39	1,23	22,1	5,10	231,4	181,2	654,8	1:1,58	79,6	38,8
N ₂ P ₂ K ₁	2,73	39,3	3,42	1,24	22,2	5,26	238,6	182,8	664,0	1:1,56	77,5	39,1
N ₂ P ₂ K ₂	2,80	40,0	3,64	1,30	22,4	5,26	234,9	184,0	665,7	1:1,55	78,3	39,2
N ₃ P ₂ K ₁	2,83	40,4	3,60	1,27	22,6	5,28	240,1	188,6	686,3	1:1,57	78,6	38,9
N ₃ P ₂ K ₂	2,79	39,8	3,62	1,30	22,9	5,31	235,3	190,4	675,1	1:1,56	79,2	39,1
N ₂ P ₃ K ₁	2,86	40,8	3,79	1,33	23,0	5,31	242,6	190,9	697,2	1:1,54	78,7	39,4
N ₂ P ₃ K ₂	2,92	41,7	4,00	1,37	23,6	5,32	246,1	193,2	703,6	1:1,52	78,5	39,7
N ₃ P ₃ K ₁	3,01	43,0	4,13	1,37	22,6	5,24	240,3	191,3	692,6	1:1,52	79,6	39,7
N ₃ P ₃ K ₃	3,03	43,3	4,42	1,46	23,9	5,32	246,8	193,0	691,3	1:1,49	78,2	40,2
Навоз + NPK	2,95	42,1	4,25	1,44	23,6	5,31	251,2	198,6	689,3	1:1,50	79,1	40,0
Расчетный	3,06	43,7	4,50	1,47	24,4	5,33	256,4	201,2	715,3	1:1,48	78,5	40,3

Химический состав и качество люцерны (1994 г.)
в зависимости от удобрений, % к сухому веществу
(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	2,96	0,79	2,61	18,5	2,34	26,51	8,01	44,6
N ₁ P ₁ K ₁	3,04	0,81	2,68	19,0	2,38	26,92	8,12	43,6
N ₂ P ₁ K ₁	3,10	0,8	2,67	19,4	2,40	26,12	8,16	43,9
N ₁ P ₂ K ₁	3,06	0,82	2,69	19,1	2,39	26,4	8,14	44,0
N ₂ P ₂ K ₁	3,12	0,83	2,66	19,5	2,41	26,28	8,19	43,6
N ₂ P ₂ K ₂	3,13	0,83	2,71	19,6	2,41	26,16	8,24	43,6
N ₃ P ₂ K ₁	3,22	0,82	2,66	20,1	2,42	26,04	8,23	43,2
N ₃ P ₂ K ₂	3,24	0,83	2,72	20,3	2,40	25,95	8,23	43,1
N ₂ P ₃ K ₁	3,14	0,84	2,68	19,6	2,46	25,81	8,26	43,9
N ₂ P ₃ K ₂	3,13	0,84	2,73	19,6	2,44	26,13	8,25	43,6
N ₃ P ₃ K ₁	3,23	0,84	2,68	20,2	2,48	26,08	8,26	43,0
N ₃ P ₃ K ₃	3,25	0,85	2,77	20,3	2,54	26,01	8,29	42,9
Навоз+NPK	3,16	0,83	2,69	19,8	2,38	26,21	8,27	43,3
Расчетный	3,29	0,86	2,79	20,6	2,56	26,33	8,32	42,2

Химический состав и качество люцерны (2001 г.)
 в зависимости от удобрений, % к сухому веществу
 (Басиев А.Е., 2005)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	2,89	0,71	2,30	18,1	1,7	27,6	7,8	44,8
N ₁ P ₁ K ₁	2,94	0,76	2,54	18,4	2,1	31,2	8,3	40,0
N ₂ P ₁ K ₁	2,97	0,79	2,60	18,6	1,8	29,4	8,0	42,2
N ₁ P ₂ K ₁	2,95	0,81	2,64	18,4	1,8	31,4	7,5	40,9
N ₂ P ₂ K ₁	3,06	0,82	2,62	19,1	2,0	29,3	7,6	42,0
N ₂ P ₂ K ₂	3,14	0,84	2,73	19,6	2,4	26,4	7,7	43,9
N ₃ P ₂ K ₁	3,18	0,86	2,69	19,9	1,8	31,8	7,9	38,6
N ₃ P ₂ K ₂	3,24	0,85	2,75	20,3	1,7	26,4	8,1	43,5
N ₂ P ₃ K ₁	3,16	0,87	2,75	19,8	1,9	24,9	8,5	44,9
N ₂ P ₃ K ₂	3,21	0,86	2,84	20,1	2,1	25,9	8,4	43,5
N ₃ P ₃ K ₁	3,29	0,87	2,86	20,6	1,7	23,9	8,0	45,8
N ₃ P ₃ K ₃	3,32	0,89	2,89	20,8	1,8	25,9	8,1	43,4
Навоз+NPK	3,18	0,84	2,75	19,9	2,0	26,5	8,3	43,3
Расчетный	3,37	0,91	2,93	21,1	2,3	31,5	8,8	36,3

Химический состав и качество клевера лугового (2006 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Кануков З.Т, Дзанагов С.Х., Лазаров Т.К. и др., 2009)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	1,88	0,51	1,41	18,1	1,7	27,6	7,8	44,8
N ₁ P ₁ K ₁	1,92	0,53	1,50	18,4	2,1	31,2	8,3	40,0
N ₂ P ₁ K ₁	2,06	0,53	1,50	18,6	1,8	29,4	8,0	42,2
N ₁ P ₂ K ₁	1,94	0,58	1,52	18,4	1,8	31,4	7,5	40,9
N ₂ P ₂ K ₁	2,19	0,65	1,54	19,1	2,0	29,3	7,6	42,0
N ₂ P ₂ K ₂	2,21	0,68	1,58	19,6	2,4	26,4	7,7	43,9
N ₃ P ₂ K ₁	2,29	0,64	1,53	19,9	1,8	31,8	7,9	38,6
N ₃ P ₂ K ₂	2,30	0,66	1,59	20,3	1,7	26,4	8,1	43,5
N ₂ P ₃ K ₁	2,17	0,70	1,55	19,8	1,9	24,9	8,5	44,9
N ₂ P ₃ K ₂	2,15	0,77	1,59	20,1	2,1	25,9	8,4	43,5
N ₃ P ₃ K ₁	2,27	0,72	1,54	20,6	1,7	23,9	8,0	45,8
N ₃ P ₃ K ₃	2,36	0,76	1,61	20,8	1,8	25,9	8,1	43,4
Навоз+NPK	2,24	0,70	1,59	19,9	2,0	26,5	8,3	43,3
Расчетный	2,39	0,78	1,61	21,1	2,3	31,5	8,8	36,3

Химический состав и качество клевера лугового (2012 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Гагиев Б.В., Кануков З.Т, Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2009)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	1,71	0,45	1,31	10,7	1,5	29,0	10,2	48,6
N ₁ P ₁ K ₁	1,83	0,47	1,39	11,4	1,9	29,9	10,8	46,0
N ₂ P ₁ K ₁	1,95	0,48	1,38	12,2	1,4	28,9	10,6	46,9
N ₁ P ₂ K ₁	1,85	0,53	1,42	11,6	1,7	29,7	11,0	46,0
N ₂ P ₂ K ₁	2,04	0,57	1,43	12,8	1,6	29,6	10,6	45,4
N ₂ P ₂ K ₂	2,06	0,59	1,47	12,9	1,9	30,0	11,1	44,1
N ₃ P ₂ K ₁	2,10	0,58	1,43	13,1	1,6	29,4	10,3	45,6
N ₃ P ₂ K ₂	2,12	0,59	1,48	13,3	1,8	29,0	10,9	45,0
N ₂ P ₃ K ₁	2,03	0,65	1,47	12,7	2,0	29,4	11,2	44,7
N ₂ P ₃ K ₂	2,00	0,66	1,46	12,5	2,2	29,8	11,3	44,2
N ₃ P ₃ K ₁	2,13	0,68	1,47	13,3	1,7	28,3	10,8	45,9
N ₃ P ₃ K ₃	2,18	0,71	1,53	13,6	2,1	30,1	11,0	43,2
Навоз+NPK	2,10	0,62	1,50	13,1	2,3	30,1	10,8	43,7
Расчетный	2,24	0,72	1,54	14,0	2,2	30,3	11,6	41,9

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (2-е поле, 1995 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,33	0,87	0,49	13,3	2,12	3,63	2,14
N ₁ P ₁ K ₁	2,49	0,89	0,50	14,2	1,85	3,50	2,12
N ₂ P ₁ K ₁	2,54	0,88	0,50	14,5	1,88	3,52	2,14
N ₁ P ₂ K ₁	2,47	0,92	0,51	14,1	2,02	3,63	2,15
N ₂ P ₂ K ₁	2,56	0,91	0,52	14,6	2,08	3,61	2,18
N ₂ P ₂ K ₂	2,6	0,92	0,52	14,8	1,97	3,66	2,20
N ₃ P ₂ K ₁	2,65	0,93	0,52	15,1	2,04	3,59	2,21
N ₃ P ₂ K ₂	2,63	0,92	0,53	15,0	2,00	3,65	2,20
N ₂ P ₃ K ₁	2,56	0,92	0,52	14,6	2,10	3,52	2,19
N ₂ P ₃ K ₂	2,54	0,93	0,53	14,5	2,08	3,61	2,19
N ₃ P ₃ K ₁	2,65	0,93	0,52	15,1	1,73	3,68	2,19
N ₃ P ₃ K ₃	2,68	0,94	0,54	15,3	1,86	3,61	2,22
Навоз+NPK	2,58	0,92	0,53	14,7	2,34	3,61	2,13
Расчетный	2,68	0,94	0,54	15,3	1,88	3,48	2,20

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (2-е поле, 2002 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Басиев А.Е., 2002)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,43	0,81	0,45	13,9	2,06	3,41	2,18
N ₁ P ₁ K ₁	2,46	0,83	0,45	14,0	1,93	3,76	2,20
N ₂ P ₁ K ₁	2,49	0,82	0,46	14,2	2,08	3,04	2,34
N ₁ P ₂ K ₁	2,47	0,84	0,46	14,1	2,26	3,16	2,22
N ₂ P ₂ K ₁	2,51	0,83	0,47	14,3	2,17	3,44	2,25
N ₂ P ₂ K ₂	2,54	0,85	0,49	14,5	1,89	2,96	2,30
N ₃ P ₂ K ₁	2,56	0,87	0,46	14,6	2,23	3,48	2,38
N ₃ P ₂ K ₂	2,55	0,86	0,48	14,5	1,86	3,82	2,31
N ₂ P ₃ K ₁	2,58	0,87	0,47	14,7	2,20	3,57	2,26
N ₂ P ₃ K ₂	2,56	0,88	0,46	14,6	1,85	3,86	2,19
N ₃ P ₃ K ₁	2,60	0,90	0,48	14,8	1,94	3,84	2,18
N ₃ P ₃ K ₃	2,62	0,92	0,52	14,9	1,87	3,45	2,35
Навоз+NPK	2,56	0,83	0,48	14,6	2,46	3,64	2,18
Расчетный	2,64	0,93	0,50	15,0	2,05	3,43	2,21

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (2-е поле, 2006 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Кануков З.Т, Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,28	0,83	0,50	13,0	2,15	3,60	2,13
N ₁ P ₁ K ₁	2,40	0,87	0,51	13,7	1,83	3,49	2,13
N ₂ P ₁ K ₁	2,50	0,89	0,51	14,3	1,85	3,49	2,15
N ₁ P ₂ K ₁	2,44	0,91	0,52	13,9	2,03	3,52	2,17
N ₂ P ₂ K ₁	2,53	0,92	0,52	14,4	2,11	3,53	2,17
N ₂ P ₂ K ₂	2,53	0,91	0,53	14,4	2,96	3,58	2,20
N ₃ P ₂ K ₁	2,59	0,92	0,52	14,8	1,99	3,53	2,20
N ₃ P ₂ K ₂	2,60	0,92	0,53	14,8	2,03	3,54	2,21
N ₂ P ₃ K ₁	2,57	0,91	0,52	14,6	1,88	3,56	2,20
N ₂ P ₃ K ₂	2,57	0,92	0,53	14,6	2,26	3,59	2,22
N ₃ P ₃ K ₁	2,62	0,93	0,52	14,9	1,89	3,58	2,21
N ₃ P ₃ K ₃	2,66	0,93	0,54	15,0	2,13	3,62	2,24
Навоз+NPK	2,58	0,89	0,53	14,7	2,32	3,60	2,14
Расчетный	2,65	0,93	0,55	15,1	1,91	3,43	2,21

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (2-е поле, 2013 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Гагиев Б.В., Кануков З.Т, Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,28	0,77	0,50	13,0	2,11	3,53	2,15
N ₁ P ₁ K ₁	2,40	0,83	0,51	13,7	1,86	3,49	2,16
N ₂ P ₁ K ₁	2,46	0,87	0,51	14,0	1,83	3,52	2,13
N ₁ P ₂ K ₁	2,39	0,91	0,52	13,6	1,92	3,61	2,17
N ₂ P ₂ K ₁	2,56	0,91	0,51	14,6	1,94	3,58	2,17
N ₂ P ₂ K ₂	2,51	0,94	0,55	14,3	1,99	3,62	2,20
N ₃ P ₂ K ₁	2,63	0,88	0,52	15,0	1,91	3,55	2,18
N ₃ P ₂ K ₂	2,61	0,89	0,54	14,9	1,93	3,60	2,19
N ₂ P ₃ K ₁	2,54	0,96	0,53	14,5	2,04	3,64	2,20
N ₂ P ₃ K ₂	2,53	0,95	0,55	14,4	2,09	3,57	2,21
N ₃ P ₃ K ₁	2,66	0,93	0,53	15,2	1,89	3,60	2,20
N ₃ P ₃ K ₃	2,67	0,92	0,56	15,2	1,86	3,62	2,25
Навоз+NPK	2,59	0,91	0,54	14,8	2,13	3,65	2,18
Расчетный	2,69	0,93	0,53	15,3	1,90	3,49	2,24

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(2-е поле, 1995 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло- вид- ность, %	Сырая клейко- вина, %	Показа- ния ИДК	Группа качества клейко- вины
Контроль	32,0	760	52	26,2	90	II
N ₁ P ₁ K ₁	33,2	771	57	28,5	73	I
N ₂ P ₁ K ₁	32,7	756	58	29,0	84	II
N ₁ P ₂ K ₁	33,4	759	56	27,3	80	II
N ₂ P ₂ K ₁	34,6	755	58	29,1	88	II
N ₂ P ₂ K ₂	34,3	758	57	28,6	75	I
N ₃ P ₂ K ₁	31,7	754	63	30,3	81	II
N ₃ P ₂ K ₂	32,9	756	62	29,9	84	II
N ₂ P ₃ K ₁	31,0	762	62	29,6	86	II
N ₂ P ₃ K ₂	31,8	760	61	29,1	82	II
N ₃ P ₃ K ₁	31,6	750	63	30,6	91	II
N ₃ P ₃ K ₃	32,8	753	63	30,7	80	II
Навоз+НРК	33,1	765	58	28,9	71	I
Расчетный	31,4	757	62	30,4	76	I

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(2-е поле, 2002 г.) в зависимости от удобрений

(Басиев А.Е., 2002)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Сырая клейковина, %	Показание ИДК	Группа качества клейковины
Контроль	30,2	759	45	24,4	88	II
N ₁ P ₁ K ₁	31,6	755	46	24,9	72	I
N ₂ P ₁ K ₁	32,2	754	48	25,7	81	II
N ₁ P ₂ K ₁	29,6	765	47	25,4	79	II
N ₂ P ₂ K ₁	32,1	753	50	26,3	74	I
N ₂ P ₂ K ₂	32,3	744	54	27,7	82	II
N ₃ P ₂ K ₁	30,5	741	58	29,6	84	II
N ₃ P ₂ K ₂	30,2	754	53	27,3	83	II
N ₂ P ₃ K ₁	29,8	737	56	28,2	76	I
N ₂ P ₃ K ₂	30,4	755	55	29	75	I
N ₃ P ₃ K ₁	31,6	758	57	27,8	82	II
N ₃ P ₃ K ₃	31,9	741	52	27,9	80	II
Навоз+НРК	32,5	755	58	30,2	73	I
Расчетный	32,6	753	60	27,1	80	II

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(2-е поле, 2007 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т, Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2008)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Сырая клейковина, %	Показание ИДК	Группа качества клейковины
Контроль	31,5	755	49	25,8	87	II
N ₁ P ₁ K ₁	33,0	764	53	27,9	81	II
N ₂ P ₁ K ₁	32,3	749	54	28,7	83	II
N ₁ P ₂ K ₁	33,0	754	52	27,0	83	II
N ₂ P ₂ K ₁	34,1	750	54	29,3	85	II
N ₂ P ₂ K ₂	34,4	752	55	28,9	76	I
N ₃ P ₂ K ₁	32,7	746	61	30,1	87	II
N ₃ P ₂ K ₂	31,2	753	60	29,6	80	II
N ₂ P ₃ K ₁	32,0	760	60	29,0	90	II
N ₂ P ₃ K ₂	31,8	758	58	29,4	84	II
N ₃ P ₃ K ₁	31,3	744	60	30,5	92	II
N ₃ P ₃ K ₃	31,9	748	61	30,8	82	II
Навоз+НРК	33,5	760	56	28,5	73	I
Расчетный	32,7	755	59	30,0	78	I

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(2-е поле, 2013 г.) в зависимости от удобрений

(Ханикаев Б.Р., Лазаров Т.К., 2020)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло- вид- ность, %	Сырая клейко- вина, %	Показа- ния ИДК	Группа качества клейко- вины
Контроль	31,0	763	49	26,0	88	II
N ₁ P ₁ K ₁	32,6	761	52	27,4	82	II
N ₂ P ₁ K ₁	33,8	752	53	29,1	67	I
N ₁ P ₂ K ₁	33,5	754	51	27,1	87	II
N ₂ P ₂ K ₁	34,3	759	54	29,0	80	II
N ₂ P ₂ K ₂	34,9	760	57	28,8	72	I
N ₃ P ₂ K ₁	31,8	747	63	30,0	90	II
N ₃ P ₂ K ₂	33,8	749	62	29,8	73	I
N ₂ P ₃ K ₁	31,4	752	59	29,4	76	II
N ₂ P ₃ K ₂	31,4	753	60	29,1	78	II
N ₃ P ₃ K ₁	31,6	750	62	30,6	74	I
N ₃ P ₃ K ₃	32,7	753	61	30,3	79	II
Навоз+НРК	33,5	768	59	28,7	77	II
Расчетный	32,9	750	62	30,0	69	I

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (5-е поле, 1998 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,18	0,85	0,53	12,4	1,99	3,56	2,34
N ₁ P ₁ K ₁	2,39	0,88	0,50	13,6	1,80	3,68	2,16
N ₂ P ₁ K ₁	2,38	0,88	0,49	13,6	1,89	3,32	2,20
N ₁ P ₂ K ₁	2,36	0,91	0,53	13,5	2,04	3,44	2,27
N ₂ P ₂ K ₁	2,47	0,90	0,52	14,1	2,03	3,57	2,22
N ₂ P ₂ K ₂	2,51	0,90	0,52	14,3	1,84	3,35	2,25
N ₃ P ₂ K ₁	2,55	0,91	0,57	14,5	2,03	3,58	2,52
N ₃ P ₂ K ₂	2,54	0,89	0,53	14,5	1,84	3,78	2,26
N ₂ P ₃ K ₁	2,47	0,91	0,51	14,1	2,05	3,59	2,18
N ₂ P ₃ K ₂	2,46	0,92	0,53	14,0	1,87	3,78	2,19
N ₃ P ₃ K ₁	2,56	0,91	0,50	14,6	1,75	3,81	2,10
N ₃ P ₃ K ₃	2,63	0,93	0,54	15,0	1,78	3,57	2,29
Навоз+НРК	2,47	0,90	0,51	14,1	2,29	3,67	2,07
Расчетный	2,60	0,93	0,53	14,8	1,87	3,50	2,16

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (5-е поле, 2005 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,38	0,91	0,48	12,4	2,01	4,30	2,56
N ₁ P ₁ K ₁	2,55	0,91	0,52	13,6	1,79	4,44	2,78
N ₂ P ₁ K ₁	2,61	0,89	0,51	13,6	1,87	4,00	2,77
N ₁ P ₂ K ₁	2,51	0,93	0,53	13,5	2,04	4,09	2,81
N ₂ P ₂ K ₁	2,60	0,91	0,54	14,1	2,04	4,27	2,82
N ₂ P ₂ K ₂	2,64	0,95	0,53	14,3	2,31	4,01	2,71
N ₃ P ₂ K ₁	2,69	0,95	0,52	14,5	2,01	4,30	2,88
N ₃ P ₂ K ₂	2,67	0,93	0,53	14,5	1,85	4,51	2,78
N ₂ P ₃ K ₁	2,60	0,92	0,53	14,1	1,94	4,37	2,80
N ₂ P ₃ K ₂	2,59	0,95	0,55	14,0	1,96	4,57	2,93
N ₃ P ₃ K ₁	2,69	0,96	0,52	14,6	1,82	4,55	2,65
N ₃ P ₃ K ₃	2,75	0,97	0,55	15,0	1,91	4,33	2,70
Навоз+NPK	2,63	0,94	0,53	14,1	2,28	4,44	2,65
Расчетный	2,72	0,97	0,54	14,8	1,89	4,20	2,66

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (5-е поле, 2010 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Кануков З.Т, Дзанагов С.Х., Басиев А.Е, Лазаров Т.К., 2012)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,25	0,79	0,48	12,8	2,19	3,60	2,16
N ₁ P ₁ K ₁	2,36	0,85	0,50	13,5	1,83	3,48	2,13
N ₂ P ₁ K ₁	2,48	0,86	0,49	14,1	1,86	3,51	2,12
N ₁ P ₂ K ₁	2,40	0,90	0,52	13,7	2,04	3,63	2,17
N ₂ P ₂ K ₁	2,55	0,93	0,51	14,5	2,06	3,59	2,18
N ₂ P ₂ K ₂	2,52	0,93	0,54	14,4	1,98	3,64	2,21
N ₃ P ₂ K ₁	2,61	0,90	0,52	14,9	2,00	3,57	2,20
N ₃ P ₂ K ₂	2,59	0,91	0,53	14,8	1,99	3,61	2,21
N ₂ P ₃ K ₁	2,56	0,94	0,52	14,6	2,11	3,56	2,20
N ₂ P ₃ K ₂	2,54	0,94	0,54	14,5	2,08	3,63	2,23
N ₃ P ₃ K ₁	2,65	0,95	0,52	15,1	1,70	3,59	2,22
N ₃ P ₃ K ₃	2,67	0,95	0,55	15,2	1,84	3,61	2,24
Навоз+NPK	2,60	0,90	0,54	14,8	2,29	3,64	2,17
Расчетный	2,68	0,94	0,55	15,3	1,85	3,45	2,20

Химический состав и качество зерна озимой пшеницы (5-е поле, 2016 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Кануков З.Т., Лазаров Т.К., Басиев А.Е. и др., 2017)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола
Контроль	2,17	0,74	0,48	12,4	2,04	3,54	2,12
N ₁ P ₁ K ₁	2,36	0,81	0,52	13,5	1,87	3,50	2,16
N ₂ P ₁ K ₁	2,48	0,80	0,51	14,1	1,85	3,51	2,14
N ₁ P ₂ K ₁	2,37	0,88	0,52	13,5	1,96	3,59	2,19
N ₂ P ₂ K ₁	2,57	0,89	0,53	14,6	1,88	3,60	2,18
N ₂ P ₂ K ₂	2,52	0,92	0,55	14,4	1,89	3,62	2,21
N ₃ P ₂ K ₁	2,62	0,84	0,51	14,9	1,86	3,62	2,16
N ₃ P ₂ K ₂	2,60	0,85	0,53	14,8	1,88	3,53	2,17
N ₂ P ₃ K ₁	2,52	0,89	0,52	14,4	1,98	3,54	2,18
N ₂ P ₃ K ₂	2,50	0,91	0,54	14,3	2,01	3,61	2,22
N ₃ P ₃ K ₁	2,65	0,89	0,52	15,1	1,88	3,57	2,19
N ₃ P ₃ K ₃	2,70	0,91	0,58	15,4	1,90	3,58	2,24
Навоз+NPK	2,56	0,91	0,56	14,6	2,01	3,63	2,20
Расчетный	2,72	0,92	0,55	15,5	1,92	3,52	2,21

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(5-е поле, 1998 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло- вид- ность, %	Сырая клейко- вина, %	Показа- ния ИДК	Группа качества клейко- вины
Контроль	32,8	777	60	24,5	89	II
N ₁ P ₁ K ₁	33,8	781	62	27,3	74	I
N ₂ P ₁ K ₁	33,2	773	66	27,1	82	II
N ₁ P ₂ K ₁	34,9	780	62	26,0	81	II
N ₂ P ₂ K ₁	35,6	772	62	28,1	87	II
N ₂ P ₂ K ₂	35,1	769	61	27,6	74	I
N ₃ P ₂ K ₁	32,2	765	68	29,2	80	II
N ₃ P ₂ K ₂	34,0	773	67	28,9	82	II
N ₂ P ₃ K ₁	31,4	767	67	28,5	83	II
N ₂ P ₃ K ₂	32,5	775	65	28,1	80	II
N ₃ P ₃ K ₁	32,1	772	67	29,6	89	II
N ₃ P ₃ K ₃	33,3	765	66	30,1	81	II
Навоз+НРК	33,5	778	63	27,7	72	I
Расчетный	35,9	773	66	29,4	75	I

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(5-е поле, 2005 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло- вид- ность, %	Сырая клейко- вина, %	Показа- ния ИДК	Группа качества клейко- вины
Контроль	32,8	777	60	24,5	89	II
N ₁ P ₁ K ₁	33,8	781	57	27,3	74	I
N ₂ P ₁ K ₁	33,2	773	58	27,1	82	II
N ₁ P ₂ K ₁	34,9	780	56	26,0	81	II
N ₂ P ₂ K ₁	35,6	772	58	28,1	87	II
N ₂ P ₂ K ₂	35,1	769	57	27,6	74	I
N ₃ P ₂ K ₁	32,2	765	63	29,2	80	II
N ₃ P ₂ K ₂	34,0	773	62	28,9	82	II
N ₂ P ₃ K ₁	31,4	767	62	28,5	83	II
N ₂ P ₃ K ₂	32,5	775	61	28,1	80	II
N ₃ P ₃ K ₁	32,1	772	63	29,6	89	II
N ₃ P ₃ K ₃	33,3	765	63	30,1	81	II
Навоз+НРК	33,5	778	58	27,7	72	I
Расчетный	35,9	773	62	29,4	75	I

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(5-е поле, 2010 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т, Дзанагов С.Х., Басиев А.Е, Лазаров Т.К., 2012)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Сырая клейковина, %	Показание ИДК	Группа качества клейковины
Контроль	31,3	755	47	26,2	84	II
N ₁ P ₁ K ₁	33,2	768	51	27,6	76	I
N ₂ P ₁ K ₁	32,1	751	52	29,0	85	II
N ₁ P ₂ K ₁	32,8	757	51	27,2	87	II
N ₂ P ₂ K ₁	34,3	749	53	29,6	80	II
N ₂ P ₂ K ₂	34,7	755	56	29,2	74	I
N ₃ P ₂ K ₁	32,5	745	62	30,4	87	II
N ₃ P ₂ K ₂	31,5	749	61	30,1	81	II
N ₂ P ₃ K ₁	32,3	755	60	29,1	92	II
N ₂ P ₃ K ₂	32,2	750	61	29,6	84	II
N ₃ P ₃ K ₁	31,5	746	62	30,9	96	II
N ₃ P ₃ K ₃	32,0	750	60	30,7	89	II
Навоз+НРК	33,9	765	58	28,8	71	I
Расчетный	32,6	753	61	30,1	75	I

Физические и технологические показатели зерна озимой пшеницы

(5-е поле, 2016 г.) в зависимости от удобрений

(Ханикаев Б.Р., Лазаров Т.К., 2020)

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Сырая клейковина, %	Показание ИДК	Группа качества клейковины
Контроль	31,0	763	49	26,0	88	II
N ₁ P ₁ K ₁	32,6	761	52	27,4	82	II
N ₂ P ₁ K ₁	33,8	752	53	29,1	67	I
N ₁ P ₂ K ₁	33,5	754	51	27,1	87	II
N ₂ P ₂ K ₁	34,3	759	54	29,0	80	II
N ₂ P ₂ K ₂	34,9	760	57	28,8	72	I
N ₃ P ₂ K ₁	31,8	747	63	30,0	90	II
N ₃ P ₂ K ₂	33,8	749	62	29,8	73	I
N ₂ P ₃ K ₁	31,4	752	59	29,4	76	II
N ₂ P ₃ K ₂	31,4	753	60	29,1	78	II
N ₃ P ₃ K ₁	31,6	750	62	30,6	74	I
N ₃ P ₃ K ₃	32,7	753	61	30,3	79	II
Навоз+НРК	33,5	768	59	28,7	77	II
Расчетный	32,9	750	62	30,0	69	I

Химический состав и качество зерна кукурузы (1996 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Контроль	1,47	0,68	0,42	8,82	4,18	3,51	1,17	64,9
N ₁ P ₁ K ₁	1,51	0,71	0,45	9,24	4,24	3,10	1,51	67,2
N ₂ P ₁ K ₁	1,54	0,72	0,44	9,24	4,21	3,26	1,46	67,0
N ₁ P ₂ K ₁	1,53	0,74	0,43	9,18	4,23	3,21	1,44	67,4
N ₂ P ₂ K ₁	1,55	0,73	0,45	9,30	4,09	3,33	1,46	66,8
N ₂ P ₂ K ₂	1,55	0,74	0,47	9,30	3,8	3,58	1,49	65,8
N ₃ P ₂ K ₁	1,59	0,74	0,44	9,54	3,72	3,44	1,44	65,0
N ₃ P ₂ K ₂	1,63	0,75	0,47	9,78	3,81	3,49	1,51	62,4
N ₂ P ₃ K ₁	1,54	0,75	0,43	9,24	3,64	3,60	1,48	66,1
N ₂ P ₃ K ₂	1,55	0,77	0,47	9,30	3,78	3,51	1,45	64,4
N ₃ P ₃ K ₁	1,64	0,76	0,45	9,84	3,71	3,62	1,46	62,6
N ₃ P ₃ K ₃	1,66	0,77	0,46	9,96	3,67	3,58	1,43	62,1
Навоз+NPK	1,52	0,72	0,46	9,12	3,65	3,46	1,5	66,1
Расчетный	1,67	0,77	0,48	10,02	3,72	3,65	1,49	59,6

Химический состав и качество зерна кукурузы (2003 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2004)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Контроль	1,55	0,74	0,49	9,3	3,89	4,02	1,37	53,8
N ₁ P ₁ K ₁	1,82	0,82	0,56	10,9	3,95	3,55	1,88	52,7
N ₂ P ₁ K ₁	1,82	0,88	0,59	10,9	3,92	3,73	1,96	52,5
N ₁ P ₂ K ₁	1,74	0,79	0,63	10,4	3,94	3,68	2,11	52,8
N ₂ P ₂ K ₁	2,05	0,92	0,63	12,3	3,81	3,81	2,04	51,6
N ₂ P ₂ K ₂	2,17	0,82	0,64	13,0	3,54	4,10	2,03	51,1
N ₃ P ₂ K ₁	1,62	0,91	0,65	9,7	3,46	3,94	2,13	53,4
N ₃ P ₂ K ₂	1,96	1,01	0,59	11,8	3,55	4,00	1,90	52,1
N ₂ P ₃ K ₁	1,67	0,92	0,56	10,0	3,39	4,12	1,93	53,3
N ₂ P ₃ K ₂	1,88	0,74	0,55	11,3	3,52	4,02	1,70	52,6
N ₃ P ₃ K ₁	1,89	0,72	0,57	11,3	3,45	4,15	1,85	52,3
N ₃ P ₃ K ₃	1,83	0,79	0,59	11,0	3,42	4,10	1,83	52,7
Навоз+NPK	1,96	0,85	0,52	11,8	3,40	3,96	1,70	52,3
Расчетный	1,94	0,90	0,55	11,6	3,46	4,18	1,71	52,3

Химический состав и качество зерна кукурузы (2008 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Контроль	1,57	0,7	0,51	9,4	3,73	3,52	1,55	58,3
N ₁ P ₁ K ₁	1,81	0,8	0,56	10,9	3,76	3,40	1,63	57,3
N ₂ P ₁ K ₁	1,84	0,81	0,55	11,0	3,76	3,70	1,50	57,0
N ₁ P ₂ K ₁	1,77	0,88	0,56	10,6	3,79	3,61	1,65	57,3
N ₂ P ₂ K ₁	2,11	0,94	0,59	12,7	3,78	3,53	1,58	55,9
N ₂ P ₂ K ₂	2,19	0,90	0,63	13,1	3,84	3,78	1,76	55,2
N ₃ P ₂ K ₁	1,89	0,90	0,58	11,3	3,79	3,33	1,60	57,0
N ₃ P ₂ K ₂	1,95	0,99	0,62	11,7	3,84	3,54	1,68	56,5
N ₂ P ₃ K ₁	1,70	0,95	0,59	10,2	3,80	3,81	1,61	57,4
N ₂ P ₃ K ₂	1,88	0,76	0,63	11,3	3,84	3,39	1,84	56,8
N ₃ P ₃ K ₁	1,90	0,75	0,61	11,4	3,82	3,57	1,65	56,7
N ₃ P ₃ K ₃	1,85	0,89	0,63	11,1	3,84	4,03	1,68	56,6
Навоз+NPK	2,08	0,84	0,61	12,5	3,82	3,73	1,69	55,8
Расчетный	1,96	0,88	0,64	11,8	3,85	3,97	1,87	56,0

Химический состав и качество зерна кукурузы (2015 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Гагиев Б.В., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2015)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	Крахмал
Контроль	1,39	0,66	0,40	8,34	4,19	3,50	1,16	64,1
N ₁ P ₁ K ₁	1,52	0,72	0,46	9,12	4,25	3,11	1,54	67,4
N ₂ P ₁ K ₁	1,55	0,73	0,45	9,30	4,22	3,27	1,48	67,2
N ₁ P ₂ K ₁	1,54	0,75	0,44	9,24	4,24	3,22	1,46	67,6
N ₂ P ₂ K ₁	1,56	0,74	0,46	9,36	4,10	3,34	1,48	67,0
N ₂ P ₂ K ₂	1,57	0,75	0,48	9,42	3,81	3,59	1,51	66,0
N ₃ P ₂ K ₁	1,60	0,75	0,45	9,60	3,73	3,45	1,46	65,2
N ₃ P ₂ K ₂	1,61	0,76	0,48	9,66	3,82	3,50	1,53	62,6
N ₂ P ₃ K ₁	1,56	0,76	0,44	9,36	3,65	3,61	1,51	66,3
N ₂ P ₃ K ₂	1,55	0,78	0,48	9,30	3,79	3,52	1,47	64,6
N ₃ P ₃ K ₁	1,65	0,77	0,46	9,90	3,72	3,63	1,48	62,8
N ₃ P ₃ K ₃	1,67	0,78	0,47	10,02	3,68	3,59	1,45	62,3
Навоз+NPK	1,56	0,73	0,47	9,36	3,66	3,47	1,52	66,3
Расчетный	1,68	0,78	0,49	10,08	3,73	3,66	1,51	59,7

Химический состав и качество кукурузы на силос (2009 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	1,12	0,41	1,09	6,72	0,97	32,0	10,0	50,3
N ₁ P ₁ K ₁	1,31	0,43	1,25	7,86	1,40	31,0	10,7	49,0
N ₂ P ₁ K ₁	1,33	0,45	1,32	7,98	1,32	34,3	9,8	46,6
N ₁ P ₂ K ₁	1,38	0,50	1,39	8,28	1,16	33,0	9,7	47,9
N ₂ P ₂ K ₁	1,44	0,52	1,37	8,64	1,61	32,5	10,3	46,9
N ₂ P ₂ K ₂	1,51	0,53	1,55	9,06	1,42	30,7	9,4	49,4
N ₃ P ₂ K ₁	1,53	0,55	1,44	9,18	1,73	34,6	10,7	43,8
N ₃ P ₂ K ₂	1,52	0,53	1,53	9,12	1,25	33,3	10,8	45,6
N ₂ P ₃ K ₁	1,33	0,52	1,48	7,98	1,28	35,2	10,2	45,4
N ₂ P ₃ K ₂	1,32	0,51	1,54	7,92	1,58	31,0	11,5	48,0
N ₃ P ₃ K ₁	1,45	0,49	1,48	8,70	1,45	32,4	11,1	46,3
N ₃ P ₃ K ₃	1,51	0,52	1,39	9,06	1,03	36,7	9,7	43,5
Навоз+NPK	1,49	0,53	1,47	8,94	1,69	34,5	11,0	43,9
Расчетный	1,43	0,48	1,24	8,58	1,81	35,9	11,5	42,2

Химический состав и качество кукурузы на силос (2015 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Гагиев Б.В., Кануков З.Т., Лазаров Т.К., 2017)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Клетчатка	Зола	БЭВ
Контроль	0,91	0,31	0,97	5,46	1,00	32,3	9,8	51,4
N ₁ P ₁ K ₁	1,27	0,41	1,43	7,62	1,32	31,2	10,3	49,6
N ₂ P ₁ K ₁	1,30	0,42	1,46	7,80	1,34	34,0	9,5	47,4
N ₁ P ₂ K ₁	1,38	0,43	1,44	8,28	1,41	33,2	10,4	46,8
N ₂ P ₂ K ₁	1,42	0,42	1,48	8,52	1,55	32,4	10,0	47,5
N ₂ P ₂ K ₂	1,45	0,43	1,51	8,70	1,71	34,7	11,1	43,8
N ₃ P ₂ K ₁	1,49	0,38	1,32	8,94	1,46	30,6	10,1	48,9
N ₃ P ₂ K ₂	1,48	0,39	1,36	8,88	1,72	32,5	10,6	46,3
N ₂ P ₃ K ₁	1,25	0,41	1,28	7,50	1,55	35,0	10,2	45,8
N ₂ P ₃ K ₂	1,24	0,41	1,31	7,44	1,75	31,1	11,6	48,1
N ₃ P ₃ K ₁	1,34	0,38	1,25	8,04	1,69	32,7	10,4	47,1
N ₃ P ₃ K ₃	1,44	0,41	1,18	8,64	1,72	37,0	10,6	42,0
Навоз+NPK	1,41	0,40	1,30	8,46	1,63	34,3	10,7	44,9
Расчетный	1,40	0,39	1,17	8,40	1,73	36,4	11,8	41,6

Химический состав и качество суданской травы (1997 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Сахара	Зола	Клетчатка
Контроль	1,41	0,25	1,31	8,8	1,05	12,3	7,10	24,7
N ₁ P ₁ K ₁	1,44	0,26	1,35	9,0	1,09	12,5	7,20	23,8
N ₂ P ₁ K ₁	1,49	0,26	1,35	9,3	1,12	13,1	7,20	24,4
N ₁ P ₂ K ₁	1,46	0,26	1,38	9,1	1,11	14,4	7,34	24,5
N ₂ P ₂ K ₁	1,51	0,26	1,42	9,4	1,13	13,1	7,20	24,7
N ₂ P ₂ K ₂	1,51	0,26	1,47	9,4	1,09	12,4	7,60	24,9
N ₃ P ₂ K ₁	1,66	0,26	1,44	10,4	1,14	11,6	7,19	24,9
N ₃ P ₂ K ₂	1,67	0,26	1,47	10,4	1,13	11,7	7,46	25,1
N ₂ P ₃ K ₁	1,52	0,28	1,47	9,5	1,10	12,7	7,32	23,6
N ₂ P ₃ K ₂	1,53	0,28	1,49	9,6	1,10	12,5	7,60	24,0
N ₃ P ₃ K ₁	1,67	0,28	1,49	10,4	1,16	12,3	7,32	25,5
N ₃ P ₃ K ₃	1,72	0,28	1,51	10,8	1,11	12,4	8,10	24,5
Навоз+NPK	1,56	0,27	1,49	9,8	1,12	12,0	7,46	24,4
Расчетный	1,73	0,28	1,55	10,8	1,13	12,8	8,30	23,7

Химический состав и качество суданской травы (2004 г.)

в зависимости от удобрений, % к сухому веществу

(Лазаров Т.К., 2005)

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Протеин	Жир	Сахара	Зола	Клетчатка
Контроль	1,69	0,26	1,44	10,6	1,18	14,9	6,39	23,2
N ₁ P ₁ K ₁	1,73	0,26	1,53	10,8	1,22	15,1	6,48	25,6
N ₂ P ₁ K ₁	1,76	0,26	1,53	11,0	1,25	15,0	6,48	21,1
N ₁ P ₂ K ₁	1,75	0,27	1,55	10,9	1,24	15,5	6,61	21,3
N ₂ P ₂ K ₁	1,74	0,28	1,62	10,9	1,23	15,6	6,74	23,6
N ₂ P ₂ K ₂	1,79	0,28	1,64	11,2	1,22	15,0	6,84	20,1
N ₃ P ₂ K ₁	1,83	0,28	1,64	11,4	1,24	15,2	6,84	24,1
N ₃ P ₂ K ₂	1,82	0,28	1,67	11,4	1,23	15,0	6,97	26,3
N ₂ P ₃ K ₁	1,80	0,29	1,64	11,3	1,20	15,0	6,84	23,9
N ₂ P ₃ K ₂	1,80	0,29	1,67	11,3	1,19	15,2	6,97	25,6
N ₃ P ₃ K ₁	1,88	0,30	1,64	11,8	1,24	15,2	6,84	26,6
N ₃ P ₃ K ₃	1,87	0,30	1,69	11,7	1,24	15,0	7,29	23,5
Навоз+NPK	1,84	0,29	1,67	11,5	1,21	15,0	6,97	24,6
Расчетный	1,88	0,30	1,71	11,8	1,24	16,2	8,03	23,3

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем люцерны (1994 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	17,8	121	32	107	6,81	1,82	6,00	3,7 : 1 : 3,3
N ₁ P ₁ K ₁	29,7	208	55	183	6,99	1,86	6,16	3,8 : 1 : 3,3
N ₂ P ₁ K ₁	31,9	227	59	196	7,13	1,84	6,14	3,9 : 1 : 3,3
N ₁ P ₂ K ₁	31,6	222	60	196	7,04	1,89	6,19	3,7 : 1 : 3,3
N ₂ P ₂ K ₁	32,7	235	62	200	7,18	1,91	6,12	3,8 : 1 : 3,2
N ₂ P ₂ K ₂	34,2	246	65	213	7,20	1,91	6,23	3,8 : 1 : 3,3
N ₃ P ₂ K ₁	37,7	279	71	231	7,41	1,89	6,12	3,9 : 1 : 3,2
N ₃ P ₂ K ₂	37,6	280	72	235	7,45	1,91	6,26	3,9 : 1 : 3,3
N ₂ P ₃ K ₁	41,0	296	79	253	7,22	1,93	6,16	3,7 : 1 : 3,2
N ₂ P ₃ K ₂	40,9	294	79	257	7,20	1,93	6,28	3,7 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₁	41,1	305	79	253	7,43	1,93	6,16	3,8 : 1 : 3,2
N ₃ P ₃ K ₃	44,4	331	87	283	7,45	1,96	6,37	3,8 : 1 : 3,3
Навоз+NPK	34,9	254	67	216	7,27	1,91	6,19	3,8 : 1 : 3,2
Расчетный	44,2	334	87	283	7,57	1,98	6,39	3,8 : 1 : 3,2

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем люцерны (2001 г.) в зависимости от удобрений

(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	8,8	58	14	47	6,65	1,63	5,29	4,1 : 1 : 3,2
N ₁ P ₁ K ₁	11,0	74	19	64	6,76	1,75	5,84	3,9 : 1 : 3,3
N ₂ P ₁ K ₁	12,6	86	23	75	6,83	1,82	5,98	3,8 : 1 : 3,3
N ₁ P ₂ K ₁	13,5	92	25	82	6,79	1,86	6,07	3,6 : 1 : 3,3
N ₂ P ₂ K ₁	14,2	100	27	86	7,04	1,89	6,03	3,7 : 1 : 3,2
N ₂ P ₂ K ₂	15,5	112	30	97	7,22	1,93	6,28	3,7 : 1 : 3,3
N ₃ P ₂ K ₁	19,2	140	38	119	7,31	1,98	6,19	3,7 : 1 : 3,1
N ₃ P ₂ K ₂	19,7	147	39	125	7,45	1,96	6,33	3,8 : 1 : 3,2
N ₂ P ₃ K ₁	19,4	141	39	123	7,27	2,00	6,33	3,6 : 1 : 3,2
N ₂ P ₃ K ₂	19,6	145	39	128	7,38	1,98	6,53	3,7 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₁	21,4	162	43	141	7,57	2,00	6,58	3,8 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₃	22,2	170	45	148	7,64	2,05	6,65	3,7 : 1 : 3,2
Навоз+NPK	16,7	122	32	106	7,31	1,93	6,33	3,8 : 1 : 3,3
Расчетный	23,5	182	49	158	7,75	2,09	6,74	3,7 : 1 : 3,2

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем клевера лугового (2006 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	10,7	46	13	35	4,32	1,17	3,24	3,7 : 1 : 2,8
N ₁ P ₁ K ₁	17,8	79	22	61	4,42	1,22	3,45	3,6 : 1 : 2,8
N ₂ P ₁ K ₁	19,1	90	23	66	4,74	1,22	3,45	3,9 : 1 : 2,8
N ₁ P ₂ K ₁	18,9	84	25	66	4,46	1,33	3,50	3,3 : 1 : 2,6
N ₂ P ₂ K ₁	19,6	99	29	69	5,04	1,50	3,54	3,4 : 1 : 2,4
N ₂ P ₂ K ₂	20,5	104	32	74	5,08	1,56	3,63	3,3 : 1 : 2,3
N ₃ P ₂ K ₁	22,6	119	33	80	5,27	1,47	3,52	3,6 : 1 : 2,4
N ₃ P ₂ K ₂	22,6	120	34	83	5,29	1,52	3,66	3,5 : 1 : 2,4
N ₂ P ₃ K ₁	24,6	123	40	88	4,99	1,61	3,57	3,1 : 1 : 2,2
N ₂ P ₃ K ₂	24,5	121	43	90	4,95	1,77	3,66	2,8 : 1 : 2,1
N ₃ P ₃ K ₁	24,7	129	41	87	5,22	1,66	3,54	3,2 : 1 : 2,1
N ₃ P ₃ K ₃	26,6	144	46	98	5,43	1,75	3,70	3,1 : 1 : 2,1
Навоз+NPK	20,9	108	34	76	5,15	1,61	3,66	3,2 : 1 : 2,3
Расчетный	26,5	146	48	98	5,50	1,79	3,70	3,1 : 1 : 2,1

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем клевера лугового (2012 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2013)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	12,1	48	13	36	3,93	1,04	3,01	3,8 : 1 : 2,9
N ₁ P ₁ K ₁	19,4	82	21	62	4,21	1,08	3,20	3,9 : 1 : 3,0
N ₂ P ₁ K ₁	22,6	101	25	72	4,49	1,10	3,17	4,1 : 1 : 2,9
N ₁ P ₂ K ₁	21,1	90	26	69	4,26	1,22	3,27	3,5 : 1 : 2,7
N ₂ P ₂ K ₁	23,7	111	31	78	4,69	1,31	3,29	3,6 : 1 : 2,5
N ₂ P ₂ K ₂	24,1	114	33	81	4,74	1,36	3,38	3,5 : 1 : 2,5
N ₃ P ₂ K ₁	25,6	124	34	84	4,83	1,33	3,29	3,6 : 1 : 2,5
N ₃ P ₂ K ₂	25,1	122	34	85	4,88	1,36	3,40	3,6 : 1 : 2,5
N ₂ P ₃ K ₁	28,0	131	42	95	4,67	1,50	3,38	3,1 : 1 : 2,3
N ₂ P ₃ K ₂	27,0	124	41	91	4,60	1,52	3,36	3,0 : 1 : 2,2
N ₃ P ₃ K ₁	28,5	140	45	96	4,90	1,56	3,38	3,1 : 1 : 2,2
N ₃ P ₃ K ₃	31,8	159	52	112	5,01	1,63	3,52	3,1 : 1 : 2,2
Навоз+NPK	25,2	122	36	87	4,83	1,43	3,45	3,4 : 1 : 2,4
Расчетный	31,0	160	51	110	5,15	1,66	3,54	3,1 : 1 : 2,1

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (2-е поле, 1995 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	2,90	58	22	12	4,76	23	11	42	81	33	54	27,9	11,3	18,7	2,5 : 1 : 1,7
N ₁ P ₁ K ₁	4,02	86	31	17	6,83	35	17	63	121	48	81	30,0	11,9	20,1	2,5 : 1 : 1,7
N ₂ P ₁ K ₁	4,53	99	34	19	8,13	48	20	82	147	55	102	32,4	12,0	22,4	2,7 : 1 : 1,9
N ₁ P ₂ K ₁	4,68	99	37	21	8,19	48	20	87	148	57	107	31,6	12,3	22,9	2,6 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₁	5,54	122	43	25	9,65	66	28	105	188	71	130	34,0	12,8	23,4	2,7 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,80	130	46	26	10,27	76	33	122	206	79	148	35,4	13,6	25,5	2,6 : 1 : 1,9
N ₃ P ₂ K ₁	4,94	113	40	22	8,94	58	29	93	171	68	115	34,5	13,9	23,3	2,5 : 1 : 1,7
N ₃ P ₂ K ₂	5,48	124	43	25	10,25	83	33	118	207	77	143	37,7	14,0	26,0	2,7 : 1 : 1,9
N ₂ P ₃ K ₁	5,26	116	42	24	9,63	63	31	107	179	73	130	34,1	13,8	24,8	2,5 : 1 : 1,8
N ₂ P ₃ K ₂	5,39	118	43	25	9,65	65	29	111	182	72	135	33,8	13,4	25,1	2,5 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₁	5,30	121	42	24	9,81	68	32	107	188	74	131	35,5	14,0	24,7	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₃	5,75	133	46	27	10,70	97	42	153	229	88	179	39,9	15,3	31,2	2,6 : 1 : 2,0
Навоз+NPK	5,79	128	46	26	10,07	68	33	121	196	79	148	33,9	13,7	25,5	2,5 : 1 : 1,9
Расчетный	5,53	127	45	26	9,73	89	38	137	216	83	163	39,1	14,9	29,5	2,6 : 1 : 2,0

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (2-е поле, 2002 г.) в зависимости от удобрений

(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	2,68	56	19	10	4,24	21	9	32	77	28	43	28,8	10,4	16,0	2,8 : 1 : 1,5
N ₁ P ₁ K ₁	3,55	75	25	14	6,41	32	15	52	107	40	66	30,1	11,3	18,6	2,7 : 1 : 1,6
N ₂ P ₁ K ₁	4,37	94	31	17	7,68	50	21	77	143	51	94	32,8	11,8	21,5	2,8 : 1 : 1,8
N ₁ P ₂ K ₁	4,07	86	29	16	7,43	35	20	68	122	49	84	29,9	12,2	20,7	2,5 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₁	4,91	106	35	20	8,87	61	28	96	167	64	116	34,0	12,9	23,7	2,6 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,24	114	38	22	9,26	67	29	97	181	68	119	34,6	12,9	22,7	2,7 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	4,41	97	33	17	7,72	51	21	71	148	54	89	33,5	12,3	20,1	2,7 : 1 : 1,6
N ₃ P ₂ K ₂	4,99	109	37	21	8,90	57	27	99	166	64	120	33,3	12,8	24,1	2,6 : 1 : 1,9
N ₂ P ₃ K ₁	4,75	105	36	19	8,49	49	25	88	154	61	108	32,4	12,8	22,6	2,5 : 1 : 1,8
N ₂ P ₃ K ₂	4,62	102	35	18	8,05	47	23	86	149	58	104	32,1	12,6	22,5	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₁	5,05	113	39	21	8,98	71	30	117	184	69	138	36,5	13,7	27,3	2,7 : 1 : 2,0
N ₃ P ₃ K ₃	5,18	117	41	23	9,07	81	32	110	197	73	133	38,1	14,0	25,7	2,7 : 1 : 1,8
Навоз+NPK	5,60	123	40	23	9,44	71	30	103	194	70	126	34,6	12,5	22,5	2,8 : 1 : 1,8
Расчетный	5,01	114	40	22	9,03	81	32	118	195	72	139	38,9	14,4	27,8	2,7 : 1 : 1,9

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (2-е поле, 2006 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	2,41	47	17	10	4,81	22	11	41	70	28	51	28,9	11,6	21,2	2,5 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	3,57	74	27	16	4,62	23	11	43	96	38	58	27,0	10,6	16,3	2,5 : 1 : 1,5
N ₂ P ₁ K ₁	3,86	83	30	17	5,81	30	17	60	113	47	77	29,4	12,1	19,9	2,4 : 1 : 1,6
N ₁ P ₂ K ₁	4,21	88	33	19	6,26	35	19	70	123	51	89	29,2	12,2	21,1	2,4 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₁	5,01	109	40	22	7,59	52	25	83	161	65	105	32,2	13,0	20,9	2,5 : 1 : 1,6
N ₂ P ₂ K ₂	5,39	117	42	25	7,07	45	22	80	162	64	104	30,1	11,9	19,4	2,5 : 1 : 1,6
N ₃ P ₂ K ₁	4,53	101	36	20	7,31	48	23	78	149	59	98	32,9	13,0	21,6	2,5 : 1 : 1,7
N ₃ P ₂ K ₂	4,85	108	38	22	7,34	48	21	82	156	60	105	32,2	12,3	21,5	2,6 : 1 : 1,8
N ₂ P ₃ K ₁	4,73	105	37	21	6,84	41	23	75	145	60	96	30,7	12,8	20,4	2,4 : 1 : 1,6
N ₂ P ₃ K ₂	4,97	110	39	23	6,92	42	24	80	152	63	103	30,6	12,7	20,7	2,4 : 1 : 1,6
N ₃ P ₃ K ₁	4,82	109	39	22	7,35	46	24	82	155	63	103	32,2	13,0	21,4	2,5 : 1 : 1,6
N ₃ P ₃ K ₃	5,20	119	42	24	7,88	55	27	99	174	69	124	33,4	13,3	23,8	2,5 : 1 : 1,8
Навоз+NPK	5,22	116	40	24	7,96	54	27	96	169	67	120	32,4	12,8	22,9	2,5 : 1 : 1,8
Расчетный	4,99	114	40	24	7,72	55	28	99	169	67	122	33,8	13,5	24,5	2,5 : 1 : 1,8

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (2-е поле, 2013 г.) в зависимости от удобрений

(Ханикаев Б.В., Лазаров Т.К, Дзанагов С.Х, 2020)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	3,21	63	21	14	5,19	23	10	43	86	31	57	26,9	9,7	17,7	2,8 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	4,82	99	34	21	5,56	26	12	50	126	46	71	26,1	9,6	14,8	2,7 : 1 : 1,5
N ₂ P ₁ K ₁	5,39	114	40	24	10,55	71	30	116	185	70	139	34,3	13,0	25,8	2,6 : 1 : 2,0
N ₁ P ₂ K ₁	5,12	105	40	23	10,04	66	25	105	171	65	128	33,4	12,8	25,0	2,6 : 1 : 2,0
N ₂ P ₂ K ₁	5,58	123	44	24	10,42	67	29	117	189	73	141	34,0	13,1	25,3	2,6 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₂	6,41	138	52	30	10,76	66	34	124	204	86	154	31,9	13,4	24,1	2,4 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	5,54	125	42	25	10,35	68	35	124	193	77	148	34,9	13,9	26,8	2,5 : 1 : 1,9
N ₃ P ₂ K ₂	5,63	126	43	26	10,89	70	35	132	196	78	158	34,8	13,8	28,0	2,5 : 1 : 2,0
N ₂ P ₃ K ₁	5,59	122	46	25	10,59	61	30	127	183	76	152	32,7	13,6	27,2	2,4 : 1 : 2,0
N ₂ P ₃ K ₂	5,53	120	45	26	9,15	50	25	97	170	70	123	30,8	12,7	22,3	2,4 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₁	5,67	130	45	26	9,74	55	29	103	185	74	129	32,6	13,1	22,7	2,5 : 1 : 1,7
N ₃ P ₃ K ₃	5,92	136	47	29	11,56	79	38	150	215	85	178	36,3	14,4	30,1	2,5 : 1 : 2,1
Навоз+NPK	6,62	147	52	31	10,09	66	33	122	214	85	153	32,3	12,9	23,1	2,5 : 1 : 1,8
Расчетный	6,14	142	49	28	12,46	88	42	151	230	92	179	37,5	14,9	29,1	2,5 : 1 : 2,0

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (5-е поле, 1998 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	2,56	48	19	12	4,82	23	12	44	71	31	55	27,8	12,2	21,6	2,3 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	3,63	75	27	16	7,03	37	20	66	111	47	82	30,7	13,0	22,5	2,4 : 1 : 1,7
N ₂ P ₁ K ₁	4,16	85	31	18	7,34	41	21	73	126	52	91	30,4	12,5	21,8	2,4 : 1 : 1,7
N ₁ P ₂ K ₁	4,49	91	35	20	7,52	43	23	78	134	58	99	29,8	13,0	22,0	2,3 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₁	5,22	111	40	23	9,14	62	30	107	173	71	130	33,1	13,6	25,0	2,4 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,44	117	42	24	9,02	60	30	103	177	72	127	32,6	13,2	23,3	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	4,78	105	37	23	11,98	94	39	125	199	76	148	41,6	15,9	31,0	2,6 : 1 : 1,9
N ₃ P ₂ K ₂	4,98	109	38	23	11,25	85	35	124	194	74	147	38,9	14,8	29,4	2,6 : 1 : 2,0
N ₂ P ₃ K ₁	4,89	104	38	21	12,08	93	41	126	197	79	147	40,3	16,2	30,1	2,5 : 1 : 1,9
N ₂ P ₃ K ₂	4,96	105	39	23	12,15	95	42	138	200	82	161	40,4	16,5	32,4	2,5 : 1 : 2,0
N ₃ P ₃ K ₁	5,03	111	39	22	11,88	93	42	125	204	82	147	40,6	16,3	29,2	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₃	5,28	119	42	25	10,70	77	41	139	197	83	163	37,3	15,7	30,9	2,4 : 1 : 2,0
Навоз+NPK	5,59	119	43	25	9,29	62	34	111	181	77	136	32,4	13,8	24,2	2,3 : 1 : 1,8
Расчетный	5,39	121	43	25	11,13	81	43	140	202	87	165	37,4	16,1	30,6	2,3 : 1 : 1,9

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (5-е поле, 2005 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	2,64	54	21	11	4,15	22	11	34	76	31	45	28,7	11,9	17,0	2,4 : 1 : 1,4
N ₁ P ₁ K ₁	3,49	77	27	16	6,29	35	17	62	112	45	77	32,0	12,8	22,1	2,5 : 1 : 1,7
N ₂ P ₁ K ₁	4,24	95	32	19	7,43	47	22	79	142	54	98	33,5	12,7	23,0	2,6 : 1 : 1,8
N ₁ P ₂ K ₁	4,31	93	34	20	7,86	53	23	88	147	57	108	34,0	13,3	25,0	2,6 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₁	4,87	109	38	23	8,78	67	29	101	176	67	123	36,1	13,8	25,3	2,6 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₂	5,18	118	42	24	9,13	64	30	106	181	73	130	35,0	14,0	25,0	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	4,57	106	37	20	7,97	54	28	84	160	65	104	35,1	14,3	22,9	2,5 : 1 : 1,6
N ₃ P ₂ K ₂	4,91	113	39	22	8,70	66	32	100	179	71	122	36,4	14,5	24,9	2,5 : 1 : 1,7
N ₂ P ₃ K ₁	4,70	105	37	21	8,38	59	29	92	164	67	113	34,9	14,2	24,1	2,5 : 1 : 1,7
N ₂ P ₃ K ₂	4,58	102	37	22	7,94	55	28	88	157	65	110	34,4	14,2	23,9	2,4 : 1 : 1,7
N ₃ P ₃ K ₁	5,01	116	41	22	8,88	69	34	102	185	76	124	36,9	15,1	24,8	2,4 : 1 : 1,6
N ₃ P ₃ K ₃	5,19	123	43	25	9,05	68	35	119	191	78	144	36,8	15,0	27,7	2,5 : 1 : 1,8
Навоз+NPK	5,59	126	45	25	9,41	67	34	117	194	80	143	34,6	14,2	25,5	2,4 : 1 : 1,8
Расчетный	5,03	118	42	23	9,02	69	35	116	187	77	139	37,1	15,3	27,7	2,4 : 1 : 1,8

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (5-е поле, 2010 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2011)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	2,58	50	18	11	4,08	16	10	32	66	28	42	25,5	10,7	16,5	2,4 : 1 : 1,5
N ₁ P ₁ K ₁	3,72	76	27	16	6,72	41	21	71	117	48	87	31,4	13,0	23,3	2,4 : 1 : 1,8
N ₂ P ₁ K ₁	4,06	87	30	17	7,14	51	25	80	137	55	97	33,8	13,5	23,9	2,5 : 1 : 1,8
N ₁ P ₂ K ₁	4,34	90	34	19	7,92	64	28	101	154	62	120	35,4	14,3	27,7	2,5 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₁	5,18	114	41	23	9,36	76	34	127	189	76	150	36,6	14,6	29,0	2,5 : 1 : 2,0
N ₂ P ₂ K ₂	5,57	121	45	26	9,84	69	34	122	189	79	148	34,0	14,2	26,5	2,4 : 1 : 1,9
N ₃ P ₂ K ₁	4,75	107	37	21	8,32	62	31	90	168	67	111	35,5	14,2	23,4	2,5 : 1 : 1,7
N ₃ P ₂ K ₂	4,85	108	38	22	8,65	63	34	97	171	71	119	35,3	14,7	24,6	2,4 : 1 : 1,7
N ₂ P ₃ K ₁	4,91	108	40	22	8,78	64	36	105	172	75	127	35,0	15,4	25,8	2,3 : 1 : 1,7
N ₂ P ₃ K ₂	5,09	111	41	24	8,87	67	36	115	178	77	138	34,9	15,2	27,2	2,3 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₁	5,00	114	41	22	8,89	68	36	109	182	77	131	36,4	15,4	26,2	2,4 : 1 : 1,7
N ₃ P ₃ K ₃	5,37	123	44	25	9,40	70	42	130	194	86	156	36,0	16,0	29,0	2,3 : 1 : 1,8
Навоз+NPK	5,49	123	42	25	9,25	61	36	118	183	79	144	33,4	14,3	26,2	2,3 : 1 : 1,8
Расчетный	5,13	118	41	24	9,25	74	41	119	192	82	143	37,4	16,0	27,9	2,3 : 1 : 1,7

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем озимой пшеницы (5-е поле, 2016 г.) в зависимости от удобрений

(Ханикаев Б.В., Лазаров Т.К., Дзанагов С.Х., 2020)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	3,04	57	19	13	4,93	23	11	41	80	30	53	26,3	9,9	17,5	2,7 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	4,14	84	29	19	6,52	34	16	64	118	45	82	28,4	10,8	19,9	2,6 : 1 : 1,8
N ₂ P ₁ K ₁	4,71	100	32	21	8,31	43	19	82	143	52	103	30,4	11,0	21,8	2,8 : 1 : 2,0
N ₁ P ₂ K ₁	5,39	110	41	24	8,01	48	21	86	158	62	110	29,3	11,5	20,4	2,5 : 1 : 1,8
N ₂ P ₂ K ₁	6,25	138	48	28	9,47	59	27	116	198	75	144	31,6	11,9	23,1	2,6 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₂	6,56	142	52	31	9,82	63	30	118	205	82	149	31,2	12,5	22,7	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	5,61	126	41	25	8,43	53	25	97	179	66	122	32,0	11,7	21,7	2,7 : 1 : 1,9
N ₃ P ₂ K ₂	5,79	129	42	26	9,36	63	29	114	193	71	140	33,3	12,3	24,2	2,7 : 1 : 2,0
N ₂ P ₃ K ₁	5,68	123	43	25	8,69	54	28	102	177	72	128	31,2	12,6	22,5	2,5 : 1 : 1,8
N ₂ P ₃ K ₂	5,82	125	46	27	8,34	50	27	106	175	72	133	30,1	12,4	22,8	2,4 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₁	5,71	130	44	26	8,71	55	29	109	185	73	135	32,4	12,7	23,6	2,6 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	6,04	140	47	30	8,80	61	29	123	202	76	153	33,4	12,7	25,3	2,6 : 1 : 2,0
Навоз+NPK	6,39	141	50	31	10,23	69	37	135	209	87	166	32,8	13,5	25,9	2,4 : 1 : 1,9
Расчетный	6,43	150	51	30	9,95	71	36	127	221	86	158	34,4	13,4	24,5	2,6 : 1 : 1,8

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем кукурузой на зерно (1996 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	3,83	48	22	14	6,47	40	16	86	89	39	100	23,2	10,1	26,0	2,3 : 1 : 2,6
N ₁ P ₁ K ₁	5,09	66	31	20	7,84	50	20	111	116	51	131	22,8	10,1	25,7	2,3 : 1 : 2,6
N ₂ P ₁ K ₁	5,53	73	34	21	8,74	61	22	131	134	57	152	24,2	10,3	27,6	2,4 : 1 : 2,7
N ₁ P ₂ K ₁	5,81	76	37	21	9,18	61	24	143	137	61	164	23,6	10,4	28,3	2,3 : 1 : 2,7
N ₂ P ₂ K ₁	6,42	86	40	25	10,02	75	28	179	160	68	204	25,0	10,7	31,8	2,3 : 1 : 3,0
N ₂ P ₂ K ₂	6,68	89	43	27	10,35	68	28	154	157	71	181	23,5	10,6	27,1	2,2 : 1 : 2,6
N ₃ P ₂ K ₁	6,70	92	43	25	10,52	60	18	147	152	61	172	22,7	9,1	25,7	2,5 : 1 : 2,8
N ₃ P ₂ K ₂	6,77	95	44	27	10,56	59	22	160	153	65	187	22,7	9,7	27,6	2,3 : 1 : 2,9
N ₂ P ₃ K ₁	6,98	92	45	26	10,57	62	24	158	154	69	184	22,1	9,8	26,4	2,2 : 1 : 2,7
N ₂ P ₃ K ₂	7,18	96	48	29	10,91	69	22	172	165	70	201	22,9	9,7	28,0	2,4 : 1 : 2,9
N ₃ P ₃ K ₁	7,34	104	48	28	11,16	70	27	174	173	75	203	23,6	10,2	27,6	2,3 : 1 : 2,7
N ₃ P ₃ K ₃	7,86	112	52	31	11,71	83	33	170	195	85	201	24,8	10,8	25,6	2,3 : 1 : 2,4
Навоз+NPK	7,08	93	44	28	10,62	69	28	154	161	72	182	22,8	10,2	25,7	2,2 : 1 : 2,5
Расчетный	8,13	117	54	34	12,03	85	34	183	202	88	216	24,8	10,8	26,6	2,3 : 1 : 2,5

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем кукурузой на зерно (2003 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2005)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Уро- жай, т/га	Вынос, кг/га			Уро- жай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	3,72	50	24	16	4,86	32	13	37	81	37	53	21,9	9,9	14,2	2,2 : 1 : 1,4
N ₁ P ₁ K ₁	4,60	72	32	22	6,56	50	20	59	122	52	81	26,4	11,3	17,6	2,3 : 1 : 1,6
N ₂ P ₁ K ₁	5,07	79	38	26	7,98	67	20	75	146	58	101	28,9	11,5	19,9	2,5 : 1 : 1,7
N ₁ P ₂ K ₁	4,95	74	34	27	7,39	56	22	70	130	56	97	26,2	11,3	19,5	2,3 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₁	5,48	97	43	30	8,52	60	21	94	157	65	124	28,6	11,8	22,6	2,4 : 1 : 1,9
N ₂ P ₂ K ₂	5,60	105	39	31	9,14	70	28	88	174	68	119	31,1	12,1	21,2	2,6 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	6,17	86	48	34	10,65	95	22	97	181	71	131	29,4	11,4	21,3	2,6 : 1 : 1,9
N ₃ P ₂ K ₂	6,26	106	54	32	9,93	94	22	94	199	77	126	31,8	12,2	20,1	2,6 : 1 : 1,6
N ₂ P ₃ K ₁	6,12	93	48	29	8,73	79	22	79	173	70	108	28,2	11,5	17,7	2,5 : 1 : 1,5
N ₂ P ₃ K ₂	6,19	100	39	29	8,17	64	31	76	164	70	105	26,5	11,3	16,9	2,3 : 1 : 1,5
N ₃ P ₃ K ₁	6,03	98	37	30	9,13	82	38	85	180	76	115	29,8	12,5	19,0	2,4 : 1 : 1,5
N ₃ P ₃ K ₃	6,98	110	47	35	10,36	81	36	117	191	84	152	27,3	12,0	21,8	2,3 : 1 : 1,8
Навоз+NPK	5,69	96	42	25	9,50	71	30	93	167	72	118	29,3	12,6	20,8	2,3 : 1 : 1,7
Расчетный	8,34	139	65	39	7,29	60	26	85	199	91	124	23,9	10,9	14,9	2,2 : 1 : 1,4

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем кукурузой на зерно (2008 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	3,81	51	23	17	4,53	26	12	44	78	35	61	20,4	9,1	15,9	2,2 : 1 : 1,8
N ₁ P ₁ K ₁	4,72	73	32	23	6,85	46	20	72	120	52	95	25,3	11,1	20,1	2,3 : 1 : 1,8
N ₂ P ₁ K ₁	5,22	83	36	25	8,73	72	28	95	155	64	120	29,7	12,2	22,9	2,4 : 1 : 1,9
N ₁ P ₂ K ₁	5,09	77	39	25	7,59	56	26	83	133	64	107	26,2	12,6	21,0	2,1 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₁	5,84	106	47	30	9,14	71	30	105	177	78	134	30,4	13,3	23,0	2,3 : 1 : 1,7
N ₂ P ₂ K ₂	6,14	116	48	33	9,12	58	28	101	174	76	135	28,3	12,3	21,9	2,3 : 1 : 1,8
N ₃ P ₂ K ₁	6,72	109	52	34	10,17	94	32	109	203	84	142	30,2	12,5	21,2	2,4 : 1 : 1,7
N ₃ P ₂ K ₂	6,95	117	59	37	8,86	78	25	97	195	84	134	28,0	12,1	19,3	2,3 : 1 : 1,6
N ₂ P ₃ K ₁	6,55	96	54	33	8,59	87	29	95	183	83	128	27,9	12,6	19,6	2,2 : 1 : 1,5
N ₂ P ₃ K ₂	6,83	110	45	37	9,23	82	33	102	193	78	139	28,2	11,4	20,3	2,5 : 1 : 1,8
N ₃ P ₃ K ₁	6,71	110	43	35	9,81	93	34	109	203	77	144	30,3	11,5	21,5	2,6 : 1 : 1,9
N ₃ P ₃ K ₃	7,64	122	53	41	10,12	71	35	127	192	88	168	25,1	11,6	22,0	2,2 : 1 : 1,9
Навоз+NPK	6,21	111	45	33	10,50	71	31	120	182	76	153	29,3	12,3	24,6	2,4 : 1 : 2,0
Расчетный	8,57	144	65	47	8,00	57	28	102	202	93	149	23,5	10,8	17,4	2,2 : 1 : 1,6

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем кукурузой на зерно (2014 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2015)

Вариант	Зерно				Солома				Целое растение - вынос с урожаем						
	Урожай, т/га	Вынос, кг/га			Урожай, т/га	Вынос, кг/га			кг/га			кг/1 т зерна			Соотношение 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	3,71	44	21	13	6,91	36	12	74	80	33	87	21,5	8,9	23,4	2,4 : 1 : 2,6
N ₁ P ₁ K ₁	5,08	66	31	20	7,25	41	14	81	107	45	101	21,1	8,9	19,8	2,4 : 1 : 2,2
N ₂ P ₁ K ₁	5,73	76	36	22	8,28	49	17	101	126	53	123	21,9	9,3	21,5	2,4 : 1 : 2,3
N ₁ P ₂ K ₁	5,52	73	36	21	8,69	51	17	93	124	53	114	22,5	9,6	20,7	2,3 : 1 : 2,2
N ₂ P ₂ K ₁	6,19	83	39	24	9,73	63	22	133	146	61	158	23,6	9,9	25,5	2,4 : 1 : 2,6
N ₂ P ₂ K ₂	6,48	87	42	27	10,10	65	23	133	152	64	160	23,5	9,9	24,7	2,4 : 1 : 2,5
N ₃ P ₂ K ₁	6,71	92	43	26	11,86	85	31	138	178	74	164	26,5	11,0	24,5	2,4 : 1 : 2,2
N ₃ P ₂ K ₂	6,88	95	45	28	12,45	95	33	158	190	78	187	27,7	11,3	27,2	2,4 : 1 : 2,4
N ₂ P ₃ K ₁	7,12	96	47	27	9,81	57	22	118	153	69	145	21,5	9,6	20,3	2,2 : 1 : 2,1
N ₂ P ₃ K ₂	7,24	97	49	30	10,97	70	26	167	167	75	197	23,0	10,4	27,2	2,2 : 1 : 2,6
N ₃ P ₃ K ₁	7,41	105	49	29	11,47	77	29	173	183	78	202	24,6	10,5	27,3	2,4 : 1 : 2,6
N ₃ P ₃ K ₃	7,72	111	52	31	11,61	81	28	159	192	80	190	24,8	10,3	24,6	2,4 : 1 : 2,4
Навоз+NPK	6,94	93	44	28	10,84	73	22	135	166	66	163	23,9	9,5	23,5	2,5 : 1 : 2,5
Расчетный	8,30	120	56	35	8,69	62	19	122	182	74	157	21,9	9,0	18,9	2,4 : 1 : 2,1

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем кукурузы на силос (2009 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	21,5	84	31	82	3,92	1,44	3,82	2,7 : 1 : 2,7
N ₁ P ₁ K ₁	26,6	122	40	116	4,59	1,51	4,38	3,0 : 1 : 2,9
N ₂ P ₁ K ₁	29,3	136	46	135	4,66	1,58	4,62	3,0 : 1 : 2,9
N ₁ P ₂ K ₁	28,6	138	50	139	4,83	1,75	4,87	2,8 : 1 : 2,8
N ₂ P ₂ K ₁	32,3	163	59	155	5,04	1,82	4,80	2,8 : 1 : 2,6
N ₂ P ₂ K ₂	33,4	177	62	181	5,29	1,86	5,43	2,8 : 1 : 2,9
N ₃ P ₂ K ₁	36,7	197	71	185	5,36	1,93	5,04	2,8 : 1 : 2,6
N ₃ P ₂ K ₂	37,6	200	70	201	5,32	1,86	5,36	2,9 : 1 : 2,9
N ₂ P ₃ K ₁	36,1	168	66	187	4,66	1,82	5,18	2,6 : 1 : 2,8
N ₂ P ₃ K ₂	37,1	171	66	200	4,62	1,79	5,39	2,6 : 1 : 3,0
N ₃ P ₃ K ₁	36,3	184	62	188	5,08	1,72	5,18	3,0 : 1 : 3,0
N ₃ P ₃ K ₃	41,6	220	76	202	5,29	1,82	4,87	2,9 : 1 : 2,7
Навоз+NPK	33,9	177	63	174	5,22	1,86	5,15	2,8 : 1 : 2,8
Расчетный	48,2	241	81	209	5,01	1,68	4,34	3,0 : 1 : 2,6

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем кукурузы на силос (2015 г.) в зависимости от удобрений

(Гагиев Б.В., 2021)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	19,6	62	21	67	3,19	1,09	3,40	2,9 : 1 : 3,1
N ₁ P ₁ K ₁	25,9	115	37	130	4,45	1,44	5,01	3,1 : 1 : 3,5
N ₂ P ₁ K ₁	28,8	131	42	147	4,55	1,47	5,11	3,1 : 1 : 3,5
N ₁ P ₂ K ₁	28,1	136	42	142	4,83	1,51	5,04	3,2 : 1 : 3,3
N ₂ P ₂ K ₁	32,3	161	47	167	4,97	1,47	5,18	3,4 : 1 : 3,5
N ₂ P ₂ K ₂	34,1	173	51	180	5,08	1,51	5,29	3,4 : 1 : 3,5
N ₃ P ₂ K ₁	37,5	196	50	173	5,22	1,33	4,62	3,9 : 1 : 3,5
N ₃ P ₂ K ₂	38,9	202	53	185	5,18	1,37	4,76	3,8 : 1 : 3,5
N ₂ P ₃ K ₁	36,5	160	52	164	4,38	1,44	4,48	3,0 : 1 : 3,1
N ₂ P ₃ K ₂	38,1	165	55	175	4,34	1,44	4,59	3,0 : 1 : 3,2
N ₃ P ₃ K ₁	37,4	175	50	164	4,69	1,33	4,38	3,5 : 1 : 3,3
N ₃ P ₃ K ₃	42,8	216	61	177	5,04	1,44	4,13	3,5 : 1 : 2,9
Навоз+NPK	34,5	170	48	157	4,94	1,40	4,55	3,5 : 1 : 3,3
Расчетный	44,2	217	60	181	4,90	1,37	4,10	3,6 : 1 : 3,0

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем суданской травы (1997 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	23,4	76	13	71	3,24	0,58	3,01	5,6 : 1 : 5,2
N ₁ P ₁ K ₁	30,3	100	18	94	3,31	0,60	3,11	5,5 : 1 : 5,2
N ₂ P ₁ K ₁	33,0	113	20	102	3,43	0,60	3,11	5,7 : 1 : 5,2
N ₁ P ₂ K ₁	33,4	112	20	106	3,36	0,60	3,17	5,6 : 1 : 5,3
N ₂ P ₂ K ₁	36,1	125	22	118	3,47	0,60	3,27	5,8 : 1 : 5,5
N ₂ P ₂ K ₂	37,2	129	22	126	3,47	0,60	3,38	5,8 : 1 : 5,7
N ₃ P ₂ K ₁	40,3	154	24	133	3,82	0,60	3,31	6,4 : 1 : 5,5
N ₃ P ₂ K ₂	41,0	157	25	139	3,84	0,60	3,38	6,4 : 1 : 5,7
N ₂ P ₃ K ₁	40,4	141	26	137	3,50	0,64	3,38	5,4 : 1 : 5,3
N ₂ P ₃ K ₂	41,3	145	27	142	3,52	0,64	3,43	5,5 : 1 : 5,3
N ₃ P ₃ K ₁	42,7	164	27	146	3,84	0,64	3,43	6,0 : 1 : 5,3
N ₃ P ₃ K ₃	47,2	187	30	164	3,96	0,64	3,47	6,1 : 1 : 5,4
Навоз+NPK	43,1	155	27	148	3,59	0,62	3,43	5,8 : 1 : 5,5
Расчетный	51,9	207	33	185	3,98	0,64	3,57	6,2 : 1 : 5,5

Вынос N, P₂O₅ и K₂O с урожаем суданской травы (2004 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2005)

Вариант	Урожай зеленой массы, т/га	Вынос с урожаем						Соотношение N : P ₂ O ₅ : K ₂ O
		кг/га			кг/1 т зел. массы			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
Контроль	24,8	96	15	82	3,89	0,60	3,31	6,5 : 1 : 5,5
N ₁ P ₁ K ₁	33,2	132	20	117	3,98	0,60	3,52	6,7 : 1 : 5,9
N ₂ P ₁ K ₁	35,9	145	21	126	4,05	0,60	3,52	6,8 : 1 : 5,9
N ₁ P ₂ K ₁	37,4	151	23	133	4,03	0,62	3,57	6,5 : 1 : 5,7
N ₂ P ₂ K ₁	39,0	156	25	145	4,00	0,64	3,73	6,2 : 1 : 5,8
N ₂ P ₂ K ₂	40,1	165	26	151	4,12	0,64	3,77	6,4 : 1 : 5,9
N ₃ P ₂ K ₁	42,8	180	28	161	4,21	0,64	3,77	6,5 : 1 : 5,9
N ₃ P ₂ K ₂	43,3	181	28	166	4,19	0,64	3,84	6,5 : 1 : 6,0
N ₂ P ₃ K ₁	43,7	181	29	165	4,14	0,67	3,77	6,2 : 1 : 5,7
N ₂ P ₃ K ₂	44,5	184	30	171	4,14	0,67	3,84	6,2 : 1 : 5,8
N ₃ P ₃ K ₁	48,1	208	33	181	4,32	0,69	3,77	6,3 : 1 : 5,5
N ₃ P ₃ K ₃	51,6	222	36	201	4,30	0,69	3,89	6,2 : 1 : 5,6
Навоз+NPK	51,2	217	34	197	4,23	0,67	3,84	6,3 : 1 : 5,8
Расчетный	54,3	235	37	214	4,32	0,69	3,93	6,3 : 1 : 5,7

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под посевом люцерны (1994 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	24	32	107	-24	-32	-107	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	20	40	40	42	55	183	-22	-15	-143	48	73	22	87	58	190	208	138	458
N ₂ P ₁ K ₁	40	40	40	45	59	196	-5	-19	-156	88	68	20	53	68	223	114	148	490
N ₁ P ₂ K ₁	20	80	40	44	60	196	-24	20	-156	45	133	20	101	35	223	222	75	490
N ₂ P ₂ K ₁	40	80	40	47	62	200	-7	18	-160	85	129	20	57	38	233	118	78	500
N ₂ P ₂ K ₂	40	80	80	49	65	213	-9	15	-133	81	123	38	63	41	133	123	81	266
N ₃ P ₂ K ₁	60	80	40	56	71	231	4	9	-191	108	113	17	53	49	310	93	89	578
N ₃ P ₂ K ₂	60	80	80	56	72	235	4	8	-155	107	111	34	53	50	160	93	90	294
N ₂ P ₃ K ₁	40	120	40	59	79	253	-19	41	-213	68	152	16	88	39	365	148	66	633
N ₂ P ₃ K ₂	40	120	80	59	79	257	-19	41	-177	68	152	31	87	39	188	147	66	321
N ₃ P ₃ K ₁	60	120	40	61	79	253	-1	41	-213	98	152	16	61	39	365	102	66	633
N ₃ P ₃ K ₃	60	120	120	66	87	283	-6	33	-163	91	138	42	70	46	147	110	73	236
Навоз+NPK	40	80	80	51	67	216	-11	13	-136	79	119	37	67	44	136	127	84	270
Расчетный	70	120	120	67	87	283	3	33	-163	105	138	42	61	46	147	95	73	236

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под посевом люцерны (2001 г.) в зависимости от удобрений

(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	12	14	47	-12	-14	-47	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	20	40	40	15	19	64	5	21	-24	135	211	63	16	13	43	74	48	160
N ₂ P ₁ K ₁	40	40	40	17	23	75	23	17	-35	233	174	53	14	23	70	43	58	188
N ₁ P ₂ K ₁	20	80	40	18	25	82	2	55	-42	109	320	49	34	14	88	92	31	205
N ₂ P ₂ K ₁	40	80	40	20	27	86	20	53	-46	200	296	47	21	16	98	50	34	215
N ₂ P ₂ K ₂	40	80	80	22	30	97	18	50	-17	179	267	82	27	20	63	56	38	121
N ₃ P ₂ K ₁	60	80	40	28	38	119	32	42	-79	214	211	34	27	30	180	47	48	298
N ₃ P ₂ K ₂	60	80	80	29	39	125	31	41	-45	204	205	64	30	31	98	49	49	156
N ₂ P ₃ K ₁	40	120	40	28	39	123	12	81	-83	142	308	33	42	21	190	71	33	308
N ₂ P ₃ K ₂	40	120	80	29	39	128	11	81	-48	138	308	63	44	21	101	73	33	160
N ₃ P ₃ K ₁	60	120	40	32	43	141	28	77	-101	185	279	28	35	24	235	54	36	353
N ₃ P ₃ K ₃	60	120	120	34	45	148	26	75	-28	176	267	81	37	26	84	57	38	123
Навоз+NPK	40	80	80	24	32	106	16	48	-26	164	250	75	32	23	74	61	40	133
Расчетный	60	130	80	36	49	158	24	81	-78	165	265	51	41	27	139	61	38	198

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под посевом клевера лугового (2006 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	9	13	35	-9	-13	-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	30	30	30	16	22	61	14	8	-31	190	136	49	22	30	87	53	73	203
N ₂ P ₁ K ₁	60	30	30	18	23	66	42	7	-36	333	130	45	15	33	103	30	77	220
N ₁ P ₂ K ₁	30	60	30	17	25	66	13	35	-36	179	240	45	25	20	103	56	42	220
N ₂ P ₂ K ₁	60	60	30	20	29	69	40	31	-39	303	207	43	18	27	113	33	48	230
N ₂ P ₂ K ₂	60	60	60	21	32	74	39	28	-14	288	188	81	19	32	65	35	53	123
N ₃ P ₂ K ₁	90	60	30	24	33	80	66	27	-50	378	182	38	16	33	150	26	55	267
N ₃ P ₂ K ₂	90	60	60	24	34	83	66	26	-23	375	176	72	16	35	80	27	57	138
N ₂ P ₃ K ₁	60	90	30	25	40	88	35	50	-58	244	225	34	26	30	177	41	44	293
N ₂ P ₃ K ₂	60	90	60	24	43	90	36	47	-30	248	209	67	25	33	92	40	48	150
N ₃ P ₃ K ₁	90	90	30	26	41	87	64	49	-57	349	220	34	18	31	173	29	46	290
N ₃ P ₃ K ₃	90	90	90	29	46	98	61	44	-8	313	196	92	22	37	70	32	51	109
Навоз+NPK	60	60	60	22	34	76	38	26	-16	278	176	79	21	35	68	36	57	127
Расчетный	92	214	117	29	48	98	63	166	19	315	446	119	22	16	54	32	22	84

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под посевом клевера лугового (2012 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2013)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	10	13	36	-10	-13	-36	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	30	30	30	16	21	62	14	9	-32	183	143	48	23	27	87	55	70	207
N ₂ P ₁ K ₁	60	30	30	20	25	72	40	5	-42	297	120	42	18	40	120	34	83	240
N ₁ P ₂ K ₁	30	60	30	18	26	69	12	34	-39	167	231	43	28	22	110	60	43	230
N ₂ P ₂ K ₁	60	60	30	22	31	78	38	29	-48	270	194	38	21	30	140	37	52	260
N ₂ P ₂ K ₂	60	60	60	23	33	81	37	27	-21	263	182	74	22	33	75	38	55	135
N ₃ P ₂ K ₁	90	60	30	25	34	84	65	26	-54	363	176	36	17	35	160	28	57	280
N ₃ P ₂ K ₂	90	60	60	24	34	85	66	26	-25	369	176	71	16	35	82	27	57	142
N ₂ P ₃ K ₁	60	90	30	26	42	95	34	48	-65	229	214	32	28	32	197	44	47	317
N ₂ P ₃ K ₂	60	90	60	25	41	91	35	49	-31	242	220	66	25	31	92	41	46	152
N ₃ P ₃ K ₁	90	90	30	28	45	96	62	45	-66	321	200	31	20	36	200	31	50	320
N ₃ P ₃ K ₃	90	90	90	32	52	112	58	38	-22	283	173	80	25	43	84	35	58	124
Навоз+NPK	60	60	60	24	36	87	36	24	-27	246	167	69	25	38	85	41	60	145
Расчетный	60	110	80	32	51	110	28	59	-30	188	216	73	37	35	93	53	46	138

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 1995 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	81	33	54	-81	-33	-54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	40	40	121	48	81	-71	-8	-41	41	83	49	80	38	68	242	120	203
N ₂ P ₁ K ₁	100	40	40	147	55	102	-47	-15	-62	68	73	39	66	55	120	147	138	255
N ₁ P ₂ K ₁	50	80	40	148	57	107	-98	23	-67	34	140	37	134	30	133	296	71	268
N ₂ P ₂ K ₁	100	80	40	188	71	130	-88	9	-90	53	113	31	107	48	190	188	89	325
N ₂ P ₂ K ₂	100	80	80	206	79	148	-106	1	-68	49	101	54	125	58	118	206	99	185
N ₃ P ₂ K ₁	150	80	40	171	68	115	-21	12	-75	88	118	35	60	44	153	114	85	288
N ₃ P ₂ K ₂	150	80	80	207	77	143	-57	3	-63	72	104	56	84	55	111	138	96	179
N ₂ P ₃ K ₁	100	120	40	179	73	130	-79	47	-90	56	164	31	98	33	190	179	61	325
N ₂ P ₃ K ₂	100	120	80	182	72	135	-82	48	-55	55	167	59	101	33	101	182	60	169
N ₃ P ₃ K ₁	150	120	40	188	74	131	-38	46	-91	80	162	31	71	34	193	125	62	328
N ₃ P ₃ K ₃	150	120	120	229	88	179	-79	32	-59	66	136	67	99	46	104	153	73	149
Навоз+NPK	100	80	80	196	79	148	-96	1	-68	51	101	54	115	58	118	196	99	185
Расчетный	110	95	75	216	83	163	-106	12	-88	51	114	46	123	53	145	196	87	217

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 2002 г.) в зависимости от удобрений

(Басиев А.Е., 2005)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	77	28	43	-77	-28	-43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	40	40	107	40	66	-57	0	-26	47	100	61	60	30	58	214	100	165
N ₂ P ₁ K ₁	100	40	40	143	51	94	-43	-11	-54	70	78	43	66	58	128	143	128	235
N ₁ P ₂ K ₁	50	80	40	122	49	84	-72	31	-44	41	163	48	90	26	103	244	61	210
N ₂ P ₂ K ₁	100	80	40	167	64	116	-67	16	-76	60	125	34	90	45	183	167	80	290
N ₂ P ₂ K ₂	100	80	80	181	68	119	-81	12	-39	55	118	67	104	50	95	181	85	149
N ₃ P ₂ K ₁	150	80	40	148	54	89	2	26	-49	101	148	45	47	33	115	99	68	223
N ₃ P ₂ K ₂	150	80	80	166	64	120	-16	16	-40	90	125	67	59	45	96	111	80	150
N ₂ P ₃ K ₁	100	120	40	154	61	108	-54	59	-68	65	197	37	77	28	163	154	51	270
N ₂ P ₃ K ₂	100	120	80	149	58	104	-49	62	-24	67	207	77	72	25	76	149	48	130
N ₃ P ₃ K ₁	150	120	40	184	69	138	-34	51	-98	82	174	29	71	34	238	123	58	345
N ₃ P ₃ K ₃	150	120	120	197	73	133	-47	47	-13	76	164	90	80	38	75	131	61	111
Навоз+NPK	100	80	80	194	70	126	-94	10	-46	52	114	63	117	53	104	194	88	158
Расчетный	110	90	70	195	72	139	-85	18	-69	56	125	50	107	49	137	177	80	199

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 2007 г.) в зависимости от удобрений

(Кануков З.Т., 2009)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	77	28	43	-77	-28	-43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	40	40	107	40	66	-57	0	-26	47	100	61	60	30	58	214	100	165
N ₂ P ₁ K ₁	100	40	40	143	51	94	-43	-11	-54	70	78	43	66	58	128	143	128	235
N ₁ P ₂ K ₁	50	80	40	122	49	84	-72	31	-44	41	163	48	90	26	103	244	61	210
N ₂ P ₂ K ₁	100	80	40	167	64	116	-67	16	-76	60	125	34	90	45	183	167	80	290
N ₂ P ₂ K ₂	100	80	80	181	68	119	-81	12	-39	55	118	67	104	50	95	181	85	149
N ₃ P ₂ K ₁	150	80	40	148	54	89	2	26	-49	101	148	45	47	33	115	99	68	223
N ₃ P ₂ K ₂	150	80	80	166	64	120	-16	16	-40	90	125	67	59	45	96	111	80	150
N ₂ P ₃ K ₁	100	120	40	154	61	108	-54	59	-68	65	197	37	77	28	163	154	51	270
N ₂ P ₃ K ₂	100	120	80	149	58	104	-49	62	-24	67	207	77	72	25	76	149	48	130
N ₃ P ₃ K ₁	150	120	40	184	69	138	-34	51	-98	82	174	29	71	34	238	123	58	345
N ₃ P ₃ K ₃	150	120	120	197	73	133	-47	47	-13	76	164	90	80	38	75	131	61	111
Навоз+NPK	100	80	80	194	70	126	-94	10	-46	52	114	63	117	53	104	194	88	158
Расчетный	110	90	70	195	72	139	-85	18	-69	56	125	50	107	49	137	177	80	199

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (2-е поле, 2013 г.) в зависимости от удобрений

(Ханикаев Б.В., 2020)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	86	31	57	-86	-31	-57	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	40	40	126	46	71	-76	-6	-31	40	87	56	80	38	35	252	115	178
N ₂ P ₁ K ₁	100	40	40	185	70	139	-85	-30	-99	54	57	29	99	98	205	185	175	348
N ₁ P ₂ K ₁	50	80	40	171	65	128	-121	15	-88	29	123	31	170	43	178	342	81	320
N ₂ P ₂ K ₁	100	80	40	189	73	141	-89	7	-101	53	110	28	103	53	210	189	91	353
N ₂ P ₂ K ₂	100	80	80	204	86	154	-104	-6	-74	49	93	52	118	69	121	204	108	193
N ₃ P ₂ K ₁	150	80	40	193	77	148	-43	3	-108	78	104	27	71	58	228	129	96	370
N ₃ P ₂ K ₂	150	80	80	196	78	158	-46	2	-78	77	103	51	73	59	126	131	98	198
N ₂ P ₃ K ₁	100	120	40	183	76	152	-83	44	-112	55	158	26	97	38	238	183	63	380
N ₂ P ₃ K ₂	100	120	80	170	70	123	-70	50	-43	59	171	65	84	33	83	170	58	154
N ₃ P ₃ K ₁	150	120	40	185	74	129	-35	46	-89	81	162	31	66	36	180	123	62	323
N ₃ P ₃ K ₃	150	120	120	215	85	178	-65	35	-58	70	141	67	86	45	101	143	71	148
Навоз+NPK	100	80	80	214	85	153	-114	-5	-73	47	94	52	128	68	120	214	106	191
Расчетный	110	90	70	230	92	179	-120	-2	-109	48	98	39	131	68	174	209	102	256

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 1998 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	71	31	55	-71	-31	-55	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	30	30	111	47	82	-61	-17	-52	45	64	37	80	53	90	222	157	273
N ₂ P ₁ K ₁	100	30	30	126	52	91	-26	-22	-61	79	58	33	55	70	120	126	173	303
N ₁ P ₂ K ₁	50	60	30	134	58	99	-84	2	-69	37	103	30	126	45	147	268	97	330
N ₂ P ₂ K ₁	100	60	30	173	71	130	-73	-11	-100	58	85	23	102	67	250	173	118	433
N ₂ P ₂ K ₂	100	60	60	177	72	127	-77	-12	-67	56	83	47	106	68	120	177	120	212
N ₃ P ₂ K ₁	150	60	30	199	76	148	-49	-16	-118	75	79	20	85	75	310	133	127	493
N ₃ P ₂ K ₂	150	60	60	194	74	147	-44	-14	-87	77	81	41	82	72	153	129	123	245
N ₂ P ₃ K ₁	100	90	30	197	79	147	-97	11	-117	51	114	20	126	53	307	197	88	490
N ₂ P ₃ K ₂	100	90	60	200	82	161	-100	8	-101	50	110	37	129	57	177	200	91	268
N ₃ P ₃ K ₁	150	90	30	204	82	147	-54	8	-117	74	110	20	89	57	307	136	91	490
N ₃ P ₃ K ₃	150	90	90	197	83	163	-47	7	-73	76	108	55	84	58	120	131	92	181
Навоз+NPK	100	60	60	181	77	136	-81	-17	-76	55	78	44	110	77	135	181	128	227
Расчетный	150	100	110	202	87	165	-52	13	-55	74	115	67	87	56	100	135	87	150

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 2005 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2006)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	76	31	45	-76	-31	-45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	30	30	112	45	77	-62	-15	-47	45	67	39	72	47	107	224	150	257
N ₂ P ₁ K ₁	100	30	30	142	54	98	-42	-24	-68	70	56	31	66	77	177	142	180	327
N ₁ P ₂ K ₁	50	60	30	147	57	108	-97	3	-78	34	105	28	142	43	210	294	95	360
N ₂ P ₂ K ₁	100	60	30	176	67	123	-76	-7	-93	57	90	24	100	60	260	176	112	410
N ₂ P ₂ K ₂	100	60	60	181	73	130	-81	-13	-70	55	82	46	105	70	142	181	122	217
N ₃ P ₂ K ₁	150	60	30	160	65	104	-10	-5	-74	94	92	29	56	57	197	107	108	347
N ₃ P ₂ K ₂	150	60	60	179	71	122	-29	-11	-62	84	85	49	69	67	128	119	118	203
N ₂ P ₃ K ₁	100	90	30	164	67	113	-64	23	-83	61	134	27	88	40	227	164	74	377
N ₂ P ₃ K ₂	100	90	60	157	65	110	-57	25	-50	64	138	55	81	38	108	157	72	183
N ₃ P ₃ K ₁	150	90	30	185	76	124	-35	14	-94	81	118	24	73	50	263	123	84	413
N ₃ P ₃ K ₃	150	90	90	191	78	144	-41	12	-54	79	115	63	77	52	110	127	87	160
Навоз+NPK	100	60	60	194	80	143	-94	-20	-83	52	75	42	118	82	163	194	133	238
Расчетный	150	90	100	187	77	139	-37	13	-39	80	117	72	74	51	94	125	86	139

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 2010 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2011)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	66	28	42	-66	-28	-42	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	30	30	117	48	87	-67	-18	-57	43	63	34	102	67	150	234	160	290
N ₂ P ₁ K ₁	100	30	30	137	55	97	-37	-25	-67	73	55	31	71	90	183	137	183	323
N ₁ P ₂ K ₁	50	60	30	154	62	120	-104	-2	-90	32	97	25	176	57	260	308	103	400
N ₂ P ₂ K ₁	100	60	30	189	76	150	-89	-16	-120	53	79	20	123	80	360	189	127	500
N ₂ P ₂ K ₂	100	60	60	189	79	148	-89	-19	-88	53	76	41	123	85	177	189	132	247
N ₃ P ₂ K ₁	150	60	30	168	67	111	-18	-7	-81	89	90	27	68	65	230	112	112	370
N ₃ P ₂ K ₂	150	60	60	171	71	119	-21	-11	-59	88	85	50	70	72	128	114	118	198
N ₂ P ₃ K ₁	100	90	30	172	75	127	-72	15	-97	58	120	24	106	52	283	172	83	423
N ₂ P ₃ K ₂	100	90	60	178	77	138	-78	13	-78	56	117	43	112	54	160	178	86	230
N ₃ P ₃ K ₁	150	90	30	182	77	131	-32	13	-101	82	117	23	77	54	297	121	86	437
N ₃ P ₃ K ₃	150	90	90	194	86	156	-44	4	-66	77	105	58	85	64	127	129	96	173
Навоз+NPK	100	60	60	183	79	144	-83	-19	-84	55	76	42	117	85	170	183	132	240
Расчетный	150	100	100	192	82	143	-42	18	-43	78	122	70	84	54	101	128	82	143

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под озимой пшеницей (5-е поле, 2016 г.) в зависимости от удобрений

(Ханикаев Б.В., 2020)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	80	30	53	-80	-30	-53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	50	40	40	118	45	82	-68	-5	-42	42	89	49	76	38	73	236	113	205
N ₂ P ₁ K ₁	100	40	40	143	52	103	-43	-12	-63	70	77	39	63	55	125	143	130	258
N ₁ P ₂ K ₁	50	80	40	158	62	110	-108	18	-70	32	129	36	156	40	143	316	78	275
N ₂ P ₂ K ₁	100	80	40	198	75	144	-98	5	-104	51	107	28	118	56	228	198	94	360
N ₂ P ₂ K ₂	100	80	80	205	82	149	-105	-2	-69	49	98	54	125	65	120	205	103	186
N ₃ P ₂ K ₁	150	80	40	179	66	122	-29	14	-82	84	121	33	66	45	173	119	83	305
N ₃ P ₂ K ₂	150	80	80	193	71	140	-43	9	-60	78	113	57	75	51	109	129	89	175
N ₂ P ₃ K ₁	100	120	40	177	72	128	-77	48	-88	56	167	31	97	35	188	177	60	320
N ₂ P ₃ K ₂	100	120	80	175	72	133	-75	48	-53	57	167	60	95	35	100	175	60	166
N ₃ P ₃ K ₁	150	120	40	185	73	135	-35	47	-95	81	164	30	70	36	205	123	61	338
N ₃ P ₃ K ₃	150	120	120	202	76	153	-52	44	-33	74	158	78	81	38	83	135	63	128
Навоз+НПК	100	80	80	209	87	166	-109	-7	-86	48	92	48	129	71	141	209	109	208
Расчетный	150	100	100	221	86	158	-71	14	-58	68	116	63	94	56	105	147	86	158

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под кукурузой на зерно (1996 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2001)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	89	39	100	-89	-39	-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	40	40	116	51	131	-76	-11	-91	34	78	31	68	30	78	290	128	328
N ₂ P ₁ K ₁	80	40	40	134	57	152	-54	-17	-112	60	70	26	56	45	130	168	143	380
N ₁ P ₂ K ₁	40	80	40	137	61	164	-97	19	-124	29	131	24	120	28	160	343	76	410
N ₂ P ₂ K ₁	80	80	40	160	68	204	-80	12	-164	50	118	20	89	36	260	200	85	510
N ₂ P ₂ K ₂	80	80	80	157	71	181	-77	9	-101	51	113	44	85	40	101	196	89	226
N ₃ P ₂ K ₁	120	80	40	152	61	172	-32	19	-132	79	131	23	53	28	180	127	76	430
N ₃ P ₂ K ₂	120	80	80	153	65	187	-33	15	-107	78	123	43	53	33	109	128	81	234
N ₂ P ₃ K ₁	80	120	40	154	69	184	-74	51	-144	52	174	22	81	25	210	193	58	460
N ₂ P ₃ K ₂	80	120	80	165	70	201	-85	50	-121	48	171	40	95	26	126	206	58	251
N ₃ P ₃ K ₁	120	120	40	173	75	203	-53	45	-163	69	160	20	70	30	258	144	63	508
N ₃ P ₃ K ₃	120	120	120	195	85	201	-75	35	-81	62	141	60	88	38	84	163	71	168
Навоз+NPK	80	80	80	161	72	182	-81	8	-102	50	111	44	90	41	103	201	90	228
Расчетный	140	90	110	202	88	216	-62	2	-106	69	102	51	81	54	105	144	98	196

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под кукурузой на зерно (2003 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2005)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	81	37	53	-81	-37	-53	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	40	40	122	52	81	-82	-12	-41	33	77	49	103	38	70	305	130	203
N ₂ P ₁ K ₁	80	40	40	146	58	101	-66	-18	-61	55	69	40	81	53	120	183	145	253
N ₁ P ₂ K ₁	40	80	40	130	56	97	-90	24	-57	31	143	41	123	24	110	325	70	243
N ₂ P ₂ K ₁	80	80	40	157	65	124	-77	15	-84	51	123	32	95	35	178	196	81	310
N ₂ P ₂ K ₂	80	80	80	174	68	119	-94	12	-39	46	118	67	116	39	83	218	85	149
N ₃ P ₂ K ₁	120	80	40	181	71	131	-61	9	-91	66	113	31	83	43	195	151	89	328
N ₃ P ₂ K ₂	120	80	80	199	77	126	-79	3	-46	60	104	63	98	50	91	166	96	158
N ₂ P ₃ K ₁	80	120	40	173	70	108	-93	50	-68	46	171	37	115	28	138	216	58	270
N ₂ P ₃ K ₂	80	120	80	164	70	105	-84	50	-25	49	171	76	104	28	65	205	58	131
N ₃ P ₃ K ₁	120	120	40	180	76	115	-60	44	-75	67	158	35	83	33	155	150	63	288
N ₃ P ₃ K ₃	120	120	120	191	84	152	-71	36	-32	63	143	79	92	39	83	159	70	127
Навоз+NPK	80	80	80	167	72	118	-87	8	-38	48	111	68	108	44	81	209	90	148
Расчетный	150	100	130	199	91	124	-49	9	6	75	110	105	79	54	55	133	91	95

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под кукурузой на зерно (2008 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	78	35	61	-78	-35	-61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	40	40	120	52	95	-80	-12	-55	33	77	42	105	43	85	300	130	238
N ₂ P ₁ K ₁	80	40	40	155	64	120	-75	-24	-80	52	63	33	96	73	148	194	160	300
N ₁ P ₂ K ₁	40	80	40	133	64	107	-93	16	-67	30	125	37	138	36	115	333	80	268
N ₂ P ₂ K ₁	80	80	40	177	78	134	-97	2	-94	45	103	30	124	54	183	221	98	335
N ₂ P ₂ K ₂	80	80	80	174	76	135	-94	4	-55	46	105	59	120	51	93	218	95	169
N ₃ P ₂ K ₁	120	80	40	203	84	142	-83	-4	-102	59	95	28	104	61	203	169	105	355
N ₃ P ₂ K ₂	120	80	80	195	84	134	-75	-4	-54	62	95	60	98	61	91	163	105	168
N ₂ P ₃ K ₁	80	120	40	183	83	128	-103	37	-88	44	145	31	131	40	168	229	69	320
N ₂ P ₃ K ₂	80	120	80	193	78	139	-113	42	-59	41	154	58	144	36	98	241	65	174
N ₃ P ₃ K ₁	120	120	40	203	77	144	-83	43	-104	59	156	28	104	35	208	169	64	360
N ₃ P ₃ K ₃	120	120	120	192	88	168	-72	32	-48	63	136	71	95	44	89	160	73	140
Навоз+NPK	80	80	80	182	76	153	-102	4	-73	44	105	52	130	51	115	228	95	191
Расчетный	140	90	110	202	93	149	-62	-3	-39	69	97	74	89	64	80	144	103	135

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под кукурузой на зерно (2014 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	80	33	87	-80	-33	-87	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	40	40	107	45	101	-67	-5	-61	37	89	40	68	30	35	268	113	253
N ₂ P ₁ K ₁	80	40	40	126	53	123	-46	-13	-83	63	75	33	58	50	90	158	133	308
N ₁ P ₂ K ₁	40	80	40	124	53	114	-84	27	-74	32	151	35	110	25	68	310	66	285
N ₂ P ₂ K ₁	80	80	40	146	61	158	-66	19	-118	55	131	25	83	35	178	183	76	395
N ₂ P ₂ K ₂	80	80	80	152	64	160	-72	16	-80	53	125	50	90	39	91	190	80	200
N ₃ P ₂ K ₁	120	80	40	178	74	164	-58	6	-124	67	108	24	82	51	193	148	93	410
N ₃ P ₂ K ₂	120	80	80	190	78	187	-70	2	-107	63	103	43	92	56	125	158	98	234
N ₂ P ₃ K ₁	80	120	40	153	69	145	-73	51	-105	52	174	28	91	30	145	191	58	363
N ₂ P ₃ K ₂	80	120	80	167	75	197	-87	45	-117	48	160	41	109	35	138	209	63	246
N ₃ P ₃ K ₁	120	120	40	183	78	202	-63	42	-162	66	154	20	86	38	288	153	65	505
N ₃ P ₃ K ₃	120	120	120	192	80	190	-72	40	-70	63	150	63	93	39	86	160	67	158
Навоз+NPK	80	80	80	166	66	163	-86	14	-83	48	121	49	108	41	95	208	83	204
Расчетный	140	90	110	182	74	157	-42	16	-47	77	122	70	73	46	64	130	82	143

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под кукурузой на силос (2009 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2010)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	84	31	82	-84	-31	-82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	40	40	122	40	116	-82	0	-76	33	100	34	95	23	85	305	100	290
N ₂ P ₁ K ₁	80	40	40	136	46	135	-56	-6	-95	59	87	30	65	38	133	170	115	338
N ₁ P ₂ K ₁	40	80	40	138	50	139	-98	30	-99	29	160	29	135	24	143	345	63	348
N ₂ P ₂ K ₁	80	80	40	163	59	155	-83	21	-115	49	136	26	99	35	183	204	74	388
N ₂ P ₂ K ₂	80	80	80	177	62	181	-97	18	-101	45	129	44	116	39	124	221	78	226
N ₃ P ₂ K ₁	120	80	40	197	71	185	-77	9	-145	61	113	22	94	50	258	164	89	463
N ₃ P ₂ K ₂	120	80	80	200	70	201	-80	10	-121	60	114	40	97	49	149	167	88	251
N ₂ P ₃ K ₁	80	120	40	168	66	187	-88	54	-147	48	182	21	105	29	263	210	55	468
N ₂ P ₃ K ₂	80	120	80	171	66	200	-91	54	-120	47	182	40	109	29	148	214	55	250
N ₃ P ₃ K ₁	120	120	40	184	62	188	-64	58	-148	65	194	21	83	26	265	153	52	470
N ₃ P ₃ K ₃	120	120	120	220	76	202	-100	44	-82	55	158	59	113	38	100	183	63	168
Навоз+NPK	80	80	80	177	63	174	-97	17	-94	45	127	46	116	40	115	221	79	218
Расчетный	150	100	120	241	81	209	-91	19	-89	62	123	57	105	50	106	161	81	174

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под кукурузой кукурузы на силос (2015 г.) в зависимости от удобрений

(Гагиев Б.В., 2021)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	62	21	67	-62	-21	-67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	40	40	115	37	130	-75	3	-90	35	108	31	133	40	158	288	93	325
N ₂ P ₁ K ₁	80	40	40	131	42	147	-51	-2	-107	61	95	27	86	53	200	164	105	368
N ₁ P ₂ K ₁	40	80	40	136	42	142	-96	38	-102	29	190	28	185	26	188	340	53	355
N ₂ P ₂ K ₁	80	80	40	161	47	167	-81	33	-127	50	170	24	124	33	250	201	59	418
N ₂ P ₂ K ₂	80	80	80	173	51	180	-93	29	-100	46	157	44	139	38	141	216	64	225
N ₃ P ₂ K ₁	120	80	40	196	50	173	-76	30	-133	61	160	23	112	36	265	163	63	433
N ₃ P ₂ K ₂	120	80	80	202	53	185	-82	27	-105	59	151	43	117	40	148	168	66	231
N ₂ P ₃ K ₁	80	120	40	160	52	164	-80	68	-124	50	231	24	123	26	243	200	43	410
N ₂ P ₃ K ₂	80	120	80	165	55	175	-85	65	-95	48	218	46	129	28	135	206	46	219
N ₃ P ₃ K ₁	120	120	40	175	50	164	-55	70	-124	69	240	24	94	24	243	146	42	410
N ₃ P ₃ K ₃	120	120	120	216	61	177	-96	59	-57	56	197	68	128	33	92	180	51	148
Навоз+NPK	80	80	80	170	48	157	-90	32	-77	47	167	51	135	34	113	213	60	196
Расчетный	140	90	110	217	60	181	-77	30	-71	65	150	61	111	43	104	155	67	165

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под посевом суданской травы (1997 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2002)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			K _{бал.} , %		
	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	76	13	71	-76	-13	-71	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	30	30	100	18	94	-60	12	-64	40	167	32	60	17	77	250	60	313
N ₂ P ₁ K ₁	80	30	30	113	20	102	-33	10	-72	71	150	29	46	23	103	141	67	340
N ₁ P ₂ K ₁	40	60	30	112	20	106	-72	40	-76	36	300	28	90	12	117	280	33	353
N ₂ P ₂ K ₁	80	60	30	125	22	118	-45	38	-88	64	273	25	61	15	157	156	37	393
N ₂ P ₂ K ₂	80	60	60	129	22	126	-49	38	-66	62	273	48	66	15	92	161	37	210
N ₃ P ₂ K ₁	120	60	30	154	24	133	-34	36	-103	78	250	23	65	18	207	128	40	443
N ₃ P ₂ K ₂	120	60	60	157	25	139	-37	35	-79	76	240	43	68	20	113	131	42	232
N ₂ P ₃ K ₁	80	90	30	141	26	137	-61	64	-107	57	346	22	81	14	220	176	29	457
N ₂ P ₃ K ₂	80	90	60	145	27	142	-65	63	-82	55	333	42	86	16	118	181	30	237
N ₃ P ₃ K ₁	120	90	30	164	27	146	-44	63	-116	73	333	21	73	16	250	137	30	487
N ₃ P ₃ K ₃	120	90	90	187	30	164	-67	60	-74	64	300	55	93	19	103	156	33	182
Навоз+NPK	80	60	60	155	27	148	-75	33	-88	52	222	41	99	23	128	194	45	247
Расчетный	140	60	95	207	33	185	-67	27	-90	68	182	51	94	33	120	148	55	195

Баланс N, P₂O₅ и K₂O в почве под посевом суданской травы (2004 г.) в зависимости от удобрений

(Лазаров Т.К., 2005)

Вариант	Поступление, кг/га			Расход (вынос), кг/га			Баланс (+/-) кг/га			Интенсивность баланса, %			КИУ, %			К _{бал.} , %		
	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	96	15	82	-96	-15	-82	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N ₁ P ₁ K ₁	40	30	30	132	20	117	-92	10	-87	30	150	26	90	17	117	330	67	390
N ₂ P ₁ K ₁	80	30	30	145	21	126	-65	9	-96	55	143	24	61	20	147	181	70	420
N ₁ P ₂ K ₁	40	60	30	151	23	133	-111	37	-103	26	261	23	138	13	170	378	38	443
N ₂ P ₂ K ₁	80	60	30	156	25	145	-76	35	-115	51	240	21	75	17	210	195	42	483
N ₂ P ₂ K ₂	80	60	60	165	26	151	-85	34	-91	48	231	40	86	18	115	206	43	252
N ₃ P ₂ K ₁	120	60	30	180	28	161	-60	32	-131	67	214	19	70	22	263	150	47	537
N ₃ P ₂ K ₂	120	60	60	181	28	166	-61	32	-106	66	214	36	71	22	140	151	47	277
N ₂ P ₃ K ₁	80	90	30	181	29	165	-101	61	-135	44	310	18	106	16	277	226	32	550
N ₂ P ₃ K ₂	80	90	60	184	30	171	-104	60	-111	43	300	35	110	17	148	230	33	285
N ₃ P ₃ K ₁	120	90	30	208	33	181	-88	57	-151	58	273	17	93	20	330	173	37	603
N ₃ P ₃ K ₃	120	90	90	222	36	201	-102	54	-111	54	250	45	105	23	132	185	40	223
Навоз+NPK	80	60	60	217	34	197	-137	26	-137	37	176	30	151	32	192	271	57	328
Расчетный	150	60	100	235	37	214	-85	23	-114	64	162	47	93	37	132	157	62	214

Баланс гумуса в севообороте на черноземе выщелоченном в зависимости от удобрений (5-я ротация)

Вариант	Накопление, т/га						Минерализация, т/га						Баланс (+/-), т/га						Интенсивность баланса, %
	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	
Контроль	1,10	1,09	0,77	0,49	0,83	0,86	0,29	0,97	1,42	0,91	0,85	0,89	0,81	0,12	-0,66	-0,42	-0,02	-0,03	96
N ₁ P ₁ K ₁	1,54	1,11	1,02	0,59	1,00	1,05	0,50	1,45	1,86	1,20	1,33	1,27	1,05	-0,35	-0,84	-0,61	-0,33	-0,22	83
N ₂ P ₁ K ₁	1,66	1,25	1,11	0,64	1,14	1,16	0,54	1,76	2,14	1,36	1,51	1,46	1,11	-0,52	-1,04	-0,71	-0,37	-0,30	79
N ₁ P ₂ K ₁	1,64	1,29	1,16	0,65	1,23	1,20	0,53	1,78	2,19	1,34	1,61	1,49	1,11	-0,49	-1,03	-0,69	-0,37	-0,29	80
N ₂ P ₂ K ₁	1,70	1,52	1,28	0,70	1,44	1,33	0,56	2,26	2,56	1,50	2,08	1,79	1,14	-0,73	-1,28	-0,80	-0,64	-0,46	74
N ₂ P ₂ K ₂	1,78	1,60	1,34	0,73	1,50	1,39	0,59	2,47	2,51	1,55	2,12	1,85	1,19	-0,88	-1,18	-0,82	-0,63	-0,46	75
N ₃ P ₂ K ₁	1,96	1,36	1,34	0,73	1,31	1,34	0,67	2,05	2,43	1,85	2,39	1,88	1,29	-0,69	-1,09	-1,12	-1,07	-0,54	71
N ₃ P ₂ K ₂	1,96	1,51	1,35	0,74	1,37	1,38	0,67	2,48	2,45	1,88	2,33	1,96	1,28	-0,98	-1,09	-1,15	-0,96	-0,58	71
N ₂ P ₃ K ₁	1,80	1,45	1,40	0,73	1,34	1,34	0,71	2,15	2,46	1,69	2,36	1,88	1,09	-0,70	-1,07	-0,96	-1,02	-0,53	72
N ₂ P ₃ K ₂	1,80	1,48	1,44	0,74	1,36	1,37	0,71	2,18	2,64	1,74	2,40	1,93	1,09	-0,70	-1,20	-1,00	-1,04	-0,57	71
N ₃ P ₃ K ₁	1,81	1,46	1,47	0,77	1,38	1,38	0,73	2,26	2,77	1,97	2,45	2,03	1,08	-0,80	-1,30	-1,20	-1,06	-0,66	68
N ₃ P ₃ K ₃	1,95	1,58	1,57	0,85	1,45	1,48	0,79	2,75	3,12	2,24	2,36	2,25	1,16	-1,17	-1,55	-1,39	-0,91	-0,77	66
Навоз+NPK	3,31	3,09	2,92	2,28	3,04	2,93	0,61	2,35	2,58	1,86	2,17	1,91	2,71	0,74	0,34	0,42	0,87	1,01	153
Расчетный	1,94	1,52	1,63	0,93	1,48	1,50	0,80	2,59	3,23	2,48	2,42	2,31	1,14	-1,07	-1,61	-1,55	-0,94	-0,81	65

Баланс гумуса в севообороте на черноземе выщелоченном в зависимости от удобрений (6-я ротация)

Вариант	Накопление, т/га						Минерализация, т/га						Баланс (+/-), т/га						Интенсивность баланса, %
	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	
Контроль	0,62	1,01	0,74	0,52	0,86	0,75	0,14	0,92	1,30	1,15	0,91	0,88	0,48	0,08	-0,55	-0,63	-0,05	-0,14	85
N ₁ P ₁ K ₁	0,68	0,98	0,92	0,65	0,96	0,84	0,18	1,28	1,95	1,58	1,34	1,27	0,50	-0,31	-1,03	-0,94	-0,38	-0,43	66
N ₂ P ₁ K ₁	0,78	1,20	1,01	0,70	1,17	0,97	0,21	1,72	2,34	1,74	1,70	1,54	0,57	-0,51	-1,32	-1,04	-0,54	-0,57	63
N ₁ P ₂ K ₁	0,84	1,12	0,99	0,73	1,19	0,97	0,22	1,46	2,08	1,81	1,76	1,47	0,62	-0,34	-1,09	-1,08	-0,58	-0,50	66
N ₂ P ₂ K ₁	0,88	1,35	1,10	0,76	1,34	1,09	0,24	2,00	2,51	1,87	2,11	1,75	0,64	-0,65	-1,42	-1,11	-0,77	-0,66	62
N ₂ P ₂ K ₂	0,96	1,44	1,12	0,78	1,42	1,15	0,27	2,17	2,78	1,98	2,17	1,88	0,69	-0,73	-1,66	-1,20	-0,75	-0,73	61
N ₃ P ₂ K ₁	1,19	1,21	1,23	0,77	1,26	1,13	0,34	1,78	2,90	2,16	1,92	1,82	0,85	-0,56	-1,66	-1,39	-0,66	-0,68	62
N ₃ P ₂ K ₂	1,22	1,37	1,25	0,78	1,35	1,20	0,35	1,99	3,18	2,17	2,15	1,97	0,87	-0,62	-1,93	-1,39	-0,80	-0,77	61
N ₂ P ₃ K ₁	1,20	1,31	1,22	0,79	1,29	1,16	0,34	1,85	2,77	2,17	1,97	1,82	0,86	-0,54	-1,54	-1,39	-0,68	-0,66	64
N ₂ P ₃ K ₂	1,22	1,27	1,24	0,80	1,26	1,16	0,35	1,79	2,62	2,21	1,88	1,77	0,87	-0,52	-1,39	-1,41	-0,62	-0,61	65
N ₃ P ₃ K ₁	1,20	1,39	1,21	0,87	1,38	1,21	0,39	2,21	2,88	2,50	2,22	2,04	0,81	-0,82	-1,67	-1,63	-0,84	-0,83	59
N ₃ P ₃ K ₃	1,24	1,42	1,40	0,93	1,43	1,28	0,41	2,36	3,06	2,66	2,29	2,16	0,84	-0,94	-1,66	-1,74	-0,86	-0,87	60
Навоз+NPK	2,54	3,04	2,64	2,42	3,04	2,73	0,29	2,33	2,67	2,60	2,33	2,04	2,24	0,71	-0,03	-0,18	0,71	0,69	134
Расчетный	1,32	1,38	1,67	0,98	1,38	1,34	0,44	2,34	3,18	2,82	2,24	2,20	0,88	-0,96	-1,52	-1,84	-0,86	-0,86	61

Баланс гумуса в севообороте на черноземе выщелоченном в зависимости от удобрений (7-я ротация)

Вариант	Накопление, т/га						Минерализация, т/га						Баланс (+/-), т/га						Интенсивность баланса, %
	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	клевер луговой	озимая пшеница	кукуруза на зерно	кукуруза на силос	озимая пшеница	среднее	
Контроль	0,66	0,90	0,76	0,42	0,84	0,72	0,11	0,84	1,25	1,01	0,79	0,80	0,55	0,06	-0,49	-0,59	0,05	-0,08	90
N ₁ P ₁ K ₁	1,10	0,98	0,94	0,52	1,02	0,91	0,19	1,15	1,92	1,46	1,40	1,23	0,91	-0,17	-0,98	-0,95	-0,38	-0,31	75
N ₂ P ₁ K ₁	1,18	1,06	1,04	0,57	1,12	1,00	0,22	1,36	2,48	1,63	1,64	1,47	0,97	-0,29	-1,44	-1,06	-0,53	-0,47	68
N ₁ P ₂ K ₁	1,17	1,16	1,02	0,56	1,19	1,02	0,20	1,48	2,13	1,66	1,85	1,46	0,97	-0,32	-1,11	-1,10	-0,65	-0,44	70
N ₂ P ₂ K ₁	1,22	1,38	1,17	0,53	1,42	1,14	0,24	1,93	2,83	1,96	2,27	1,85	0,98	-0,55	-1,66	-1,42	-0,84	-0,70	62
N ₂ P ₂ K ₂	1,15	1,48	1,23	0,55	1,53	1,19	0,25	1,94	2,78	2,12	2,27	1,87	0,90	-0,46	-1,56	-1,57	-0,74	-0,69	63
N ₃ P ₂ K ₁	1,27	1,25	1,34	0,61	1,31	1,15	0,29	1,79	3,25	2,36	2,02	1,94	0,98	-0,54	-1,90	-1,76	-0,71	-0,79	59
N ₃ P ₂ K ₂	1,27	1,33	1,39	0,62	1,33	1,19	0,29	1,87	3,12	2,40	2,05	1,95	0,98	-0,54	-1,73	-1,78	-0,72	-0,76	61
N ₂ P ₃ K ₁	1,38	1,30	1,31	0,60	1,35	1,19	0,30	1,74	2,93	2,02	2,06	1,81	1,08	-0,44	-1,62	-1,42	-0,71	-0,62	66
N ₂ P ₃ K ₂	1,37	1,37	1,37	0,61	1,40	1,22	0,29	1,82	3,09	2,05	2,14	1,88	1,08	-0,46	-1,72	-1,44	-0,74	-0,65	65
N ₃ P ₃ K ₁	1,38	1,33	1,34	0,60	1,38	1,20	0,31	1,86	3,25	2,21	2,18	1,96	1,07	-0,53	-1,91	-1,61	-0,81	-0,76	61
N ₃ P ₃ K ₃	1,38	1,43	1,53	0,62	1,48	1,29	0,35	2,09	3,07	2,64	2,33	2,09	1,04	-0,66	-1,54	-2,02	-0,85	-0,81	62
Навоз+NPK	2,67	2,94	2,74	2,06	3,01	2,68	0,26	2,03	2,91	2,12	2,20	1,90	2,41	0,91	-0,17	-0,06	0,81	0,78	141
Расчетный	1,38	1,37	1,71	0,72	1,41	1,32	0,35	2,03	3,23	2,89	2,30	2,16	1,03	-0,66	-1,52	-2,17	-0,89	-0,84	61

Баланс гумуса в севообороте на черноземе выщелоченном в зависимости от удобрений (8-я ротация)

Вариант	Накопление, т/га						Минерализация, т/га						Баланс (+/-), т/га						Интенсивность баланса, %
	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	люцерна	озимая пшеница	кукуруза на зерно	суданская трава	озимая пшеница	среднее	клевер луговой	озимая пшеница	кукуруза на зерно	кукуруза на силос	озимая пшеница	среднее	
Контроль	0,75	1,20	0,74	0,41	0,99	0,82	0,12	1,03	1,28	0,74	0,96	0,83	0,64	0,17	-0,54	-0,33	0,03	-0,01	99
N ₁ P ₁ K ₁	1,20	1,33	1,02	0,51	1,14	1,04	0,20	1,51	1,71	1,38	1,42	1,24	1,01	-0,19	-0,70	-0,87	-0,28	-0,21	83
N ₂ P ₁ K ₁	1,27	1,48	1,15	0,56	1,30	1,15	0,24	2,22	2,02	1,57	1,72	1,55	1,02	-0,74	-0,87	-1,01	-0,42	-0,40	74
N ₁ P ₂ K ₁	1,18	1,41	1,10	0,55	1,48	1,14	0,22	2,05	1,98	1,63	1,90	1,56	0,97	-0,64	-0,88	-1,08	-0,41	-0,41	74
N ₂ P ₂ K ₁	1,33	1,53	1,24	0,53	1,72	1,27	0,27	2,27	2,34	1,93	2,38	1,84	1,06	-0,73	-1,10	-1,40	-0,66	-0,57	69
N ₂ P ₂ K ₂	1,35	1,76	1,30	0,56	1,80	1,36	0,27	2,45	2,43	2,08	2,46	1,94	1,08	-0,69	-1,14	-1,51	-0,66	-0,58	70
N ₃ P ₂ K ₁	1,43	1,52	1,34	0,62	1,54	1,29	0,30	2,32	2,85	2,35	2,15	1,99	1,14	-0,79	-1,51	-1,73	-0,61	-0,70	65
N ₃ P ₂ K ₂	1,41	1,55	1,38	0,64	1,59	1,31	0,29	2,35	3,04	2,42	2,32	2,08	1,11	-0,80	-1,66	-1,78	-0,72	-0,77	63
N ₂ P ₃ K ₁	1,57	1,54	1,42	0,60	1,56	1,34	0,31	2,20	2,45	1,92	2,12	1,80	1,25	-0,66	-1,02	-1,32	-0,56	-0,46	74
N ₂ P ₃ K ₂	1,51	1,52	1,45	0,63	1,60	1,34	0,30	2,04	2,67	1,98	2,10	1,82	1,21	-0,52	-1,22	-1,35	-0,50	-0,48	74
N ₃ P ₃ K ₁	1,60	1,56	1,48	0,62	1,57	1,36	0,34	2,22	2,93	2,10	2,22	1,96	1,26	-0,66	-1,45	-1,48	-0,65	-0,60	70
N ₃ P ₃ K ₃	1,65	1,63	1,54	0,64	1,66	1,43	0,38	2,58	3,07	2,59	2,42	2,21	1,27	-0,95	-1,53	-1,95	-0,76	-0,78	65
Навоз+NPK	2,91	3,32	2,89	2,07	3,26	2,89	0,29	2,57	2,66	2,04	2,51	2,01	2,62	0,75	0,23	0,03	0,75	0,88	144
Расчетный	1,61	1,69	1,66	0,66	1,77	1,48	0,38	2,76	2,91	2,60	2,65	2,26	1,23	-1,07	-1,25	-1,94	-0,88	-0,78	65

Экономическая эффективность применения удобрений под многолетние травы (ср. за 4 ротации)

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Затраты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Затраты на дополнительную продукцию, 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	аммофос	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
N ₁ P ₁ K ₁	0,049	0,067	0,058	4,47	0,45	1,75	6,68	7,1	17,5	10,9	1,63	163
N ₂ P ₁ K ₁	0,133	0,067	0,058	5,80	0,58	2,27	8,65	9,2	22,7	14,1	1,63	163
N ₁ P ₂ K ₁	0,048	0,135	0,058	7,31	0,73	2,20	10,24	8,9	22,0	11,7	1,15	115
N ₂ P ₂ K ₁	0,121	0,135	0,058	8,46	0,85	2,52	11,82	10,2	25,2	13,4	1,13	113
N ₂ P ₂ K ₂	0,121	0,135	0,117	9,30	0,93	2,77	13,00	11,2	27,7	14,7	1,13	113
N ₃ P ₂ K ₁	0,193	0,135	0,058	9,60	0,96	3,43	14,00	13,9	34,3	20,3	1,45	145
N ₃ P ₂ K ₂	0,193	0,135	0,117	10,45	1,04	3,43	14,93	13,9	34,3	19,4	1,30	130
N ₂ P ₃ K ₁	0,108	0,202	0,058	11,12	1,11	3,93	16,16	15,9	39,3	23,1	1,43	143
N ₂ P ₃ K ₂	0,108	0,202	0,117	11,97	1,20	3,88	17,04	15,7	38,8	21,7	1,28	128
N ₃ P ₃ K ₁	0,181	0,202	0,058	12,27	1,23	4,10	17,59	16,6	41,0	23,4	1,33	133
N ₃ P ₃ K ₃	0,181	0,202	0,175	13,96	1,40	4,67	20,02	18,9	46,7	26,7	1,33	133
Навоз+NPK	0,121	0,135	0,117	9,30	0,93	2,99	13,22	12,1	29,9	16,7	1,26	126
Расчетный	0,156	0,277	0,165	16,59	1,66	4,69	22,95	19,0	46,9	24,0	1,05	105

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₂₅P₃₅K₃₅, а в расчетном – N₇₁P₁₄₄K₉₉.

Экономическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу (2-е поле) (ср. за 4 ротации)

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Затраты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Затраты на дополнительную продукцию, 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	аммофос	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
N ₁ P ₁ K ₁	0,118	0,077	0,067	6,10	0,61	1,63	8,34	1,19	16,3	7,97	0,96	96
N ₂ P ₁ K ₁	0,276	0,077	0,067	8,59	0,86	2,38	11,83	1,74	23,8	12,01	1,01	101
N ₁ P ₂ K ₁	0,117	0,154	0,067	9,34	0,93	2,36	12,63	1,72	23,6	10,93	0,87	87
N ₂ P ₂ K ₁	0,262	0,154	0,067	11,63	1,16	3,37	16,16	2,46	33,7	17,54	1,09	109
N ₂ P ₂ K ₂	0,262	0,154	0,133	12,60	1,26	3,99	17,84	2,91	39,9	22,02	1,23	123
N ₃ P ₂ K ₁	0,407	0,154	0,067	13,92	1,39	2,82	18,13	2,06	28,2	10,09	0,56	56
N ₃ P ₂ K ₂	0,407	0,154	0,133	14,89	1,49	3,34	19,72	2,44	33,4	13,71	0,70	70
N ₂ P ₃ K ₁	0,248	0,231	0,067	14,67	1,47	3,12	19,26	2,28	31,2	11,97	0,62	62
N ₂ P ₃ K ₂	0,248	0,231	0,133	15,64	1,56	3,19	20,39	2,33	31,9	11,53	0,57	57
N ₃ P ₃ K ₁	0,393	0,231	0,067	16,96	1,70	3,30	21,96	2,41	33,0	11,06	0,50	50
N ₃ P ₃ K ₃	0,393	0,231	0,200	18,89	1,89	3,71	24,50	2,71	37,1	12,63	0,52	52
Навоз+NPK	0,262	0,154	0,133	12,60	1,26	4,12	17,98	3,01	41,2	23,26	1,29	129
Расчетный	0,287	0,175	0,118	13,67	1,37	3,59	18,63	2,62	35,9	17,26	0,93	93

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁.

Экономическая эффективность применения удобрений под озимую пшеницу (5-е поле) (ср. за 4 ротации)

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Затраты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Затраты на дополнительную продукцию, 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	аммофос	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
$N_1P_1K_1$	0,123	0,063	0,055	5,43	0,54	1,42	7,40	1,04	14,2	6,85	0,93	93
$N_2P_1K_1$	0,278	0,063	0,055	7,89	0,79	2,18	10,85	1,59	21,8	10,93	1,01	101
$N_1P_2K_1$	0,122	0,125	0,055	8,03	0,80	2,64	11,48	1,93	26,4	14,96	1,30	130
$N_2P_2K_1$	0,267	0,125	0,055	10,32	1,03	3,67	15,02	2,68	36,7	21,69	1,44	144
$N_2P_2K_2$	0,267	0,125	0,108	11,09	1,11	4,08	16,29	2,98	40,8	24,54	1,51	151
$N_3P_2K_1$	0,412	0,125	0,055	12,61	1,26	3,04	16,91	2,22	30,4	13,50	0,80	80
$N_3P_2K_2$	0,412	0,125	0,108	13,38	1,34	3,33	18,05	2,43	33,3	15,24	0,84	84
$N_2P_3K_1$	0,256	0,188	0,055	12,83	1,28	3,21	17,32	2,34	32,1	14,74	0,85	85
$N_2P_3K_2$	0,256	0,188	0,108	13,60	1,36	3,30	18,26	2,41	33,0	14,75	0,81	81
$N_3P_3K_1$	0,401	0,188	0,055	15,12	1,51	3,40	20,03	2,48	34,0	13,95	0,70	70
$N_3P_3K_3$	0,401	0,188	0,163	16,69	1,67	3,79	22,15	2,77	37,9	15,79	0,71	71
Навоз+NPК	0,267	0,125	0,108	11,09	1,11	4,19	16,39	3,06	41,9	25,53	1,56	156
Расчетный	0,401	0,188	0,172	16,81	1,68	3,82	22,31	2,79	38,2	15,91	0,71	71

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте $N_1P_1K_1$ норма удобрений соответствовала $N_{50}P_{33}K_{33}$, а в расчетном – $N_{150}P_{98}K_{103}$.

Экономическая эффективность применения удобрений кукурузу на зерно (ср. за 4 ротации)

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Затраты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Затраты на дополнительную продукцию, 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	аммофос	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
N ₁ P ₁ K ₁	0,098	0,077	0,063	5,73	0,57	1,36	7,66	1,10	13,6	5,98	0,78	78
N ₂ P ₁ K ₁	0,232	0,077	0,063	7,85	0,79	2,01	10,65	1,62	20,1	9,44	0,89	89
N ₁ P ₂ K ₁	0,097	0,154	0,063	8,97	0,90	1,95	11,81	1,57	19,5	7,65	0,65	65
N ₂ P ₂ K ₁	0,219	0,154	0,063	10,89	1,09	2,74	14,72	2,21	27,4	12,68	0,86	86
N ₂ P ₂ K ₂	0,219	0,154	0,125	11,79	1,18	3,05	16,02	2,46	30,5	14,49	0,90	90
N ₃ P ₂ K ₁	0,343	0,154	0,063	12,86	1,29	3,48	17,63	2,81	34,8	17,21	0,98	98
N ₃ P ₂ K ₂	0,343	0,154	0,125	13,76	1,38	3,66	18,79	2,95	36,6	17,79	0,95	95
N ₂ P ₃ K ₁	0,205	0,231	0,063	13,94	1,39	3,62	18,95	2,92	36,2	17,26	0,91	91
N ₂ P ₃ K ₂	0,205	0,231	0,125	14,83	1,48	3,83	20,15	3,09	38,3	18,17	0,90	90
N ₃ P ₃ K ₁	0,329	0,231	0,063	15,91	1,59	3,84	21,34	3,10	38,4	17,10	0,80	80
N ₃ P ₃ K ₃	0,329	0,231	0,188	17,72	1,77	4,69	24,18	3,78	46,9	22,70	0,94	94
Навоз+NPK	0,219	0,154	0,125	11,79	1,18	3,36	16,33	2,71	33,6	17,28	1,06	106
Расчетный	0,382	0,179	0,192	16,40	1,64	5,67	23,71	4,57	56,7	32,96	1,39	139

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

Экономическая эффективность применения удобрений кукурузу на силос (ср. за 2009 и 2015 гг.)

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Затраты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Затраты на дополнительную продукцию, 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	аммофос	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
N ₁ P ₁ K ₁	0,089	0,077	0,067	5,64	0,56	1,14	7,34	5,7	11,4	4,06	0,55	55
N ₂ P ₁ K ₁	0,218	0,077	0,067	7,67	0,77	1,70	10,14	8,5	17,0	6,86	0,68	68
N ₁ P ₂ K ₁	0,088	0,154	0,067	8,88	0,89	1,56	11,33	7,8	15,6	4,27	0,38	38
N ₂ P ₂ K ₁	0,204	0,154	0,067	10,71	1,07	2,36	14,15	11,8	23,6	9,45	0,67	67
N ₂ P ₂ K ₂	0,204	0,154	0,133	11,68	1,17	2,64	15,49	13,2	26,4	10,91	0,70	70
N ₃ P ₂ K ₁	0,320	0,154	0,067	12,55	1,25	3,30	17,10	16,5	33,0	15,90	0,93	93
N ₃ P ₂ K ₂	0,320	0,154	0,133	13,51	1,35	3,54	18,40	17,7	35,4	17,00	0,92	92
N ₂ P ₃ K ₁	0,190	0,231	0,067	13,76	1,38	3,14	18,27	15,7	31,4	13,13	0,72	72
N ₂ P ₃ K ₂	0,190	0,231	0,133	14,72	1,47	3,40	19,59	17	34,0	14,41	0,74	74
N ₃ P ₃ K ₁	0,306	0,231	0,067	15,59	1,56	3,26	20,41	16,3	32,6	12,19	0,60	60
N ₃ P ₃ K ₃	0,306	0,231	0,200	17,52	1,75	4,34	23,61	21,7	43,4	19,79	0,84	84
Навоз+NPK	0,204	0,154	0,133	11,68	1,17	2,74	15,59	13,7	27,4	11,81	0,76	76
Расчетный	0,387	0,183	0,192	16,64	1,66	5,12	23,43	25,6	51,2	27,77	1,19	119

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₄₅P₉₅K₁₁₅.

Экономическая эффективность применения удобрений под суданскую траву (ср. за 1997 и 2004 гг.)

Вариант	Внесено удобрений, т/га			Стоимость удобрений, тыс. руб./га	Затраты на внесение удобрений, тыс. руб./га	Затраты на дополнительную продукцию, 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	аммофос	хлористый калий							тыс. руб. с 1 га	руб. / руб. затрат	
N ₁ P ₁ K ₁	0,096	0,058	0,050	4,69	0,47	1,16	6,31	7,7	11,6	5,24	0,83	83
N ₂ P ₁ K ₁	0,221	0,058	0,050	6,67	0,67	1,56	8,90	10,4	15,6	6,70	0,75	75
N ₁ P ₂ K ₁	0,095	0,115	0,050	7,12	0,71	1,70	9,53	11,3	17,0	7,42	0,78	78
N ₂ P ₂ K ₁	0,211	0,115	0,050	8,95	0,90	2,03	11,87	13,5	20,3	8,38	0,71	71
N ₂ P ₂ K ₂	0,211	0,115	0,100	9,68	0,97	2,19	12,83	14,6	21,9	9,07	0,71	71
N ₃ P ₂ K ₁	0,327	0,115	0,050	10,78	1,08	2,63	14,49	17,5	26,3	11,76	0,81	81
N ₃ P ₂ K ₂	0,327	0,115	0,100	11,51	1,15	2,72	15,37	18,1	27,2	11,78	0,77	77
N ₂ P ₃ K ₁	0,201	0,173	0,050	11,23	1,12	2,70	15,06	18,0	27,0	11,94	0,79	79
N ₂ P ₃ K ₂	0,201	0,173	0,100	11,96	1,20	2,82	15,97	18,8	28,2	12,23	0,77	77
N ₃ P ₃ K ₁	0,317	0,173	0,050	13,06	1,31	3,20	17,57	21,3	32,0	14,38	0,82	82
N ₃ P ₃ K ₃	0,317	0,173	0,150	14,51	1,45	3,80	19,76	25,3	38,0	18,19	0,92	92
Навоз+NPK	0,211	0,115	0,100	9,68	0,97	3,47	14,11	23,1	34,7	20,54	1,46	146
Расчетный	0,399	0,115	0,163	13,57	1,36	4,35	19,28	29,0	43,5	24,22	1,26	126

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₀P₃₀K₃₀, а в расчетном – N₁₄₅P₆₀K₉₈.

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией многолетних трав по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Прибавка урожая (зеленая масса), т/га	Прирост, т з.е./га	Внесено удобрений, кг д.в./га	Окупаемость удобрений дополнительной продукцией	
				кг з.м. / кг д.в.	кг з.е. / кг д.в.
N ₁ P ₁ K ₁	7,1	1,28	95	74,7	13,5
N ₂ P ₁ K ₁	9,2	1,66	120	76,7	13,8
N ₁ P ₂ K ₁	8,9	1,60	130	68,5	12,3
N ₂ P ₂ K ₁	10,2	1,84	155	65,8	11,8
N ₂ P ₂ K ₂	11,2	2,02	190	58,9	10,6
N ₃ P ₂ K ₁	13,9	2,50	180	77,2	13,9
N ₃ P ₂ K ₂	13,9	2,50	215	64,7	11,6
N ₂ P ₃ K ₁	15,9	2,86	190	83,7	15,1
N ₂ P ₃ K ₂	15,7	2,83	225	69,8	12,6
N ₃ P ₃ K ₁	16,6	2,99	215	77,2	13,9
N ₃ P ₃ K ₃	18,9	3,40	285	66,3	11,9
Навоз+NPK	12,1	2,18	190	63,7	11,5
Расчетный	19,0	3,42	314	60,5	10,9

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₂₅P₃₅K₃₅, а в расчетном – N₇₁P₁₄₄K₉₉.

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией озимой пшеницы (2-е поле) по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Прибавка урожая (зерно), т/га	Прирост продуктивности, т з.е./га	Внесено удобрений, кг д.в./га	Окупаемость удобрений дополнительной продукцией	
				кг зерна / кг д.в.	кг з.е. / кг д.в.
N ₁ P ₁ K ₁	1,19	2,08	130	9,2	16,0
N ₂ P ₁ K ₁	1,74	3,15	180	9,7	17,5
N ₁ P ₂ K ₁	1,72	2,96	170	10,1	17,4
N ₂ P ₂ K ₁	2,46	4,20	220	11,2	19,1
N ₂ P ₂ K ₂	2,91	4,94	260	11,2	19,0
N ₃ P ₂ K ₁	2,06	3,53	270	7,6	13,1
N ₃ P ₂ K ₂	2,44	4,32	310	7,9	13,9
N ₂ P ₃ K ₁	2,28	3,96	260	8,8	15,2
N ₂ P ₃ K ₂	2,33	3,92	300	7,8	13,1
N ₃ P ₃ K ₁	2,41	4,19	310	7,8	13,5
N ₃ P ₃ K ₃	2,71	4,63	390	6,9	11,9
Навоз+NPK	3,01	5,10	260	11,6	19,6
Расчетный	2,62	4,50	272	9,6	16,6

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁.

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией озимой пшеницы (5-е поле) по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Прибавка урожая (зерно), т/га	Прирост продуктивности, т з.е./га	Внесено удобрений, кг д.в./га	Окупаемость удобрений дополнительной продукцией	
				кг зерна / кг д.в.	кг з.е. / кг д.в.
N ₁ P ₁ K ₁	1,0	1,56	116	9,0	13,5
N ₂ P ₁ K ₁	1,6	2,64	166	9,6	15,9
N ₁ P ₂ K ₁	1,9	2,74	148	13,0	18,5
N ₂ P ₂ K ₁	2,7	3,89	198	13,5	19,6
N ₂ P ₂ K ₂	3,0	4,30	230	13,0	18,7
N ₃ P ₂ K ₁	2,2	3,80	248	9,0	15,3
N ₃ P ₂ K ₂	2,4	4,19	280	8,7	15,0
N ₂ P ₃ K ₁	2,3	3,92	231	10,1	17,0
N ₂ P ₃ K ₂	2,4	4,01	263	9,2	15,3
N ₃ P ₃ K ₁	2,5	4,18	281	8,8	14,9
N ₃ P ₃ K ₃	2,8	4,76	346	8,0	13,8
Навоз+NPK	3,1	4,55	230	13,3	19,8
Расчетный	2,8	5,34	351	7,9	15,2

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₅₀P₃₃K₃₃, а в расчетном – N₁₅₀P₉₈K₁₀₃.

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией кукурузы на зерно по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Прибавка урожая (зерно), т/га	Прирост продуктивности, т з.е./га	Внесено удобрений, кг д.в./га	Окупаемость удобрений дополнительной продукцией	
				кг зерна / кг д.в.	кг з.е. / кг д.в.
N ₁ P ₁ K ₁	1,1	1,62	121	9,1	13,4
N ₂ P ₁ K ₁	1,6	2,67	163	9,9	16,4
N ₁ P ₂ K ₁	1,6	2,38	161	9,8	14,8
N ₂ P ₂ K ₁	2,2	3,42	203	10,9	16,8
N ₂ P ₂ K ₂	2,5	3,78	240	10,3	15,8
N ₃ P ₂ K ₁	2,8	4,39	246	11,4	17,9
N ₃ P ₂ K ₂	3,0	4,71	283	10,4	16,7
N ₂ P ₃ K ₁	2,9	4,50	243	12,0	18,5
N ₂ P ₃ K ₂	3,1	4,69	280	11,0	16,8
N ₃ P ₃ K ₁	3,1	4,80	286	10,8	16,8
N ₃ P ₃ K ₃	3,8	5,77	361	10,5	16,0
Навоз+NPK	2,7	4,20	240	11,3	17,5
Расчетный	4,6	7,12	351	13,0	20,3

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией кукурузы на силос по разным системам (ср. за 2009 и 2016 гг.)

Вариант	Прибавка урожая (зеленая масса), т/га	Прирост продуктивности, т з.е./га	Внесено удобрений, кг д.в./га	Окупаемость удобрений дополнительной продукцией	
				кг з.м. / кг д.в.	кг з.е. / кг д.в.
N ₁ P ₁ K ₁	5,7	0,97	120	47,5	8,1
N ₂ P ₁ K ₁	8,5	1,45	160	53,1	9,0
N ₁ P ₂ K ₁	7,8	1,33	160	48,8	8,3
N ₂ P ₂ K ₁	11,8	2,01	200	59,0	10,0
N ₂ P ₂ K ₂	13,2	2,24	240	55,0	9,4
N ₃ P ₂ K ₁	16,5	2,81	240	68,8	11,7
N ₃ P ₂ K ₂	17,7	3,01	280	63,2	10,7
N ₂ P ₃ K ₁	15,7	2,67	240	65,4	11,1
N ₂ P ₃ K ₂	17,0	2,89	280	60,7	10,3
N ₃ P ₃ K ₁	16,3	2,77	280	58,2	9,9
N ₃ P ₃ K ₃	21,7	3,69	360	60,3	10,2
Навоз+NPK	13,7	2,33	240	57,1	9,7
Расчетный	25,6	4,35	355	72,1	12,3

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₄₅P₉₅K₁₁₅.

Окупаемость удобрений дополнительной продукцией суданской травы по разным системам (ср. за 1997 и 2004 гг.)

Вариант	Прибавка урожая (зеленая масса), т/га	Прирост продуктивности, т з.е./га	Внесено удобрений, кг д.в./га	Окупаемость удобрений дополнительной продукцией	
				кг з.м. / кг д.в.	кг з.е. / кг д.в.
N ₁ P ₁ K ₁	7,7	1,08	100	77,0	10,8
N ₂ P ₁ K ₁	10,4	1,46	140	74,3	10,4
N ₁ P ₂ K ₁	11,3	1,58	130	86,9	12,2
N ₂ P ₂ K ₁	13,5	1,89	170	79,4	11,1
N ₂ P ₂ K ₂	14,6	2,04	200	73,0	10,2
N ₃ P ₂ K ₁	17,5	2,45	210	83,3	11,7
N ₃ P ₂ K ₂	18,1	2,53	240	75,4	10,6
N ₂ P ₃ K ₁	18,0	2,52	200	90,0	12,6
N ₂ P ₃ K ₂	18,8	2,63	230	81,7	11,4
N ₃ P ₃ K ₁	21,3	2,98	240	88,8	12,4
N ₃ P ₃ K ₃	25,3	3,54	300	84,3	11,8
Навоз+NPK	23,1	3,23	200	115,5	16,2
Расчетный	29,0	4,06	303	95,7	13,4

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₀P₃₀K₃₀, а в расчетном – N₁₄₅P₆₀K₉₈.

Энергетическая эффективность удобрений под многолетние травы по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га	Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности удобрений, ед.	Энергетический КПД посева, ед.	Энергетическая себестоимость удобрений, ГДж/т з.е.
N ₁ P ₁ K ₁	2,9	26,8	23,9	8,27	9,27	0,41
N ₂ P ₁ K ₁	5,1	34,8	29,7	5,87	6,87	0,55
N ₁ P ₂ K ₁	3,3	33,6	30,3	9,08	10,08	0,38
N ₂ P ₂ K ₁	5,5	38,6	33,1	6,01	7,01	0,54
N ₂ P ₂ K ₂	5,8	42,3	36,5	6,31	7,31	0,52
N ₃ P ₂ K ₁	7,7	52,5	44,9	5,85	6,85	0,55
N ₃ P ₂ K ₂	8,0	52,5	44,6	5,60	6,60	0,57
N ₂ P ₃ K ₁	5,9	60,1	54,2	9,11	10,11	0,37
N ₂ P ₃ K ₂	6,2	59,3	53,1	8,52	9,52	0,40
N ₃ P ₃ K ₁	8,1	62,7	54,6	6,74	7,74	0,49
N ₃ P ₃ K ₃	8,7	71,4	62,8	7,22	8,22	0,46
Навоз+NPK	5,8	45,7	39,9	6,90	7,90	0,48
Расчетный	8,8	71,8	63,0	7,18	8,18	0,46

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₂₅P₃₅K₃₅, а в расчетном – N₇₁P₁₄₄K₉₉.

Энергетическая эффективность удобрений под озимую пшеницу (2-е поле) по разным системам
(ср. за 4 ротации)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га	Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности удобрений, ед.	Энергетический КПД посева, ед.	Энергетическая себестоимость удобрений, ГДж/т з.е.
N ₁ P ₁ K ₁	5,2	19,6	14,4	2,79	3,79	4,34
N ₂ P ₁ K ₁	9,5	28,6	19,1	2,01	3,01	5,46
N ₁ P ₂ K ₁	5,7	28,3	22,6	3,99	4,99	3,30
N ₂ P ₂ K ₁	10,0	40,5	30,5	3,05	4,05	4,07
N ₂ P ₂ K ₂	10,3	47,9	37,5	3,63	4,63	3,55
N ₃ P ₂ K ₁	14,3	33,9	19,6	1,36	2,36	6,96
N ₃ P ₂ K ₂	14,7	40,1	25,5	1,74	2,74	6,01
N ₂ P ₃ K ₁	10,5	37,5	27,0	2,57	3,57	4,61
N ₂ P ₃ K ₂	10,8	38,3	27,5	2,54	3,54	4,65
N ₃ P ₃ K ₁	14,8	39,6	24,8	1,67	2,67	6,16
N ₃ P ₃ K ₃	15,5	44,6	29,1	1,88	2,88	5,72
Навоз+NPK	10,3	49,5	39,2	3,79	4,79	3,43
Расчетный	11,3	43,1	31,8	2,83	3,83	4,30

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₅₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₁₀P₉₁K₇₁.

Энергетическая эффективность удобрений под озимую пшеницу (5-е поле) по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га	Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности удобрений, ед.	Энергетический КПД посева, ед.	Энергетическая себестоимость удобрений, ГДж/т з.е.
N ₁ P ₁ K ₁	5,0	17,1	12,1	2,41	3,41	4,83
N ₂ P ₁ K ₁	9,3	26,2	16,8	1,80	2,80	5,88
N ₁ P ₂ K ₁	5,4	31,7	26,3	4,85	5,85	2,81
N ₂ P ₂ K ₁	9,8	44,1	34,3	3,52	4,52	3,64
N ₂ P ₂ K ₂	10,0	49,0	39,0	3,89	4,89	3,36
N ₃ P ₂ K ₁	14,1	36,5	22,4	1,59	2,59	6,34
N ₃ P ₂ K ₂	14,3	40,0	25,6	1,79	2,79	5,90
N ₂ P ₃ K ₁	10,2	38,5	28,3	2,79	3,79	4,35
N ₂ P ₃ K ₂	10,4	39,6	29,2	2,80	3,80	4,33
N ₃ P ₃ K ₁	14,5	40,8	26,3	1,81	2,81	5,85
N ₃ P ₃ K ₃	15,0	45,6	30,5	2,03	3,03	5,43
Навоз+NPK	10,0	50,3	40,3	4,02	5,02	3,27
Расчетный	15,1	45,9	30,8	2,04	3,04	5,40

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₅₀P₃₃K₃₃, а в расчетном – N₁₅₀P₉₈K₁₀₃.

Энергетическая эффективность удобрений под кукурузу на зерно по разным системам (ср. за 4 ротации)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га	Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности удобрений, ед.	Энергетический КПД посева, ед.	Энергетическая себестоимость удобрений, ГДж/т з.е.
N ₁ P ₁ K ₁	4,5	16,7	12,1	2,67	3,67	4,13
N ₂ P ₁ K ₁	8,2	24,5	16,3	2,00	3,00	5,05
N ₁ P ₂ K ₁	5,0	23,8	18,7	3,71	4,71	3,21
N ₂ P ₂ K ₁	8,7	33,5	24,8	2,85	3,85	3,93
N ₂ P ₂ K ₂	9,0	37,2	28,3	3,14	4,14	3,66
N ₃ P ₂ K ₁	12,4	42,5	30,1	2,43	3,43	4,42
N ₃ P ₂ K ₂	12,7	44,7	31,9	2,51	3,51	4,31
N ₂ P ₃ K ₁	9,2	44,2	35,0	3,81	4,81	3,15
N ₂ P ₃ K ₂	9,5	46,8	37,3	3,93	4,93	3,07
N ₃ P ₃ K ₁	12,9	46,9	34,0	2,63	3,63	4,17
N ₃ P ₃ K ₃	13,5	57,2	43,7	3,23	4,23	3,58
Навоз+NPK	9,0	41,0	32,0	3,56	4,56	3,32
Расчетный	14,5	69,2	54,7	3,77	4,77	3,18

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₃P₄₀K₃₈, а в расчетном – N₁₄₃P₉₃K₁₁₅.

Энергетическая эффективность удобрений кукурузу на силос по разным системам (ср. за 2009 и 2016 гг.)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га	Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности удобрений, ед.	Энергетический КПД посева, ед.	Энергетическая себестоимость удобрений, ГДж/т з.е.
N ₁ P ₁ K ₁	4,3	27,6	23,3	5,43	6,43	0,75
N ₂ P ₁ K ₁	7,8	41,2	33,5	4,31	5,31	0,91
N ₁ P ₂ K ₁	4,8	37,8	33,0	6,87	7,87	0,62
N ₂ P ₂ K ₁	8,3	57,2	49,0	5,92	6,92	0,70
N ₂ P ₂ K ₂	8,6	64,0	55,4	6,44	7,44	0,65
N ₃ P ₂ K ₁	11,7	80,0	68,3	5,82	6,82	0,71
N ₃ P ₂ K ₂	12,1	85,8	73,8	6,12	7,12	0,68
N ₂ P ₃ K ₁	8,8	76,1	67,4	7,68	8,68	0,56
N ₂ P ₃ K ₂	9,1	82,5	73,3	8,06	9,06	0,54
N ₃ P ₃ K ₁	12,2	79,1	66,8	5,46	6,46	0,75
N ₃ P ₃ K ₃	12,9	105,2	92,3	7,16	8,16	0,59
Навоз+NPK	8,6	66,4	57,8	6,73	7,73	0,63
Расчетный	14,7	124,2	109,5	7,44	8,44	0,57

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₀P₄₀K₄₀, а в расчетном – N₁₄₅P₉₅K₁₁₅.

Энергетическая эффективность удобрений под суданскую траву по разным системам (ср. за 1997 и 2004 гг.)

Вариант	Энергетические затраты на применение удобрений, ГДж/га	Энергетическая ценность прибавки, ГДж/га	Чистый энергетический доход, ГДж/га	Коэффициент энергетической эффективности удобрений, ед.	Энергетический КПД посева, ед.	Энергетическая себестоимость удобрений, ГДж/т з.е.
N ₁ P ₁ K ₁	4,1	25,3	21,2	5,17	6,17	0,53
N ₂ P ₁ K ₁	7,6	34,1	26,6	3,52	4,52	0,73
N ₁ P ₂ K ₁	4,5	37,1	32,6	7,29	8,29	0,40
N ₂ P ₂ K ₁	7,9	44,3	36,3	4,58	5,58	0,59
N ₂ P ₂ K ₂	8,2	47,9	39,7	4,85	5,85	0,56
N ₃ P ₂ K ₁	11,4	57,4	46,0	4,04	5,04	0,65
N ₃ P ₂ K ₂	11,6	59,4	47,7	4,10	5,10	0,64
N ₂ P ₃ K ₁	8,3	59,0	50,7	6,10	7,10	0,46
N ₂ P ₃ K ₂	8,6	61,7	53,1	6,20	7,20	0,46
N ₃ P ₃ K ₁	11,8	69,9	58,1	4,93	5,93	0,55
N ₃ P ₃ K ₃	12,3	83,0	70,7	5,76	6,76	0,49
Навоз+NPK	8,2	75,8	67,6	8,26	9,26	0,35
Расчетный	14,1	95,1	81,0	5,73	6,73	0,49

Примечание: в среднем за 4 ротации в варианте N₁P₁K₁ норма удобрений соответствовала N₄₀P₃₀K₃₀, а в расчетном – N₁₄₅P₆₀K₉₈.

Дисперсионный анализ урожайности люцерны (1994 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	15,8	17,4	18,6	19,4	71,2	17,8
N ₁ P ₁ K ₁	29,8	28,1	29,1	31,8	118,8	29,7
N ₂ P ₁ K ₁	33,4	30,6	30,7	32,9	127,6	31,9
N ₁ P ₂ K ₁	32,8	30,0	33,1	30,5	126,4	31,6
N ₂ P ₂ K ₁	31,1	33,8	34,0	31,9	130,8	32,7
N ₂ P ₂ K ₂	33,6	33,4	35,0	34,8	136,8	34,2
N ₃ P ₂ K ₁	36,4	36,8	39,5	38,1	150,8	37,7
N ₃ P ₂ K ₂	37,1	36,9	38,4	38,0	150,4	37,6
N ₂ P ₃ K ₁	40,1	41,6	41,8	40,5	164,0	41,0
N ₂ P ₃ K ₂	39,9	42,2	41,2	40,3	163,6	40,9
N ₃ P ₃ K ₁	42,3	40,9	41,6	39,6	164,4	41,1
N ₃ P ₃ K ₃	46,1	42,6	43,8	45,1	177,6	44,4
Навоз+NPK	34,2	35,4	34,6	35,4	139,6	34,9
Расчетный	42,9	43,6	45,1	45,2	176,8	44,2
Сумма по P	495,5	493,3	506,5	503,5	1998,8	35,7

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	2622,7	55,0			
Повторений	8,5	3,0			
Вариантов	2557,6	13,0	196,7		
Остаток	56,7	39,0	1,5	135,4	2,0

$$Sd = 0,85$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 1,70 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности люцерны (2001 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	7,50	9,20	8,60	9,90	35,2	8,80
N ₁ P ₁ K ₁	9,60	11,50	10,50	12,40	44,0	11,00
N ₂ P ₁ K ₁	14,00	12,00	13,00	11,40	50,4	12,60
N ₁ P ₂ K ₁	13,40	14,60	11,80	14,20	54,0	13,50
N ₂ P ₂ K ₁	15,30	14,80	12,80	13,90	56,8	14,20
N ₂ P ₂ K ₂	17,40	16,60	13,50	14,50	62,0	15,50
N ₃ P ₂ K ₁	18,90	19,70	20,50	17,70	76,8	19,20
N ₃ P ₂ K ₂	21,00	19,90	18,50	19,40	78,8	19,70
N ₂ P ₃ K ₁	18,30	19,10	20,20	20,00	77,6	19,40
N ₂ P ₃ K ₂	18,80	19,60	20,80	19,20	78,4	19,60
N ₃ P ₃ K ₁	21,60	22,20	21,90	19,90	85,6	21,40
N ₃ P ₃ K ₃	22,90	24,00	20,40	21,50	88,8	22,20
Навоз+NPK	15,30	17,80	17,20	16,50	66,8	16,70
Расчетный	24,40	23,80	23,20	22,60	94,0	23,50
Сумма по P	238,4	244,8	232,9	233,1	949,2	17,0

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{ср}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	1090,6	55,0			
Повторений	6,7	3,0			
Вариантов	1033,2	13,0	79,5		
Остаток	50,7	39,0	1,3	61,1	2,0

$$Sd = 0,81$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 1,61 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности клевера лугового (2006 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	9,86	11,22	11,38	10,50	43,0	10,74
N ₁ P ₁ K ₁	16,57	18,94	17,12	18,65	71,3	17,82
N ₂ P ₁ K ₁	17,93	19,94	18,79	19,74	76,4	19,10
N ₁ P ₂ K ₁	17,01	20,08	17,73	20,90	75,7	18,93
N ₂ P ₂ K ₁	18,61	21,02	18,97	19,84	78,4	19,61
N ₂ P ₂ K ₂	19,06	21,81	19,20	21,97	82,0	20,51
N ₃ P ₂ K ₁	21,83	21,97	23,15	23,61	90,6	22,64
N ₃ P ₂ K ₂	21,05	23,21	23,87	22,39	90,5	22,63
N ₂ P ₃ K ₁	21,39	25,98	25,17	25,86	98,4	24,60
N ₂ P ₃ K ₂	23,86	26,01	24,70	23,43	98,0	24,50
N ₃ P ₃ K ₁	23,71	25,94	24,03	25,24	98,9	24,73
N ₃ P ₃ K ₃	25,49	28,00	25,82	27,13	106,4	26,61
Навоз+NPK	19,50	22,79	20,43	20,88	83,6	20,90
Расчетный	25,89	28,01	26,83	25,43	106,2	26,54
Сумма по P	281,8	314,9	297,2	305,6	1199,4	21,4

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{ср}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	989,7	55,0			
Повторений	42,4	3,0			
Вариантов	918,5	13,0	70,7		
Остаток	28,7	39,0	0,7	95,9	2,0

$$Sd = 0,61$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 1,21 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности клевера лугового (2012 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	13,56	12,99	11,60	10,33	48,5	12,12
N ₁ P ₁ K ₁	21,01	21,28	17,89	17,46	77,6	19,41
N ₂ P ₁ K ₁	20,89	24,30	21,45	23,76	90,4	22,60
N ₁ P ₂ K ₁	19,76	22,69	20,16	21,87	84,5	21,12
N ₂ P ₂ K ₁	22,34	24,89	22,59	25,06	94,9	23,72
N ₂ P ₂ K ₂	22,69	24,40	23,09	26,34	96,5	24,13
N ₃ P ₂ K ₁	25,14	28,09	24,73	24,48	102,4	25,61
N ₃ P ₂ K ₂	25,36	26,76	24,13	24,19	100,4	25,11
N ₂ P ₃ K ₁	27,15	30,88	28,96	25,01	112,0	28,00
N ₂ P ₃ K ₂	26,71	28,90	25,86	26,61	108,1	27,02
N ₃ P ₃ K ₁	26,46	29,47	27,47	30,64	114,0	28,51
N ₃ P ₃ K ₃	29,90	33,14	30,21	34,03	127,3	31,82
Навоз+NPK	25,40	26,77	23,92	24,75	100,8	25,21
Расчетный	29,00	33,09	30,27	31,72	124,1	31,02
Сумма по P	335,4	367,7	332,3	346,3	1381,6	24,7

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	1431,4	55,0			
Повторений	54,8	3,0			
Вариантов	1309,7	13,0	100,7		
Остаток	66,9	39,0	1,7	58,8	2,0

$$Sd = 0,93$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 1,85 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (2-е поле) (1995 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	2,86	2,78	2,74	3,22	11,6	2,90
N ₁ P ₁ K ₁	3,96	3,89	4,13	4,10	16,1	4,02
N ₂ P ₁ K ₁	4,74	4,61	4,19	4,58	18,1	4,53
N ₁ P ₂ K ₁	4,49	4,81	4,73	4,69	18,7	4,68
N ₂ P ₂ K ₁	5,31	5,60	5,53	5,72	22,2	5,54
N ₂ P ₂ K ₂	5,69	5,84	5,89	5,78	23,2	5,80
N ₃ P ₂ K ₁	4,98	4,86	5,00	4,92	19,8	4,94
N ₃ P ₂ K ₂	5,60	5,52	5,34	5,46	21,9	5,48
N ₂ P ₃ K ₁	5,33	5,18	5,29	5,24	21,0	5,26
N ₂ P ₃ K ₂	5,28	5,42	5,46	5,40	21,6	5,39
N ₃ P ₃ K ₁	5,51	5,12	5,31	5,26	21,2	5,30
N ₃ P ₃ K ₃	5,80	5,59	5,76	5,84	23,0	5,75
Навоз+NPK	5,94	5,65	5,74	5,83	23,2	5,79
Расчетный	5,42	5,68	5,60	5,42	22,1	5,53
Сумма по P	70,9	70,6	70,7	71,5	283,6	5,1

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	35,1	55,0			
Повторений	0,0	3,0			
Вариантов	34,3	13,0	2,6		
Остаток	0,8	39,0	0,0	132,7	2,0

$$Sd = 0,10$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,20 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (2-е поле) (2002 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	2,53	2,71	2,65	2,84	10,7	2,68
N ₁ P ₁ K ₁	3,52	3,74	3,32	3,62	14,2	3,55
N ₂ P ₁ K ₁	4,44	4,29	4,36	4,38	17,5	4,37
N ₁ P ₂ K ₁	3,95	4,01	4,24	4,09	16,3	4,07
N ₂ P ₂ K ₁	4,95	4,76	4,84	5,10	19,7	4,91
N ₂ P ₂ K ₂	5,20	5,12	5,33	5,29	20,9	5,24
N ₃ P ₂ K ₁	4,35	4,32	4,47	4,49	17,6	4,41
N ₃ P ₂ K ₂	5,12	4,93	4,83	5,07	20,0	4,99
N ₂ P ₃ K ₁	4,71	4,79	4,63	4,87	19,0	4,75
N ₂ P ₃ K ₂	4,57	4,51	4,76	4,65	18,5	4,62
N ₃ P ₃ K ₁	4,94	5,24	5,01	4,99	20,2	5,05
N ₃ P ₃ K ₃	5,24	5,18	5,32	4,97	20,7	5,18
Навоз+NPK	5,64	5,88	5,51	5,36	22,4	5,60
Расчетный	4,80	5,17	4,89	5,16	20,0	5,01
Сумма по P	64,0	64,7	64,2	64,9	257,7	4,6

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{ср}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	30,9	55,0			
Повторений	0,0	3,0			
Вариантов	30,1	13,0	2,3		
Остаток	0,8	39,0	0,0	117,1	2,0

$$Sd = 0,10$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,20 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (2-е поле) (2007 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	2,31	2,37	2,49	2,45	9,6	2,41
N ₁ P ₁ K ₁	3,45	3,40	3,63	3,79	14,3	3,57
N ₂ P ₁ K ₁	3,66	3,87	3,85	4,07	15,5	3,86
N ₁ P ₂ K ₁	4,15	3,95	4,31	4,44	16,9	4,21
N ₂ P ₂ K ₁	4,88	4,83	5,21	5,11	20,0	5,01
N ₂ P ₂ K ₂	5,21	5,39	5,46	5,51	21,6	5,39
N ₃ P ₂ K ₁	4,46	4,34	4,61	4,70	18,1	4,53
N ₃ P ₂ K ₂	4,51	4,79	5,13	4,97	19,4	4,85
N ₂ P ₃ K ₁	4,67	4,94	4,73	4,58	18,9	4,73
N ₂ P ₃ K ₂	4,97	4,85	4,91	5,02	19,8	4,94
N ₃ P ₃ K ₁	4,68	4,56	4,70	5,32	19,3	4,82
N ₃ P ₃ K ₃	5,10	5,13	5,21	5,35	20,8	5,20
Навоз+NPK	5,09	5,15	5,32	5,30	20,9	5,22
Расчетный	4,77	4,95	5,03	5,20	20,0	4,99
Сумма по P	61,9	62,5	64,6	65,8	254,8	4,6

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	35,3	55,0			
Повторений	0,7	3,0			
Вариантов	33,9	13,0	2,6		
Остаток	0,7	39,0	0,0	149,7	2,0

$$Sd = 0,09$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,19 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (2-е поле) (2013 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	3,26	3,31	3,07	3,24	12,9	3,2
N ₁ P ₁ K ₁	4,85	4,75	4,67	4,96	19,2	4,8
N ₂ P ₁ K ₁	5,32	5,24	5,45	5,48	21,5	5,4
N ₁ P ₂ K ₁	5,08	5,01	5,14	5,25	20,5	5,1
N ₂ P ₂ K ₁	5,57	5,52	5,72	5,63	22,4	5,6
N ₂ P ₂ K ₂	6,34	6,49	6,2	6,68	25,7	6,4
N ₃ P ₂ K ₁	5,44	5,56	5,37	5,59	22,0	5,5
N ₃ P ₂ K ₂	5,62	5,65	5,7	5,5	22,5	5,6
N ₂ P ₃ K ₁	5,64	5,55	5,52	5,73	22,4	5,6
N ₂ P ₃ K ₂	5,49	5,53	5,73	5,41	22,2	5,5
N ₃ P ₃ K ₁	5,83	5,55	5,66	5,69	22,7	5,7
N ₃ P ₃ K ₃	5,8	5,9	6,02	5,99	23,7	5,9
Навоз+НРК	6,26	6,81	6,63	6,69	26,4	6,6
Расчетный	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

$$Sd = 0,09$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,19 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (5-е поле) (1998 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	2,64	2,75	2,45	2,40	10,2	2,56
N ₁ P ₁ K ₁	3,69	3,88	3,35	3,60	14,5	3,63
N ₂ P ₁ K ₁	3,85	4,47	3,95	4,37	16,6	4,16
N ₁ P ₂ K ₁	4,19	4,83	4,29	4,65	18,0	4,49
N ₂ P ₂ K ₁	5,00	5,48	4,98	5,42	20,9	5,22
N ₂ P ₂ K ₂	5,44	5,51	5,21	5,64	21,8	5,45
N ₃ P ₂ K ₁	4,98	4,95	4,62	4,57	19,1	4,78
N ₃ P ₂ K ₂	4,94	5,19	4,79	5,00	19,9	4,98
N ₂ P ₃ K ₁	4,74	5,09	5,06	4,67	19,6	4,89
N ₂ P ₃ K ₂	4,81	5,21	4,75	5,07	19,8	4,96
N ₃ P ₃ K ₁	4,86	5,20	4,85	5,21	20,1	5,03
N ₃ P ₃ K ₃	5,25	5,50	5,02	5,35	21,1	5,28
Навоз+NPK	5,40	5,94	5,31	5,71	22,4	5,59
Расчетный	5,21	5,75	5,26	5,34	21,6	5,39
Сумма по P	65,0	69,8	63,9	67,0	265,6	4,7

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	37,3	55,0			
Повторений	1,4	3,0			
Вариантов	35,1	13,0	2,7		
Остаток	0,8	39,0	0,0	123,8	2,0

$$Sd = 0,10$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,21 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (5-е поле) (2005 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	2,73	2,83	2,53	2,47	10,6	2,64
N ₁ P ₁ K ₁	3,55	3,63	3,32	3,46	14,0	3,49
N ₂ P ₁ K ₁	4,12	4,46	4,02	4,36	17,0	4,24
N ₁ P ₂ K ₁	4,22	4,43	4,12	4,47	17,2	4,31
N ₂ P ₂ K ₁	4,58	5,11	4,64	5,15	19,5	4,87
N ₂ P ₂ K ₂	5,06	5,24	4,96	5,46	20,7	5,18
N ₃ P ₂ K ₁	4,69	4,81	4,41	4,37	18,3	4,57
N ₃ P ₂ K ₂	4,85	5,14	4,72	4,93	19,6	4,91
N ₂ P ₃ K ₁	4,46	4,98	4,86	4,50	18,8	4,70
N ₂ P ₃ K ₂	4,45	4,80	4,39	4,68	18,3	4,58
N ₃ P ₃ K ₁	4,84	5,18	4,83	5,19	20,0	5,01
N ₃ P ₃ K ₃	5,07	5,41	4,93	5,35	20,8	5,19
Навоз+NPK	5,50	5,84	5,31	5,71	22,4	5,59
Расчетный	4,86	5,37	4,91	4,98	20,1	5,03
Сумма по P	63,0	67,2	62,0	65,1	257,2	4,6

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	31,9	55,0			
Повторений	1,2	3,0			
Вариантов	29,9	13,0	2,3		
Остаток	0,7	39,0	0,0	121,8	2,0

$$Sd = 0,10$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,19 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (5-е поле) (2010 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	2,66	2,77	2,47	2,42	10,3	2,58
N ₁ P ₁ K ₁	3,68	4,08	3,43	3,69	14,9	3,72
N ₂ P ₁ K ₁	3,75	4,37	3,85	4,27	16,2	4,06
N ₁ P ₂ K ₁	4,04	4,67	4,15	4,50	17,4	4,34
N ₂ P ₂ K ₁	4,86	5,44	4,94	5,48	20,7	5,18
N ₂ P ₂ K ₂	5,25	5,64	5,34	6,09	22,3	5,58
N ₃ P ₂ K ₁	4,86	5,01	4,59	4,54	19,0	4,75
N ₃ P ₂ K ₂	4,70	5,17	4,66	4,87	19,4	4,85
N ₂ P ₃ K ₁	4,85	5,02	5,08	4,69	19,6	4,91
N ₂ P ₃ K ₂	4,86	5,45	4,88	5,21	20,4	5,10
N ₃ P ₃ K ₁	4,83	5,17	4,82	5,18	20,0	5,00
N ₃ P ₃ K ₃	5,23	5,60	5,10	5,55	21,5	5,37
Навоз+NPK	5,31	5,83	5,21	5,61	22,0	5,49
Расчетный	4,96	5,47	5,01	5,08	20,5	5,13
Сумма по P	63,8	69,7	63,5	67,2	264,2	4,7

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{ср}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	37,2	55,0			
Повторений	1,8	3,0			
Вариантов	34,3	13,0	2,6		
Остаток	1,1	39,0	0,0	94,2	2,0

$$Sd = 0,12$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,24 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности озимой пшеницы (5-е поле) (2016 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	2,98	2,99	3,12	3,05	12,14	3,04
N ₁ P ₁ K ₁	4,17	4,02	4,09	4,27	16,55	4,14
N ₂ P ₁ K ₁	4,66	4,78	4,59	4,80	18,83	4,71
N ₁ P ₂ K ₁	5,34	5,41	5,27	5,52	21,54	5,39
N ₂ P ₂ K ₁	6,21	6,37	6,15	6,27	25,00	6,25
N ₂ P ₂ K ₂	6,47	6,33	6,62	6,82	26,24	6,56
N ₃ P ₂ K ₁	5,56	5,49	5,68	5,71	22,44	5,61
N ₃ P ₂ K ₂	5,79	5,87	5,82	5,66	23,14	5,79
N ₂ P ₃ K ₁	5,71	5,58	5,61	5,80	22,70	5,68
N ₂ P ₃ K ₂	5,77	6,02	5,81	5,68	23,28	5,82
N ₃ P ₃ K ₁	5,86	5,69	5,58	5,72	22,85	5,71
N ₃ P ₃ K ₃	5,91	6,13	6,01	6,10	24,15	6,04
Навоз+НРК	6,13	6,39	6,57	6,45	25,54	6,39
Расчетный	6,63	6,34	6,27	6,47	25,71	6,43
Сумма по P	77,19	77,41	77,19	78,32	310,11	5,54

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{ср}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	50,4	55,0			
Повторений	0,1	3,0			
Вариантов	49,8	13,0	3,8		
Остаток	0,6	39,0	0,0	247,3	2,0

$$Sd = 0,09$$

$$HCP05 = t_{05} * Sd = 0,18 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности кукурузы на зерно (1996 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	3,91	3,78	3,82	3,81	15,3	3,83
N ₁ P ₁ K ₁	5,03	4,90	5,24	5,19	20,4	5,09
N ₂ P ₁ K ₁	5,60	5,48	5,62	5,42	22,1	5,53
N ₁ P ₂ K ₁	5,74	5,69	5,81	6,00	23,2	5,81
N ₂ P ₂ K ₁	6,40	6,49	6,38	6,41	25,7	6,42
N ₂ P ₂ K ₂	6,69	6,83	6,56	6,64	26,7	6,68
N ₃ P ₂ K ₁	6,78	6,82	6,64	6,56	26,8	6,70
N ₃ P ₂ K ₂	6,65	6,70	6,93	6,80	27,1	6,77
N ₂ P ₃ K ₁	6,79	6,81	7,23	7,09	27,9	6,98
N ₂ P ₃ K ₂	7,26	7,14	7,00	7,32	28,7	7,18
N ₃ P ₃ K ₁	7,30	7,42	7,35	7,29	29,4	7,34
N ₃ P ₃ K ₃	7,74	7,93	7,82	7,95	31,4	7,86
Навоз+NPK	7,13	7,04	6,98	7,17	28,3	7,08
Расчетный	7,89	8,20	8,24	8,19	32,5	8,13
Сумма по P	90,9	91,2	91,6	91,8	365,6	6,5

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	68,3	55,0			
Повторений	0,0	3,0			
Вариантов	67,7	13,0	5,2		
Остаток	0,6	39,0	0,0	336,6	2,0

$$Sd = 0,09$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,18 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности кукурузы на зерно (2003 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	3,72	3,68	3,62	3,86	14,9	3,72
N ₁ P ₁ K ₁	4,72	4,48	4,56	4,64	18,4	4,60
N ₂ P ₁ K ₁	5,11	4,93	5,01	5,23	20,3	5,07
N ₁ P ₂ K ₁	4,95	4,82	4,92	5,11	19,8	4,95
N ₂ P ₂ K ₁	5,51	5,40	5,57	5,44	21,9	5,48
N ₂ P ₂ K ₂	5,59	5,65	5,54	5,62	22,4	5,60
N ₃ P ₂ K ₁	6,16	5,89	6,56	6,07	24,7	6,17
N ₃ P ₂ K ₂	6,25	6,31	6,39	6,09	25,0	6,26
N ₂ P ₃ K ₁	5,80	6,21	6,23	6,24	24,5	6,12
N ₂ P ₃ K ₂	6,23	6,24	6,19	6,10	24,8	6,19
N ₃ P ₃ K ₁	5,91	6,11	6,18	5,92	24,1	6,03
N ₃ P ₃ K ₃	6,83	6,86	7,08	7,15	27,9	6,98
Навоз+NPK	5,69	5,79	5,52	5,76	22,8	5,69
Расчетный	8,55	8,25	8,37	8,19	33,4	8,34
Сумма по P	81,0	80,6	81,7	81,4	324,8	5,8

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	63,6	55,0			
Повторений	0,0	3,0			
Вариантов	62,7	13,0	4,8		
Остаток	0,8	39,0	0,0	228,5	2,0

$$Sd = 0,10$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,21 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности кукурузы на зерно (2008 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
N ₁ P ₁ K ₁	3,91	3,91	3,75	3,67	15,2	3,81
N ₂ P ₁ K ₁	4,76	4,88	4,56	4,68	18,9	4,72
N ₁ P ₂ K ₁	5,13	5,41	4,95	5,39	20,9	5,22
N ₂ P ₂ K ₁	5,04	5,14	4,96	5,22	20,4	5,09
N ₂ P ₂ K ₂	5,80	5,92	5,67	5,97	23,4	5,84
N ₃ P ₂ K ₁	6,15	6,22	5,98	6,21	24,6	6,14
N ₃ P ₂ K ₂	6,70	7,07	6,49	6,62	26,9	6,72
N ₂ P ₃ K ₁	6,93	7,21	6,68	6,98	27,8	6,95
N ₂ P ₃ K ₂	6,46	6,62	6,77	6,35	26,2	6,55
N ₃ P ₃ K ₁	6,74	7,01	6,68	6,89	27,3	6,83
N ₃ P ₃ K ₃	6,40	6,94	6,47	7,03	26,8	6,71
Навоз+NPK	7,66	7,76	7,46	7,68	30,6	7,64
Расчетный	6,00	6,40	6,12	6,32	24,8	6,21
N ₁ P ₁ K ₁	8,57	8,85	8,37	8,49	34,3	8,57
Сумма по P	86,3	89,3	84,9	87,5	348,0	6,2

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	79,6	55,0			
Повторений	0,8	3,0			
Вариантов	78,1	13,0	6,0		
Остаток	0,7	39,0	0,0	339,3	2,0

$$Sd = 0,09$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,19 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности кукурузы на зерно (2014 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	3,85	3,93	3,55	3,49	14,8	3,71
N ₁ P ₁ K ₁	4,95	5,18	5,20	4,99	20,3	5,08
N ₂ P ₁ K ₁	5,68	5,69	5,61	5,93	22,9	5,73
N ₁ P ₂ K ₁	5,88	5,33	5,41	5,44	22,1	5,52
N ₂ P ₂ K ₁	5,96	6,26	6,12	6,40	24,7	6,19
N ₂ P ₂ K ₂	7,00	6,16	6,54	6,22	25,9	6,48
N ₃ P ₂ K ₁	6,76	6,62	6,77	6,69	26,8	6,71
N ₃ P ₂ K ₂	7,05	6,72	6,95	6,78	27,5	6,88
N ₂ P ₃ K ₁	7,16	7,17	7,19	6,96	28,5	7,12
N ₂ P ₃ K ₂	7,69	7,28	7,06	6,91	28,9	7,24
N ₃ P ₃ K ₁	7,35	7,33	7,52	7,42	29,6	7,41
N ₃ P ₃ K ₃	7,76	7,74	7,66	7,73	30,9	7,72
Навоз+НРК	6,87	6,98	7,18	6,72	27,8	6,94
Расчетный	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 _{ср}	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

$$Sd = 0,15$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 0,29 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности кукурузы на силос (2009 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	24,32	23,07	18,60	20,13	86,1	21,53
N ₁ P ₁ K ₁	26,35	29,17	24,52	26,40	106,4	26,61
N ₂ P ₁ K ₁	27,07	31,51	27,81	30,81	117,2	29,30
N ₁ P ₂ K ₁	26,80	30,77	27,34	29,65	114,6	28,64
N ₂ P ₂ K ₁	30,44	33,90	30,77	34,13	129,2	32,31
N ₂ P ₂ K ₂	31,43	33,81	31,99	36,49	133,7	33,43
N ₃ P ₂ K ₁	36,04	40,24	35,44	35,08	146,8	36,70
N ₃ P ₂ K ₂	38,50	40,08	36,16	35,74	150,5	37,62
N ₂ P ₃ K ₁	35,01	39,80	37,32	32,23	144,4	36,09
N ₂ P ₃ K ₂	37,35	39,74	35,55	35,96	148,6	37,15
N ₃ P ₃ K ₁	33,69	37,53	34,97	39,01	145,2	36,30
N ₃ P ₃ K ₃	39,11	43,34	39,51	44,52	166,5	41,62
Навоз+NPK	35,84	36,02	32,18	31,64	135,7	33,92
Расчетный	46,63	51,45	47,07	47,77	192,9	48,23
Сумма по P	468,6	510,4	459,2	479,6	1917,8	34,2

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	2481,3	55,0			
Повторений	106,2	3,0			
Вариантов	2255,2	13,0	173,5		
Остаток	119,9	39,0	3,1	56,4	2,0

$$Sd = 1,24$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,48 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности кукурузы на силос (2015 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	20,42	20,83	18,79	18,48	78,5	19,63
N ₁ P ₁ K ₁	25,29	24,25	27,55	26,34	103,4	25,86
N ₂ P ₁ K ₁	27,7	30,18	27,06	30,39	115,3	28,83
N ₁ P ₂ K ₁	31,16	26,14	28,67	26,49	112,5	28,12
N ₂ P ₂ K ₁	31,58	33,19	30,64	33,94	129,4	32,34
N ₂ P ₂ K ₂	37,1	32,4	34,64	32,42	136,6	34,14
N ₃ P ₂ K ₁	40,26	37,2	36,39	35,97	149,8	37,46
N ₃ P ₂ K ₂	38,06	40,74	38,23	38,56	155,6	38,90
N ₂ P ₃ K ₁	35,75	38,51	37,6	34,04	145,9	36,48
N ₂ P ₃ K ₂	40,76	38,6	36,23	36,63	152,2	38,06
N ₃ P ₃ K ₁	36,29	38,83	39,32	35	149,4	37,36
N ₃ P ₃ K ₃	41,38	41,53	43,76	44,7	171,4	42,84
Навоз+НРК	33,76	34,89	35,94	33,48	138,1	34,52
Расчетный	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 _{ср}	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

$$Sd = 1,30$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,61 \text{ т/га}$$

Дисперсионный анализ урожайности суданской травы (1997 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	25,27	25,13	22,44	20,92	93,8	23,44
N ₁ P ₁ K ₁	30,02	33,24	27,94	30,08	121,3	30,32
N ₂ P ₁ K ₁	30,51	35,49	31,33	34,71	132,0	33,01
N ₁ P ₂ K ₁	31,29	35,92	31,93	34,62	133,8	33,44
N ₂ P ₂ K ₁	34,00	37,90	34,41	38,17	144,5	36,12
N ₂ P ₂ K ₂	35,02	37,66	35,63	40,65	149,0	37,24
N ₃ P ₂ K ₁	39,57	44,19	38,92	38,52	161,2	40,30
N ₃ P ₂ K ₂	39,82	43,71	39,43	41,16	164,1	41,03
N ₂ P ₃ K ₁	39,19	44,54	41,76	36,07	161,6	40,39
N ₂ P ₃ K ₂	39,37	44,21	39,55	42,23	165,4	41,34
N ₃ P ₃ K ₁	39,62	44,16	41,15	45,91	170,8	42,71
N ₃ P ₃ K ₃	44,34	49,16	44,81	50,49	188,8	47,20
Навоз+NPK	41,72	45,81	40,93	44,06	172,5	43,13
Расчетный	50,24	55,37	50,66	51,41	207,7	51,92
Сумма по P	520,0	576,5	520,9	549,0	2166,4	38,7

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{cp}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	2956,0	55,0			
Повторений	154,9	3,0			
Вариантов	2689,8	13,0	206,9		
Остаток	111,3	39,0	2,9	72,5	2,0

$$Sd = 1,19$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,39 \text{ т/га}$$

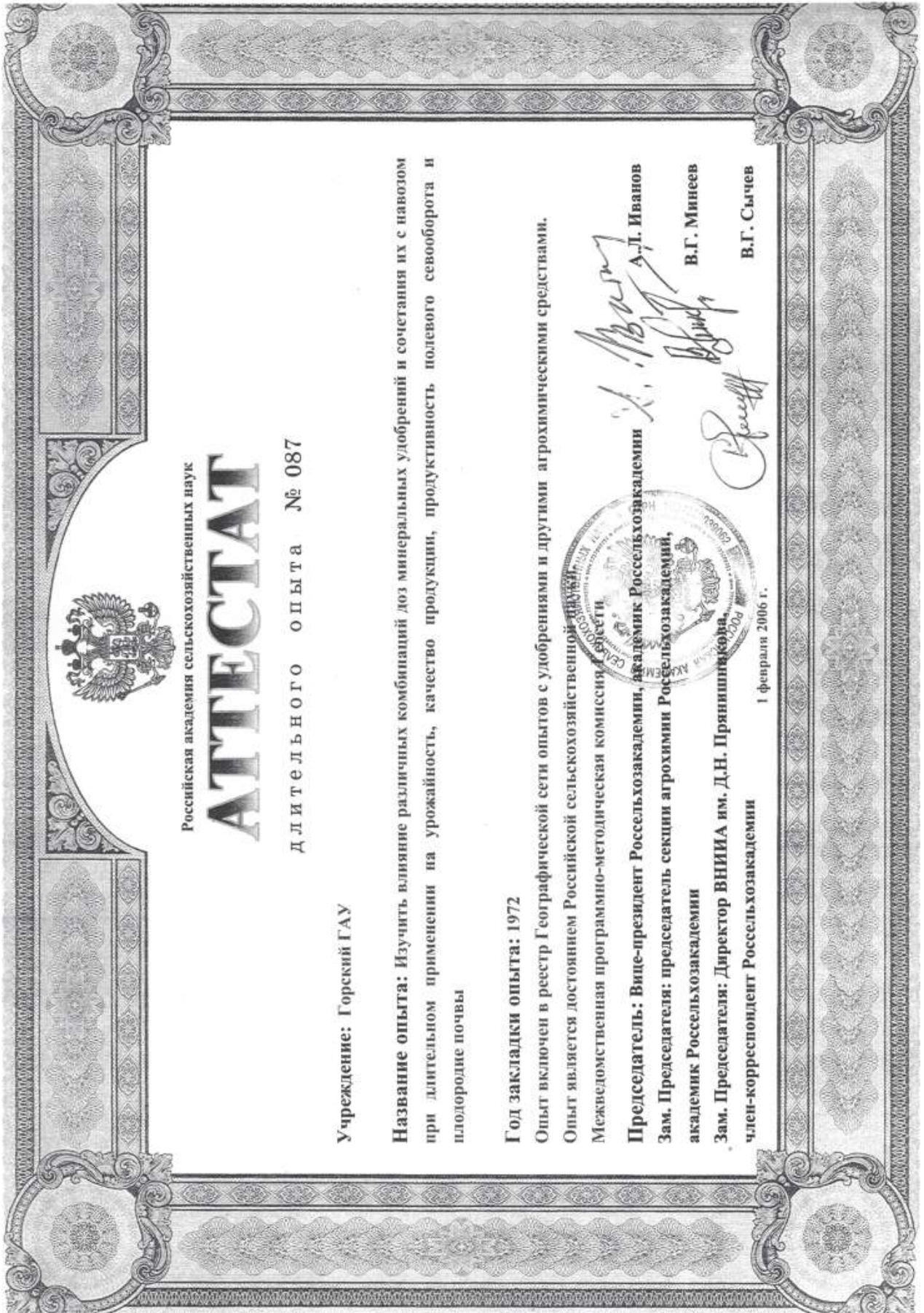
Дисперсионный анализ урожайности суданской травы (2004 г.)

Варианты опыта	Повторения				Сумма по V	Средние арифм.
	I	II	III	IV		
Контроль	25,75	26,62	23,77	23,22	99,4	24,84
N ₁ P ₁ K ₁	32,88	36,42	30,62	32,96	132,9	33,22
N ₂ P ₁ K ₁	33,17	38,60	34,08	37,75	143,6	35,90
N ₁ P ₂ K ₁	35,04	40,20	35,73	38,75	149,7	37,43
N ₂ P ₂ K ₁	36,74	40,96	37,18	41,24	156,1	39,03
N ₂ P ₂ K ₂	37,76	40,59	38,40	43,81	160,6	40,14
N ₃ P ₂ K ₁	45,08	43,92	41,35	40,93	171,3	42,82
N ₃ P ₂ K ₂	42,04	46,15	41,63	43,46	173,3	43,32
N ₂ P ₃ K ₁	43,19	46,00	45,17	40,36	174,7	43,68
N ₂ P ₃ K ₂	42,39	47,64	42,62	45,51	178,2	44,54
N ₃ P ₃ K ₁	44,64	49,73	46,34	51,69	192,4	48,10
N ₃ P ₃ K ₃	48,48	53,74	48,99	55,19	206,4	51,60
Навоз+NPK	49,60	54,41	48,62	52,33	205,0	51,24
Расчетный	52,56	57,97	53,04	53,83	217,4	54,35
Сумма по P	569,3	623,0	567,5	601,0	2360,8	42,2

Дисперсия	Сумма	Степени	Средний	F _{ср}	F ₀₅
	квадратов	свободы	квадрат		
Общая	3552,3	55,0			
Повторений	152,8	3,0			
Вариантов	3282,2	13,0	252,5		
Остаток	117,3	39,0	3,0	84,0	2,0

$$Sd = 1,23$$

$$HCP_{05} = t_{05} * Sd = 2,45 \text{ т/га}$$



Российская академия сельскохозяйственных наук

АТТЕСТАТ

ДЛИТЕЛЬНОГО ОПЫТА № 087

Учреждение: Горский ГАУ

Название опыта: Изучить влияние различных комбинаций доз минеральных удобрений и сочетания их с навозом при длительном применении на урожайность, качество продукции, продуктивность полевого севооборота и плодородие почвы

Год закладки опыта: 1972

Опыт включен в реестр Географической сети опытов с удобрениями и другими агрохимическими средствами.

Опыт является достоянием Российской сельскохозяйственной науки.
Межведомственная программно-методическая комиссия

Председатель: Вице-президент Россельхозакадемии, академик Россельхозакадемии *А.Д. Иванов*

Зам. Председателя: председатель секции агрохими Россельхозакадемии, академик Россельхозакадемии *В.Г. Минеев*

Зам. Председателя: Директор ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, член-корреспондент Россельхозакадемии *В.Г. Сычев*



1 февраля 2006 г.